

LOCALIZAÇÃO EFICIENTE DE ESTAÇÕES DE RECARGA E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE PARA RECARREGAR VEÍCULOS ELÉTRICOS

Savério José Ciappina¹
Reinaldo Crispiano Garcia²

RESUMO

Apesar do crescimento expressivo da mobilidade elétrica em âmbito global, a consolidação da infraestrutura de recarga ainda representa um dos principais entraves para a difusão dos veículos elétricos, sobretudo em países em desenvolvimento. Considerando os desafios e as oportunidades relacionados à infraestrutura de recarga de veículos elétricos, objetiva-se desenvolver modelo de eficiência para a melhor localização de futuras estações de carregamento para os veículos elétricos. Para tanto procedeu-se um levantamento de toda a extensão da BR-386, a cada 2 km, sob concessão da CCR-Via Sul. O aplicativo de Sistema de Apoio a Decisão sobre eletrovias (SAD Eletrovias) foi desenvolvido neste trabalho, utilizando a metodologia multicritério AHP (Processo Analítico de Hierarquia - *Analytic Hierarchy Process*). A aplicação deste trabalho determinou a seleção dos melhores pontos de futuras estações de carregamento para veículos elétricos, bem como auxiliou em fatores importantes na tomada de decisão.

Palavras-chave: Sistema de Apoio a Decisão; AHP; Veículos Elétricos; Pontos ideais de Recarga.

EFFICIENT LOCATION OF CHARGING STATIONS AND FEASIBILITY ASSESSMENT FOR CHARGING ELECTRIC VEHICLES

ABSTRACT

Despite the significant growth of electric mobility globally, the consolidation of charging infrastructure still represents one of the main problems to the widespread use of electric vehicles, especially in developing countries. Considering the challenges and opportunities related to the electric vehicle charging infrastructure, this study aims to develop an efficiency model for the best location of future charging stations for electric vehicles. To this end, a survey was conducted covering the entire length of the BR-386 highway, for each 2 km, under concession to CCR-Via Sul. This data was used in the Decision Support System for electric highways application (SAD Eletrovias), developed in this work, using the AHP multi-criteria methodology. The application of this work determined the selection of the best locations for future charging stations for electric vehicles, as well as assisting in important factors in decision-making.

Keywords: Decision Support System; AHP; Electric Vehicles; Ideal Charging Points.

Recebido em 15 de março de 2026. Aprovado em 28 de abril de 2026

¹Mestrando em Transportes. Universidade de Brasília. Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: saveriounb@gmail.com Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-1272-1111>

²Doutorado em Civil and Environmental Engineering - Universidade da Califórnia at Berkeley, UCB, Estados Unidos (1999). E-mail: rcgarcia@unb.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4376-4292>

INTRODUÇÃO

Com a disseminação dos veículos motorizados, surgiu a necessidade de uma infraestrutura de reabastecimento eficiente. Postos de combustíveis foram instalados para atender à demanda crescente, tornando-se elementos essenciais na cadeia de mobilidade. A logística de distribuição de combustíveis fósseis tornou-se complexa, envolvendo aspectos econômicos, ambientais e geopolíticos. Além disso, a volatilidade dos preços e as preocupações com a sustentabilidade impulsionaram a busca por alternativas energéticas. Conforme Grigoriadis (2022), a Primeira Revolução Industrial foi marcada pela utilização do carvão mineral. Posteriormente, no século XIX, desenvolveram-se técnicas de refino de petróleo na Escócia mas tanto o carvão quanto o petróleo são combustíveis fósseis não renováveis e grandes emissores de poluentes.

Os veículos elétricos (VEs) representam assim uma das soluções mais promissoras para a mobilidade sustentável. Alimentados por baterias recarregáveis, os VEs oferecem benefícios como zero emissão de poluentes locais, menor custo operacional e menor ruído. Além disso, a integração com fontes de energia renovável potencializa sua contribuição para a redução das emissões de carbono. Entretanto, a adoção em larga escala enfrenta obstáculos, incluindo o alto custo inicial, a autonomia limitada e a necessidade de uma infraestrutura de recarga adequada. A infraestrutura de equipamento para suprir energia para os veículos elétricos (*Electric Vehicle Supply Equipment*, EVSE) é fundamental para a disseminação de VEs, visto que uma rede ampla mitiga a ansiedade por autonomia e otimiza a operação do veículo (INL, 2015).

Apesar do crescimento expressivo da mobilidade elétrica em âmbito global, a consolidação da infraestrutura de recarga ainda representa um dos principais entraves para a difusão dos veículos elétricos, sobretudo em países em desenvolvimento. No contexto brasileiro, esse cenário é agravado por fatores como os elevados custos de implantação das estações de recarga, a limitada padronização tecnológica dos sistemas e às restrições de capacidade da rede elétrica em determinadas regiões. A expansão do mercado de veículos elétricos no Brasil depende fundamentalmente da implementação de uma rede de recarga rápida que suporte viagens de longa distância (Santos, 2021).

Esta pesquisa objetiva analisar os desafios e as oportunidades relacionados à infraestrutura de recarga de veículos elétricos aplicado na BR-386, em particular no trecho sob concessão da Motiva Via Sul. Portanto, haverá uma melhor gestão na escolha de pontos ideais para a instalação de estações de carregamento de veículos elétricos. Restrições na localização das instalações de carregamento de veículos elétricos incluindo distância de autonomia do veículo elétrico, estação próxima à rede de alta tensão, estação próxima à postos de combustível e principalmente à redes de assistência e, estações com entrada e saída para a rodovia facilitada (topo de elevações).

Este trabalho desenvolverá então modelo de eficiência para a melhor localização de futuras estações de carregamento para os veículos elétricos. Com a implantação destes modelos de localização eficientes, haverá uma melhora na tomada de decisão por parte das concessionárias da ANTT, em especial a Concessionária Motiva Via Sul, a partir do desenvolvimento e implantação das inovações propostas.

REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, os principais desafios para a consolidação da mobilidade elétrica incluem a baixa densidade de estações de recarga e o elevado custo inicial dos veículos elétricos. De acordo com O *Guia de Eletromobilidade para Cidades Brasileiras* (2024) a instalação de infraestrutura de recarga é um desafio tanto logístico quanto financeiro,

exigindo altos investimentos em manutenção e na própria rede elétrica, o que dificulta sua adoção em larga escala.

No entanto, para melhor entender o conceito é necessário abordar pontos específicos, uma vez que estudos apontam que a distribuição eficiente da infraestrutura deve considerar o fluxo de veículos, a densidade populacional, a proximidade com redes de energia, a elevação do terreno e a existência de serviços complementares, como postos de combustível e comércios (MAKRIDIS et al., 2021).

As estações de recarga podem ser classificadas em três tipos principais, conforme a potência e o tempo necessário para o abastecimento. As estações de recarga lenta (ou nível 1) operam com tensão de 110 a 120 V e demandam até 10 horas para recarregar completamente um VE. As estações semi-rápidas (nível 2), com tensão de 220 a 240 V, reduzem esse tempo para cerca de 4 a 6 horas. Já as estações rápidas ou ultrarrápidas (nível 3), que utilizam corrente contínua (DC), podem realizar recargas em menos de 30 minutos (Caetano, 2021). Portanto, este trabalho, para fins de cálculo, aplicará o tempo de 30 minutos para recarregar um VE. Caetano (2021) propõe uma fórmula para cálculo do tempo de recarga, sendo ela:

$$\text{Tempo de recarga (h)} = \frac{\text{Capacidade da bateria (kWh)}}{\text{Potência de carregamento (kW)}} \quad (1)$$

Diferenças nas tecnologias dos veículos elétricos podem também influenciar no tempo de carregamento das baterias. Os veículos elétricos podem ser classificados de acordo com o grau de eletrificação do sistema de propulsão e a forma de suprimento energético, distinção fundamental para a compreensão das demandas impostas à infraestrutura de recarga e ao sistema elétrico. Os veículos elétricos podem ser assim categorizados conforme o nível de eletrificação de seus motores e a maneira como recebem energia, o que define a demanda sobre o sistema elétrico (Caetano, 2021). Em particular, os modelos plug-in (PHEV e BEV) utilizam a rede externa sendo que os PHEV são veículos híbridos podendo funcionar a combustão ou a eletricidade, tendo a possibilidade de carregamento do motor elétrico por via externa. Já os BEV são veículos totalmente elétricos com carregamento externo da bateria, enquanto os híbridos convencionais (HEV) dependem de um gerador interno ligado ao motor a combustão.

A principal diferença funcional entre PHEVs e BEVs reside na dependência de combustíveis fósseis. Os PHEVs mantêm a capacidade de operar em modo elétrico por distâncias limitadas, alternando para o motor térmico quando a carga da bateria se esgota. Por sua vez, os BEVs eliminam completamente o uso de combustão interna. Abaixo encontra-se o Quadro 1 sobre os tipos de veículos que necessitam de estações de carregamento de veículos elétricos.

Quadro 1. Categorias de Veículos Elétricos Recarregáveis em Estações de Carregamento.

Categoria	Descrição técnica	Recarregável em estação pública
BEV	100% elétrico a bateria	Sim
PHEV	Híbrido plug-in (motor elétrico + combustão)	Sim
HEV	Híbrido sem recarga externa	Não
MHEV	Híbrido leve (assistência elétrica parcial)	Não

Fonte: adaptado TEIXEIRA (2025).

O mercado brasileiro de veículos eletrificados apresentou crescimento expressivo em 2025, atingindo 223.912 unidades vendidas no ano (Quadro 2), um aumento de aproximadamente 26% em relação a 2024. Veículos plug-in (BEV + PHEV) representaram mais de 80% das vendas, com 181.542 veículos emplacados, sendo esses 7,12% do total de veículos emplacados no ano, evidenciando a preferência do consumidor por tecnologias recarregáveis externamente. Houve uma mudança significativa na porcentagem das vendas em relação ao total de veículos vendidos no país em 2025, considerando veículos leves e caminhonetes, que somaram um total de 2.549.462 veículos (FENABRAVE, 2025).

Quadro 2. Vendas de Veículos Elétricos e Plug-in no Brasil em 2025 (por Tecnologia).

Tecnologia	Unidades vendidas em 2025	Participação no mercado eletrificado
PHEV	101.364	45%
BEV	80.178	36%
HEV e HEV Flex	42.370	19%
TOTAL	223.912	100%

Fonte: Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), 2026.

A transição para a mobilidade elétrica de alto desempenho exige uma reengenharia das redes de distribuição. Diferente dos sistemas residenciais ou comerciais leves, uma estação equipada com duas a cinco unidades de carregamento ultrarrápido “potências individuais de 150 kW a 350 kW” (Ribeiro 2022, p. 49) opera em uma escala de megawatts (MW). Este nível de carga impõe desafios severos à estabilidade de tensão, ao controle de harmônicos e à vida útil dos ativos da concessionária local. Deve-se mencionar que há uma sequência de subestações capazes de suprir a demanda de energia, na rodovia em estudo, utilizando-se um raio de 75km, conforme exemplificado na Figura 1 (Teixeira, 2025).

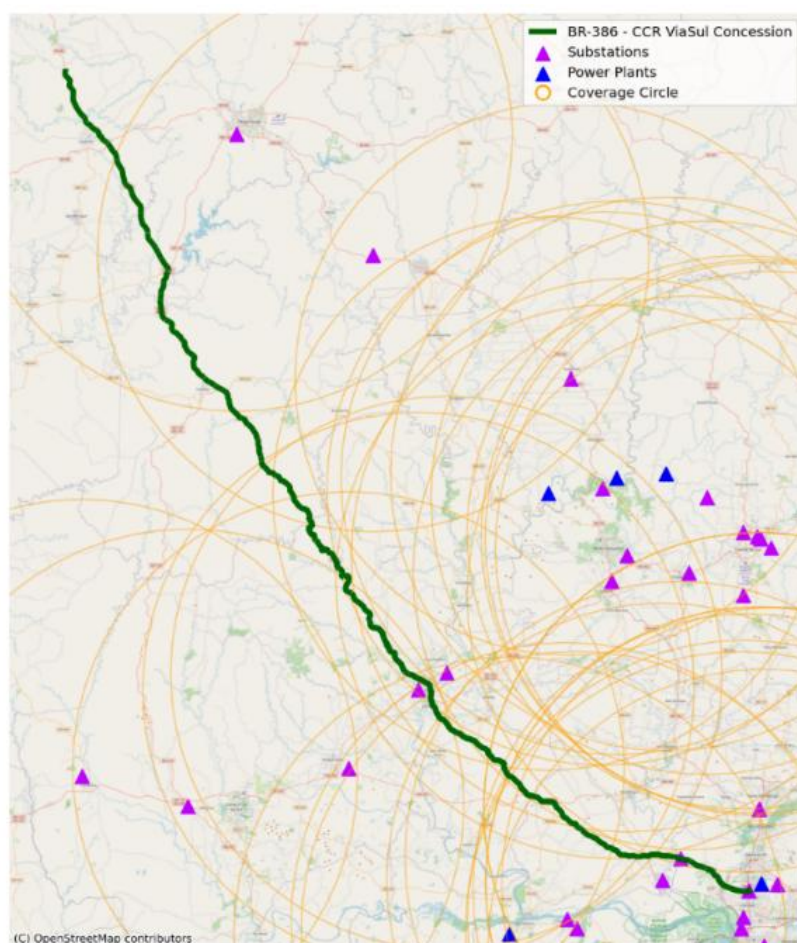


Figura 1 Raio de abrangência das Subestações 75km. Fonte: Teixeira (2025).

No Brasil, observa-se que a maior parte das estações de recarga para veículos elétricos está concentrada em áreas urbanas, havendo ainda número reduzido de projetos estruturados voltados à interligação de cidades por meio de infraestrutura instalada ao longo de rodovias. Iniciativas que adotam o conceito de corredores de recarga têm se mostrado estratégicas para viabilizar viagens de longa distância com veículos elétricos, uma vez que preveem a implantação planejada de estações distribuídas ao longo do eixo rodoviário, compatibilizando a autonomia dos veículos com a disponibilidade da rede elétrica e a oferta de serviços de apoio. Esses corredores permitem a integração entre centros urbanos e regiões distantes, ampliando o alcance territorial da mobilidade elétrica no país (Borba, Batista et al., 2021).

No caso da rodovia BR-386, esse corredor perpassa por 19 cidades com uma população total somando 740.472 pessoas segundo o IBGE 2022. Além do mais, a contagem veicular de dois pontos do DNIT na BR-386 em 2024 contabilizou 4.125.383 veículos no km 422 (na cidade de Montenegro) e 8.539.190 veículos no km 362 (na região de Fazenda Vila Nova), gerando uma estimativa de veículos elétricos de 82.508 e 170.784 nos dois pontos respectivamente. A localização eficiente das estações de carregamento auxiliará na gestão mais eficaz da rodovia pela concessionária.

Os métodos de apoio à decisão constituem então um conjunto de abordagens analíticas e computacionais desenvolvidas para auxiliar tomadores de decisão na escolha entre alternativas que envolvem múltiplos critérios, frequentemente conflitantes. Esses métodos são amplamente empregados em contextos complexos, nos quais fatores técnicos, econômicos, ambientais e sociais devem ser considerados de forma integrada,

como ocorre nos setores de engenharia, planejamento urbano, logística, energia e transportes.

A automação de métodos de apoio multicritério à decisão tem assumido papel relevante no contexto das análises contemporâneas, especialmente diante da crescente complexidade dos problemas decisórios. Segundo Cavalcanti (2022), O método de Processo Analítico Hierárquico (*Analytic Hierarchy Process*, AHP), tornou-se referência no auxílio à tomada de decisão multicritérios, dado que permite estabelecer relações de prioridade entre os variados aspectos envolvidos e indicar o grau de importância que cada um deles representa no processo decisório. A utilização de ferramentas computacionais possibilita a sistematização das etapas do método, abrangendo a elaboração das matrizes de comparação par a par, o cálculo dos vetores de prioridade e a verificação da consistência dos julgamentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo tem por objetivo propor e avaliar uma metodologia integrada para o planejamento e a implementação de infraestrutura de recarga para veículos elétricos, considerando simultaneamente aspectos técnicos, energéticos, econômicos e operacionais. O problema de pesquisa concentra-se na ausência de critérios técnicos consolidados para o dimensionamento e a localização de estações de carregamento, uma vez que decisões atuais frequentemente se baseiam em análises fragmentadas, desconsiderando a interação entre fluxo veicular, capacidade da rede elétrica, custos de implantação e comportamento dos usuários.

A BR-386 está localizada no estado do Rio Grande do Sul, ligando a área Norte a Nordeste do Estado. Possui uma área sobre concessão da Rodovia Motiva Via Sul, a qual se inicia na cidade de Canoas, no entroncamento com a BR 116, e indo até a cidade de Carazinho, tendo fim no viaduto que passa sob a BR-285.

Para fins deste estudo foram considerados apenas os veículos elétricos das categorias BEV e PHEV, os quais permitem formas de carregamento externo. Deve-se ressaltar que a porcentagem de veículos elétricos recarregáveis vendidos no Brasil em 2025 somam 181.545 veículos, sendo que o total de automóveis vendidos em 2025 foram 2.549.462 de unidades. Os veículos elétricos representam então 7,12% do total de veículos vendidos no ano de 2025. Este dado é importante para o cálculo de projeção de veículos que trafegarão na via no futuro. Apesar do aumento expressivo no número de veículos elétricos nos últimos anos, será considerado o percentual de 2% para o crescimento de veículos elétricos ano a ano (Teixeira, 2025).

Em virtude da autonomia dos veículos elétricos, é importante ressaltar que todos os veículos movidos exclusivamente a Bateria (BEV), vendidos no país sejam supridos com pontos de recarga. Portanto, o veículo com menor autonomia é o JAC E-JS1 com 161 km de autonomia, segundo o INMETRO. É importante considerar 80% da autonomia para cálculo de recarga buscando evitar pane seca, aumentando assim a durabilidade da bateria. Para este trabalho, a distância de 128 km será considerada a distância máxima entre os pontos para recarga.

As redes de energia a serem consideradas neste estudo são as que comportam estações de carregamento veicular rápido e ultrarrápido. Essas redes que operam em capacidade de até 2.5MW, tendo capacidade para 5 unidades de carregamento ultrarrápido. Existem subestações e transformadores próximos a BR capazes de suprir a demanda de energia, e com possibilidade de fazer a conversão de energia. Observa-se ainda que toda a extensão da rodovia possui subestações próximas, não existindo restrição quanto à rede elétrica nesta estrada. As únicas ressalvas possíveis são quanto a pontos

específicos de infraestrutura e, onde instalar redes elétricas, que seria um desafio saindo do escopo deste trabalho pois incluiria também o custo de instalação de subestações ou de linhas de transmissão.

Um levantamento detalhado da rodovia foi realizado, percorrendo toda a extensão da BR-386 sob concessão da Motiva-Via Sul, observando possíveis pontos para a instalação das estações de carregamento a cada 02 km. Os possíveis locais para implementação das estações de recarga foram então mapeados do km 181 até o km 445. Estas localizações foram determinadas pelas placas sinalizadoras de quilometragem já existentes na rodovia, conforme figura 2. O levantamento foi feito no dia 15 de novembro de 2025, iniciando-se às 13:30 horas, percorrendo todo o percurso no período diurno.

Figura 2. Placa de Sinalização BR-386 km 279 sentido sul. Fonte: Autores (2025).



Uma tolerância de até 200 metros foi assumida para alguns itens de infraestrutura como postos de combustíveis e áreas urbanas, com a finalidade de melhor escolher pontos ideais de instalação das estações de carregamento de veículos elétricos. Identificou-se ainda pontos onde era possível observar redes de transmissão de energia elétrica, o que favorece a instalação de postes. Os valores usados foram de 0, para a inobservância de qualquer ponto, ou o valor de 5 caso haja uma rede próxima mas em dúvida se esta é para transmissão de alta tensão, ou o valor de 10 para uma rede de transmissão próxima.

Os pontos possíveis de acessibilidade também são identificados, analisando se há pontos de apoio próximo, onde seria fácil ou difícil sair da rodovia (aclives ou taludes na lateral da rodovia, em ambos os sentidos). O seguimento da rodovia foi ainda observado, se é um ponto sem visibilidade (curvas ou pontos íngremes) e faixas de rodagem, onde se diferenciaram trechos de pista dupla e faixa simples. Para tal foram colocadas notas de 0 a 10 onde 0 seria um ponto totalmente inacessível, e 10 para um ponto totalmente acessível da rodovia. Para concluir, a existência de proximidades de conveniência foi examinada sendo atribuído notas de 0 a 10, onde 0 seria um local totalmente ermo e sem possibilidade de instalação de quaisquer pontos, ou o valor de 10, um local totalmente assistido, com mais de um ponto de conveniência já existente.

Todos os dados foram agrupados em uma planilha, salva em formato .csv, com a finalidade de mapear e ranquear as notas de cada setor. Foram feitas quatro colunas, sendo a primeira a quilometragem, a segunda coluna redes, a terceira coluna acessibilidade e a quarta coluna conveniência. A planilha foi usada para a resolução deste trabalho implementando um modelo ao aplicativo desenvolvido Sistema de Apoio a Decisão sobre

eletrovias, chamado de SAD Eletrovias. Este modelo objetiva utilizar a inteligência de dados para otimizar o planejamento estratégico e a alocação espacial de estações de recarga para Veículos Elétricos (VEs), utilizando a metodologia multicritério AHP.

O sistema foi construído sobre uma arquitetura modular que segue o padrão de separação de responsabilidades, dividindo a interface do usuário (Frontend) do motor lógico (Backend) para garantir resiliência e alta performance. Ele foi construído na linguagem base Python 3.12, aplicando a biblioteca de dados Pandas. Além disso, foi usado a biblioteca Tkinter para interface gráfica amigável com o usuário. E, para a geração do relatório de saída usou-se o FPDF e, para a cópia dos dados e código fonte o Pyinstaller.

O Processo Analítico de Hierarquia (AHP) utiliza os processos de análise de decisão levantando os critérios da planilha. Os critérios usados foram os de Rede, de Acesso e de Conveniência. A hierarquização neste trabalho foi obtida conforme a seguinte fórmula (Borba, 2021):

$$Score = (Rede \times 0,30) + (Acesso \times 0,30) + (Conveniência \times 0,40) \quad (2)$$

Segundo esta formulação a conveniência tem um peso maior, com os fatores de acesso e rede possuindo a mesma hierarquia. No entanto, na prática, os dados da tabela apontam que nos casos de não ser identificado a rede ela recebe pontuação 0, sendo por este motivo o acesso com hierarquia maior.

Internamente no sistema, restrições de borda também são consideradas. Estas restrições incluem dados de início da via e de fim da via, colocando como km min e km max. Em particular, assume-se que não é o ideal instalar estações de carregamento ou no início ou no fim da rodovia, considerando que, em geral, os carros elétricos iniciarão as suas viagens com uma carga razoável de carregamento das suas baterias.

Assume-se também que não é desejável escolher estações de carregamento próximas uma da outra, sendo preferível, em um primeiro momento, instalá-las numa distância considerável uma da outra. O modelo então gera o ranking de cada ponto observado da rodovia, a cada 2 km, obtendo a nota da planilha através da multiplicação dos valores e dos pesos considerados na Eq. (2). Os resultados da pontuação são obtidos e os pontos analisados são ranqueados. Finalmente, o modelo verifica a distância entre os pontos, e elimina os pontos menores que a distância mínima, entre as estações. O sistema avalia ainda a distância máxima, usando a seguinte fórmula:

$$Intervalo\ médio = \left(\frac{extensão\ total}{pontos\ selecionados} \right) + 1 \quad (3)$$

Se o resultado der mais de 128, o sistema informa que a quantidade de estações é insuficiente para garantir a autonomia segura dos veículos na via. Isto ocorre porque a autonomia de 128 km é a assumida para os veículos elétricos neste estudo. O modelo desenvolvido deve também ser flexível para ser usado para outras rodovias, que sejam inclusive mais longas do que a rodovia deste estudo. Um exemplo é a rodovia Pantanal, no Mato Grosso do Sul, com uma extensão de 845 km.

No segundo estágio, o sistema faz a busca sobre a quantidade de estações de carregamento e número de carregadores necessários em cada estação, para suprir a demanda de veículos elétricos percorrendo a rodovia. O fluxo de tráfego foi coletado em dois pontos da BR 386, em estudo. Nesta rodovia, o fluxo de tráfego obtido para o ano de 2024 foi de 4,627,979 veículos. Observando que a quantidade de veículos elétricos no Rio Grande do Sul corresponde a 2% da frota e assumindo um crescimento anual da frota de veículos de 2% ao ano, conclui-se que haverá um fluxo de aproximadamente 110 mil veículos elétricos no Rio Grande do Sul no ano de 2030. Por último, observando que há

231 dias úteis ao ano, chega-se a um fluxo de, no máximo, 6.622 veículos elétricos pela BR386 por dia. Por fim, usando este valor como dado de entrada para o modelo desenvolvido, o sistema desenvolvido obtém todos os pontos em ordem crescente para apresentação ao usuário do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando os processos restritivos a exemplo do trabalho de Teixeira (2025), observa-se que ao colocar os pontos restritivos semelhantes, com restrição nas bordas (início e fim da rodovia) e restrição de proximidade dos postos, observa-se a determinação de dois pontos para a localização das estações de recarga de veículos elétricos. Neste trabalho, utilizando a ferramenta SAD Eletrovias, com a restrição de distância entre postos de 110 km e restrição do início da via de 50 km, ele retorna os pontos do km 257 e 387. Estes pontos para a localização das estações de carregamento de veículos elétricos, estão relativamente em acordo com outra pesquisa recente que determinou os km de 74 e o 196 para a localização das estações de carregamento (ou 255 km e 377 km, se contar o início da rodovia no km 181) (Teixeira, 2025).

No futuro, será possível ainda fazer diversas formas de experimentação incluindo um aumento maior no crescimento da frota de veículos ou, uma maior distância entre as estações de recarga devido a um consequente aumento na autonomia de veículos elétricos, por exemplo. Uma ferramenta de apoio a decisão tem sido assim obtida, sendo importante para a gestão de concessionárias de rodovias e para a gestão de investimento para a instalação de estações de carregamento de veículos elétricos.

CONCLUSÃO

A análise de oportunidades relacionados à infraestrutura de recarga de veículos elétricos na via Motiva Via Sul foi realizada auxiliando na gestão e identificando possíveis restrições importantes para a instalação de estações de carregamento de veículos elétricos.

Foi possível, a partir do modelo desenvolvido, determinar onde as estações de carregamento devem ser localizadas, levando em considerações fatores não apenas como o fluxo e a autonomia dos veículos elétricos mas também de características estruturais da rodovia. Estas características estruturais incluem fatores como a existência próxima de linhas de transmissão e de fácil acessibilidade a estas possíveis localizações destas estações de carregamento.

Este é então um trabalho que colabora com uma resposta prática e ágil na gestão de organizações que tenham interesse na instalação de estações de carregamento de veículos elétricos, como concessionárias e empresas gestoras de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira do Veículo Elétrico. (2024). *1º Anuário da cadeia produtiva da eletromobidade*. ABVE. Disponível em: <https://abve.org.br/wp-content/uploads/2024/10/1o-Anuario-da-Cadeia-Produtiva-ABVE.pdf> Acesso em: 21 de fevereiro de 2026.

Borba, A. T. A., Batista, C. G., et al. (2021). Electrical vehicles and charger stations: state-of-art. Em *Anais do SIMEA – Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva*.

Blucher. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/download-pdf/354/36230> Acesso em: 20 de fevereiro de 2026.

Brasil. (2024). *Guia de eletromobilidade para cidades brasileiras*. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/guia-de-eletromobilidade-para-cidades-brasileiras.pdf> Acesso em: 21 de fevereiro de 2026.

Caetano, J. V. A. (2021). *Carregadores de veículos elétricos e seu impacto na qualidade da energia elétrica* [Monografia de Graduação, Universidade Federal de Uberlândia]. Repositório Institucional UFU. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/32110> Acesso em: 23 de fevereiro de 2026.

Cavalcanti, S. L. S. (2022). *Método numérico para aplicação da técnica analytic hierarchy process: uso da linguagem Python* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Sul de Santa Catarina].

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (2024). *Painel PNCT: Plano Nacional de Contagem de Tráfego*. DNIT. Disponível em: <http://servicos.dnit.gov.br> Acesso em: 19 de fevereiro de 2026.

De Oliveira, L. A., Jerônimo, M. B., & Justus Junior, Z. C. (2021). *Estudo de infraestrutura para recarga de veículos elétricos em condomínios residenciais*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Fenabreve. (2025). *Informativo mensal – Dados de emplacamentos de veículos (dezembro/2025)*. Disponível em: <https://www.fenabreve.org.br> Acesso em: 24 de fevereiro de 2026.

Grigoriadis, A. B., & Silva, P. A. (2022). *Análise da utilização do hidrogênio como combustível em veículos leves no Brasil* [Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca].

Hall, D., & Lutsey, N. (2020). *Electric vehicle charging guide for cities*. International Council on Clean Transportation (ICCT). Disponível em: https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/EV_charging_guide_03162020.pdf Acesso em: 21 de fevereiro de 2026.

Idaho National Laboratory. (2015). *The EV project: Fee models for publicly accessible charging*. INL.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2023). *Censo demográfico 2022: População e domicílios - primeiros resultados*. IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html> Acesso em: 20 de fevereiro de 2026.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. (2024). *Relatório AIR: conectores para carregamento de veículos elétricos plug-in*. Inmetro. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/regulamentacao/analise-de-impacto-regulatorio/realizadas/2024/conectores-para-carregamento-de-veiculos-eletricos-plug-in/relatorio> Acesso em: 18 de fevereiro de 2026.

Makridis, M., Tsigdinos, S., Nikitas, A., et al. (2021). Planning electric vehicle charging infrastructure based on traffic flow and land use characteristics. *Sustainability*, 13(6), 3334. doi.org

Ribeiro, S. (2022). *Mobilidade elétrica e estações de recarga para veículos elétricos* [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina].

Santos, L., & Grangeia, C. (2021). *Experiências internacionais em mobilidade elétrica* (Texto de Discussão do Setor Elétrico n. 102). GESEL/UFRJ. Disponível em: https://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/14_santos_TDSE_102_2021_08_11.pdf Acesso em: 10 de fevereiro de 2026.

Teixeira, T. O. M. (2025). *Efficient model for electric vehicle charger installation on a non-urban highway: the case of BR-386, Brazil* (Publicação T.DM-002/2025). Universidade de Brasília.

Viana, E. C. (2012). *Estudo da viabilidade do uso dos modais rodoviário e ferroviário para o escoamento de tubos de aço do interior do estado de Minas Gerais até o porto do Rio de Janeiro* [Monografia de Especialização, Universidade Federal de Minas Gerais]. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9BVFWU> Acesso em: 15 de fevereiro de 2026.

Xu, Z., Wen, F., & Ledwich, G. (2019). Impact of plug-in electric vehicles on power systems with smart grid technologies. *Energies*, 12(14), 2704. doi.org