

# VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICA E TECNOLÓGICA DA RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EM CONDOMÍNIOS: UM ESTUDO COMPARADO ENTRE O BRASIL E EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

**Eduardo Souza Santana**

Unifatecie - Bacharelado Engenharia Elétrica  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4272-9230>

**Aline Abreu Santana**

Must University - Master of Science in Emergent Technologies in Education  
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/7571448358733683>  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3838-329X>

DOI: <https://doi.org/10.46550/ilustracao.v7i4.607>

Acceto em: 12.04.2026

**Resumo:** Este artigo analisou a viabilidade técnica, econômica e tecnológica da implantação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios, considerando as condições da infraestrutura elétrica, os custos envolvidos e os impactos operacionais da adoção dessa tecnologia em edificações residenciais coletivas. O objetivo geral consistiu em analisar a viabilidade de forma integrada. Como objetivos específicos, buscou-se identificar os requisitos técnicos necessários à instalação das estações e seus riscos, avaliar os custos, as adaptações estruturais e as condições operacionais da implantação, bem como examinar de que modo recursos tecnológicos, como monitoramento digital, controle de consumo e automação, influenciaram a gestão e a funcionalidade da infraestrutura condominial. Metodologicamente, o estudo adotou abordagem qualitativa, de natureza bibliográfica, com levantamento, seleção, leitura e análise interpretativa de trabalhos científicos e técnicos nacionais e internacionais sobre infraestrutura de recarga, segurança elétrica, gerenciamento de carga, viabilidade econômica e automação aplicada à recarga veicular. Os resultados indicaram que a implantação de estações de recarga em condomínios exigiu diagnóstico prévio da capacidade elétrica da edificação, observância das normas técnicas, avaliação dos custos de adaptação e adoção de estratégias graduais de implementação. Também se verificou que tecnologias de gerenciamento inteligente da carga, medição individualizada e monitoramento remoto favoreceram maior controle operacional, redução de riscos de sobrecarga e maior justiça no rateio dos custos. Concluiu-se que a viabilidade da recarga condominial dependeu da articulação entre planejamento técnico, adequação estrutural, racionalidade econômica e gestão tecnológica da infraestrutura.

**Palavras-chave:** veículos elétricos; estações de recarga; condomínios residenciais; infraestrutura elétrica; automação.



**Abstract:** This article analyzed the technical, economic, and technological feasibility of implementing electric vehicle charging stations in condominiums, considering the conditions of the electrical infrastructure, the costs involved, and the operational impacts of adopting this technology in collective residential buildings. The general objective was to analyze this feasibility in an integrated manner. The specific objectives were to identify the technical requirements necessary for the installation of the stations, assess the costs, structural adaptations, and operational conditions related to implementation, and examine how technological resources such as digital monitoring, consumption control, and automation influenced the management and functionality of condominium infrastructure. Methodologically, the study adopted a qualitative, bibliographic approach, involving the survey, selection, reading, and interpretative analysis of national and international scientific and technical works on charging infrastructure, electrical safety, load management, economic feasibility, and automation applied to vehicle charging. The results indicated that the implementation of charging stations in condominiums required a prior diagnosis of the building's electrical capacity, compliance with technical standards, assessment of adaptation costs, and the adoption of gradual implementation strategies. It was also found that intelligent load management technologies, individualized metering, and remote monitoring favored greater operational control, reduced the risks of overload, and promoted greater fairness in cost allocation. It was concluded that the feasibility of condominium charging depended on the articulation between technical planning, structural adequacy, economic rationality, and technological management of the infrastructure.

**Keywords:** electric vehicles; charging stations; residential condominiums; electrical infrastructure; automation.

## 1 Introdução

A expansão da mobilidade elétrica no cenário contemporâneo insere novos desafios no campo da infraestrutura urbana e residencial, especialmente no que se refere à adaptação de condomínios para a instalação de estações de recarga de veículos elétricos. No contexto brasileiro, essa discussão adquire maior relevância diante do crescimento da frota eletrificada, da ampliação do interesse por soluções energéticas mais sustentáveis e da necessidade de compatibilizar inovação tecnológica com as condições reais das edificações existentes. Nesse sentido, o presente artigo delimita-se à análise da viabilidade técnica, econômica e tecnológica da implantação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios, com foco nas exigências estruturais, nos custos envolvidos e nos recursos de gestão inteligente associados a essa infraestrutura.

A justificativa para a escolha do tema reside na crescente inserção dos veículos elétricos no cotidiano urbano e na necessidade de compreender de que modo os condomínios, enquanto espaços coletivos de moradia, respondem a essa nova demanda energética e tecnológica. A implantação de estações de recarga nesses ambientes não envolve apenas a instalação de equipamentos, mas exige análise das condições da infraestrutura elétrica, avaliação dos custos de adaptação, observância das normas técnicas e consideração dos impactos operacionais decorrentes

da utilização compartilhada da energia. Desse modo, o estudo justifica-se pela necessidade de reunir e interpretar conhecimentos que contribuam para uma compreensão mais consistente acerca das possibilidades e dos limites dessa implantação no contexto condominial.

A questão norteadora que orienta esta pesquisa consiste na seguinte indagação: ‘Quais condições técnicas, econômicas e tecnológicas devem ser consideradas para a implantação viável de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios?’

O objetivo geral do artigo consiste em analisar a viabilidade técnica, econômica e tecnológica da implantação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios, considerando as condições de infraestrutura elétrica, os custos envolvidos e os possíveis impactos operacionais da adoção dessa tecnologia. Como objetivos específicos, busca-se identificar os requisitos técnicos necessários para a instalação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios, incluindo os riscos associados ao carregamento e à permanência desses veículos em áreas fechadas, especialmente em subsolos; avaliar os custos, as adaptações estruturais e as condições operacionais relacionadas à implantação do sistema de recarga; e examinar de que modo os recursos tecnológicos associados às estações de recarga, como monitoramento digital, controle de consumo e automação, podem influenciar a gestão e a funcionalidade da infraestrutura condominial.

No plano metodológico, a pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza bibliográfica, fundamentada na análise interpretativa de estudos científicos, trabalhos acadêmicos e investigações técnicas relacionados ao tema. Minayo (2011) explica que a análise qualitativa permite compreender sentidos, relações e contextos, ultrapassando a mera descrição dos dados e favorecendo leitura mais aprofundada dos fenômenos investigados. Em perspectiva convergente, Santana e Narciso (2025) destacam que a pesquisa científica exige coerência entre problema, objetivos, procedimentos metodológicos e interpretação dos resultados. Nesse contexto, a metodologia consiste no levantamento, na seleção, na leitura integral e na análise crítica da bibliografia pertinente, com ênfase em materiais que tratam da infraestrutura de recarga, da adaptação de instalações elétricas prediais, da viabilidade econômica de sistemas de recarga e do uso de tecnologias de monitoramento, controle e automação aplicadas ao ambiente condominial.

Entre os principais autores mobilizados ao longo do artigo, destacam-se Lee *et al.* (2024), Weerasinghe Mudiyanselage *et al.* (2025), Sørensen *et al.* (2024) e Lazzeroni e Carboni (2025), cujos estudos internacionais contribuem para a compreensão da viabilidade técnico-econômica da recarga em edifícios residenciais e multifamiliares. No contexto brasileiro, sobressaem Santos Neto e Santos (2024), Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021), Pozzobon (2023), Francescato (2019), Silva (2022), Silva Neto (2025), Tavares (2024) e Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024), cujas pesquisas permitem examinar a realidade da infraestrutura predial, os custos de adaptação, a segurança elétrica, a integração com geração fotovoltaica e o papel das tecnologias de gerenciamento inteligente da carga.

O desenvolvimento do artigo organiza-se em três capítulos analíticos. O primeiro, intitulado 'Requisitos Técnicos para a Instalação de Estações de Recarga para Veículos Elétricos em Condomínios', examina as exigências normativas, elétricas e estruturais necessárias à implantação da recarga em edificações residenciais coletivas, com atenção às limitações da infraestrutura existente e às condições de compatibilidade entre veículo, carregador e instalação predial. O segundo capítulo, 'Custos, Adaptações Estruturais e Condições Operacionais da Implantação de Estações de Recarga para Veículos Elétricos em Condomínios', analisa os custos de aquisição e instalação, as intervenções exigidas na infraestrutura, o impacto da demanda adicional sobre a rede interna e as diferentes condições operacionais envolvidas na adoção do sistema de recarga. O terceiro capítulo, 'Monitoramento Digital, Controle de Consumo e Automação na Gestão da Infraestrutura de Recarga para Veículos Elétricos em Condomínios', discute o papel das tecnologias inteligentes na medição individualizada do consumo, na distribuição dinâmica da carga, na automação da operação e na ampliação da funcionalidade e da segurança da infraestrutura condominial.

Diante desse percurso, o artigo propõe uma análise integrada do tema, articulando dimensões técnicas, econômicas e tecnológicas para compreender em que medida a implantação de estações de recarga em condomínios se apresenta como solução viável no contexto atual. Ao reunir aportes nacionais e internacionais, a pesquisa busca contribuir para o aprofundamento do debate sobre mobilidade elétrica em ambientes residenciais coletivos, evidenciando que a adoção dessa infraestrutura requer planejamento, adequação normativa e gestão inteligente da energia.

## 2 Metodologia

A presente pesquisa adotou abordagem qualitativa, de natureza bibliográfica, orientada pela análise interpretativa da produção científica sobre estações de recarga para veículos elétricos em condomínios. Tal escolha metodológica mostrou-se adequada porque permitiu examinar, de forma articulada, contribuições teóricas, estudos de caso, investigações aplicadas e discussões técnico-operacionais relacionadas aos requisitos de instalação, aos custos de implantação e ao papel das tecnologias de monitoramento, controle e automação. Minayo (2011) explica que a análise qualitativa não se limita à descrição superficial dos dados, mas busca interpretar sentidos, relações e contextos, considerando a coerência interna do material analisado e a fidedignidade do percurso investigativo. Em perspectiva convergente, Santana e Narciso (2025) destacam que a pesquisa educacional e científica exige rigor na definição do método, clareza na seleção das fontes e coerência entre objetivos, procedimentos e resultados, o que fundamenta a estrutura adotada neste estudo.

Nesse contexto, a metodologia consistiu no levantamento, na seleção, na leitura e na análise de materiais científicos diretamente relacionados ao problema investigado. O processo iniciou-se com a definição do tema, dos objetivos geral e específicos e do recorte analítico da investigação. Em seguida, estabeleceram-se as palavras-chave utilizadas nas buscas, privilegiando combinações

simples e recorrentes, a fim de ampliar a recuperação de materiais relevantes. Foram utilizadas expressões como ‘veículo elétrico’, ‘estação de recarga’, ‘recarga em condomínio’, ‘condomínio residencial’, ‘infraestrutura de recarga’, ‘carregamento inteligente’, *smart charging*, ‘monitoramento digital’, ‘controle de consumo’, ‘automação’, ‘energia fotovoltaica’, ‘armazenamento de energia’ e ‘segurança elétrica’. Também foram empregados cruzamentos entre esses descritores, como ‘veículo elétrico e condomínio’, ‘estação de recarga e condomínio’, *smart charging* e condomínio’, ‘infraestrutura de recarga e edifícios residenciais’ e ‘controle de consumo e recarga veicular’, considerando que combinações muito extensas ou excessivamente específicas tendiam a reduzir a localização de estudos pertinentes.

As buscas foram realizadas em bases de dados, portais acadêmicos e repositórios institucionais que concentravam produção científica, técnica e acadêmica sobre o tema. Foram consultados *Google Scholar*, SciELO, Portal de Periódicos CAPES, *ScienceDirect*, MDPI e repositórios universitários nacionais, especialmente aqueles vinculados à Universidade Federal de Goiás, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, à Universidade Federal de Santa Maria e à Universidade Federal de Pernambuco. A escolha dessas bases e repositórios justificou-se pela presença de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, estudos técnicos e pesquisas aplicadas que dialogavam diretamente com os objetivos do estudo. Esse procedimento permitiu reunir literatura nacional e internacional, favorecendo a comparação entre contextos distintos e ampliando a compreensão do fenômeno investigado.

Ao final da etapa de busca, foram encontrados 205 materiais. Em um primeiro momento, procedeu-se à leitura dos títulos, etapa em que foram excluídos 5 trabalhos por inadequação imediata ao tema, o que resultou em 200 registros para a fase seguinte. Na sequência, realizou-se a leitura dos resumos, com o objetivo de verificar a aderência efetiva dos materiais ao recorte do estudo. Nessa fase, foram desconsiderados textos que, embora tratassem de mobilidade elétrica, não abordavam condomínios, edifícios residenciais, infraestrutura de recarga, custos de adaptação, automação, controle de consumo ou gestão energética aplicada ao contexto analisado. Também foram excluídos materiais repetidos, textos sem consistência metodológica, publicações sem acesso ao conteúdo integral e estudos excessivamente distantes do objeto delimitado. Após essa triagem sucessiva, foram selecionados 10 trabalhos para compor o *corpus* final da pesquisa, por apresentarem maior relevância temática, melhor alinhamento com os objetivos propostos e contribuição direta para a análise desenvolvida.

Os critérios de inclusão consideraram a pertinência do material ao tema central do artigo, a proximidade com os objetivos específicos, a atualidade da discussão, a consistência metodológica e a possibilidade de acesso ao texto completo. Foram priorizados estudos publicados entre 2019 e 2025, em razão da rapidez com que o tema da eletromobilidade, da recarga veicular e da automação energética vinha se transformando. Excepcionalmente, materiais anteriores a esse recorte somente teriam sido mantidos se apresentassem contribuição teórica indispensável, o que não se mostrou necessário no conjunto final selecionado. Os critérios de

exclusão, por sua vez, envolveram desatualização do conteúdo, baixa aderência ao problema investigado, ausência de dados ou discussões aplicáveis ao contexto condominial, repetição de enfoque sem acréscimo analítico e insuficiência metodológica. Também foram excluídos estudos voltados exclusivamente a rodovias, postos públicos ou cenários industriais sem interface clara com edificações residenciais coletivas.

Após a definição do *corpus*, foi realizada leitura integral dos 10 trabalhos selecionados, seguida de fichamento analítico do conteúdo. Nessa etapa, registraram-se autoria, ano, objetivo, tipo de estudo, contexto de aplicação, principais resultados e contribuições para cada um dos eixos do artigo. Em seguida, os textos foram organizados em três categorias de análise: requisitos técnicos para instalação das estações de recarga; custos, adaptações estruturais e condições operacionais da implantação; e monitoramento digital, controle de consumo e automação da infraestrutura condominial. Tal organização permitiu reunir estudos com aproximações temáticas, identificar convergências e divergências entre autores e construir uma interpretação articulada dos resultados. O procedimento analítico baseou-se, portanto, na leitura comparativa e interpretativa da bibliografia, buscando relacionar evidências nacionais e internacionais, bem como distinguir achados provenientes de estudos empíricos, modelagens, revisões e análises técnico-econômicas.

Dessa forma, o percurso metodológico adotado permitiu atingir os objetivos traçados, uma vez que possibilitou identificar os requisitos técnicos mais recorrentes para a instalação de estações de recarga em condomínios, avaliar os custos e as adaptações exigidas pela implantação do sistema e examinar, de modo crítico, o papel dos recursos tecnológicos associados à gestão da infraestrutura condominial. A metodologia, ao articular busca sistematizada, critérios definidos de inclusão e exclusão, seleção bibliográfica orientada por relevância e análise qualitativa interpretativa, forneceu base consistente para a construção dos resultados e discussões apresentados no artigo.

### **3 Requisitos técnicos para a instalação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios**

Identificar os requisitos técnicos para a instalação de estações de recarga em condomínios exige partir de um dado estrutural: a eletromobilidade já deixou de ser tendência distante e passou a pressionar a infraestrutura residencial coletiva no Brasil. Esse ponto ganha relevo quando se observa que o país possui 327.248 condomínios ativos, reunindo cerca de 39 milhões de moradores, enquanto a frota nacional já ultrapassa 200 mil veículos 100% elétricos e mais de 500 mil eletrificados, em um mercado que fechou 2025 com 223.912 emplacamentos de leves eletrificados e uma rede com mais de 21 mil pontos de recarga públicos e semipúblicos. Em termos analíticos, isso significa que a discussão sobre recarga condominial não é acessória, mas parte de um rearranjo técnico em curso no espaço urbano brasileiro (ABVE, 2024)

Além dos dados já discutidos, os estudos e levantamentos da Fenabreve (2025)<sup>1</sup> reforçam que a expansão da eletromobilidade no Brasil ocorre em ritmo acelerado e amplia a relevância da discussão sobre infraestrutura de recarga em condomínios. Segundo a entidade, em janeiro de 2026 os veículos eletrificados, especialmente os modelos BEV e PHEV, alcançaram 15% de participação de mercado, com crescimento de 88% nas vendas em comparação com janeiro de 2025, movimento associado à maior maturidade dos produtos e à presença mais forte de marcas chinesas no setor. Os dados também indicam que os eletrificados de maior complexidade tecnológica, especialmente os *plug-ins*, passaram a representar cerca de 10% do mercado total de automóveis e comerciais leves no início de 2026, ao passo que a projeção de aumento de 5% nas vendas totais do setor em 2025 atribuiu aos veículos elétricos papel importante na diversificação do mercado automotivo.

Soma-se a isso a consolidação de marcas como a BYD entre as mais emplacadas do país, o que evidencia que a eletrificação já não ocupa posição periférica no mercado nacional. Contudo, a própria Fenabreve (2025) assinala que esse crescimento ainda não é acompanhado, na mesma medida, por incentivos mais amplos para a expansão da infraestrutura de carregamento, aspecto que torna ainda mais necessária a análise das condições técnicas, econômicas e tecnológicas para a implantação de sistemas de recarga em ambientes residenciais coletivos.

Nesse contexto, o estudo brasileiro, construído a partir de pesquisa aplicada em condomínio residencial existente, oferece um ponto de partida metodologicamente ao afirmar que

[...] torna-se imperativo realizar uma análise das instalações elétricas presentes nos condomínios residenciais existentes. O objetivo é avaliar o impacto do aumento de carga nos medidores do condomínio, dimensionando adequadamente a linha elétrica e distribuindo-a de forma equitativa entre as unidades consumidoras (Santos Neto; Santos, 2024, p. 14).

O trecho é central porque desloca o foco do equipamento para a infraestrutura. Em outras palavras, o primeiro requisito técnico não é escolher o carregador, mas conhecer a capacidade real da edificação. Isso envolve leitura da demanda instalada, verificação da folga de carga, análise dos quadros elétricos, avaliação dos condutores, inspeção dos dispositivos de proteção e exame do modo como a energia é distribuída entre áreas comuns e unidades privativas. Sem esse diagnóstico, a instalação de estações de recarga se converte em improvisação elétrica.

Esse raciocínio se articula de forma produtiva com Lee *et al.*, em estudo internacional baseado em dados operacionais de edifícios com estações de recarga. Os autores observam que “a instalação de estações de recarga em edifícios envolve a consideração de fatores como

1 A Fenabreve é a sigla para Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores, entidade representativa do setor de distribuição e comercialização de veículos no Brasil. Sua relevância para estudos acadêmicos sobre mobilidade elétrica decorre do fato de reunir, sistematizar e divulgar dados de emplacamentos, desempenho de mercado, participação de segmentos e tendências do setor automotivo, constituindo importante referência para a compreensão do avanço dos veículos eletrificados no país.

fornecimento de energia, padrões de carregamento e sobrecarga” (Lee *et al.*, 2024, p. 2, tradução nossa). A relevância desse achado para o Brasil está no fato de que muitos condomínios nacionais, sobretudo os mais antigos, não foram concebidos para absorver cargas adicionais de alta potência em horários coincidentes com o pico residencial noturno.

Por isso, quando Lee *et al.* destacam que “o projeto específico da infraestrutura das estações de recarga para veículos elétricos é crucial para a ampla adoção dos veículos elétricos” (Lee *et al.*, 2024, p. 3, tradução nossa), o argumento deve ser lido, no cenário brasileiro, como defesa de um projeto predial integrado, e não como simples instalação pontual de *wallboxes*. O requisito técnico, aqui, passa a incluir planejamento de localização, impacto sobre a rede interna, conveniência de uso e possibilidade de expansão futura.

Esse ponto se torna ainda mais claro quando a literatura internacional é colocada em diálogo com a realidade condominial brasileira. Weerasinghe Mudiyansele *et al.* desenvolveram um modelo para edifício residencial multifamiliar no qual “a integração do carregamento de veículos elétricos como uma carga flexível e compartilhada opera dentro de uma janela de carregamento predefinida, das 18:00 às 6:00”, assumindo “a instalação de quatro estações de carregamento de veículos elétricos na área comum”, cada uma com 7,2 kW, totalizando 28,8 kW de potência combinada (Weerasinghe Mudiyansele *et al.*, 2025, p. 12, tradução nossa).

Como se trata de pesquisa internacional baseada em modelagem de edifício urbano vertical, não se deve transplantar o arranjo de modo automático para o Brasil. Ainda assim, o estudo ajuda a compreender algo muito relevante para o contexto nacional: em vez de imaginar, desde o início, um ponto de recarga por vaga, pode ser tecnicamente mais viável pensar em implantação gradual, com estações compartilhadas em área comum, potência combinada controlada e operação em janelas horárias. Em condomínios brasileiros com infraestrutura limitada, essa alternativa tende a reduzir a necessidade de reclassificação imediata da entrada de energia e de reformas extensas na rede interna.

A experiência norueguesa analisada por Sørensen *et al.* (2024) também é útil, desde que lida com a devida mediação contextual. Em pesquisa empírica de terceiros, baseada em dados reais de edifícios de apartamentos e sessões de recarga na Noruega, os autores afirmam que

[...] uma infraestrutura comum de carregamento é frequentemente incorporada aos edifícios residenciais noruegueses, complementada por um sistema de gestão de energia que limita a potência máxima para o carregamento simultâneo de veículos elétricos (Sørensen *et al.*, 2024, p. 2, tradução nossa).

O interesse desse achado para o Brasil não reside no fato de a Noruega possuir maior maturidade regulatória e tecnológica, mas no princípio técnico que o sustenta: o carregamento simultâneo precisa ser limitado e gerido. Isso dialoga diretamente com outro trecho do mesmo estudo, segundo o qual “as cargas de carregamento residencial podem ser transferidas das horas de maior demanda no período da tarde para as horas de menor demanda durante a noite” (Sørensen *et al.*, 2024, p. 2, tradução nossa). Para o caso brasileiro, a lição é clara: a viabilidade técnica da

recarga condominial depende menos de ampliar indefinidamente a potência disponível e mais de administrar inteligentemente o tempo de conexão, sobretudo porque os veículos tendem a permanecer estacionados por longos períodos.

Essa leitura é reforçada por Lazzeroni e Carboni (2025), em estudo sobre edifícios residenciais multifamiliares, no qual se afirma que “o aumento do consumo de eletricidade devido ao carregamento de veículos elétricos pode potencialmente sobrecarregar a infraestrutura elétrica doméstica existente com demanda de pico”, mas que “estratégias de carregamento inteligente podem ser adotadas para mitigar esse efeito” (Lazzeroni; Carboni, 2025, p. 919, tradução nossa). Em seguida, os autores acrescentam que “uma boa integração da mobilidade elétrica ao sistema energético doméstico é possível com a coordenação da potência de carregamento de acordo com a carga elétrica da residência ou com a situação da rede” (Lazzeroni; Carboni, 2025, p. 920, tradução nossa).

Embora se trate, novamente, de pesquisa estrangeira, a contribuição é particularmente pertinente ao Brasil porque grande parte do parque condominial nacional apresenta infraestrutura heterogênea e, em muitos casos, limitada. Assim, um dos requisitos técnicos centrais deixa de ser apenas a disponibilidade de potência nominal e passa a ser a capacidade de modular a recarga. Isso significa que o projeto técnico adequado não é necessariamente o que instala mais carregadores, mas o que melhor articula potência, simultaneidade, permanência veicular e segurança operacional.

No caso brasileiro, Santos Neto e Santos (2024) tornam essa exigência ainda mais concreta ao registrar que “a implementação de novos pontos de recarga enfrenta a restrição do espaço físico disponível” e que “a capacidade energética da edificação é outro fator limitante” (Santos Neto; Santos, 2024, p. 14-15). O estudo, que examina empiricamente um condomínio existente, mostra que o requisito técnico é simultaneamente elétrico e espacial. Não basta haver interesse dos moradores; é preciso verificar se há vagas compatíveis, percurso viável para a infraestrutura, condições de passagem de cabos, acesso aos quadros e possibilidade de medição e rateio do consumo.

A questão fica ainda mais evidente quando os autores destacam que “uma estação de recarga semirrápida pode alcançar uma potência de até 22 kW em C.A., equiparando-se ao consumo de três chuveiros elétricos em simultâneo ou à demanda energética de um apartamento de dimensões reduzidas” (Santos Neto; Santos, 2024, p. 15). Essa comparação é decisiva para o argumento, pois traduz em termos prediais o peso elétrico da recarga. Em condomínios brasileiros, optar por recarga semirrápida ou rápida não é uma decisão apenas funcional; é uma escolha que redefine exigências sobre condutores, proteção, quadros e, possivelmente, transformador e categoria de atendimento.

Por isso, quando os autores investigam “como lidar com as instalações elétricas já existentes em condomínios, adaptando-as para a futura demanda da crescente frota de veículos elétricos” (Santos Neto; Santos, 2024, p. 15), a resposta técnica não pode ser uniforme. Em edifícios

mais recentes, pode haver margem para expansão com intervenções moderadas. Em edificações antigas, porém, a resposta pode exigir readequações significativas. Nesse ponto, a proposição dos autores é particularmente consistente: “O propósito é desenvolver estratégias que otimizem a infraestrutura elétrica existente, permitindo a incorporação gradual de estações de recarga semirrápida” (Santos Neto; Santos, 2024, p. 15). A expressão ‘incorporação gradual’ merece destaque, pois sintetiza um princípio técnico adequado ao contexto brasileiro: implantar recarga condominial como processo escalonado, orientado por diagnóstico, limitação de potência, controle de simultaneidade e conformidade normativa.

Dessa forma, os requisitos técnicos necessários para a instalação de estações de recarga em condomínios podem ser sintetizados em um núcleo articulado. O primeiro é o diagnóstico da infraestrutura elétrica existente. O segundo é a definição do modelo de implantação, distinguindo recarga individual, compartilhada ou híbrida. O terceiro é a avaliação da potência adequada, considerando o impacto de carregadores lentos, semirrápidos ou rápidos sobre a edificação. O quarto é a incorporação de sistemas de gestão de carga, indispensáveis em cenários de simultaneidade. O quinto é a observância das normas técnicas e dos critérios de segurança. O sexto é a previsão de expansão progressiva, coerente com o crescimento da frota eletrificada. Em síntese, o diálogo entre pesquisas brasileiras e estudos internacionais indica que a instalação tecnicamente segura de estações de recarga em condomínios não depende de soluções padronizadas, mas da capacidade de ajustar projeto, potência, tempo de uso e gestão elétrica à materialidade específica de cada edificação.

### 3.1 Normas técnicas, dimensionamento elétrico e critérios de segurança para a recarga em condomínios

A identificação dos requisitos técnicos necessários para a instalação de estações de recarga em condomínios exige reconhecer que a recarga veicular não corresponde a uma carga comum acrescida ao edifício, mas a uma demanda elétrica nova, contínua e potencialmente relevante para o equilíbrio da instalação predial. Nessa direção, Santos Neto e Santos (2024) esclarecem que

A NBR 5410 é uma norma técnica brasileira que especifica as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. Ela é aplicável a instalações elétricas de edificações residenciais, comerciais, públicas, agrícolas, de serviços, industriais, e outros locais de uso semelhante (Santos Neto; Santos, 2024, p. 27).

A centralidade dessa norma decorre do fato de que qualquer projeto de recarga em condomínio precisa, antes de tudo, estar inserido nas exigências gerais de segurança, proteção, dimensionamento e funcionamento das instalações de baixa tensão.

A base normativa que orienta a instalação de estações de recarga em condomínios torna-se mais consistente quando examinada à luz de pesquisas brasileiras aplicadas a edificações já construídas. Nesse sentido, Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) demonstram que o avanço da circulação de veículos elétricos no país impõe a necessidade de qualificar a infraestrutura destinada à recarga, uma vez que a potência exigida por esses veículos não pode ser absorvida de forma automática pelas instalações prediais existentes. Por isso, os autores defendem que condomínios residenciais precisam passar por avaliação técnica prévia, voltada à verificação dos efeitos do aumento de carga sobre o medidor condominial, sobre o dimensionamento dos circuitos e sobre a distribuição dessa nova demanda entre as unidades consumidoras. A contribuição desse estudo é relevante porque evidencia que a implantação da recarga não deve começar pela escolha do equipamento, mas pelo diagnóstico da capacidade elétrica efetiva do edifício.

Essa compreensão também aparece em Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024), que chamam atenção para o fato de que os impactos do carregamento sobre a rede elétrica dependem de variáveis como horário de uso, frequência das recargas, potência solicitada e capacidade da infraestrutura disponível para suportar essa nova carga. Assim, ao colocar em diálogo Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) com Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024), percebe-se que os requisitos técnicos da recarga em condomínios são, ao mesmo tempo, normativos e operacionais. Isso significa que não basta conhecer a potência nominal do carregador. É indispensável compreender de que maneira a recarga ocorrerá, em quais períodos do dia ela se concentrará, quantos veículos poderão estar conectados simultaneamente e qual será o efeito combinado dessa demanda sobre a instalação predial.

É justamente nesse ponto que as normas específicas para recarga passam a assumir função decisiva. Santos Neto e Santos (2024) destacam que a NT-042 estabelece critérios próprios para o atendimento de instalações com estações de recarga em modo individual e coletivo, além de apresentar tabelas voltadas ao cálculo da demanda de utilização dessas estações. Em linha semelhante, Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) esclarecem que a NTC 902210, isto é, uma Norma Técnica de concessionária elaborada pela Copel para orientar as condições de ligação de estações de recarga de veículos elétricos *plug-in* em instalações novas ou adaptadas, reconhece as estações lentas e semirrápidas como adequadas para áreas residenciais e comerciais e, por isso, fornece critérios e parâmetros técnicos relevantes para o desenvolvimento de projetos.

A articulação entre esses instrumentos mostra que o planejamento técnico da recarga em condomínios precisa operar em dois planos complementares: de um lado, as regras gerais das instalações elétricas de baixa tensão; de outro, os critérios específicos voltados ao comportamento da carga veicular, ao cálculo de demanda e às modalidades de ligação das estações.

Essa discussão ganha maior precisão quando Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) recordam que a NBR 5410 permanece como a principal referência nacional para instalações elétricas prediais de baixa tensão, ao passo que a NTC 902210 se dedica especificamente ao atendimento de estações de recarga em instalações novas ou adaptadas para esse fim. Com

isso, os autores deixam claro que a aplicação normativa no contexto condominial não pode ocorrer de forma genérica ou simplificada. Ao contrário, ela exige leitura combinada entre a regulamentação mais ampla das instalações elétricas e os critérios técnicos específicos voltados à recarga de veículos elétricos. Em termos práticos, isso significa que o projeto precisa considerar tanto as exigências de segurança, proteção e funcionamento da instalação quanto os fatores de demanda, simultaneidade e uso previstos para as estações.

Outro requisito técnico relevante diz respeito à definição da escala inicial da infraestrutura. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) mencionam, com base no *LEED Reference Guide For Building Design and Construction*, a recomendação de que pelo menos 2% das vagas sejam destinadas a veículos elétricos com estações de recarga disponíveis. Embora esse parâmetro não deva ser tratado como regra fixa para todos os condomínios brasileiros, ele funciona como referência prudente para edifícios existentes, sobretudo quando a infraestrutura não foi concebida originalmente para absorver esse tipo de carga. Nessa perspectiva, a implantação gradual tende a ser mais coerente do que a tentativa de adaptar integralmente a garagem em uma única etapa.

Essa lógica de progressividade é reforçada pelos próprios Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021), ao defenderem o dimensionamento dos circuitos de alimentação com vistas ao maior número possível de vagas, mas sem provocar, de imediato, a necessidade de reclassificação da categoria de alimentação do condomínio. O ponto central, aqui, é que o dimensionamento não deve ser confundido com expansão irrestrita. O desafio técnico consiste em equilibrar capacidade de atendimento, segurança e viabilidade econômica, permitindo que a infraestrutura acompanhe o crescimento da demanda sem impor, logo no início, uma reconfiguração onerosa de toda a instalação elétrica.

A forma de medição e conexão das vagas também se apresenta como requisito técnico relevante. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) observam que

[...] deve-se ter em mente que os medidores de consumo em condomínios residenciais podem ser encontrados em diversos andares no caso de edifícios, tornando difícil conectar a vaga diretamente ao medidor do apartamento por meio da prumada. Caso haja dificuldade na instalação de medidores individuais nos empreendimentos de vagas fixas, é possível adotar as medidas de cobrança dos condomínios de vagas rotativas (Oliveira; Jerônimo; Justus Junior, 2021, p. 15).

Essa análise demonstra que o requisito técnico não se resume à potência ou ao tipo do carregador. A própria configuração arquitetônica do edifício interfere na solução adotada. Em condomínios verticais, a distância entre vaga, centro de medição e prumadas pode inviabilizar soluções individualizadas simples, o que impõe alternativas baseadas em medição coletiva ou em sistemas de controle de acesso e rateio.

Diante dessa limitação, algumas alternativas técnicas podem ser adotadas para viabilizar a recarga sem comprometer a organização elétrica do condomínio. Uma possibilidade consiste na instalação de um medidor exclusivo para a infraestrutura de recarga, vinculado ao quadro

do condomínio, permitindo que o consumo seja posteriormente individualizado por meio de sistemas digitais de monitoramento, autenticação de usuário e rateio proporcional. Outra solução é a implantação de estações compartilhadas com controle de acesso por aplicativo, cartão *Radio Frequency Identification* (RFID)<sup>2</sup> ou plataforma de gestão, estratégia que tende a ser especialmente adequada em edificações com vagas rotativas ou com grande dificuldade de conexão direta entre vaga e unidade consumidora. Em empreendimentos com vagas fixas, também pode ser considerada a criação de circuitos dedicados a grupos de vagas, associados a sistemas de medição setorizada, o que reduz a necessidade de intervenções extensas nas prumadas e preserva maior controle sobre a distribuição da carga.

Além disso, a adoção de gerenciamento inteligente da recarga pode reduzir os obstáculos decorrentes dessa configuração arquitetônica, uma vez que permite distribuir a potência disponível entre os usuários conectados sem exigir, necessariamente, alimentação individual plena para cada vaga. Nessa perspectiva, a solução técnica mais adequada dependerá da tipologia do edifício, da posição dos medidores, da distância entre o centro de medição e as vagas e do regime de uso do estacionamento. Assim, em vez de buscar uma padronização rígida, o mais recomendável é que o condomínio adote uma solução compatível com sua estrutura física e com sua capacidade elétrica instalada, conciliando viabilidade operacional, controle de consumo e segurança da instalação.

Quando se analisa a implantação de estações de recarga em condomínios, torna-se necessário considerar não apenas a potência do equipamento, mas também a forma como as vagas são utilizadas e como a medição do consumo será organizada. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) mostram que, em condomínios com vagas rotativas, nos quais não há vinculação permanente entre vaga e morador, uma solução tecnicamente mais viável pode ser a centralização da recarga em um único ponto de medição, seja por meio de um medidor exclusivo para os veículos elétricos, seja por meio do próprio medidor do condomínio. Nesses casos, a cobrança individual pode ser realizada com apoio de tecnologias de controle de acesso, como cartão RFID, isto é, um cartão com identificação por radiofrequência, ou por aplicativos que registram o tempo de uso e a energia consumida por cada usuário. Em termos práticos, isso significa que um morador pode liberar o carregamento por meio de um aplicativo, utilizar a estação durante determinado período e, ao final, ter seu consumo lançado de forma individual, mesmo que a energia tenha sido fornecida por uma infraestrutura coletiva.

Essa solução difere da realidade de vagas fixas, nas quais cada unidade possui um espaço determinado na garagem. Nesses casos, pode haver maior possibilidade de individualização da recarga, embora isso dependa da posição do medidor, da distância até a vaga e da viabilidade de

2 RFID é a sigla para *Radio Frequency Identification*, tecnologia de identificação por radiofrequência utilizada para autenticar usuários e registrar acessos sem necessidade de contato físico direto. No contexto da recarga de veículos elétricos em condomínios, o cartão RFID funciona como um meio de liberação individual do carregamento, permitindo que apenas usuários autorizados ativem a estação e que o sistema associe o consumo de energia ao respectivo morador ou veículo. No Brasil, seu uso é tecnicamente aplicável e já aparece em soluções de recarga, controle de acesso e medição individualizada, sobretudo quando se busca automatizar a operação e tornar mais preciso o rateio dos custos.

passagem de cabos. Em um edifício alto, por exemplo, no qual os medidores ficam concentrados em pavimentos técnicos ou no térreo, pode ser difícil ligar diretamente cada vaga ao medidor de cada apartamento. Por isso, a definição da solução técnica precisa levar em conta a configuração física do edifício e o modo de uso da garagem, e não apenas a escolha do carregador.

No caso das vagas fixas, Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) ressaltam a necessidade de observância de normas técnicas específicas, como a ABNT NBR IEC 61851 e a ABNT NBR IEC 62196. A primeira (ABNT NBR IEC 61851) diz respeito ao sistema de recarga condutiva para veículos elétricos. Em outras palavras, ela estabelece os requisitos gerais para que a estação de recarga funcione de modo seguro, disciplinando as características do sistema de alimentação, da conexão com o veículo e da proteção dos usuários e operadores. Isso inclui, por exemplo, exigências ligadas à segurança elétrica, à compatibilidade entre veículo e estação e ao funcionamento do SAVE, que é o Sistema de Alimentação do Veículo Elétrico. Já a ABNT NBR IEC 62196 trata, sobretudo, dos conectores, tomadas, plugues e interfaces físicas do carregamento. Em termos mais simples, essa norma ajuda a garantir que o encaixe entre o veículo e a estação ocorra com segurança e compatibilidade técnica, evitando improvisações ou conexões inadequadas.

A importância dessas normas se amplia quando se considera que a recarga pode ocorrer por diferentes modos de carregamento. Pozzobon (2023) explica que a IEC 61851-1 define quatro modos de carregamento, isto é, quatro formas técnicas pelas quais o veículo pode receber energia. Entre eles, o chamado Modo 3 tende a ser o mais adequado para condomínios residenciais, porque utiliza equipamentos específicos de recarga, conhecidos como EVSE. A sigla EVSE se refere ao equipamento de suprimento para veículo elétrico, ou seja, à própria estação de recarga dotada de funções de controle e proteção. Nesse modo, a alimentação ocorre em corrente alternada, que pode ser monofásica ou trifásica, e o sistema já incorpora mecanismos de segurança que tornam sua utilização mais apropriada em ambientes coletivos. Em um condomínio, isso significa que a estação não depende de adaptação improvisada de tomada comum, mas de um ponto de recarga projetado para esse uso.

Já o Modo 4, também descrito por Pozzobon (2023), corresponde ao carregamento em corrente contínua, no qual a energia é fornecida diretamente à bateria do veículo por um carregador externo, chamado *off-board*. Esse tipo de solução é mais robusto, trabalha com tensões e correntes muito mais elevadas e exige comunicação digital obrigatória entre veículo e estação. Na prática, esse arranjo costuma ser mais compatível com eletropostos e corredores de recarga rápida do que com condomínios residenciais convencionais, justamente porque demanda infraestrutura muito mais forte, maior disponibilidade de potência e um sistema elétrico mais sofisticado. Em um edifício residencial comum, a adoção desse tipo de tecnologia tende a ser mais difícil e mais onerosa.

A necessidade de infraestrutura adequada também aparece em Silva (2022), ao discutir níveis de carregamento que exigem equipamentos dedicados e aterramento adequado. A autora mostra que, à medida que se adota uma recarga mais potente, aumenta também a exigência

sobre o circuito elétrico, a proteção, os cabos e a própria estrutura da instalação. Em termos práticos, isso ajuda a entender por que a instalação de recarga não pode ser tratada como um simples acréscimo pontual. Se um condomínio instala várias estações com essa potência sem rever seus condutores, disjuntores, quadro de distribuição e capacidade de alimentação, o risco de sobrecarga aumenta significativamente.

Por isso, a escolha entre carregamento lento, semirrápido ou rápido precisa ser feita com base na realidade elétrica do edifício. Em um condomínio com pouca folga de carga, por exemplo, pode ser mais prudente iniciar com estações de menor potência e gestão inteligente da demanda, em vez de adotar carregadores mais fortes que exijam troca de transformador ou alteração da categoria de atendimento da instalação. Em outro caso, um empreendimento novo, já projetado com infraestrutura preparada, pode comportar equipamentos mais robustos. Assim, a decisão técnica não depende apenas da vontade do usuário ou da velocidade desejada de recarga, mas da compatibilidade entre veículo, estação, normas aplicáveis e capacidade real da instalação predial.

A essa discussão soma-se uma dimensão particularmente sensível em condomínios verticais: a permanência e o carregamento de veículos elétricos em áreas fechadas, especialmente em subsolos. Nesses ambientes, o problema não se limita ao aumento da carga elétrica da edificação, mas envolve também o comportamento de risco associado às baterias de alta tensão. A cartilha do Instituto da Qualidade Automotiva esclarece que os veículos elétricos e híbridos exigem atenção específica em razão de utilizarem baterias capazes de entrar em autoignição, o que impõe observância rigorosa das orientações de segurança e dos manuais dos fabricantes (IQA, 2024).

O mesmo material informa que o lítio, principal componente das baterias de tração, apresenta elevada reatividade e inflamabilidade, razão pela qual danos às barreiras de proteção da bateria, impactos, defeitos ou falhas no manuseio podem provocar superaquecimento, incêndios e riscos de explosão (IQA, 2024). Em locais fechados, esses riscos assumem maior gravidade, pois a fumaça, o calor e eventuais gases liberados tendem a permanecer confinados, dificultando a dispersão térmica, comprometendo a visibilidade, pressionando as rotas de fuga e ampliando a exposição de pessoas, veículos vizinhos e elementos estruturais da edificação.

Sob esse ângulo, a guarda de veículos a bateria em subsolos exige leitura mais ampla do que a tradicional lógica de estacionamento. O IQA (2024) recomenda que veículos com suspeita de dano, temperatura anormal ou histórico de sinistro sejam mantidos em observação com distanciamento de outros veículos e, quando necessário, em local aberto, justamente porque falhas no sistema de baterias podem evoluir para princípio de incêndio. A cartilha também orienta monitoramento periódico da temperatura por câmera térmica e destaca que, em caso de anomalia, o veículo deve ser isolado e o atendimento de emergência acionado (IQA, 2024). Isso se torna especialmente relevante em subsolos, onde a dificuldade de acesso, a limitação de ventilação e a proximidade entre veículos tendem a agravar a resposta ao evento térmico.

A preocupação se estende ao armazenamento dos próprios conjuntos de baterias de tração quando removidos do veículo. O IQA (2024) estabelece que a bateria de tração deve

ser movimentada com equipamento apropriado e armazenada em local específico, com acesso restrito, travamento e boa ventilação, precisamente para evitar o confinamento de gases em caso de vazamento. O documento também recomenda o mapeamento das circunstâncias que possam ter danificado baterias ou provocado impactos, a avaliação da presença de materiais combustíveis e inflamáveis no entorno, a existência de sistemas de combate por água e a elaboração de protocolo operacional de emergência com treinamento teórico e prático dos envolvidos (IQA, 2024). Isso demonstra que o armazenamento de bancos de baterias não pode ocorrer de forma improvisada em depósitos, salas técnicas mal ventiladas ou áreas de circulação compartilhada.

No Brasil, a regulamentação desse tema ainda se encontra em processo de consolidação, mas já há sinais claros de atualização normativa. A Portaria nº CCB-009/800/2025, do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, reconhece expressamente que a evolução da eletromobilidade introduz novas configurações de risco e exige atualização dos parâmetros de segurança contra incêndio em garagens e locais com Sistemas de Alimentação de Veículos Elétricos (CBPMESP, 2025a). O parecer técnico vinculado à portaria informa a necessidade de revisão de instruções técnicas relacionadas à inspeção de instalações elétricas, segurança estrutural, controle de fumaça, chuveiros automáticos e adaptação de edificações existentes, evidenciando que o tema já é tratado como matéria de risco específico em estacionamentos (CBPMESP, 2025a).

Esse conjunto de exigências também reforça que a segurança da recarga em áreas internas não depende apenas da existência de dispositivos de proteção e de resposta emergencial, mas igualmente da escolha tecnicamente adequada da estação de recarga em relação ao veículo e à infraestrutura disponível. Nessa perspectiva, Pozzobon (2023) demonstra que a definição do modelo de estação não pode ser realizada de forma isolada, como se bastasse selecionar o equipamento de maior potência. O autor explica que o desempenho da recarga é condicionado pelo tipo de rede elétrica, pela tensão e pela corrente efetivamente fornecidas pela instalação, o que interfere diretamente no tempo de carregamento e na funcionalidade do sistema. Além disso, assinala que veículos com baterias de maior capacidade demandam mais tempo de recarga e que a estação não entrega potência superior àquela que o próprio veículo é capaz de receber (Pozzobon, 2023).

Essa observação é especialmente importante no contexto condominial, porque impede que o dimensionamento da infraestrutura seja orientado apenas por expectativa de velocidade ou por disponibilidade comercial de equipamentos. Em subsolos e outras áreas fechadas, onde a instalação da recarga já exige atenção ampliada quanto a desligamento de emergência, contenção de risco, ventilação, rotas de fuga e compatibilidade com o sistema de proteção contra incêndio, torna-se ainda mais necessário que a escolha da estação esteja em conformidade com o perfil real dos veículos que utilizarão o sistema. Em outras palavras, a adoção de carregadores mais potentes não assegura, por si só, melhor desempenho operacional e pode, inclusive, ampliar exigências estruturais e riscos desnecessários, caso a instalação predial e os automóveis dos usuários não sejam compatíveis com esse padrão.

Pozzobon (2023) também chama atenção para a compatibilidade entre conectores, aspecto técnico que ganha relevância quando se consideram diferentes padrões de interface física e elétrica entre veículo e estação. No caso dos equipamentos de suprimento em corrente contínua, os chamados EVSE CC, há diferentes padrões de conexão, como GB/T, CCS-1, CCS-2, CHAdeMO e Tesla, cada um com características próprias de encaixe, alimentação e comunicação. Isso significa que, para além do debate sobre potência e tempo de recarga, a funcionalidade da infraestrutura depende de aderência concreta entre o sistema adotado pelo automóvel e a estação instalada. Tal exigência confirma que o planejamento da recarga em condomínios, sobretudo em ambientes internos com maior sensibilidade operacional, não pode ser pensado apenas a partir da oferta de carregadores no mercado, mas precisa considerar, simultaneamente, segurança da edificação, compatibilidade técnica dos veículos e coerência do projeto elétrico. Com a finalidade de tornar mais clara essa diversidade de padrões e interfaces, apresenta-se, a seguir, um quadro sintético com os principais sistemas e conectores de recarga em corrente contínua, destacando suas características básicas, origem e aplicabilidade.

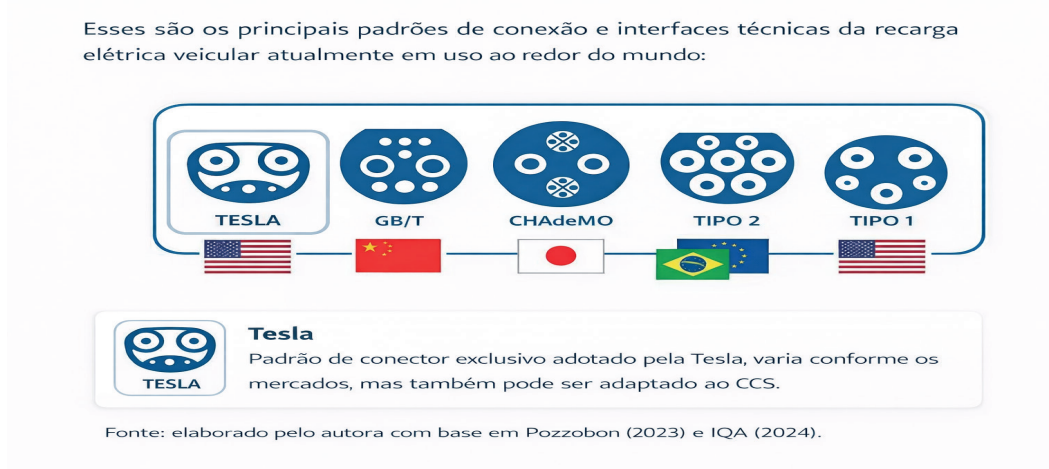
Quadro 1 – Padrões de conexão e interfaces técnicas da recarga elétrica veicular

<b>Termo</b>	<b>Significado</b>	<b>O que é</b>	<b>Onde é mais usado</b>	<b>Observação técnica</b>
EVSE CC	<i>Electric Vehicle Supply Equipment</i> em corrente contínua	Equipamento de fornecimento de energia para veículos elétricos em corrente contínua	Aplicações de recarga rápida	A conversão da energia ocorre no próprio equipamento, e a eletricidade é enviada diretamente à bateria do veículo, permitindo carregamento mais rápido
GB/T	Guobiao/Tuijian	Padrão de conexão para recarga de veículos elétricos	China	Define formato do conector e parâmetros de comunicação entre estação e veículo
CCS-1	<i>Combined Charging System</i> tipo 1	Padrão de conexão que combina recarga em corrente alternada e contínua	América do Norte	Permite usar um mesmo sistema para diferentes modalidades de recarga
CCS-2	<i>Combined Charging System</i> tipo 2	Padrão de conexão que combina recarga em corrente alternada e contínua	Europa e diversos mercados internacionais	É um dos padrões mais difundidos internacionalmente para recarga rápida
CHAdeMO	Nome do padrão japonês de recarga rápida	Padrão de recarga rápida em corrente contínua	Japão e alguns mercados internacionais	Foi um dos primeiros padrões amplamente utilizados para recarga rápida e possibilita aplicações associadas ao V2G
Tesla	Padrão de conector adotado pela Tesla	Sistema de conexão utilizado em veículos e estações da marca	Varia conforme o país	Em alguns mercados utiliza padrão próprio; em outros, adapta-se a padrões locais, como CCS

Fonte: elaborado pelo autor.

A compreensão dos principais padrões de conexão e das interfaces técnicas da recarga elétrica veicular é importante para a análise da infraestrutura de recarga, especialmente quando se consideram sistemas utilizados em diferentes mercados e realidades tecnológicas. Esses conectores constituem a interface física e funcional entre o veículo e a estação de recarga, definindo aspectos de compatibilidade, comunicação e aplicação em corrente alternada ou contínua. Nesse contexto, a figura a seguir apresenta, de forma sintética, alguns dos principais padrões atualmente empregados na recarga elétrica veicular, com destaque para Tesla, GB/T, CHAdeMO, Tipo 2 e Tipo 1, permitindo visualizar suas diferenças e sua associação predominante a determinados mercados nacionais e internacionais.

Figura 1 – Representação dos principais padrões de conectores utilizados na recarga elétrica veicular



Fonte: elaborado pelo autor, gerado por IA, com base em Pozzobom (2023) e IQA (2024)

Outro ponto destacado por Pozzobon (2023) refere-se à elevada potência das estações em corrente contínua. Por operarem com demanda mais intensa, esses equipamentos exigem avaliação rigorosa da rede elétrica e da disponibilidade de potência na edificação. Em um condomínio, isso significa que a adoção de carregadores rápidos não pode ser decidida apenas com base na conveniência ou na expectativa de reduzir o tempo de espera do usuário. Antes disso, é necessário verificar se a instalação predial suporta essa carga adicional, se os circuitos e dispositivos de proteção são compatíveis e se a entrada de energia do edifício comporta esse acréscimo sem comprometer a estabilidade do sistema.

Essa interpretação se aproxima da análise de Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024), para quem a escolha do carregador depende das necessidades do usuário, do tipo de veículo e da infraestrutura disponível para o carregamento. Os autores também ressaltam que essa definição exige exame cuidadoso das condições concretas de uso. Aplicado ao contexto condominial, esse entendimento mostra que a técnica da implantação precisa articular dois elementos inseparáveis: de um lado, a capacidade elétrica do edifício; de outro, o padrão de utilização dos moradores. Assim, em condomínios nos quais os veículos permanecem estacionados durante toda a noite, soluções lentas ou semirrápidas, associadas à gestão da carga, tendem a ser mais coerentes do que a adoção automática de carregamento rápido, que impõe exigências mais severas à infraestrutura.

Essa escolha técnica, portanto, não deve ser orientada apenas pela velocidade desejada de recarga, mas pela relação entre tempo de permanência do veículo, potência disponível na instalação e segurança operacional. Um morador que deixa o carro estacionado por oito ou dez horas, por exemplo, pode ser plenamente atendido por uma solução de menor potência, desde que o sistema seja corretamente dimensionado. Nesse caso, o uso de estações lentas ou semirrápidas pode reduzir a pressão sobre a rede interna do condomínio, evitar reformas mais complexas e, ainda assim, atender adequadamente à rotina dos usuários.

Por fim, Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024) reforçam que a segurança deve atravessar todo o processo de implantação e operação da recarga. Para os autores, a instalação e a manutenção dos equipamentos devem ser realizadas com prioridade absoluta à segurança e com acompanhamento de profissionais qualificados. Eles também assinalam que as normas técnicas e a legislação específica são essenciais para disciplinar a fabricação, a instalação e a operação das estações de carregamento e dos veículos elétricos. No ambiente condominial, isso se traduz na necessidade de prever proteção contra sobrecorrente, isto é, contra correntes acima da capacidade do circuito; proteção contra curto-circuito, que evita danos graves em caso de falha elétrica; proteção contra surtos, importante diante de variações bruscas de tensão; e mecanismos contra falhas de isolamento e aquecimento excessivo. Soma-se a isso a necessidade de aterramento adequado, inspeções periódicas e execução por profissionais habilitados, de modo que a recarga seja incorporada à edificação sem comprometer a segurança das pessoas, dos veículos e da própria instalação elétrica.

Em síntese, a análise das normas e dos estudos aplicados permite afirmar que os requisitos técnicos para a instalação de estações de recarga em condomínios se organizam em quatro eixos principais. O primeiro é normativo, com a NBR 5410 como base geral das instalações de baixa tensão e as normas específicas de recarga, como ABNT NBR IEC 61851-1, ABNT NBR IEC 62196, NT-042 e NTC 902210, orientando critérios de conexão, proteção, cálculo de demanda e operação. O segundo é infraestrutural, envolvendo avaliação da capacidade da edificação, dos condutores, quadros, dispositivos de proteção, aterramento e eventual necessidade de ampliação da entrada ou do transformador. O terceiro é operacional, abrangendo definição do tipo de carregador, do modo de carregamento, da forma de medição, da lógica de uso das vagas e do cálculo de simultaneidade. O quarto é securitário, incluindo instalação qualificada, conformidade técnica e monitoramento das condições de operação. Dessa forma, aplicar corretamente as normas ao contexto condominial significa reconhecer que a recarga veicular exige projeto elétrico específico, leitura precisa da infraestrutura existente e adoção de soluções graduais, seguras e compatíveis com a realidade física e funcional de cada condomínio.

#### **4 Custos, adaptações estruturais e condições operacionais da implantação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios**

Avaliar os custos, as adaptações estruturais e as condições operacionais da implantação de estações de recarga em condomínios exige partir de uma premissa fundamental: a viabilidade da recarga residencial coletiva não depende apenas da existência de demanda, mas da relação entre carga disponível, necessidade de readequação da infraestrutura e modelo operacional adotado. Os estudos brasileiros são particularmente elucidativos nesse ponto porque lidam com edificações reais, marcadas por limitações concretas de entrada de energia, quadro de distribuição, transformadores, cabos e dispositivos de proteção.

Santos Neto e Santos (2024), em estudo de caso realizado em um condomínio de alto padrão em Goiânia, deixam isso claro ao afirmar que o foco de sua pesquisa foi examinar a viabilidade da demanda para implantação de pontos de recarga em um condomínio já estabelecido, com base na comparação entre demandas projetadas e demandas efetivamente medidas por analisador de energia. Mais do que simples exercício teórico, trata-se de uma pesquisa empírica de terceiros baseada em medição real da instalação, o que confere especial relevância aos seus resultados para a realidade brasileira.

Nesse estudo, os autores mostraram que a implantação inicial de até quatro pontos de recarga semirrápida de 22 kW era tecnicamente possível, mas que a expansão para atendimento integral do condomínio demandaria aumento de carga e troca do transformador, calculados com base nas NT-042 e NT-02. Isso revela uma questão central: a viabilidade inicial de poucos pontos de recarga não se confunde com a viabilidade de eletrificação ampla da garagem. Em outras palavras, um condomínio pode suportar uma solução parcial de curto prazo e, ao mesmo tempo, revelar grande fragilidade estrutural para uma expansão futura mais abrangente. Essa constatação dialoga diretamente com Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021), que, ao estudarem um prédio de Curitiba com cerca de 53 anos, afirmam que adaptar edificações existentes para receber recarga veicular pode ser mais complexo do que projetar uma infraestrutura nova desde o início, pois o prédio já traz consigo condicionantes de entrada de energia, dutos, cabos e equipamentos originalmente dimensionados sem considerar esse tipo de carga.

Os números encontrados por Santos Neto e Santos (2024) tornam essa dificuldade bastante tangível. Após a coleta dos dados, os autores verificaram que a demanda máxima registrada nos apartamentos foi de 116,048 kVA e a demanda máxima do serviço condominial foi de 65,280 kVA. A partir daí, concluíram que, embora houvesse uma folga total de 84,662 kVA distribuída entre 92 apartamentos, essa margem representava aproximadamente 0,9 kVA por unidade, valor insuficiente até mesmo para instalação de uma tomada específica de recarga lenta, já que a menor carga considerada para modos 2 e 3 é de 3,6 kW. O dado é analiticamente importante porque desmonta uma percepção recorrente de que 'alguma folga' na instalação já seria suficiente para viabilizar a recarga individualizada. Na prática, a existência de margem residual não significa, necessariamente, viabilidade operacional.

Esse mesmo problema aparece, sob outro ângulo, no estudo de Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021). Em pesquisa aplicada a um edifício antigo de Curitiba, os autores mostraram que a alimentação disponível permitia apenas 3,29 kVA de folga, abaixo do mínimo normativo de 3,6 kW para recarga lenta. Por isso, concluíram que a categoria de atendimento precisaria ser ampliada e a entrada de energia readequada. A força desse resultado está em evidenciar que o custo da implantação não se concentra apenas no carregador. Ele começa, muitas vezes, antes do equipamento, na própria necessidade de tornar a instalação minimamente apta a receber uma nova carga. É justamente nesse ponto que os custos estruturais se revelam decisivos: aumento de carga junto à concessionária, possível substituição de transformador, troca de disjuntores, redimensionamento de cabos, elaboração de projetos e aprovação técnica.

Ao aprofundar esse raciocínio, Santos Neto e Santos (2024) calculam dois cenários para atendimento integral dos 92 apartamentos. No primeiro, a adoção de tomadas específicas de 3,6 kW geraria uma demanda de 168,597 kVA. Como a folga existente era de 84,662 kVA, seria necessário acréscimo de 83,935 kVA, levando a demanda total a 505,806 kVA e exigindo transformador de 500 kVA, além da troca do disjuntor de entrada e dos cabos e disjuntores dos quadros gerais. No segundo, com estações de 7 kW, a demanda seria de 327,828 kVA, exigindo acréscimo de 243,166 kVA e elevando a demanda total a 580,736 kVA, com necessidade de transformador de 750 kVA. O mérito desses achados está em demonstrar, com base empírica brasileira, que a escolha entre recarga lenta e recarga um pouco mais rápida não produz apenas diferença funcional para o usuário, mas altera profundamente a estrutura de custos e intervenções da edificação.

Esse quadro brasileiro encontra paralelo interessante em estudos internacionais, embora com diferenças contextuais relevantes. Lee *et al.* (2024), em pesquisa realizada na Coreia do Sul com base em dados públicos de estações de recarga rápida em Seul, defendem que a viabilidade econômica do uso da rede elétrica local em diferentes tipos de edifício requer avaliação ampla de custo-benefício, gestão da demanda, estabilidade, confiabilidade e conformidade regulatória. O país do estudo é importante aqui porque a Coreia do Sul possui uma infraestrutura urbana densa, forte presença de carregadores rápidos e um ambiente regulatório mais consolidado para eletromobidade, o que torna seus resultados instrutivos, mas não diretamente transplantáveis ao condomínio brasileiro. Ainda assim, a pesquisa oferece uma contribuição importante ao mostrar que a estrutura tarifária muda conforme estação do ano e horário da carga, alterando o custo efetivo da eletricidade utilizada na operação da recarga.

Os resultados econômicos encontrados por Lee *et al.* (2024) também ajudam a relativizar expectativas excessivamente otimistas em relação à recarga residencial. No ambiente de teste residencial analisado pelos autores, o carregador rápido gerou receita de USD 3.760,27, mas pagou USD 1.131,17 em tarifa de energia e USD 1.121,10 em tarifa de demanda, resultando em lucro final de USD 1.508. Quando o retorno sobre o investimento foi calculado, a instalação pública apresentou o melhor desempenho, seguida da comercial, enquanto a instalação residencial

exigiu 9,61 anos para alcançar valor presente líquido positivo. Isso é particularmente relevante para o Brasil porque mostra que o contexto residencial, mesmo em país com infraestrutura mais consolidada, tende a produzir retorno mais lento do que cenários públicos ou empresariais. Em condomínio, portanto, a implantação da recarga não deve ser pensada apenas como ativo de retorno financeiro direto, mas como infraestrutura de serviço, valorização patrimonial e preparação para demanda futura.

A leitura australiana de Weerasinghe Mudiyansele *et al.* (2025) acrescenta outra camada à discussão. O estudo foi desenvolvido por pesquisadores da *Edith Cowan University* e modelado com dados específicos de Joondalup, na Austrália Ocidental, sob a tarifa horária da *Synergy*. Nesse caso, a análise se concentrou em edifício multifamiliar com geração fotovoltaica, bateria comunitária e recarga flexível<sup>3</sup>. Os autores mostram que, para garantir transparência e sustentabilidade do sistema, a energia solar usada para carregar a bateria não era cobrada diretamente dos moradores, mas a descarga da bateria recebia preço específico para cobrir degradação e manutenção. Considerando custo de capital entre AUD 12.000 e AUD 16.000, eles estimaram custo de degradação entre AUD 0,078 e AUD 0,1/kWh e aplicaram faixa de AUD 0,15 a AUD 0,2/kWh para a energia descarregada da bateria. Em valores aproximados de abril de 2026, usando taxa em torno de 1 AUD = 0,67 USD, isso corresponde a cerca de USD 8.040 a USD 10.720 de investimento inicial e preço de descarga entre aproximadamente USD 0,10 e USD 0,13/kWh.

O ponto central desse estudo australiano não é apenas o valor monetário, mas a lógica de custeio. Quando a bateria era carregada pela rede em horário superfora<sup>4</sup> de pico, o custo real da energia era repassado diretamente aos usuários, sem adicional de degradação, e o preço variava conforme o custo de entrada da energia. Em cenário de primavera, com menor irradiância, o custo das cargas comuns subiu para AUD 24,84 por dia, enquanto no verão, com maior geração solar, o custo total do edifício caiu para AUD 29,95 por dia, compensado por maior receita de exportação solar. Em dólares, isso representa aproximadamente USD 16,65 e USD 20,07,

3 Neste estudo, a expressão 'geração fotovoltaica' refere-se à produção de energia elétrica a partir da conversão da radiação solar em eletricidade por módulos solares. No Brasil, essa terminologia é amplamente utilizada no setor elétrico e na regulação da ANEEL, especialmente no âmbito da micro e minigeração distribuída. Já a expressão 'bateria comunitária' designa, em sentido técnico, um sistema de armazenamento compartilhado por múltiplos usuários ou por uma edificação coletiva, sendo mais frequente em estudos internacionais e em modelos de gestão energética coletiva do que na terminologia regulatória brasileira corrente. Por sua vez, 'recarga flexível' indica uma estratégia operacional em que o carregamento do veículo elétrico pode ser deslocado no tempo ou modulado em potência conforme preço da energia, condições da rede ou disponibilidade de geração local. No contexto brasileiro, embora 'geração fotovoltaica' seja termo consolidado, 'bateria comunitária' e 'recarga flexível' aparecem mais como categorias analíticas e tecnológicas em pesquisas e discussões sobre transição energética, armazenamento e redes inteligentes do que como nomenclaturas padronizadas do vocabulário regulatório nacional.

4 A expressão 'superfora de ponta' não corresponde a uma nomenclatura usual no contexto tarifário brasileiro. Trata-se de um termo empregado em determinados sistemas elétricos estrangeiros para designar faixas horárias de tarifa ainda mais reduzida do que os períodos convencionais de 'fora de ponta', geralmente associadas a momentos de baixa demanda na rede. Neste trabalho, quando essa expressão aparecer em estudos internacionais, sua compreensão deve ser vinculada ao contexto regulatório do país de origem da pesquisa, não devendo ser tomada como categoria tarifária formal do sistema elétrico brasileiro. No Brasil, a nomenclatura tarifária mais empregada pela regulação setorial compreende os postos tarifários de 'ponta' e 'fora de ponta' para modalidades horárias do Grupo A e, na Tarifa Branca do Grupo B, os postos de 'ponta', 'intermediário' e 'fora de ponta'. Por essa razão, expressões como 'superfora de ponta', comuns em alguns estudos internacionais, não correspondem à terminologia tarifária usual do setor elétrico brasileiro.

respectivamente. Mais importante ainda, a conta diária do apartamento de referência caiu de AUD 1,62 para AUD 1,06 na primavera e AUD 1,00 no verão, redução de cerca de 34% a 38%. Em valores aproximados, trata-se de queda de cerca de USD 1,09 para USD 0,71 e USD 0,67.

Para o Brasil, esse resultado não deve ser lido como promessa de replicação automática. O estudo australiano depende de um arranjo específico de tarifa horária, bateria comunitária e geração fotovoltaica compartilhada, além de uma modelagem de edifício com nove apartamentos e comportamento controlado das cargas. Ainda assim, ele oferece contribuição conceitual importante: a viabilidade da recarga em condomínios melhora quando os custos deixam de ser tratados como bloco único e passam a ser repartidos entre fonte de energia, horário de uso, degradação do armazenamento e regime de compartilhamento. Em edifícios brasileiros, isso sugere que modelos de gestão mais sofisticados, sobretudo em condomínios novos ou de maior padrão, podem atenuar parte dos custos operacionais, ainda que o investimento inicial siga elevado.

Já o estudo de Sørensen *et al.* (2024), realizado na Noruega com base em dados reais de apartamentos e sessões de recarga, desloca o foco para o efeito do carregamento sobre a demanda e o pico elétrico. Os autores mostram que a inclusão do carregamento não controlado pode elevar a carga de pico dos edifícios residenciais em fator entre 1,1 e 3,6, e que adicionar uma potência de 7 kW a um apartamento com pico médio de 1,4 kW multiplica a potência máxima por seis. Além disso, o consumo total de eletricidade aumenta em 1,5 vez quando o carregamento do veículo é somado ao consumo do apartamento. O estudo também mostra que tarifas energéticas podem deslocar a recarga para horários de menor preço, mas, paradoxalmente, elevar os picos em até 37% em comparação com o carregamento não coordenado, enquanto tarifas de pico conseguem reduções de até 45%. Para edifícios com fotovoltaico, no máximo 38% da recarga foi coberta pela geração solar.

O valor desse caso norueguês para o Brasil está no alerta operacional. Não basta introduzir tarifa ou incentivar a recarga noturna esperando automaticamente menor pressão sobre a rede. Dependendo da forma de precificação, o deslocamento coletivo para o mesmo horário barato pode recriar um novo pico. Isso tem grande relevância para condomínios brasileiros, onde a recarga noturna tende a coincidir com o retorno dos moradores ao fim do dia. Assim, custos e operação se entrelaçam: uma tarifa aparentemente vantajosa pode ser tecnicamente onerosa se não vier acompanhada de coordenação inteligente da carga.

É exatamente esse ponto que o estudo italiano de Lazzeroni e Carboni (2025), desenvolvido por pesquisadores vinculados ao *Politecnico di Torino*, ajuda a aprofundar. Em um edifício multifamiliar modelado com infraestrutura de 7 kW por ponto, os autores demonstraram que o carregamento não gerenciado sempre produzia a pior condição de demanda de pico. Em contraste, duas estratégias de *smart charging* quase reduziram pela metade os picos em cenários de menor demanda e alcançaram reduções superiores a quatro vezes nos cenários mais críticos. Esses resultados indicam que a gestão da recarga não é apenas recurso tecnológico sofisticado,

mas condição objetiva para limitar custos futuros de reforço da instalação e da rede. Em contexto condominial brasileiro, isso significa que sistemas de recarga inteligente podem adiar investimentos em ampliação da infraestrutura e reduzir a necessidade de contratação imediata de potência mais elevada, sobretudo em edifícios com capacidade limitada.

Os estudos brasileiros confirmam essa interpretação. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) mostram que, embora o prédio antigo analisado não pudesse sequer receber carregadores lentos sem readequação, um aumento de 26,47 kVA na entrada permitiria instalar carregadores de 3,6 kW em todas as vagas, conectados a partir do centro de medição do condomínio, sem intervenção no quadro condominial. Ao mesmo tempo, os autores mostram que quatro estações de recarga não corresponderiam à totalidade da instalação, mas atenderiam adequadamente os primeiros proprietários de veículos elétricos (VEs) sem gastos excessivos com aquisição adicional de equipamentos. Esse resultado se aproxima da lógica incremental encontrada em outros estudos: começar com poucos pontos, adaptar a entrada de energia e prever expansão gradual tende a ser mais consistente do que tentar eletrificar toda a garagem de imediato.

Esse gradualismo também conversa com a análise tarifária de Francescato (2019). Ao discutir a viabilidade técnica e econômica das estações, o autor lembra que o custo anual dos equipamentos é fortemente influenciado pela tarifa de energia, que reúne os componentes de geração, transmissão, distribuição e comercialização. Após consultar fabricantes, o estudo organizou despesas de aquisição, instalação, manutenção, depreciação e tarifa, e concluiu que equipamentos mais potentes e com maior número de veículos simultâneos apresentam CAUE<sup>5</sup> mais alto, embora possam ter menor custo por kWh consumido. Em outras palavras, a superioridade técnica de um equipamento mais robusto não implica automaticamente superioridade econômica, já que seu custo anual pode ser mais elevado. Esse raciocínio é muito pertinente ao condomínio: o melhor equipamento do ponto de vista funcional pode não ser o mais adequado quando se consideram os custos totais da implantação e da operação.

A presença de geração fotovoltaica e armazenamento acrescenta ainda mais complexidade a esse cálculo. Silva (2022), ao estudar uma estação rápida suprida por sistema fotovoltaico no Brasil, concluiu que o projeto com Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR)<sup>6</sup> não era economicamente viável, apesar do fluxo de caixa potencialmente superior, porque o custo de implantação do sistema fotovoltaico e da área necessária não se amortizou nos cenários considerados. Em contraste, Silva Neto (2025), em estudo brasileiro sobre viabilidade energética de estação na região metropolitana do Recife, mostrou que a geração fotovoltaica atendia parcela significativa da demanda diurna, enquanto o *Battery Energy Storage System* (BESS)<sup>7</sup> compensava

5 CAUE é a sigla para Custo Anual Uniforme Equivalente. Esse indicador serve para transformar todos os custos de um investimento em um valor anual equivalente, facilitando a comparação entre alternativas. Em termos simples, ele responde a algo como: 'Quanto esse equipamento custa por ano, em média, considerando aquisição, instalação, operação, manutenção, vida útil e outros encargos?'

6 SFCR (Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede) corresponde ao arranjo de geração solar que opera integrado à rede elétrica convencional, permitindo tanto o autoconsumo da energia gerada quanto a injeção do excedente na rede.

7 ESS (*Battery Energy Storage System*) corresponde a um sistema de armazenamento de energia por baterias, utilizado para acumular eletricidade gerada em determinado período e disponibilizá-la posteriormente, contribuindo para maior equilíbrio

variações instantâneas entre geração e consumo. A análise paramétrica revelou que o desempenho dependia fortemente da capacidade energética do BESS e, em menor grau, da potência nominal de conversão, com uma região de equilíbrio técnico em torno de 150 kWh e 80 kW, acima da qual os ganhos se tornavam marginais. Assim, o armazenamento se mostrava estratégico para aumentar o autoconsumo e reduzir a dependência da rede, mas sua dimensão ótima precisava equilibrar desempenho e custo incremental do equipamento.

Desse conjunto de estudos surge uma síntese importante para o caso brasileiro. Os custos da implantação da recarga em condomínios não se restringem ao carregador, mas incluem readequação de entrada de energia, aumento de carga junto à concessionária, troca de transformador, disjuntores e cabos, elaboração e aprovação de projeto, eventuais sistemas de medição e gerenciamento, além do custo operacional da energia. As adaptações estruturais são mais severas em edifícios antigos, mas podem ser parcialmente mitigadas por estratégias graduais, recarga lenta ou semirrápida, medição centralizada e gerenciamento inteligente da carga. As condições operacionais, por sua vez, dependem do perfil de uso das vagas, da simultaneidade de conexão, da tarifa aplicada, da presença ou não de fotovoltaico e armazenamento, e da capacidade de coordenação da recarga.

Assim, a literatura brasileira e internacional converge ao mostrar que a implantação de estações de recarga em condomínios exige pensar custos, adaptações e operação como dimensões inseparáveis. No Brasil, os estudos empíricos mostram que a limitação de capacidade instalada ainda é um obstáculo central, o que favorece soluções incrementais e gerenciadas. Já os estudos internacionais indicam que, mesmo em contextos mais avançados, a viabilidade econômica residencial é mais desafiadora do que a pública ou comercial e depende fortemente de tarifação, gestão da carga e integração com recursos energéticos distribuídos. O que pode ser replicado ao Brasil não são os números absolutos desses países, mas a lógica de planejamento: medir antes de expandir, coordenar antes de reforçar e distribuir custos de forma tecnicamente transparente.

## **5 Monitoramento digital, controle de consumo e automação na gestão da infraestrutura de recarga para veículos elétricos em condomínios**

Examinar de que modo os recursos tecnológicos associados às estações de recarga influenciam a gestão e a funcionalidade da infraestrutura condominial exige compreender que a recarga veicular, em ambiente coletivo, deixa de ser apenas uma operação elétrica e passa a constituir um problema de coordenação, medição, segurança e governança do uso comum. Em condomínios, a presença de múltiplos usuários, vagas fixas ou rotativas, limites de potência instalada e necessidade de rateio individualizado faz com que a simples disponibilidade de energia não seja suficiente. É nesse ponto que monitoramento digital, controle de consumo e automação deixam de ser acessórios e passam a atuar como elementos estruturantes da operação.

Santos Neto e Santos (2024), em pesquisa aplicada a condomínio residencial brasileiro, definem a recarga inteligente como um sistema no qual o carregador possui conexão à internet e, por isso, permite monitoramento e gerenciamento remoto do uso e do consumo de energia. Essa formulação é importante porque desloca o foco do carregador como equipamento isolado para o carregador como nó de informação. Em termos práticos, isso significa que a estação não apenas fornece energia, mas também coleta dados, registra histórico de uso, permite parametrizações e oferece base para decisões operacionais.

Nessa mesma direção, Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) entendem o *smart charging* como um sistema capaz de controlar a velocidade de carga e o uso de energia, reduzindo gargalos na rede de distribuição e ampliando a racionalidade do funcionamento coletivo. O diálogo entre esses dois estudos brasileiros mostra que a inteligência da recarga não reside apenas na potência do equipamento, mas na sua capacidade de adaptar o carregamento às condições do edifício.

Esse ponto se torna ainda mais relevante quando se considera que o carregamento simultâneo de vários veículos pode produzir efeitos que extrapolam a conta de energia. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) alertam que sistemas sem controle de carga não geram apenas risco de desarme de disjuntores, mas também aceleram o desgaste de equipamentos da instalação, inclusive transformadores, cuja vida útil pode ser reduzida drasticamente quando submetidos a picos recorrentes. Em formulação convergente, Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024) afirmam que o impacto do carregamento sobre a rede depende dos horários, da frequência e da potência das recargas, bem como da capacidade da infraestrutura existente de suportar essa nova demanda. Assim, monitorar digitalmente e automatizar a operação não é apenas uma estratégia para conforto do usuário, mas uma forma de preservar a integridade elétrica da edificação.

A automação ganha centralidade justamente porque permite transformar uma infraestrutura limitada em um sistema operacionalmente mais flexível. Santos Neto e Santos (2024) observam que, com esse tipo de tecnologia, torna-se possível “realizar os serviços de controle da potência disponível entre as estações de recarga conectadas na rede por meio de um *hardware* local”, o que permite otimização da infraestrutura elétrica e viabiliza a recarga simultânea sem sobrecarga do sistema (Santos Neto; Santos, 2024, p. 31). A relevância dessa formulação está em mostrar que a automação atua como mediadora entre demanda crescente e capacidade instalada finita. Em vez de exigir, desde o início, um grande aumento de carga contratado, o sistema inteligente redistribui a potência disponível entre os veículos conectados, priorizando, retardando ou modulando o carregamento conforme a situação elétrica do prédio.

Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) aprofundam essa discussão ao afirmar que o carregamento inteligente se aproxima da lógica das *smart grids*, uma vez que permite a instalação de estações de recarga maiores sem que isso produza, necessariamente, faltas no sistema de distribuição. Os autores também indicam que a construção dessa inteligência depende do desenvolvimento de perfis de consumo, o que envolve informações como tempo de recarga,

disponibilidade do veículo, potência desejada, tipo de bateria, estado de carga e número de veículos conectados. Isso significa que a automação condominial não se resume a ligar e desligar carregadores. Ela requer tratamento de dados, definição de parâmetros e estabelecimento de uma lógica de priorização que considere tanto o comportamento dos moradores quanto as limitações do edifício.

Essa leitura dialoga com Silva Neto (2025), ainda que seu estudo trate de um eletroposto brasileiro com sistema fotovoltaico e armazenamento, e não de um condomínio. Em sua modelagem, o autor mostra que a lógica de controle implementada se baseia na potência líquida do sistema e no estado de carga do BESS<sup>8</sup>, operando em ciclos curtos e ajustando continuamente carga, descarga e suprimento da demanda. Quando há excedente de geração, o armazenamento absorve energia até determinado limite; quando há déficit, ele contribui parcialmente para o atendimento da carga, respeitando restrições operacionais. Embora o cenário seja distinto, o princípio é plenamente aproveitável para a realidade condominial: a gestão inteligente da energia depende de monitoramento contínuo das condições do sistema e de decisões automáticas orientadas por limites previamente definidos. Em condomínios com geração fotovoltaica, armazenamento ou mesmo apenas controle de potência, essa lógica pode ser transposta para a distribuição da carga entre os veículos conectados.

Além da distribuição da potência, o monitoramento digital cumpre função decisiva na medição individualizada do consumo, aspecto particularmente sensível em condomínios. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) mostram que o carregamento pode ser liberado por cartão RFID ou por aplicativo do fabricante, permitindo gestão individualizada tanto em vagas fixas quanto em vagas rotativas. O uso do RFID, isto é, da identificação por radiofrequência, é importante porque associa o consumo a um usuário específico, evitando que o custo da recarga seja diluído de modo indiferenciado entre todos os condôminos. Os autores acrescentam que, por meio da instalação de transformadores de corrente e do conhecimento das tensões dos carregadores, o gerenciador passa a medir o consumo para cobrança, além de oferecer histórico, rateio e faturamento. Em termos de gestão condominial, isso altera profundamente a funcionalidade da infraestrutura: a estação deixa de ser apenas um ponto de energia e passa a integrar uma plataforma de administração, cobrança e controle de uso.

Esse aspecto se articula ao debate sobre justiça distributiva na vida condominial. Em edifícios nos quais parte dos moradores utiliza a recarga e parte não utiliza, a medição individualizada reduz conflitos e torna a cobrança mais legítima. Ao separar o consumo da recarga do consumo das áreas comuns, o sistema automatizado permite que a despesa recaia apenas sobre quem efetivamente utiliza a infraestrutura. Isso reforça a ideia de que a tecnologia

---

8 No contexto brasileiro, o conceito é plenamente aplicável em termos técnicos, sobretudo em estudos e projetos que articulam geração distribuída, armazenamento e recarga de veículos elétricos. Contudo, o uso da sigla em inglês é mais frequente em trabalhos acadêmicos e técnicos do que em documentos normativos brasileiros, nos quais também podem ser empregadas expressões como 'sistema de armazenamento por baterias' ou 'sistema de armazenamento de energia elétrica'.

não opera apenas sobre a rede elétrica, mas também sobre a governança interna do condomínio, tornando a administração mais transparente e reduzindo disputas relacionadas ao rateio.

Os estudos brasileiros também mostram que a automação pode evitar super dimensionamentos desnecessários. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) afirmam que o uso do gerenciador de carga, ao limitar a potência consumida pelo painel a um valor máximo, facilitou significativamente a viabilidade da adaptação da instalação e evitou super dimensionamentos em componentes a montante do QD-ER<sup>9</sup>. Essa observação é analiticamente importante porque conecta tecnologia e custo. Ao permitir melhor uso da infraestrutura existente, o sistema inteligente reduz a necessidade de reforços imediatos em cabos, disjuntores e quadros. Em consequência, monitoramento e automação não apenas tornam a operação mais organizada, mas também podem reduzir a intensidade das intervenções estruturais exigidas para implantação da recarga.

O estudo de Santos Neto e Santos (2024) converge com esse ponto ao observar que a grande vantagem do sistema inteligente está em permitir maior número de veículos em carregamento ao mesmo tempo, distribuindo a carga de maneira dinâmica e liberando potência à medida que os veículos completam seu processo. Isso significa que a infraestrutura condominial deixa de operar sob lógica rígida e passa a funcionar sob lógica adaptativa. Em vez de reservar potência fixa para cada ponto, o sistema ajusta a distribuição conforme a ocupação e a necessidade de cada veículo. Essa característica é particularmente valiosa em condomínios com uso desigual das vagas, horários distintos de chegada dos moradores e limitações de potência disponível.

A automação também amplia a segurança técnica da recarga. Santos Neto e Santos (2024) observam que essa tecnologia pode contribuir para o controle e a diminuição de harmônicas, já que a redução da corrente em determinados momentos diminui o impacto da distorção. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) apresentam formulação semelhante ao sugerir que a modulação da carga ajuda a reduzir problemas ligados à qualidade da energia. Em paralelo, Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024) lembram que a conexão simultânea de diversos veículos pode produzir desequilíbrios de fase, instabilidade, quedas de tensão e introdução de harmônicos na rede, além de ampliar a vulnerabilidade da infraestrutura diante da digitalização crescente. O diálogo entre esses autores mostra que a tecnologia de monitoramento e automação atua em duas direções simultâneas: de um lado, organiza a carga; de outro, protege a rede condominial contra efeitos cumulativos da recarga descoordenada.

A funcionalidade da infraestrutura também se amplia quando a tecnologia embarcada dos conectores e interfaces físicas é considerada. Pozzobon (2023) observa que o conector Tipo

---

9 QD-ER é a sigla utilizada para o Quadro de Distribuição das Estações de Recarga. Trata-se do quadro elétrico destinado a concentrar e distribuir a alimentação dos pontos de recarga de veículos elétricos, reunindo os dispositivos de proteção, seccionamento e comando necessários ao funcionamento seguro do sistema. No contexto condominial, o QD-ER permite organizar de forma específica os circuitos das estações de recarga, separando-os de outros circuitos da edificação e favorecendo tanto o controle técnico da carga quanto a manutenção e a expansão futura da infraestrutura. Embora a sigla não constitua padronização normativa nacional obrigatória, seu uso é tecnicamente coerente em projetos e estudos que buscam identificar de modo específico o quadro destinado à recarga veicular.

2<sup>10</sup> suporta carregamento em corrente alternada monofásica e trifásica e possui travamento automático entre plugue e veículo, impedindo a remoção do cabo durante o carregamento. Esse detalhe técnico tem implicação direta na gestão condominial, pois aumenta a segurança da operação e reduz o risco de interrupção indevida por terceiros. Já ao tratar do padrão GB/T<sup>11</sup>, o autor destaca a presença de pinos de alimentação e contatos específicos para comunicação e controle de proximidade, o que mostra que conectividade e segurança fazem parte da própria arquitetura da recarga. No caso do CHAdeMO<sup>12</sup>, Pozzobon (2023) chama atenção para o conjunto ampliado de contatos de comunicação e para a possibilidade de V2X, isto é, interação do veículo com infraestrutura, rede e outros dispositivos. Ainda que esse tipo de solução esteja mais associado a arranjos tecnológicos avançados do que ao condomínio brasileiro convencional, ela aponta para um horizonte em que a estação de recarga deixa de ser terminal passivo e passa a integrar um ecossistema comunicacional mais amplo.

Essa dimensão digital da infraestrutura também aparece em plataformas de informação e aplicativos. Pozzobon (2023), ao mencionar o PlugShare, mostra como ferramentas digitais permitem localizar estações, consultar informações e compartilhar experiências de uso. Embora o aplicativo esteja mais relacionado à mobilidade em escala urbana e interurbana, o princípio é relevante: o valor funcional da recarga cresce quando a infraestrutura é acompanhada por sistemas digitais de informação. Em escala condominial, essa lógica pode ser traduzida em *dashboards*, aplicativos de reserva, monitoramento do status do carregador, registro de consumo e liberação remota. Assim, o monitoramento digital não apenas organiza a energia, mas melhora a experiência de uso e amplia a previsibilidade da operação.

A discussão se torna ainda mais complexa quando tecnologias de geração distribuída, armazenamento e automação são articuladas. Silva (2022), ao analisar sistema fotovoltaico conectado à recarga, mostra a importância do *Maximum Power Point Tracker* (MPPT), isto é, o rastreador do ponto de máxima potência, que identifica continuamente o ponto ótimo de operação dos módulos solares para maximizar a transferência de potência ao inversor. A autora também ressalta a função do controlador de carga no gerenciamento do armazenamento, preservando a vida útil das baterias ao interromper a carga máxima e evitar descarga abaixo do limite seguro. Em termos condominiais, isso significa que, quando a recarga é associada a

10 O conector Tipo 2 é um padrão de plugue usado para recarga de veículos elétricos em corrente alternada (CA), muito comum na Europa e também bastante presente em equipamentos comercializados no Brasil.

11 O padrão GB/T é um sistema de conexão utilizado na recarga de veículos elétricos, desenvolvido e adotado na China. A sigla deriva de *Guobiao/Tuijian*, expressão que remete a uma norma nacional recomendada daquele país. No contexto da recarga, o padrão GB/T define características do conector, da interface elétrica e da comunicação entre veículo e estação. Em aplicações de corrente contínua, esse padrão inclui pinos de alimentação e contatos específicos para sinais de controle e comunicação. Embora não seja o padrão predominante no Brasil, seu conhecimento é relevante em estudos comparativos e na análise de compatibilidade entre veículos, conectores e infraestruturas de recarga em escala internacional.

12 CHAdeMO é um padrão de recarga rápida em corrente contínua (CC) para veículos elétricos, desenvolvido no Japão. O termo deriva da expressão japonesa *'CHArge de MOve'*, associada à ideia de carregamento rápido, e designa tanto o conector quanto o protocolo de comunicação entre o veículo e a estação. Esse padrão permite transferência direta de energia para a bateria e inclui contatos específicos para alimentação e comunicação, viabilizando controle mais avançado do processo de recarga. Embora não seja o padrão predominante no Brasil, o CHAdeMO permanece relevante em estudos técnicos e comparativos, especialmente por sua associação histórica à recarga rápida e por possibilitar aplicações ligadas à comunicação energética mais ampla, como *vehicle-to-grid* (V2G).

geração fotovoltaica e baterias, a funcionalidade da infraestrutura passa a depender não apenas do carregador, mas de um conjunto coordenado de dispositivos de supervisão e controle. O sistema precisa saber quanto gera, quanto consome, quanto pode armazenar e quando deve limitar ou liberar energia.

Essa lógica de integração prepara terreno para soluções ainda mais avançadas de gestão, como as discutidas por Tavares (2024) no contexto brasileiro. A autora mostra que o *blockchain* pode organizar transações energéticas em blocos de informação que registram fonte de geração, carga, duração, demanda e serviços, permitindo gerenciamento de cobranças e compensações. Em sua análise, a aplicação dessa tecnologia às estações de carregamento passa por *smart contracts*, isto é, contratos automatizados por código, nos quais as condições definidas entre as partes são executadas automaticamente. No contexto da recarga, isso significa que produtor de energia e usuário podem estabelecer condições de preço, método de carregamento e origem da energia, e o sistema, após verificar a disponibilidade, autoriza o carregamento e a cobrança correspondente. A relevância desse modelo para condomínios ainda é prospectiva, mas conceitualmente importante: ele aponta para formas de governança digital em que consumo, pagamento e compartilhamento energético podem ser administrados com menor intermediação e maior rastreabilidade.

Ao relacionar essa perspectiva com a legislação brasileira, Tavares (2024) lembra que o compartilhamento de excedentes de energia provenientes de sistemas fotovoltaicos entre pontos cadastrados no mesmo CPF, CNPJ ou consórcio é permitido, o que abre espaço para aplicações futuras em ambientes coletivos. Ainda que a adoção ampla de *blockchain* em condomínios brasileiros esteja longe de ser realidade corrente, o estudo mostra que a automação pode alcançar níveis mais sofisticados do que a simples gestão de potência, envolvendo também contratos, cobrança e compartilhamento de energia em ambientes digitalmente conectados.

Nesse conjunto, o estudo de Francescatto (2019) acrescenta um elemento relevante ao lembrar que a análise de viabilidade técnica e econômica dos carregadores depende de fatores como potência, quantidade de veículos simultâneos, tipo de corrente, conectores, proteções e *software* de operação. Isso mostra que monitoramento e automação não são apenas recursos complementares, mas variáveis técnicas que interferem no custo, na escolha do equipamento e na adequação ao ambiente de aplicação. Quando o autor conclui que determinado modelo de nível 2 era o mais viável para o ambiente estudado em razão de sua combinação de fatores técnicos e custo intermediário, evidencia que a inteligência embarcada do sistema também integra a racionalidade econômica da implantação.

Desse modo, monitoramento digital, controle de consumo e automação influenciam a gestão e a funcionalidade da infraestrutura condominial em pelo menos quatro níveis articulados. Primeiro, aumentam a segurança elétrica, ao distribuir a carga, reduzir picos, minimizar riscos de sobrecarga, harmônicos e degradação de equipamentos. Segundo, organizam a governança do uso, ao permitir autenticação de usuários, medição individualizada, histórico de consumo e cobrança justa. Terceiro, ampliam a eficiência operacional, ao adaptar a potência disponível à demanda

real dos veículos e evitar reforços imediatos desnecessários na infraestrutura. Quarto, abrem caminho para formas mais complexas de gestão energética, envolvendo integração com geração fotovoltaica, armazenamento, plataformas digitais e, prospectivamente, contratos automatizados e compartilhamento de energia. Em síntese, a infraestrutura de recarga em condomínios torna-se mais funcional quando deixa de ser apenas instalação elétrica e passa a operar como sistema informacional, capaz de medir, decidir, distribuir e registrar. É essa transformação tecnológica que permite à recarga condominial deixar de ser fonte de conflito e instabilidade e passar a constituir uma infraestrutura gerenciável, escalável e aderente às exigências da vida coletiva.

## 5 Resultados e análise dos dados

A análise conjunta dos estudos selecionados permite compreender que a implantação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios não depende de um único fator, mas da convergência entre três dimensões centrais: a suficiência técnico-estrutural da instalação elétrica, a viabilidade econômico-operacional da solução escolhida e a incorporação de tecnologias de monitoramento, automação e controle de consumo. Os resultados encontrados ao longo desta pesquisa bibliográfica indicam que a recarga condominial é viável em termos técnicos, mas raramente se apresenta como uma solução trivial ou imediatamente expansível sem planejamento. Em geral, os trabalhos apontam que a adoção inicial de poucos pontos de recarga, acompanhada de gestão inteligente da carga, tende a ser mais compatível com a realidade de edificações residenciais já existentes do que propostas de universalização imediata da recarga em todas as vagas.

Essa conclusão aparece de forma bastante evidente nos estudos brasileiros de Santos Neto e Santos (2024) e de Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021), ambos centrados em edificações residenciais preexistentes. No caso analisado por Santos Neto e Santos (2024), a pesquisa empírica realizada em um condomínio de alto padrão em Goiânia mostrou que a implantação inicial de até quatro pontos de recarga semirrápida de 22 kW era possível, mas que a expansão para atendimento integral dos apartamentos exigiria ampliação expressiva da demanda e substituição do transformador. Os autores verificaram que, embora houvesse folga global de 84,662 kVA<sup>13</sup> entre os 92 apartamentos, esse valor correspondia a apenas aproximadamente 0,9 kVA por unidade, montante insuficiente até mesmo para a instalação de recarga lenta individual, considerando que a menor carga de referência era de 3,6 kW (Santos Neto; Santos, 2024). Em sentido convergente, Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021), em estudo de caso realizado em um edifício antigo de Curitiba, encontraram apenas 3,29 kVA de folga disponível, valor inferior ao mínimo necessário para a instalação de carregadores lentos, concluindo pela necessidade de aumento de categoria de atendimento e readequação da entrada de energia.

13 **kVA** é a sigla de quilovolt-ampère, unidade que expressa a potência aparente de um sistema elétrico. Em instalações prediais e equipamentos como transformadores, seu uso é importante porque representa a carga total que o sistema deve suportar, não apenas a potência efetivamente convertida em trabalho. **kW** indica a potência ativa, isto é, a energia efetivamente convertida em trabalho; **kVA** indica a potência aparente, ou seja, a potência total exigida do sistema elétrico, considerando tanto a parte útil quanto a parcela associada ao comportamento elétrico da carga.

O significado desses resultados é expressivo porque demonstra que a existência de alguma margem de carga na instalação não pode ser interpretada, de forma automática, como viabilidade para recarga individual por vaga. Em edifícios multifamiliares, a folga técnica precisa ser analisada em relação à potência mínima exigida por ponto de recarga, ao número potencial de usuários e ao regime de simultaneidade da demanda. Isso ajuda a explicar por que, em muitos condomínios brasileiros, a solução mais viável não é a eletrificação plena das vagas desde o início, mas a implementação gradual de infraestrutura compartilhada, acompanhada de tecnologias de gerenciamento de carga. Nesse aspecto, os achados nacionais dialogam com a formulação de Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021), segundo a qual adaptar instalações existentes pode ser mais difícil do que projetar novas edificações desde a origem, justamente porque a rede interna, os quadros, os eletrodutos, os condutores e a entrada de energia não foram concebidos para essa finalidade.

Os resultados internacionais reforçam essa interpretação, embora em contextos regulatórios e tecnológicos distintos. Lee *et al.* (2024), em estudo realizado na Coreia do Sul com três tipos de edifícios, mostraram que a viabilidade econômica da infraestrutura de recarga depende não apenas da receita gerada pelo carregamento, mas também de fatores como tarifas horárias, custos de demanda, estabilidade da rede, confiabilidade do sistema e conformidade regulatória. Em seu ambiente de teste residencial, o carregador rápido gerou receita de USD 3.760,27, mas também implicou pagamento de USD 1.131,17 em tarifa de energia e USD 1.121,10 em tarifa de demanda, produzindo lucro final de USD 1.508,00. Apesar disso, a análise de retorno revelou que o ambiente residencial exigiu 9,61 anos para alcançar valor presente líquido positivo, enquanto instalações públicas e comerciais apresentaram retorno substancialmente mais rápido (Lee *et al.*, 2024). O que esse resultado sugere, em diálogo com o caso brasileiro, é que a recarga condominial tende a operar mais como infraestrutura de serviço e valorização patrimonial do que como investimento de retorno financeiro rápido.

A pesquisa de Francescatto (2019) ajuda a aprofundar essa discussão ao evidenciar que a viabilidade econômica das estações de recarga depende de um conjunto amplo de variáveis, entre elas a potência do equipamento, o número de veículos atendidos simultaneamente, o tipo de corrente elétrica, os conectores, a proteção contra falhas, a presença de *software* de operação e o custo tarifário da energia. O autor destaca que a tarifa elétrica representa a soma dos custos de geração, transmissão, distribuição e comercialização, razão pela qual exerce influência importante sobre o custo anual dos equipamentos (Francescatto, 2019). Em sua análise, equipamentos mais potentes e capazes de carregar mais veículos simultaneamente tendiam a apresentar CAUE mais elevado, ainda que, sob outro ângulo, pudessem apresentar menor custo por kWh consumido. Isso mostra que a superioridade técnica de um carregador não implica, necessariamente, superioridade econômica, conclusão que dialoga diretamente com o cenário condominial brasileiro, em que a escolha do equipamento precisa ser feita à luz da capacidade da instalação e do custo total da solução.

Outro grupo de resultados importantes diz respeito às adaptações estruturais exigidas pela implantação da recarga. Santos Neto e Santos (2024) demonstraram que, para atender todos os apartamentos com tomadas específicas de 3,6 kW, seria necessária demanda de 168,597 kVA apenas para a recarga, o que elevaria a demanda total a 505,806 kVA e exigiria transformador de 500 kVA, além de troca de disjuntores e cabos de alimentação dos quadros. Em cenário com estações de 7 kW, a demanda seria ainda maior, alcançando 580,736 kVA, com necessidade de transformador de 750 kVA (Santos Neto; Santos, 2024). Já Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) mostraram que, com adequação da entrada de energia e aumento de 26,47 kVA, seria possível instalar carregadores de 3,6 kW em todas as vagas do estacionamento, a partir do centro de medição do condomínio, sem intervenção no quadro condominial, e que quatro estações seriam suficientes para atender a fase inicial de adesão dos moradores. A comparação entre esses estudos evidencia que o porte das adaptações depende intensamente do modelo de implantação escolhido. Soluções de recarga plena e imediata tendem a exigir reformas estruturais profundas, ao passo que estratégias graduais associadas à recarga lenta podem reduzir o volume de intervenção.

Esses resultados se relacionam com o que foi encontrado por Lazzeroni e Carboni (2025), em estudo italiano sobre edifícios residenciais multifamiliares. Os autores mostraram que o carregamento não gerenciado constitui a pior condição de operação, pois aumenta significativamente a demanda de pico, enquanto estratégias de *smart charging* são capazes de reduzir esse pico quase pela metade em alguns cenários e em mais de quatro vezes em outros. Em seus resultados, as estratégias Smart Charging 1 e Smart Charging 2 reduziram picos de 48,2 kW para cerca de 23 kW e de 92,7 kW para aproximadamente 45 a 49,7 kW, a depender do cenário analisado (Lazzeroni; Carboni, 2025). O diálogo com os estudos brasileiros é bastante claro: quanto mais a infraestrutura consegue controlar a potência e distribuir a carga entre os veículos ao longo do tempo, menor tende a ser a necessidade de ampliação imediata da instalação. Isso ajuda a explicar por que, em prédios antigos ou com baixa folga de carga, o gerenciamento inteligente se apresenta não apenas como recurso tecnológico desejável, mas como condição de viabilidade prática.

Essa mesma linha interpretativa é reforçada pelo estudo norueguês de Sørensen *et al.* (2024), que examinou edifícios de apartamentos com veículos elétricos e mostrou que o carregamento não controlado pode aumentar a carga de pico em fator entre 1,1 e 3,6. Os autores também verificaram que acrescentar 7 kW de recarga a um apartamento com potência máxima média de 1,4 kW eleva a potência máxima por um fator de seis. Além disso, quando o carregamento foi somado ao uso médio de eletricidade dos apartamentos, o consumo total cresceu 1,5 vez em comparação ao uso apenas residencial (Sørensen *et al.*, 2024). Esses dados ajudam a compreender, com base empírica internacional, por que a recarga em condomínios não pode ser tratada como carga marginal. Ao mesmo tempo, os autores mostraram que tarifas mensais de pico reduziram as cargas de pico em até 45%, enquanto certas tarifas de energia deslocaram a recarga para horários mais baratos, mas elevaram novos picos em até 37%. Assim, um resultado inicialmente surpreendente torna-se inteligível: a simples mudança do horário de

recarga, quando não acompanhada de coordenação mais refinada, pode deslocar o problema do pico em vez de resolvê-lo.

Os estudos de Weerasinghe Mudiyansele *et al.* (2025), realizados na Austrália, acrescentam a dimensão do compartilhamento energético comunitário com geração fotovoltaica, armazenamento por baterias e carregamento flexível. Os autores demonstraram que, em seu modelo, a adoção de bateria comunitária e gestão otimizada dos fluxos energéticos reduziu o custo diário de energia de um apartamento de AUD 1,62 para AUD 1,06 na primavera e AUD 1,00 no verão, equivalendo a redução aproximada de 34% a 38%. Também mostraram que, quando a eletricidade da rede era utilizada para carregar a bateria em período tarifário de menor custo, o preço de venda aos usuários era ajustado dinamicamente, preservando uma estrutura considerada economicamente equilibrada para os moradores (Weerasinghe Mudiyansele *et al.*, 2025). Embora esses resultados dependam de condições específicas do contexto australiano, eles oferecem um significado importante para o debate brasileiro: a viabilidade da recarga em condomínios pode melhorar quando o sistema deixa de ser pensado apenas como infraestrutura de carga e passa a ser articulado com geração distribuída, armazenamento e compartilhamento de energia. Ainda assim, a própria bibliografia brasileira relativiza qualquer entusiasmo automático com essa solução.

Nesse ponto, o estudo de Silva (2022) oferece uma contribuição importante ao mostrar que a integração entre estação de recarga rápida e sistema fotovoltaico no Brasil nem sempre se traduz em viabilidade econômica. Embora o sistema fotovoltaico aumentasse o fluxo de caixa pela economia de energia, o investimento total necessário para sua implantação, somado ao custo da área requerida, impediu a amortização da solução nos cenários analisados (Silva, 2022). Já Silva Neto (2025), também em contexto brasileiro, demonstrou que a geração fotovoltaica atendia parcela significativa da demanda diurna do eletroposto estudado e que o BESS desempenhava papel essencial na compensação entre geração e consumo. Seus resultados mostraram, contudo, que o desempenho ótimo do armazenamento dependia do equilíbrio entre capacidade e potência, havendo ganhos marginais decrescentes acima de aproximadamente 150 kWh e 80 kW. A leitura conjunta desses trabalhos sugere que a integração entre recarga, geração solar e armazenamento possui alto potencial técnico, mas sua economicidade depende de escala, perfil de demanda, custo do sistema e horizonte de amortização.

No que se refere ao monitoramento digital, ao controle de consumo e à automação, os resultados da revisão indicam que esses elementos não são apenas complementos tecnológicos, mas recursos centrais para a funcionalidade da infraestrutura condominial. Santos Neto e Santos (2024) definem a recarga inteligente como sistema em que o carregador, conectado à internet, permite monitorar e gerenciar remotamente o uso e o consumo de energia. Os autores mostram que, com esse tipo de carregamento, torna-se possível controlar a potência disponível entre as estações, otimizar a infraestrutura e evitar desligamentos por sobrecarga. Também observam que a tecnologia pode reduzir harmônicas, diminuindo o impacto da distorção sobre o sistema

elétrico, e que sua maior vantagem é permitir o carregamento simultâneo de mais veículos por meio de distribuição inteligente da potência (Santos Neto; Santos, 2024).

Esses resultados dialogam fortemente com Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021), para quem o *smart charging* corresponde a um sistema capaz de controlar a velocidade da carga e o uso da energia, reduzindo gargalos no sistema de distribuição. Os autores argumentam que essa lógica se alinha ao conceito de *smart grid*, uma vez que permite instalar mais estações sem que ocorram faltas no sistema, desde que haja coordenação entre os carregadores. Para isso, o sistema precisa conhecer o perfil de uso dos moradores, o tempo de recarga, a disponibilidade do veículo, a potência desejada, o estado de carga e o número de veículos conectados. Com base nessas informações, podem ser implementados algoritmos e métodos capazes de tornar a recarga menos custosa e mais segura (Oliveira; Jerônimo; Justus Junior, 2021). A importância dessas descobertas está em mostrar que a inteligência da recarga depende tanto de *hardware* quanto de informação. Não basta instalar carregadores; é preciso produzir dados e transformá-los em lógica de operação.

A individualização do consumo e a automação da cobrança também aparecem como resultados particularmente relevantes. Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021) mostram que o carregamento pode ser liberado por cartão RFID ou por aplicativo do fabricante, independentemente de as vagas serem fixas ou rotativas, o que permite gestão individualizada da operação. Além disso, com transformadores de corrente e conhecimento das tensões dos carregadores, o gerenciador torna-se capaz de medir o consumo para cobrança, oferecendo ainda histórico, rateio e faturamento de energia. Tais achados ajudam a explicar o papel da automação na redução de conflitos condominiais: ao vincular o consumo a usuários específicos, os custos deixam de ser diluídos indistintamente entre todos os moradores e passam a refletir o uso real da infraestrutura.

Outros estudos ampliam essa discussão ao mostrar que a digitalização da infraestrutura pode alcançar níveis ainda mais avançados. Tavares (2024), por exemplo, ao discutir a aplicação de *blockchain* ao gerenciamento energético, mostra que essa tecnologia pode organizar informações sobre fonte de geração, carga, duração, demanda e serviços, permitindo gerenciamento de pagamentos, compensações e compartilhamento de excedentes de energia. A autora destaca o papel dos *smart contracts*, isto é, contratos automatizados por código, nos quais as condições definidas pelas partes são executadas automaticamente quando atendidas (Tavares, 2024). Ainda que essa aplicação ainda seja incipiente no contexto condominial brasileiro, ela aponta para um horizonte em que recarga, cobrança e compartilhamento de energia possam ser integrados em plataformas digitais mais sofisticadas.

A segurança elétrica constitui outro resultado recorrente da literatura. Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024) mostram que o aumento da demanda por carregamento tende a concentrar-se em horários de pico residencial, podendo intensificar sobrecarga da rede, gerar quedas de tensão, desequilíbrios de fase, introdução de harmônicos e aumento da vulnerabilidade cibernética.

Esses autores também alertam que a falta de padronização de tomadas e conectores impacta negativamente usuários e mercado, ampliando custos e comprometendo a interoperabilidade (Santos; Figueiredo; Silva Filho, 2024). Em diálogo com Pozzobon (2023), que descreve conectores como Tipo 2, GB/T e CHAdeMO e destaca seus respectivos contatos de alimentação e comunicação, percebe-se que segurança, compatibilidade e capacidade de automação não são atributos externos ao carregador, mas integram a própria arquitetura técnica da recarga.

No conjunto, as principais conclusões do estudo indicam que a implantação da recarga em condomínios deve ser pensada como processo gradual, tecnicamente assistido e operacionalmente inteligente. Os trabalhos brasileiros mostram que, em edifícios existentes, a limitação de capacidade instalada é um obstáculo real e frequente, o que torna recomendável iniciar com poucos pontos, recarga lenta ou semirrápida e gerenciamento de carga. Os estudos internacionais mostram que, mesmo em países com sistemas mais avançados, o ambiente residencial segue sendo economicamente mais desafiador do que os contextos públicos e comerciais, exigindo gestão refinada da potência, da tarifa e dos recursos energéticos distribuídos. Os estudos sobre automação, por sua vez, demonstram que monitoramento digital, autenticação de usuários, medição individualizada e distribuição inteligente da carga não apenas aumentam a eficiência, mas tornam possível aquilo que, sem controle, seria tecnicamente inviável.

As limitações desses resultados decorrem, contudo, do caráter bibliográfico da pesquisa. Como as conclusões foram produzidas a partir da sistematização e interpretação de estudos já publicados, elas dependem do alcance metodológico e das condições específicas de cada investigação. Muitos trabalhos brasileiros analisam apenas um condomínio ou uma instalação específica, o que limita a generalização dos achados. Os estudos internacionais, embora metodologicamente robustos, foram produzidos em contextos tarifários, regulatórios e infraestruturais diversos, o que exige cautela na transposição direta para o Brasil. Além disso, ainda são relativamente escassas as pesquisas brasileiras com grande base empírica multicondominial, o que restringe conclusões mais amplas sobre diferentes tipologias de edifícios, perfis de moradores e modelos de gestão.

Alguns resultados que podem parecer inesperados tornam-se mais claros à luz da bibliografia analisada. Um deles é o fato de a existência de folga global de carga não significar, necessariamente, viabilidade de recarga individual por apartamento, pois a distribuição dessa margem entre muitas unidades a torna insuficiente para o mínimo exigido por ponto. Outro é a constatação de que tarifas mais baratas, sozinhas, não reduzem necessariamente o pico de demanda, podendo apenas deslocá-lo para outro horário de concentração. Também merece destaque o fato de que a integração com sistemas fotovoltaicos e armazenamento, embora tecnicamente vantajosa, nem sempre se traduz em viabilidade econômica imediata, devido ao alto investimento inicial. Esses resultados mostram que a funcionalidade da recarga condominial depende menos de soluções isoladas e mais da articulação entre infraestrutura, tecnologia e estratégia de operação.

Quanto às sugestões para pesquisas futuras, a literatura analisada aponta para a necessidade de estudos empíricos multicondominiais no Brasil, abrangendo diferentes regiões, tipologias construtivas, idades das edificações e modelos de vaga. Também se mostram necessários estudos sobre comportamento real dos usuários, horários de recarga, aceitação de sistemas compartilhados, modelos de cobrança e efeitos administrativos da automação. Outra frente promissora consiste em aprofundar investigações sobre integração entre recarga, geração distribuída, armazenamento e plataformas digitais de gestão, inclusive com análise jurídica e regulatória do compartilhamento energético em ambientes coletivos. Por fim, há espaço relevante para estudos comparativos entre diferentes tecnologias de autenticação, medição, *smart charging* e automação, com foco em sua aplicação prática à realidade condominial brasileira.

Em síntese, os resultados e discussões produzidos a partir dos estudos de Lee *et al.* (2024), Weerasinghe Mudiyanselage *et al.* (2025), Sørensen *et al.* (2024), Lazzeroni e Carboni (2025), Santos Neto e Santos (2024), Oliveira, Jerônimo e Justus Junior (2021), Pozzobon (2023), Francescatto (2019), Silva (2022), Silva Neto (2025), Tavares (2024) e Santos, Figueiredo e Silva Filho (2024) permitem concluir que a recarga em condomínios é tecnicamente viável, mas depende de compatibilização rigorosa entre capacidade instalada, custos de adaptação, gestão da demanda e automação do sistema. Mais do que um equipamento elétrico, a estação de recarga emerge, nesse contexto, como parte de uma infraestrutura predial inteligente, cuja eficiência e funcionalidade dependem da interação entre engenharia, economia, regulação e governança condominial.

## 6 Conclusão

A presente pesquisa permitiu examinar, de forma articulada, os principais elementos técnicos, estruturais, econômicos e operacionais envolvidos na implantação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios residenciais. Ao longo do estudo, verificou-se que a expansão da eletromobidade no espaço urbano impõe novos desafios à infraestrutura predial coletiva, exigindo que a recarga veicular seja compreendida não como simples ampliação de conveniência, mas como demanda que interfere diretamente no dimensionamento elétrico, na gestão condominial, na distribuição de custos e na funcionalidade do edifício. Desse modo, o percurso analítico desenvolvido possibilitou responder às questões levantadas na introdução e na metodologia, especialmente no que se refere à compreensão das condições necessárias para a adoção segura e viável de sistemas de recarga em condomínios já existentes ou em processo de adaptação.

No que se refere ao primeiro objetivo específico, que consistiu em identificar os requisitos técnicos necessários para a instalação de estações de recarga para veículos elétricos em condomínios, incluindo os riscos associados ao carregamento e à permanência desses veículos em áreas fechadas, especialmente em subsolos, os estudos analisados demonstraram que a viabilidade técnica ultrapassa o simples dimensionamento da carga elétrica disponível. Verificou-se que essa

implantação exige avaliação da capacidade de alimentação da edificação, do dimensionamento dos condutores, dos dispositivos de proteção, da entrada de energia, do transformador, do quadro de distribuição e da forma de medição do consumo, mas também requer atenção aos riscos térmicos, elétricos e operacionais ligados às baterias de alta tensão em ambientes confinados.

Os resultados indicaram que, em subsolos e garagens fechadas, ganham relevância aspectos como ventilação, distanciamento entre veículos, rotas de fuga, sistemas de detecção e alarme, desligamento de emergência, proteção contra surtos, monitoramento de temperatura e definição de protocolos específicos para veículos sinistrados ou com anomalias térmicas, bem como critérios adequados para o armazenamento de baterias removidas. Também se constatou que a observância de normas técnicas, como a NBR 5410, a NBR 17019, a NBR IEC 61851-1 e os parâmetros mais recentes em discussão no âmbito da segurança contra incêndio, constitui condição indispensável para assegurar compatibilidade, funcionamento adequado e redução dos riscos de incêndio, superaquecimento e explosão. Assim, o primeiro objetivo foi alcançado ao demonstrar que a implantação de estações de recarga em condomínios depende de compatibilização rigorosa entre equipamento, veículo, infraestrutura elétrica e exigências de segurança da edificação, sobretudo quando se trata de áreas fechadas.

Em relação ao segundo objetivo específico, voltado à avaliação dos custos, das adaptações estruturais e das condições operacionais relacionadas à implantação do sistema de recarga, verificou-se que a viabilidade econômica e operacional da recarga condominial está diretamente associada ao porte da intervenção necessária. Os resultados mostraram que, em muitos edifícios existentes, a folga de carga não é suficiente para sustentar recarga individual plena por apartamento, o que pode exigir aumento de carga junto à concessionária, substituição de transformador, redimensionamento de cabos, troca de disjuntores e elaboração de novos projetos técnicos. Ao mesmo tempo, a literatura também revelou que soluções graduais, com poucos pontos de recarga, carregamento lento ou semirrápido e gerenciamento inteligente da carga, tendem a reduzir a necessidade de intervenções imediatas de grande porte. Desse modo, concluiu-se que os custos da implantação não se restringem à aquisição dos carregadores, mas abrangem toda a cadeia de adaptação da infraestrutura, sendo justamente essa compreensão ampliada que permitiu alcançar o segundo objetivo do estudo.

Quanto ao terceiro objetivo específico, que consistiu em examinar de que modo os recursos tecnológicos associados às estações de recarga, como monitoramento digital, controle de consumo e automação, podem influenciar a gestão e a funcionalidade da infraestrutura condominial, a pesquisa demonstrou que esses recursos desempenham papel central na viabilidade prática da recarga em ambientes coletivos. A análise bibliográfica permitiu verificar que tecnologias de *smart charging*, autenticação por aplicativo ou cartão RFID, medição individualizada, controle remoto da potência e rateio automatizado do consumo tornam a infraestrutura mais eficiente, segura e administrável. Tais recursos permitem reduzir picos de demanda, evitar sobrecargas, minimizar conflitos entre moradores, individualizar a cobrança e ampliar o aproveitamento da capacidade já

instalada no edifício. Dessa forma, concluiu-se que a automação e o monitoramento digital não são apenas elementos complementares, mas parte constitutiva da funcionalidade contemporânea da recarga condominial, o que confirma o atendimento do terceiro objetivo da pesquisa.

Em termos mais amplos, o estudo permitiu concluir que a implantação de estações de recarga em condomínios deve ser tratada como processo gradual, tecnicamente fundamentado e administrativamente organizado. A literatura analisada mostrou que a adoção de soluções padronizadas, descontextualizadas da realidade física e elétrica de cada edifício, tende a produzir custos elevados, riscos operacionais e baixa eficiência de uso. Em contrapartida, propostas baseadas em planejamento prévio, adequação normativa, gestão inteligente da carga e escalonamento da implantação revelam maior aderência às condições concretas dos condomínios brasileiros. Assim, a pesquisa respondeu ao problema investigado ao demonstrar que a viabilidade da recarga condominial depende da integração entre infraestrutura elétrica adequada, planejamento econômico e tecnologias de controle e automação.

Por fim, a pesquisa também deixa apontamentos importantes para estudos futuros. Em primeiro lugar, mostra-se necessária a realização de investigações empíricas em maior escala, envolvendo diferentes tipologias de condomínios, faixas de renda, regiões do país e modelos de uso das vagas, a fim de ampliar a capacidade de generalização dos resultados. Em segundo lugar, recomendam-se estudos sobre comportamento dos usuários, padrões reais de recarga, adesão à infraestrutura compartilhada e efeitos administrativos dos diferentes modelos de cobrança. Em terceiro lugar, há espaço para aprofundar análises sobre integração entre estações de recarga, geração fotovoltaica, armazenamento por baterias e plataformas digitais de gestão energética, especialmente no contexto brasileiro. Além disso, estudos futuros poderão examinar com maior profundidade os desdobramentos jurídicos, regulatórios e condominiais da medição individualizada, da automação do rateio e do compartilhamento de energia em edificações coletivas. Dessa maneira, entende-se que a presente pesquisa contribui para a sistematização do tema, ao mesmo tempo em que evidencia a necessidade de continuidade das investigações diante da crescente presença da mobilidade elétrica no ambiente residencial coletivo.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO VEÍCULO ELÉTRICO. ABVE Data. 2024. Recuperado de: <https://abve.org.br/abve-data/>. Acesso em: 07 de março de 2026.

FEDERAÇÃO NACIONAL DA DISTRIBUIÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Anuários. 2025. Recuperado de: <https://www.fenabrave.org.br/portalv2/Conteudo/anuarios>. Acesso em: 07 de março de 2026.

FRANCESCATTO, M. B. Viabilidade técnica e econômica no uso de estações de recarga de veículos elétricos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2019. Recuperado de: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/18213/MATHEUS%20BINOTTO%20FRANCESCATTO>.

pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 07 de março de 2026.

INSTITUTO DA QUALIDADE AUTOMOTIVA. *Cartilha de veículos elétricos e híbridos*. São Paulo: IQA, 2024. Recuperado de: <https://www.iqa.org.br/cartilha-de-veiculos-eletricos/>. Acesso em: 07 de março de 2026.

LAZZERONI, P.; CARBONI, A. Investigating smart charging options for EVs in multi-family residential buildings. *Transportation Research Procedia*, v. 90, p. 919-926, 2025. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.06.022>. Acesso em: 07 de março de 2026.

LEE, T.; YOON, G.; KANG, B.; CHOI, M.; PARK, S.; PARK, J.; PARK, S. Enhancing electric vehicle charging infrastructure: a techno-economic analysis of distributed energy resources and local grid integration. *Buildings*, v. 14, n. 8, p. 2546, 2024. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/buildings14082546>. Acesso em: 07 de março de 2026.

MINAYO, M. C. S. Análise qualitativa: teoria, passos e fidedignidade. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2011. Recuperado de: <http://cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/analise-qualitativa-teoria-passos-e-fidedignidade/8357?id=8357>.

OLIVEIRA, L. de; JERÔNIMO, M.; JUSTUS JUNIOR, Z. Estudo de infraestrutura para recarga de veículos elétricos em condomínios residenciais. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Recuperado de: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/34318>. Acesso em: 07 de março de 2026.

POZZOBON, G. Análise da infraestrutura de recarga para veículos elétricos: um panorama geral. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2023. Recuperado de: <https://repositorio2.utfpr.edu.br/items/d093372-9607-470b-84c6-331d615d286f>. Acesso em: 07 de março de 2026.

SANTANA, A. C. de A.; NARCISO, R. Pilares da pesquisa educacional: autores e metodologias científicas em destaque. *Aracê*, v. 7, n. 1, p. 1577–1590, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/arev7n1-095>.

SANTOS, P. C. da S.; FIGUEIREDO, A. E. P.; SILVA FILHO, J. I. da. Segurança Elétrica no Carregamento de Veículos Elétricos: desafios e soluções. *Anais do XIII Encontro Nacional de Pós-graduação*, 2024. Recuperado de: <https://periodicos.unisanta.br/ENPG/article/download/2197/2190/6587>. Acesso em: 07 de março de 2026.

SANTOS NETO, J. V.; SANTOS, T. Estudo de viabilidade de implementação de pontos de recarga de veículos elétricos em condomínio residencial. 2024. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2024. Recuperado de: <http://repositorio.bc.ufg.br/handle/ri/24505>. Acesso em: 07 de março de 2026.

SÃO PAULO (Estado). Polícia Militar do Estado de São Paulo. Corpo de Bombeiros. Portaria nº CCB-009/800/2025, de 12 de novembro de 2025. Disponibiliza Parecer Técnico com orientações ao público em geral sobre processo de regulamentação de garagens e locais com Sistemas de Alimentação de Veículos Elétricos (SAVE). *Diário Oficial do Estado de São Paulo*,

São Paulo, 13 nov. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Polícia Militar do Estado de São Paulo. Corpo de Bombeiros. Portaria nº CCB-008/800/2025, de 12 de novembro de 2025. Disponibiliza para consulta pública proposta de alteração da Instrução Técnica nº 41. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, 13 nov. 2025.

SILVA, M. B. da C. Análise de viabilidade de uma estação de recarga rápida de veículos elétricos suprida por um sistema fotovoltaico. 2022. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022. Recuperado de: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/47431>. Acesso em: 07 de março de 2026.

SILVA NETO, J. M. da. Análise de viabilidade energética em uma estação de recarga localizada na região metropolitana do Recife. 2025. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2025. Recuperado de: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/67334>. Acesso em: 07 de março de 2026.

SØRENSEN, Å. L.; MORSUND, B. B.; ANDRESEN, I.; SARTORI, I.; LINDBERG, K. B. Energy profiles and electricity flexibility potential in apartment buildings with electric vehicles: a Norwegian case study. *Energy & Buildings*, v. 305, p. 113875, 2024. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778823011088>. Acesso em: 07 de março de 2026.

TAVARES, G. dos R. da S. Estudo de viabilidade para implementação de uma estrutura integrada para o carregamento de veículos elétricos em uma rota. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Campus Cachoeira do Sul, Universidade Federal de Santa Maria, Cachoeira do Sul, RS, 2024. Recuperado de: [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/34663/Tavares\\_Gabriela\\_dos\\_Reis\\_da\\_Silva\\_2024\\_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/34663/Tavares_Gabriela_dos_Reis_da_Silva_2024_TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 07 de março de 2026.

WEERASINGHE MUDIYANSELAGE, N.; AZIZ, A.; AL-HANAHI, B.; AHMAD, I. Cost-Optimized Energy Management for Urban Multi-Story Residential Buildings with Community Energy Sharing and Flexible EV Charging. *Sustainability*, v. 17, n. 21, p. 9717, 2025. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/su17219717>. Acesso em: 07 de março de 2026.