

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FRANCISCO ELSON CALDEIRA DIAS

ESTUDO DE VIABILIDADE E DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA PARA
IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS NA
MALHA VIÁRIA DE MINAS GERAIS

BELO HORIZONTE

2024

FRANCISCO ELSON CALDEIRA DIAS

ESTUDO DE VIABILIDADE E DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA PARA
IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS NA
MALHA VIÁRIA DE MINAS GERAIS

Artigo apresentado como requisito parcial à conclusão do
Curso Pós-graduação MBA de Gestão Estratégica em
Energias Naturais Renováveis, Setor de Ciências
Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador(a)/Professor(a): Prof(a). Dr(a). Alexandre
Rasi Aoki

BELO HORIZONTE

2024

ESTUDO DE VIABILIDADE E DEFINIÇÃO DE METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE RECARGA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS NA MALHA VIÁRIA DE MINAS GERAIS

Francisco Elson Caldeira Dias¹
Prof. Dr. Alexandre Rasi Aoki²

1 - RESUMO

A mobilidade elétrica consiste na substituição gradativa dos veículos movidos a combustão por veículos movidos a eletricidade, bem como na implantação de um ecossistema para dar suporte a esses veículos. Veículos elétricos têm diferentes autonomias, seja em km ou em kWh, e formas de carregar as baterias. Considerando o Estado de Minas Gerais como objeto de estudo, são avaliadas as principais rodovias, autonomias dos veículos e tipos de carregadores visando estabelecer um critério de escolha de local para a instalação de estações de recarga veicular ou Eletropostos, permitindo assim que proprietários de veículos elétricos, em viagens entre estados, possam transitar pelas rodovias de Minas Gerais e utilizar a rede de Eletropostos para recarregar seus veículos elétricos. O Estado de Minas Gerais não possui, de forma incentivada, uma rede de estações de recarga distribuídas nas principais rodovias da sua malha viária, diferentemente de programas implantados por convênios com fabricantes de veículos elétricos e carregadores, empresas de distribuição de energia elétrica em outros estados, não possuindo até o momento programas de incentivos, privados ou públicos. Atualmente existem apenas iniciativas isoladas de alguns fabricantes de carregadores veicular, fabricantes e estabelecimentos comerciais para implantar Eletropostos, bem como iniciativas isoladas de associações de usuários de veículos elétricos em disponibilizar, mediante acordos e convênios, alguma infraestrutura para recarga de veículos, como por exemplo, tomadas de alimentação de corrente alternada do tipo industrial para o uso de carregadores portáteis pelos viajantes quando circulando pelas rodovias do Estado de Minas Gerais.

Palavras-Chaves:

Minas Gerais. Rodovias. Veículos elétricos. Estações de recarga. Autonomia. Eletropostos.

¹ Eng. Eletricista, Especialista em Com. De Dados, MBA Executive, Pós-graduando em Energias Naturais Renováveis pela UFPR
fecdias@gmail.com

² Orientador, Doutor em Engenharia Elétrica e Professor do Curso de Engenharia Elétrica da UFPR
aoki@ufpr.br

1 – ABSTRACT

Electric mobility consists of the gradual replacement of combustion engine vehicles with electric vehicles and the implementation of an ecosystem to support these vehicles. Electric vehicles have different ranges in km or kWh and battery charging methods. Considering the State of Minas Gerais as the object of study, the main highways, vehicle ranges, and types of chargers were evaluated, aiming to establish standards for choosing locations for the installation of vehicle charging stations, allowing owners of electric vehicles, while travelling between states, to recharge their vehicles at Minas Gerais' network of electric charging stations along the highways. The study is focused on the State of Minas Gerais because it lacks a well-established network of charging stations along the major highways. Unlike other states where programs have been implemented through agreements with electric vehicle and charger manufacturers, electricity distribution companies, there are no incentive programs in place, whether public or private. Currently, there are only isolated initiatives from some vehicle charger manufacturers, commercial establishments to implement electric charging stations, as well as isolated initiatives from associations of electric vehicle users to provide, through agreements and conventions, some infrastructure for vehicle recharging, such as industrial-type alternating current power sockets for the use of portable chargers by travelers when circulating through the highways of Minas Gerais.

Keywords:

Minas Gerais. Highways. Electric vehicles. Charging stations. Range. Electric charging stations.

2 - INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo principal avaliar a implantação de estações de recarga, também conhecidos como Eletropostos, para veículos elétricos no Estado de Minas Gerais. Conforme informações disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Estado de Minas Gerais possui uma área territorial de aproximadamente 586.514 km², uma população de 20.539.989 habitantes de acordo com o Censo 2022 (IBGE, 2023).

Em relação à quantidade total de veículos existentes no Estado de Minas Gerais, os dados do Ministério dos Transportes e IBGE, referentes a dez/2022, informa uma frota de 13.319.609 veículos, sendo que a caracterização dos tipos de veículos e quantidade é apresentada na Tabela 1:

Tabela 1: Veículos em Minas Gerais

TIPO DE VEÍCULO	VEÍCULOS			
	TOTAL MG	TOTAL BRASIL	% MG	% BRASIL
AUTOMÓVEL	7.103.810	61.404.358	11,6%	88,4%
BONDE	0	42	0,0%	100,0%
CAMINHÃO	381.834	3.072.088	12,4%	87,6%
CAMINHÃO TRATOR	100.208	879.392	11,4%	88,6%
CAMINHONETE	1.243.873	9.393.683	13,2%	86,8%
CAMIONETA	441.777	4.261.335	10,4%	89,6%
CHASSI PLATAFORMA	21	1.637	1,3%	98,7%
CICLOMOTOR	52.769	472.576	11,2%	88,8%
MICROÔNIBUS	53.358	441.868	12,1%	87,9%
MOTOCICLETA	2.955.414	26.641.407	11,1%	88,9%
MOTONETA	372.997	5.637.697	6,6%	93,4%
ÔNIBUS	89.797	703.855	12,8%	87,2%
QUADRICICLO	12	299	4,0%	96,0%
REBOQUE	255.019	2.223.743	11,5%	88,5%
SEMI-REBOQUE	118.125	1.284.642	9,2%	90,8%
SIDE-CAR	1.424	8.592	16,6%	83,4%
OUTROS	2.223	33.735	6,6%	93,4%
TRATOR ESTEIRA	48	235	20,4%	79,6%
TRATOR RODAS	2.556	37.822	6,8%	93,2%
TRICICLO	6.684	43.898	15,2%	84,8%
UTILITÁRIO	137.660	1.547.305	8,9%	91,1%
TOTAL	13.319.609	118.090.209	11,3%	88,7%

Fonte: - Elaborado pelo autor com base em IBGE (2023)

Segundo dados do Governo de Minas Gerais, o estado possui também a maior malha rodoviária do Brasil, com aproximadamente 272.062,90 km de rodovias, distribuídas entre rodovias federais, estaduais e municipais, o equivalente a 16% da somatória de todas as rodovias federais, estaduais e municipais de toda a malha viária existente no país (Tabela 2).

Como pode ser confirmado na Tabela 2, do total da malha viária de MG, 9.205 km são de rodovias federais, o que corresponde a aproximadamente 3% do total da malha viária estadual, 22.286 km de rodovias estaduais pavimentadas, o que equivale a cerca de 10% do total e, por fim, 240.571,90 km de rodovias municipais, na maioria não pavimentadas. Uma visão geral da malha viária de MG pode ser vista na Figura 1.

Tabela 2: Rodovias de Minas Gerais

SITUAÇÃO	RODOVIAS			
	FEDERAIS	ESTADUAIS	MUNICIPAIS	TOTAL
ASFALTADAS	8.628	22.286		30.914
NÃO ASFALTADAS	577	4.926	240.572	246.074
TOTAL	9.205	27.212	240.572	276.989
EM %	3,32%	9,82%	86,85%	100%

Fonte: Elaborada pelo autor com base em Governo MG (2024)

Figura 1: Mapa genérico de rodovias de Minas Gerais



Fonte: Infoescola (SD)

Avaliando os dados da Tabela 1, constata-se que no total de veículos em circulação em MG, não é discriminado o tipo de combustível (combustão ou elétrico). Os dados estão consolidados apenas por tipo (passeio, caminhões, ônibus, etc.), sendo assim a Tabela 3 apresenta informações para quantificar e tipificar os veículos elétricos (VE) em circulação no estado de Minas Gerais.

Tabela 3: Total veículos elétricos em Minas Gerais - Base agosto/2023

TIPO	VEÍCULOS ELÉTRICOS (BASE AGO/2023)			
	TOTAL MG	TOTAL BRASIL	% MG	% BRASIL
FULL ELÉTRICO	1.254	16.675	7,52%	92%
HÍBRIDO PLUGIN	2.777	37.594	7,39%	93%
HÍBRIDO	7.970	111.521	7,15%	93%
TOTAL	12.001	165.790	7,24%	93%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neocharge (2023)

Já na Tabela 4 os VE são ranqueados e detalhados por tipo (híbrido, híbrido plugin e 100% a bateria) por estado, sendo que o Estado de São Paulo ocupa a primeira colocação geral e Minas Gerais fica na terceira colocação geral.

Tabela 4: Quantidade de veículos elétricos por tipo e por Estado - Base agosto/2023

ESTADO	QUANTIDADE DE VEÍCULOS ELÉTRICOS POR TIPO E POR ESTADO DO BRASIL							
	HÍBRIDO (1)	% MODELO	HÍBRIDO PLUGIN (2)	% MODELO	ELÉTRICO (3)	% MODELO	% TOTAL BRASIL	% BRASIL
SÃO PAULO	36.625	32,84%	15.429	41,04%	5.851	35,09%	34,93%	1ª
RIO DE JANEIRO	8.769	7,86%	1.972	5,25%	1.513	9,07%	7,39%	2ª
MINAS GERAIS	7.970	7,15%	2.777	7,39%	1.254	7,52%	7,24%	3ª
SANTA CATARINA	6.743	6,05%	3.952	10,51%	1.073	6,43%	7,10%	4ª
PARANÁ	6.405	5,74%	2.602	6,92%	1.928	11,56%	6,60%	5ª
DISTRITO FEDERAL	5.897	5,29%	1.652	4,39%	1.164	6,98%	5,26%	7ª
DEMAIS REGIÕES	39.112	35,07%	9.210	24,50%	3.892	23,35%	31,49%	
TOTAL GERAL BRASIL	111.521	100%	37.594	100,00%	16.675	100%	100%	

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neocharge (2023)

Mesmo contando com a maior malha viária e a terceira maior frota de VE do país, não existe nenhuma política pública, ou incentivo à iniciativa privada, para a instalação de estações de recarga de veículos elétricos nas rodovias de Minas Gerais.

Existem algumas iniciativas de empreendimentos privados, como loja de conveniência da rede de serviços Graal que iniciou a instalação de estações de recarga em seus estabelecimentos na rodovia BR-381, a fabricante de veículos Audi (AUDI, 2023) que também iniciou a instalação de duas estações de recarga na BR-381, alguns postos de gasolina e de alguns fabricantes de carregadores (Wall Box) como a Incharge e da Associação Brasileira dos

Usuários de Veículos Elétricos – ABRAVEI, que nesse caso, instala tomadas industriais de 32 A para uso de carregadores portáteis pelos proprietários de veículos elétricos utilizarem em suas viagens. As estações de recarga podem ser consultadas através do *Google Maps* e de aplicativo especializado, como o *PlugShare*.

Dessa forma, esse trabalho avalia as principais rodovias federais e estaduais que cortam o Estado de Minas Gerais, a autonomia média dos veículos elétricos, tipos de carregadores (CC e CA), capacidade e tipo de conectores dos carregadores elétricos para a avaliação técnica e econômica de instalação de estações de recarga veicular (Eletropostos) ao longo de duas rodovias, a fim de se apontar critérios básicos que possam ser utilizados futuramente em outras regiões para a implantação das estações de recarga.

3 - RODOVIAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

Antes de caracterizar as rodovias federais e estaduais existentes no Estado de Minas Gerais, deve-se primeiramente explicar a lógica e terminologia dessas rodovias. Com base em pesquisas em sites oficiais do IBGE, Governo de Minas Gerais, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) e do Departamento de Estradas de Rodagens de Minas Gerais (DER-MG), as rodovias federais são denominadas e orientadas da seguinte forma:

3.1 - RODOVIAS FEDERAIS

O Brasil possui uma grande malha viária, que corta o país em diversas direções, definidas como: radiais; longitudinais; transversais; diagonais; e rodovias de ligação.

“A nomenclatura das rodovias é definida pela sigla BR, que significa que a rodovia é federal, seguida por três algarismos. O primeiro algarismo indica a categoria da rodovia, de acordo com as definições estabelecidas no Plano Nacional de Viação. Os dois outros algarismos definem a posição, a partir da orientação geral da rodovia, relativamente à Capital Federal e aos limites do País (Norte, Sul, Leste e Oeste).” (DNIT, 2010)

RODOVIAS RADIAIS

“São as rodovias que partem da Capital Federal em direção aos extremos do país. Nomenclatura: BR-0XX - primeiro algarismo: 0 (zero); algarismos estantes: a numeração dessas rodovias pode variar de 05 a 95, segundo a razão numérica 05 e no sentido horário. Exemplo: BR-040.” (DNIT, 2010)

Figura 2: Rodovias radiais brasileiras

Rodovias	Localidades	Extensão (KM)
BR-010	Brasília - Paranã - Carolina - Porto Franco - São Miguel do Guamã - Belém	1.954,1
BR-020	Brasília - Posse - Barreiras - Picos - Fortaleza	2.038,5
BR-030	Brasília - Montalvânia - Carinhanha - Brumado - Ubaitaba - Campinho	1.158,0
BR-040	Brasília - Três Marias - Belo Horizonte - Barbacena - Juiz de Fora - Três Rios - Rio de Janeiro (Praça Mauá)	1.139,3
BR-050	Brasília - Cristalina - Uberlândia - Uberaba - Ribeirão Preto - Campinas - São Paulo - Santos	1.025,3
BR-060	Brasília - Anápolis - Goiânia - Rio Verde - Jataí - Campo Grande - Fronteira com o Paraguai	1.329,3
BR-070	Brasília - Jaraguá - Aragarças - Cuiabá - Cáceres - Fronteira com a Bolívia	1.317,7
BR-080	Brasília - Uruaçu - Entroncamento com a BR-158/242 (Ribeirão Bonito)	623,8

Fonte: DNIT (2010)

RODOVIAS LONGITUDINAIS

As rodovias federais Longitudinais são caracterizadas da seguinte forma: “São as rodovias que cortam o país na direção Norte-Sul. Nomenclatura: BR-1XX - primeiro algarismo: 1 (um). Exemplos: BR-101, BR-153, BR-174.” (DNIT, 2010)

RODOVIAS TRANSVERSAIS

As rodovias federais transversais são caracterizadas da seguinte forma: “São as rodovias que cortam o país na direção Leste-Oeste. Nomenclatura: BR-2XX - primeiro algarismo: 2 (dois). Exemplos: BR-230, BR-262, BR-290.” (DNIT, 2022)

RODOVIAS DIAGONAIS

As rodovias federais diagonais são caracterizadas da seguinte forma:

“Estas rodovias podem apresentar dois modos de orientação:

Noroeste-Sudeste ou Nordeste-Sudoeste. Nomenclatura: BR-3XX - primeiro algarismo: 3 (três); algarismos restantes: a numeração dessas rodovias obedece ao critério especificado abaixo:

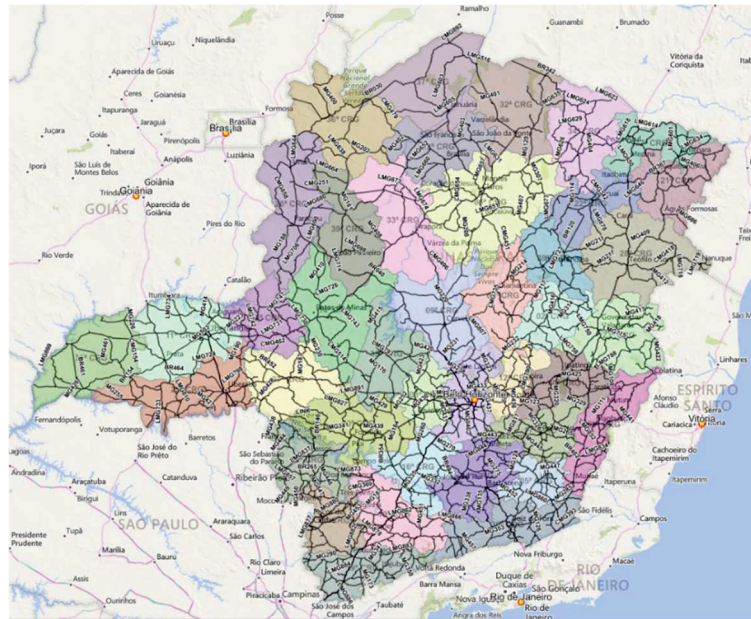
Diagonais orientadas na direção geral NO-SE: a numeração varia, segundo números pares, de 00, no extremo Nordeste do país, a 50, em Brasília, e de 50 a 98, no extremo Sudoeste. Exemplos: BR-304, BR-324, BR-364.

Diagonais orientadas na direção geral NE-SO: a numeração varia, segundo números ímpares, de 01, no extremo Noroeste do país, a 51, em Brasília, e de 51 a 99, no extremo Sudeste. Exemplos: BR-319, BR-365, BR-381.” (DNIT, 2010)

Por fim, mas não menos importante, existem as rodovias de ligação, que servem para fazer a ligação entre duas ou mais rodovias federais, entre rodovias federais e cidades, pontos importantes, fronteiras, etc. Nesse trabalho não serão detalhadas as rodovias de ligação por não ser objeto de interesse desse estudo. Porém, maiores detalhes podem ser obtidos na página oficial do DNIT: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/rodovias-federais/nomeclatura-das-rodovias-federais>.

Pode ser visto na Figura 3 um mapa básico das principais rodovias federais que cortam o Estado de Minas Gerais, com as devidas caracterizações (radiais, longitudinais, transversais e diagonais).

Figura 4: Rodovias estaduais de Minas Gerais



Fonte: DER MG (SD)

Tabela 5: 10 maiores rodovias estaduais de Minas Gerais

POSIÇÃO:	RODOVIA:	EXTENSÃO:(Km)
1	MG50	381
2	MG188	376,2
3	MG10	280,7
4	MG202	257,8
5	MG181	214,8
6	MG164	213,9
7	MG129	167,9
8	MG111	163,8
9	MG400	161,3
10	MG190	161,1

Fonte: Elaborado pelo autor com base em DER MG (2024)

3.3 – PROCESSO E CRITÉRIO DE ESCOLHA E SELEÇÃO DAS RODOVIAS PARA IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÕES DE RECARGA VEÍCULAR

Como critérios para escolha das duas rodovias para a elaboração do estudo de viabilidade para implantação das estações de recarga de veículos elétricos, foram elencados os seguintes pontos:

- Extensão (interno ao Estado de MG): quanto maior, melhor, maior a pontuação;
- Quantidade de municípios que a rodovia contempla (interno ao Estado de MG): quanto maior a quantidade, melhor, maior a pontuação;
- Média do volume de tráfego diário anual – VMDa (da divisa até a capital Belo Horizonte): quanto maior, melhor, maior a pontuação;

- Importância econômica em função de volume de cargas, frete, movimentação econômica da região: quanto maior, melhor, maior a pontuação; e
- Importância turística, ligações e acessos a polos e regiões turísticas: quanto maior melhor, maior a pontuação.

Para obtenção dos dados das rodovias para avaliação foram acessados os sites oficiais de: DNIT, ANTT, IBGE e DER-MG, onde foram coletados os dados das extensões das rodovias, municípios, critérios de contagem dos veículos através da Pesquisa Nacional de Tráfego (PNT), Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT), volume médio de tráfego nas rodovias estaduais de Minas Gerais, obtendo-se assim os dados do volume de tráfego nessas rodovias, mesmo que incompletos ou desatualizados (os dados do DER-MG são de 2008), com um período de amostragem de pelo menos um ano, nos dois sentidos das rodovias (crescente e decrescente), totalizando o Volume Médio Diário Anual - VMDa para veículos de passeio. A partir dos dados de VMDa coletados nos postos de contagem, os dados foram uniformizados e higienizados, obtendo-se o valor anual nos dois sentidos da rodovia (crescente e decrescente).

Para obtenção da quantidade de municípios que as rodovias em pesquisa percorrem, foi utilizada a base de dados georreferenciada de rodovias e municípios do IBGE e ferramenta de geoprocessamento *QGIS* para modelagem e contagem automática dos municípios.

Para obtenção da extensão total (em km) das rodovias dentro das divisas do Estado de Minas Gerais foram utilizadas ferramentas de pesquisa *Google*, base de dados georreferenciadas de rodovias do IBGE, base de dados do *Open Street Maps*.

Por fim, os dados de importância econômica e turística foram levantados com base em pesquisas na internet, Ministério do Turismo, Governo de Minas Gerais na data de (08/12/2023), categorizando-os por relevância.

Com os critérios acima, utilizou-se o método *AHP (Analytic Hierachy Process)* desenvolvido por Saaty (Saaty, 1970), com uma tabela de pontuação das prioridades para avaliação dos critérios par-a-par, de forma determinar as prioridades dos critérios, obtendo-se o ranking a ser seguido para a escolha das duas rodovias (federal e estadual) para a instalação dos Eletropostos.

Utilizando o site *AHP Online System*, que fornece uma calculadora gratuita para calcular as prioridades, com os critérios tabelados e ao realizar a simulação, obtém-se como resultados de importância para os critérios, a seguinte ordem conforme Tabela 6:

Tabela 6: Comparação de critérios por matriz do AHP

Prioridades

Estes são os resultados ponderados pelos critérios escolhidos na sua comparação entre pares:

Cat		Prioridade	Rank	(+)	(-)
1	VMDa	41.2%	1	7.5%	7.5%
2	Num. Municípios percorridos	23.5%	3	1.8%	1.8%
3	Extensão em km	25.5%	2	3.7%	3.7%
4	Importância econômica	4.9%	4	0.6%	0.6%
5	Importância turística	4.9%	4	0.6%	0.6%

Número de comparações = 10
Razão de Consistência CR = 0.8%

Matriz de Decisão

Os resultados ponderados são baseados no principal autovetor da matriz de decisão:

	1	2	3	4	5
1	1	2.00	2.00	7.00	7.00
2	0.50	1	1.00	5.00	5.00
3	0.50	1.00	1	6.00	6.00
4	0.14	0.20	0.17	1	1.00
5	0.14	0.20	0.17	1.00	1

Autovalor principal = 5.036
Solução de Autovetor : 4 interações, delta = 4.6E-10

Fonte: Elaborado pelo autor com base em BPMSG (2024)

Dessa forma, o ranking a ser seguido para pontuação para a escolha das rodovias deve ser: VMDa; extensão em km; número de municípios percorridos; importância econômica; e importância turística.

Na Tabela 7 são apresentados os requisitos para avaliação e o ranqueamento obtido, já na Tabela 8, demonstra-se o atendimento a esses critérios, com a definição das rodovias para o estudo.

Tabela 7: Critérios de escolha rodovias - Requisitos

RODOVIA	MAIOR EXTENSÃO	MUNICÍPIOS PERCORRIDOS	MAIOR TRÁFEGO ANUAL	MAIOR IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	MAIOR IMPORTÂNCIA TURÍSTICA
BR-040	830	32	16.133.083	✗	✓
BR-381	940	53	16.270.038	✓	✗
MG-050	381	24	76.437	✓	✓
MG-188	376,2	7	20.497	✗	✗

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tabela 8: Critérios de escolha rodovias - Seleção

RODOVIA	MAIOR EXTENSÃO	MUNICÍPIOS PERCORRIDOS	MAIOR TRÁFEGO ANUAL	MAIOR IMPORTÂNCIA ECONÔMICA	MAIOR IMPORTÂNCIA TURÍSTICA
BR-040	✗	✗	✗	✗	✓
BR-381	✓	✓	✓	✓	✗
MG-050	✓	✓	✓	✓	✓
MG-188	✗	✗	✗	✗	✗

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Dessa forma, foram escolhidas as rodovias: Rodovia Federal - BR-381 (Trecho São Paulo – Belo Horizonte); e Rodovia Estadual MG-050 (Trecho Belo Horizonte – São Paulo).

As duas rodovias escolhidas são utilizadas como “Prova de Conceito” para avaliação da viabilidade técnica dos critérios de localização, autonomia, acesso, etc., para determinação do local e custo para implantação de estações de recarga de VE – Eletropostos.

4 – VEÍCULOS ELÉTRICOS

A história dos veículos elétricos (VE) se confunde com o desenvolvimento da mobilidade, dos meios de transportes no final do século XIX, estando relacionado ao desenvolvimento das baterias (Hoyer, 2008), (PNME, 2021). Na verdade, em termos de evolução histórica, os primeiros veículos desenvolvidos eram de propulsão elétrica (1880).

Veículos a combustão interna somente tomam forma com o desenvolvimento e fabricação em “escala” do modelo Ford T, causando uma verdadeira revolução no mercado norte americano por volta de 1908, principalmente devido ao baixo preço (PNME, 2021).

Somado ao advento da invenção do “motor de arranque” em 1912 por Charles Kettering (PNME, 2021), que eliminava a manivela de partida dos motores, juntamente com a melhoria das estradas e construção de postos de reabastecimento, acabou de acelerar a utilização do veículo combustão interna, fazendo com que o veículo elétrico perdesse mercado a partir de 1920.

Porém, o interesse do veículo elétrico retorna nos anos de 1960 e 1970 com a crise do petróleo, tomando forma nos anos 1990 com o lançamento pela Toyota em 1997 do modelo híbrido Prius (PNME, 2021).

A partir dos anos de 2006 há um grande crescimento na fabricação e novo interesse pelos veículos elétricos após o lançamento do modelo Tesla Roadster pela empresa Tesla, com vendas a partir de 2008 (Carro Elétrico, 2017).

4.1 - MERCADO BRASILEIRO

Em 2023 o mercado brasileiro de VE estava distribuído entre as principais montadoras nacionais e internacionais, com uma grande diversidade de modelos, entre os híbridos (HEV) híbridos plug-ins (PHEV) e os totalmente elétricos a bateria (BEV).

Em comparação com o mercado dos veículos a combustão, com base no número de veículos elétricos licenciados entre 2022 e 2023, o mercado de VE cresceu aproximadamente 60%. A Tabela 9 apresenta a participação total dos veículos do mercado brasileiro, já a Tabela 10 apresenta a evolução dos VE no mercado brasileiro de 2020 a 2023.

Tabela 9: Total de VE no Brasil – Base janeiro/2024

Participação de Veículos Merc. Brasileiro (*Dados: Nov/2023)			
Tipo Veículo	2022	2023*	Variação %
Gasolina	2,50%	2,80%	12,00%
Elétrico + Hb	2,50%	4,30%	72,00%
Flex Fuel	83,30%	83,00%	-0,36%
Diesel	11,70%	9,90%	-15,38%
Total	100,00%	100,00%	0,00%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Anfavea (2024)

Tabela 10: Evolução de VE no Brasil entre 2020-2023

Total Veículos Elétricos no Merc. Brasileiro						
Tipo Veículo	2020	2021	2022	2023	Evolução 2022 - 2023	Evolução em %
HEV	33.945	56.134	83.952	111.521	27.569	33%
PHEV	9.981	18.934	25.954	37.594	11.640	45%
BEV		5.037	10.612	16.675	6.063	57%
TOTAL	43.926	80.105	120.518	165.790	85.685	38%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Neocharge (2024)

Considerando o objetivo principal desse trabalho que é estabelecer um método de viabilidade para escolha, precificação e localização para a instalação de Eletropostos para carregamento de veículos elétricos, o foco será apenas nos modelos PHEV (híbridos plugin) e BEV (elétricos a bateria), que necessitam de carga de suas baterias quando em viagens em rodovias.

4.2 - AUTOMÓVEIS

O mercado brasileiro de VE está em crescimento, com média de aumento de um ano para outro de 60% e com novos entrantes, como as empresas BYD e GWM, contando com o lançamento de vários modelos no mercado.

Conforme Tabela 11 foi feito o levantamento dos principais modelos em comercialização na data da realização da pesquisa, bem como os valores médios ponderados dos principais requisitos técnicos a serem considerados no processo de escolha dos pontos para instalação dos carregadores, distância entre os Eletropostos, etc.

Tabela 11: Principais VE (Passeio) no Brasil

MODELO	CAPACIDADE kWh	POT. OBC CARREGADOR INTERNO	POT. MAX. CARGA DC (kWh)	TEMPO DE RECARGA 10% - 100% (hs) em AC	AUTONOMIA km WLTP/NEDC	AUTONOMIA km PBEV	DIFERENÇA km	DIFERENÇA %
E-Tech	27	7	30	4	298	185	113	38%
ICAR	30,8	7	50	5	282	197	85	30%
e-JS1	31,4	7	22	3,5	200	161	39	20%
SE	32,9	11	50	2,1	200	161	39	20%
KONA	39,2	11	50	6	305	252	53	17%
LEAF	40	7	50	5	230	192	38	17%
500e	42	11	85	4	320	227	93	29%
GS 180EV	44,9	7	60	6	405	291	114	28%
ORA 03 (MOTOR SKIN BEV48)	48	11	64	3	300	232	68	23%
E-2008	50	7	100	4	345	234	111	32%
e-J7	50	7	40	6,4	400	249	151	38%
E-208	50	22	100	2,5	362	220	142	39%
ZOE	52	22	50	2	385	254	131	34%
MEGANE e-TECH	60	22	130	1,5	495	337	158	32%
PLUS 310EV	60,8	11	80	6	427	330	97	23%
Bolt	66	7	55	8	460	390	70	15%
XC40/C40 Plus	66	11	200	5	367	231	136	37%
Ix3	74	11	200	6	420	381	39	9%
XC40/C40 Twin (2 motores)	78	11	200	6	348	231	117	34%
ID4	82	11	135	7,5	520	370	150	29%
SEAL	82,56	11	150	7,5	530	372	158	30%
TAYCAN	84	22	270	7	330	286	44	13%
HAN	85,4	7	120	12	500	349	151	30%
Tan	86	7	110	15	390	309	81	21%
I-Pace	90	11	100	7	470	362	108	23%
e-tron GT Quattro	93,4	22	270	7	436	308	128	29%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa própria (2024)

4.3 - MOTOCICLETAS

O mercado de motos elétricas, apesar de ser menor que o de motos a combustão, vem experimentando um grande crescimento. Comparando os números de 2022 em relação a 2021, houve um crescimento de 346%, conforme apurado Insideevs (Insideevs, 2023), e em 2023, dados compilados pelo site Mobilidade Elétrica do Jornal Estado de São Paulo (Jornal Estado de São Paulo, 2023) apontam um crescimento de 19,68% nos nove primeiros meses do ano, em relação ao mesmo período de 2022.

A maioria das motos elétricas possuem baterias e baixa capacidade e isso se traduz na baixa autonomia. São projetadas e construídas basicamente para o uso urbano, mas nada que, um bom planejamento de paradas e carregamento, possibilite seu uso em pequenas viagens.

Na Tabela 12 é apresentada uma compilação dos principais modelos de motos elétricas encontradas e/ou comercializadas no Brasil, e na Tabela 13 é apresentado o valor médio ponderados da autonomia das baterias e autonomia em km.

Tabela 12: Principais motos elétricas no Brasil – Base novembro/2023

Fabricante	Modelo	Pot. Motor (kW)	Cap. Bateria - kWh	Tempo carga horas (em 220VCA)	Autonomia Max. (km)	Peso (kg)	Vmax. (km/h)
Shineray	SE 1 Lítio	2	1,40	10,00	60	86	60
SUPER SOCO	CUX	2,8	1,8	3,5	70	70	65
SUPER SOCO	TC	3	1,80	4	100	84	75
VOLTZ	EVS	3	2,42	5	180	147	120
Shineray	SHE-S	3	2,52	5	75	83	79,5
SUPER SOCO	CPX *	4	2,70	3,5	140	135	100
SUPER SOCO	TC MAX	4,5	3,24	5	140	103,5	100
SUPER SOCO	TSX	3	3,60	4	100	84	75
Shineray	she-3000	3	3,60	7	120	83	80
VOLTZ	EV1 Sport	3	4,61	5	180	133	75
GWS	K8000R	8	7,68	8	200	150	150
GWS	K14RS	14	7,68	8	200	185	170

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa própria (2024)

Tabela 13: Média de autonomia das principais motos elétricas no Brasil

Veículo	Pot. Motor (kW)	Cap. Bateria - kWh	Tempo carga horas (em 220VCA)	Autonomia Max. (km)	Peso (kg)	Vmax. (km/h)
Moto Elétrica	4,19	3,50	4,13	79,75	99,04	75,96

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa própria (2024)

Como basicamente possuem pequenos carregadores em 127/220 V em CA (corrente alternada), não fazem uso de grande infraestrutura de recarga e não necessitam de recarga DC (corrente contínua) de alta velocidade, basicamente o que precisam é de uma tomada padrão de 10 A ou 20 A, que pode ser disponibilizada nos Eletropostos. Entretanto, o elevado tempo de recargas das baterias, aliado à baixa autonomia em km pode ser o grande limitador para longas viagens.

4.4 - VEÍCULOS DE CARGA

O mercado de veículos de carga elétricos no Brasil ainda é pequeno, com poucos modelos de poucos fabricantes. Existem poucos modelos de veículos elétricos de carga urbana como os furgões (VANs), poucos modelos de caminhões e os ônibus elétricos para transporte de passageiros, alguns são de fabricação e fornecimento exclusivo para frotas.

As VANs de carga são utilizadas para transbordo de mercadoria em centros de distribuição de cargas/encomendas (CDs) e entrega de encomendas e pequenas cargas, rodando majoritariamente em ciclo urbano, com alguma movimentação entre cidades próximas, mas dentro da autonomia em km do veículo.

Como item de avaliação para definição da instalação dos Eletropostos são considerados apenas os furgões (VANs), já que para veículos maiores (caminhões e ônibus) as variáveis capacidade das baterias em kWh, autonomia, tempo de carga DC, etc., podem influenciar negativamente o estudo, sendo esses veículos mais utilizados em áreas urbanas. Na Tabela 14 é apresentado quadro resumo com os principais modelos pesquisados.

Tabela 14: Principais VE de carga no Brasil

MONTADORA	MODELO	CAPACIDA DE kWh	POT. OBC (CARREGADOR INTERNO)	POT. MAX. CARGA DC (kWh)	TEMPO DE RECARGA 10% - 100% (hs) em AC	AUTONOMIA km WLTP/NEDC	AUTONOMIA km PBEV	DIFERENÇA km	DIFERENÇA %
BYD	ET3	45	7	30	6	300	170	130	43%
RENAULT KANGOO	e-Tech	45	22	80	2,3	300	210	90	30%
CITROEN	E-Jumpy	75	11	100	7	330	289	41	12%
PEUGEOT	E-Expert	75	11	100	7	330	289	41	12%
FIAT	e-Scudo	75	11	100	7	330	289	41	12%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa própria (2024)

4.5 - AUTOMOMIA CONFORME NORMA (INMETRO - PBEV) x FABRICANTES

Com base nas tabelas 11 e 14, as quais foram elaboradas com informações retiradas de catálogos e site dos fabricantes e com dados da Tabela de Autonomia do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular do INMETRO – PBEV (INMETRO, 2023), foi gerado um resumo das médias ponderadas de capacidade das baterias, carregador interno (*OBC*), autonomia em kWh e km, como indicado na Tabela 15:

Tabela 15: Média das principais características de VE no Brasil - Base novembro/2023

MÉDIA (PONDERADA) PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS VE					
Cap. Baterias kWh	Carreg. Interno (OBC) - kW	Cap. Carga DC - kWh	Autonomia Fab. Em km	Autonomia PBEV Em km	Dif. Média (%) Fab. X PBEV
52,7	11,7	48,7	318,5	234,9	26,50%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa própria (2024)

Com base nessas informações e considerando modos de condução conservador de forma a manter uma reserva técnica da autonomia da bateria e em km dos veículos, é comum nunca deixar a bateria ficar com menos de 30% (trinta por cento) de carga em kWh, ou em km, pois os fatores de carga (temperatura interna, autonomia, protocolo de comunicação do carregador DC), bem como a disponibilidade dos carregadores, dos Eletropostos, etc., podem influenciar diretamente no carregamento (ou não) do VE, podendo em alguns casos, deixar os VE sem

energia, necessidade de usar carga lenta em CA, ou até mesmo a necessidade de rebocar o VE para outra estação de recarga.

Assim, de acordo com a Tabela 15, os limites aceitáveis para iniciar uma nova recarga e não correr o risco de não conseguir carregar em algum Eletroposto foram estabelecidos:

- $EM\ km = 30\% \times 234,9 = 70,47\ km$
- $EM\ kW = 30\% \times 52,7 = 15,81\ kW$

A relação kWh por km (kWh/km) é o parâmetro mais utilizado para cálculo da autonomia dos VE, mas é fortemente influenciado por diversos fatores, tais como: capacidade e temperatura da bateria, recarga regenerativa, modo de condução, carga no veículo (peso), tipo de via (urbana ou estradas), relevo da via, etc., logo, não é possível normatizar esse parâmetro, haja vista que ele sofre várias interferências e será uma característica particular de cada veículo/fabricante/condutor/uso.

4.6 - NORMAS

Todos os VE comercializados no país são importados, alguns modelos dos Estados Unidos (Tesla), Europa e principalmente, da China. Esses países utilizam normas para determinação da autonomia que leva em consideração parâmetros distintos do mercado Brasileiro, por isso em 2023 o INMETRO passou a cobrar dos fabricantes a utilização de normativa do Programa Brasileiro de Etiquetagem dos Veículos Elétricos (PBEV), estabelecendo níveis de eficiência de acordo com a autonomia, consumo energético (MJ/km), comparação em relação a km/l equivalente.

Em relação às normas, os veículos Europeus utilizam duas normativas para demonstrar a autonomia, sendo que os veículos importados da China utilizam outro tipo de norma, o que acaba gerando confusão em relação à autonomia, sendo que os VE apresentam melhor autonomia no trânsito urbano devido à frenagem regenerativa, com menor autonomia em rodovias. As principais normas são:

- Normas europeias:
 - **NEDC:** New European Driving Cycle, criada em 1980, revisada em 1997 (apenas testes de laboratórios), menor precisão.
 - **WLTP:** WorldWide Harmonised Light Vehicle, criada em 2017 (testes em laboratório e urbano), maior precisão.
- Norma americana:
 - **SAE J1634:** Utilizada pela EPA - Agência de Proteção Ambiental.

- Norma utilizada pela China:
 - **CLTC:** China Light Duty Vehicle Test Cycle.

Assim, para ter parâmetros realistas, estabelecendo critérios uniformizados para a aferição do consumo e autonomia dos VE, por meio do Decreto 9.557/2018, o Brasil passou a utilizar as Normas ABNT 7024/2017, ABNT 16567/2016 e a Norma SAE J1634 – 201210, que é a base de utilização da Agência Americana de Proteção Ambiental (EPA) conforme detalhado no fórum de veículos elétricos da ABRAVEI (Fórum ABRAVEI ,2018).

Em suma, o PBEV adotado no Brasil considera a Norma SAE J1634 com a aplicação de um redutor de 30% (SAE, 2017). Assim, um VE que pela norma WLTP teria 100 km de autonomia, pelo PBEV a autônima seria reduzida para 70 km (30% menor)³.

³ Comparação dos padrões NDEC e WLTP: <https://www.youtube.com/watch?v=hCliWoAEIs4>
Autonomia de diversos VE conforme norma SAE J1634: <https://pushevs.com/electric-car-range-efficiency-epa/>
e <https://www.volkswagen-comerciais.pt/proprietarios-e-apos-venda/informacao-ao-cliente/o-que-e-o-wltp>

5 - CARREGADORES ELÉTRICOS

Basicamente, pode-se categorizar os carregadores apenas em dois tipos: carregadores CA e carregadores DC. O tipo de carga, se lenta, rápida ou ultrarrápida será definida pela potência entregue pelo carregador ao sistema de controle de carga da bateria do veículo, seja em CA ou em CC, através de protocolo de comunicação do carregador com o veículo.

Entretanto, para carga CA, a limitação da potência (e por consequência o tempo de carga) é dado pelo “OBC – On Board Charger” (carregador/inversor) embarcado no veículo. A potência é limitada pelo VE, de nada adianta ter um carregador tipo “Wall Box” (carregador de parede) ou portátil de 11 kW (3F/220/380 V CA) ou 22 kW (3F/380 V CA), se o carregador/inversor do VE está limitado a 7,4 kW, sendo que até pode acontecer do VE carregar em potência inferior a 7,4 kW (3,5 kW) devido ausência (ou diferença) da pinagem no conector de carga do VE.

Atualmente, independente do fabricante do porte de veículos, os fabricantes estão “normalizando” carregadores internos dos veículos em 7,4 kW, isso se deve o tamanho (capacidade) das baterias embarcadas e para redução de custos dos veículos, já que carregadores/inversores de maior potência acabam não se justificando do ponto de vista técnico para instalação de carregadores CA em domicílios, necessidade de níveis de tensões diferenciadas, nível de corrente e tensões disponíveis em residências, etc., sendo que na maioria dos casos, com carregador de 7,4 kW, a média de carga dos veículos elétricos pode ser feita em até sete horas.

As cargas de maior potência (e menor tempo) devem ser feitas prioritariamente em corrente contínua, com tempos de carga variando conforme condições da bateria, temperatura, etc.

5.1 - CARREGADORES CA

Os carregadores em corrente alternada (CA), tanto os do tipo “Wall Box” (carregadores de parede) ou portáteis são categorizados como monofásicos, bifásicos ou trifásicos, com tensões de 127, 220, 380 V CA.

Dessa forma, os carregadores são categorizados como de carga superlenta, lenta e média em função da potência, iniciando em 2 kW (carga superlenta) a 22 kW (carga média) com tempos de carga variando de 30 horas a cinco horas para carga completa em CA.

5.1.1 - CAPACIDADE

São encontrados em até três versões, sendo uma de uso emergencial pelo próprio fabricante do VE, normalmente para uso em tomadas residenciais de até 20 A (mais usual de 16 A, 127 ou 220 V CA), com potências de 2,2 a 3,7 kW, sendo recomendado para usos emergenciais.

Outro modelo encontrado é do tipo portátil, com uma gama de versões, podendo ser encontrados em versões 127 e 220 V CA (monofásica ou bifásica), com correntes nominais de 16 e 32 A (programável de 8 a 32 A), limitando a corrente em 16 A (ou até menos) por segurança elétrica da instalação, sendo corrente de 32 A já com tomadas do tipo industrial, fornecendo potências de até 7,4 kW.

Por fim, são encontrados no mercado os modelos para instalação em parede, os famosos “Wall Box”, que podem funcionar em modo bifásico 220 e 380 V CA, Trifásico 220/380 V CA, com potências de 7,4, 11 até 22 kW, dependendo da tensão CA e corrente (Figura 5). Esse tipo de carregador “Wall Box” requer uma instalação apropriada seguindo a norma NBR 5410, devendo possuir fiação adequada ao nível de corrente, proteções contra surto, fuga de corrente (DPS, IDR/DDR e/ou Disjuntor dedicado) (Figura 6). Na Tabela 16 é apresentado um quadro comparativo entre carregadores portáteis e Wall Box.

Figura 5: Carregadores portáteis e Wall Box com potências com conector Tipo 2



Fonte: Neocharge (2024)

Tabela 16: Quadro comparativo dos carregadores portáteis e Wall Box

CARREGADOR AC - VEÍCULO ELÉTRICO				
TENSÃO CA	CORRENTE - A (max.)	POTÊNCIA - kW	TEMPO CARGA ESTIMADA (h)	TIPO
MONOFÁSICO 127	16	2	30	Portátil
MONO/BIFÁSICO 220	16	3,5	17	Portátil
MONO/BIFÁSICO 220	32	7,4	8	Portátil/Wall Box
TRIFÁSICA 220	32	11	5	Wall Box
TRIFÁSICA 380	32	22	3	Wall Box

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa própria (2024)

Figura 6: Principais características técnicas de carregadores CA

Potência Máxima	3,7 kW	7,4 kW		22 kW
Tensão de Operação	110/230 V			220/380 V
Frequência	50/60 Hz			
Corrente Máxima (ajustável)	16 A (Ajuste: 6 a 16 A)	32 A (Ajuste: 10 a 32 A)		
Tipo de Plugue (Entrada) Lado Instalação Elétrica	 Plugue 3 pinos	 Plugue industrial 3 pinos (220V)	Adaptadores	 Plugue industrial 5 pinos (380V)
			 Plugue 3 pinos (até 16A)  Plugue industrial 3 pinos (220V)	
Tipo de Conector (Saída) Lado Veículo	Tipo 2 (IEC 62196)			
Comprimento do cabo	5 metros			
Bitola do cabo	3x 2,5mm²	3x 6mm²	3x 6mm²	5x 6mm²
Índice de Proteção	IP54			
Temperatura de Operação	-25°C até +50°C			

Fonte: Neocharge (2024)

Os carregadores CA portáteis e “Wall Box” possuem preços de mercado para modelos portáteis a “Wall Box” variando de R\$1.500,00 a R\$5.000,00⁴.

5.1.2 - CONECTORES NORMATIZADOS

O conector Tipo 1 (SAE J1772) é normalmente utilizado no mercado americano e asiático (Figura 7). É um conector monofásico de cinco pinos (F, N e T mais dois pinos de comunicação), potência de até 7,4 kW com 230 V CA e 32 A. Considerado tanto como de carga lenta (3,7 kW) como “rápida” em CA (7,4 kW).

⁴ Fonte: www.pnme.org.br/wpcontent/uploads/2020/04/guia_promobe_Eletroposto_simples_v2.pdf e <https://loja.neocharge.com.br/carregador-carro-eletrico-wallbox.html>

Figura 7: Conector CA Tipo 1 (SAE J1772)



Fonte: Webmotors (2022)

O conector Tipo 2 (IEC 62196) foi desenvolvido pela IEC, também conhecido como conector “Mennekis”, sendo normalmente utilizado no mercado Europeu e Brasileiro (na maioria dos VE) devido às primeiras importações de VE do mercado Europeu (Figura 8). Esse conector foi desenvolvido para cargas em redes monofásicas e trifásicas, composto de até sete pinos, permitindo recargas de 3,7 kW (lenta) a 22 kW (super-rápida) em CA.

Figura 8: Conector CA Tipo 2 (IEC 62196)



Fonte: Webmotors (2022)

O conector GB/T 20234 é o padrão desenvolvido para o mercado chinês (Figura 9), muito utilizado nos primeiros VE importados da China (CAOA Chery e JAC Motors). Já os novos modelos como BYD e GWM já são importados com conector Tipo 2. Fisicamente parecido com o conector Tipo 2 (mecânica), porém possui a conectorização diferente, já que possui o conector macho em ambas as extremidades, ficando o lado fêmea no VE, justamente oposto da padronização IEC 62196.

Figura 9: Conector CA GB/T 20234)



Fonte: Webmotors (2022)

O conector da Tesla possui padrão proprietário para cargas em CA e DC (Figura 10), o conector é utilizado para os dois tipos de carregamento, com pinagem diferenciada para carga CA e CC, além dos pinos de comunicação.

Figura 10 Conector Tesla



Fonte: CarroElétrico (2020)

Cabe ressaltar que nenhum proprietário de VE fica sem carregar seu veículo, já que mesmos os conectores menos utilizados, como o GB/T Chinês, possuem cabos e conectores de adaptação de um padrão para outro⁵.

5.2 - CARREGADORES DC

Os carregadores em corrente contínua (DC), também de parede (*Wall Box*), quanto de totens, são denominados como de carga “Rápida e Ultrarrápida”. São carregadores de alta potência, normalmente instalados em instalações mais centralizadas e robustas, haja vista que

⁵ Ref.: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-conector-veiculo-eletrico>
<https://www.webmotors.com.br/wm1/noticias/quais-os-tipos-de-conectores-de-carros-eletricos>
<https://carroeletrico.com.br/blog/conectores-para-carro-eletrico/>

necessitam de uma infraestrutura especial para sua instalação, como rede de energia trifásica com transformador exclusivo para o Eletroposto.

Esses carregadores trabalham com tensões de entrada em corrente alternada, normalmente 380/440 V CA, necessitando de conexão internet para gestão do carregador, sistema de controle e cobrança da carga dos VE.

5.2.1 - CAPACIDADE

Os carregadores em DC podem ser disponibilizados desde potências de 20, 40 kW, sendo ao mais comuns de 60, 100 e 150 kW, podendo chegar até 400 kW (Figura 11). Normalmente utilizam uma infraestrutura existente, como postos de gasolina, lojas de conveniência e até edifício garagem para a sua instalação, trabalham com alta tensão em corrente contínua de 400 a 1000 V DC, com corrente de até 400 A (Tabela 17).

Figura 11: Modelos de estações de recarga DC



Fonte: WEG (2023)

Tabela 17: Características dos carregadores DC

TENSÃO CA	CARREGADOR DC - VEÍCULO ELÉTRICO				
	TENSÃO DE SAÍDA DC (Max.)	CORRENTE - A (max.)	POTÊNCIA - kW	TEMPO RECARGA	CONECTOR
TRIFÁSICA 380/440 (3P+N+T)	150 a 750	0 a 50	20	MÉDIO	CCS1, CCS2, CHADEMO
TRIFÁSICA 380/440 (3P+N+T)	150 a 1000	0 a 100	30	MÉDIO	CCS1, CCS2, CHADEMO
TRIFÁSICA 380/440 (3P+N+T)	150 a 1000	0 a 100	40	MÉDIO	CCS1, CCS2, CHADEMO
TRIFÁSICA 480 (3P+N+T)	150 A 500	0 A 140	60	RÁPIDA	CCS1, CCS2, CHADEMO
TRIFÁSICA 480 (3P+N+T)	150 A 1000	0 A 140	60	RÁPIDA	CCS1, CCS2, CHADEMO
TRIFÁSICA 480 (3P+N+T)	150 A 750	0 A 200	120	ULTRARÁPIDA	CCS1, CCS2, CHADEMO
TRIFÁSICA 480 (3P+N+T)	150 A 1000	0 A 200	120	ULTRARÁPIDA	CCS1, CCS2, CHADEMO

OBS: O tempo de recarga depende da carga remanescente na bateria e da utilização do carregador, em caso de carga simultânea em dois VE, a potência é dividida entre os dois VE

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa própria (2024)

Devido à tecnologia envolvida na fabricação desse carregador, aliado ao requisito necessário para a sua instalação, possuem preço mais elevado, entre R\$90 Mil a R\$ 150 Mil para recarga rápida e de R\$350Mil a R\$500 Mil para recargas ultrarrápidas⁶.

5.2.2 - CONECTORES NORMALIZADOS

O conector CHAdeMO é o padrão desenvolvido e utilizado no Japão (charge de move) para cargas rápidas e ultrarrápidas em CC (Figura 12), o qual permite cargas com tensões de até 1000 V DC, 400 A e 400 kW.

Figura 12: Conector DC: charge de move (CHAdeMO)



Fonte: Webmotors (2022)

O conector CCS1 (Combined Charging System 1), ou conector combinado tipo 1, é uma combinação do conector tipo 1 de corrente alternada com os pinos de carregamento DC (Figura 13). Esse padrão foi desenvolvido pela SAE em conjunto com a IEC a partir de 2012 e é utilizado em VE do mercado americano e asiático, permitindo cargas com tensões de 150 a 1000 V DC e potência de até 350 kW.

Figura 13: Conector DC CCS1 (CCS Tipo 1)



Fonte: Nobievcharger (SD)

⁶ Fonte: www.pnme.org.br/wpcontent/uploads/2020/04/guia_promobe_Eletroposto_simples_v2.pdf

Já o conector CCS2 (Combined Charging System 2), ou conector combinado tipo 2, é uma combinação do conector tipo 2 de corrente alternada com os pinos de carregamento DC, padrão desenvolvido em conjunto pela SAE e IEC que utiliza pinos DC para conexão e carga direta na bateria e os pinos de comunicação do Tipo 2 para gerenciamento e troca de informações entre a estação e recarga e o OBC do VE (Figura 14). O conector CCS2 permite cargas com tensões de 150 até 1000 V DC e potência de até 350 kW.

Figura 14: Conector DC CCS2 (CCS Tipo 2)



Fonte: Nobievcharger (SD)

5.3 - CARREGADORES PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS E AS NECESSIDADES DA REDE ELÉTRICA

Em relação às características necessárias para possibilitar a instalação dos carregadores dos VE, é necessário separar por tipo de carregamento e a potência entregue pelo carregador. No caso dos carregadores AC, essa classe também pode ser dividida em duas, a primeira, dos modelos portáteis (mesmo que alguns modelos atuais de carregadores portáteis entreguem até 11 kW de potência) e a segunda, os modelos de parede (Wall Box), que podem entregar de 2,2 kW até 22 kW.

Essa classe de carregadores é a que merece mais atenção e fiscalização por parte das concessionárias, haja vista o grande número de modelos, fabricantes, etc., que culminando com a “facilidade” de instalação faz com que muitos proprietários de VE façam eles mesmos as instalações dos carregadores, muitas vezes negligenciando as normas técnicas vigentes, sejam das companhias de distribuição de energia, bem como a normas NBR da ABNT. Questões como aterramento, fiação adequada, quadro de proteção e, principalmente, conexões existentes (falta de conferência de bornes, reaperto, segregação de circuitos etc.) e avaliação da carga contratada

com a concessionária pode colocar em risco toda a instalação elétrica da residência e o veículo elétrico.

Apenas como parâmetro, um carregador VE portátil ou *Wall Box* podem entregar em 220 V CA com 32 A até 7 kW, consumo equivalente a um chuveiro elétrico, com a grande diferença que ficará energizado e com consumo por até 10 horas, a depender da capacidade e carga da bateria do VE.

Já para os carregadores DC, a maior preocupação é com o custo da instalação desses equipamentos, capacidade e custo da concessionária para fazer a análise de carga, liberação e/ou construção de ramal de rede de média tensão (13,8 kV), aquisição, fornecimento e instalação do transformador de média tensão para a baixa tensão conforme modelo do carregador DC e do sistema de medição desse cliente em média tensão (Grupo A), bem como o tipo de contrato de fornecimento de energia, custo da tarifa na ponta, fora de ponta, etc.

Caberá também a avaliação da necessidade de suplantarmos a energia contratada, principalmente em horário de ponta, com a avaliação do uso de sistemas de baterias, geração distribuída etc. Essas considerações poderão ser avaliadas em trabalho futuro, ficando apenas como ressalvas para o público em geral que planeja adquirir veículos elétricos no futuro.

6 – CRITÉRIOS E PROCESSOS DE ESCOLHA DOS LOCAIS PARA INSTALAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE RECARGA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Nessa seção, todos os fundamentos apresentados nas seções anteriores serão agrupados e consolidados, de forma que seja possível fazer a avaliação das rodovias, capacidades dos carregadores e autonomia dos VE, locais de instalação e do custo médio do equipamento, serviços de instalação, bem como do custo médio R\$/km para a construção de uma rede de média tensão em 13,8 kV em Minas Gerais, para conexão do Eletroposto à rede da concessionária de distribuição local (Cemig Distribuição).

6.1 - RODOVIAS

Como desenvolvido na Seção 3, após a aplicação dos critérios para escolha das rodovias que cortam o Estado de Minas Gerais, foram avaliadas quatro rodovias, sendo duas rodovias federais (BR-040 e BR-381) e duas rodovias estaduais (MG-050 e MG-188). Conforme priorização com a utilização do critério, as rodovias escolhidas foram:

1. BR-381 após divisa do estado de São Paulo até Belo Horizonte (trevo com a BR-040, Anel Rodoviário de Belo Horizonte), sendo que esse trecho conta com aproximadamente 472 km; e
2. MG-050 saída de Betim (trevo com a BR-262) até a divisa com o estado de São Paulo, trecho coincidente com a BR-265, sendo que esse trecho conta com aproximadamente 381 km.

6.2 - AUTONOMIA VEÍCULOS

Como desenvolvido na Seção 4, foram pesquisados os principais veículos puramente elétricos comercializados no Brasil, sendo que tanto a potência das baterias em kW, autonomia em km e tempos médios de recarga em AC e DC foram avaliados, sendo estabelecidos valores médios para consideração para escolha dos locais candidatos a terem instalação dos Eletropostos, contando com carregadores tanto AC (carga lenta) quanto DC (carga rápida e ultrarrápida).

Assim, como valores médios de capacidade da bateria, autonomia média conforme PBEV e dos fatores de segurança, os principais requisitos são:

1. Capacidade Bateria (média): 52,7 kWh;
2. Autonomia média em km (PBEV): 234,9 km;
3. Fator de segurança para recarga da bateria em kWh (30%): 15,81 kWh; e
4. Fator de segurança para recarga em km (30%): 70,47 km.

6.3 - CARREGADORES

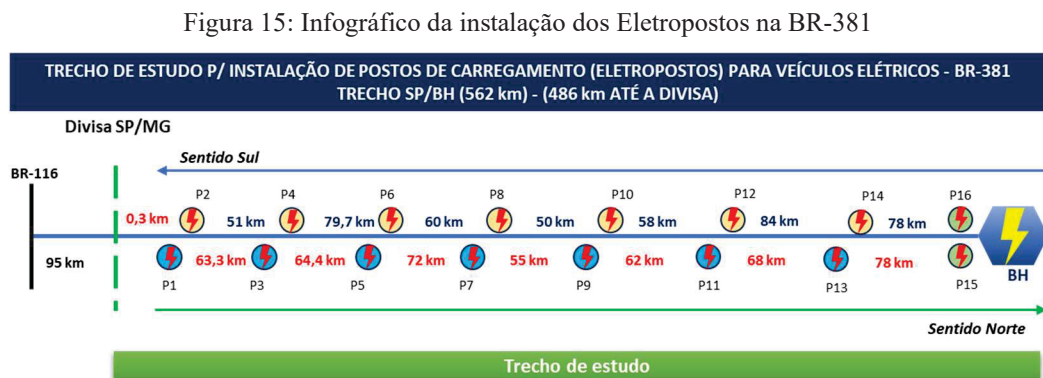
Na seção 5 foram avaliados os principais tipos de carregadores, detalhando os modelos AC (carga Lenta) do tipo portátil e de parede (Wall Box), cujas potências variam de 2,2 até 22 kW e os modelos em corrente contínua (DC), considerados de carga rápida e ultrarrápida, com potências de 22 a 350 kW e tempos de recarga de minutos.

Dessa forma, para proporcionar qualquer tipo de recarga, para qualquer tipo de veículo, é importante que o Eletroposto tenha tantos carregadores em AC, com conectores do Tipo 1, Tipo 2 e GB/T e potência de até 22 kW e modelos de carregadores DC com conectores do tipo CCS1, CCS2, ChaDeMO e o conector GB/T.

Cada carregador DC deve ter pelo menos um tipo de conector de cada modelo, mas considerando a rápida adoção do conector CCS2, já são encontrados carregadores com dois conectores desse modelo, entretanto, deve-se observar que a capacidade total do carregador é compartilhada entre os conectores, assim, caso o carregador DC seja de 100 kW e possua dois conectores CCS2 e outro tipo de conector (CCS1 ou ChaDeMO), a capacidade será dividida entre os veículos em recarga simultânea, logo, em caso de dois veículos com capacidades diferentes de baterias em carga simultânea, a potência será de apenas 50 kW por veículo, sendo que se algum deles possuir bateria de 95 kWh de capacidade, seu tempo de recarga será maior em função da potência disponibilizada, comparado com outro que possua bateria de 50 kWh.

6.4 - LOCALIZAÇÃO FÍSICA PARA INSTALAÇÃO DOS PONTOS DE RECARGA

Com base nos parâmetros acima, é demonstrado na Figura 15 os pontos prováveis para a instalação dos Eletropostos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Foi considerada uma distância média de 58 km entre cada Eletroposto, de forma que VE com baixa autonomia em km (entre 100 e 150 km) também possam ser beneficiados pela menor distância entre os Eletropostos, além de manter a margem de segurança de 70,47 km de autonomia.

Uma menor distância entre os Eletropostos é o cenário mais desafiador, sendo o “pior caso” para uma implantação, pois torna o projeto mais caro para instalação, porém permite uma maior flexibilidade no planejamento da viagem nos trajetos, sem que os motoristas corram riscos de não conseguir recarga em um determinado Eletroposto, evitando assim acabar com a autonomia dos VE, tornando a viagem/deslocamento mais confortável e com menores riscos.

Há que se ressaltar que essa distância entre os Eletropostos foi estudada com base nos critérios estudados nas subseções 3.3 e 4.5, porém não é um requisito fixo, pois pode não existir infraestrutura nesse ponto exato, ou outros fatores que podem impedir a instalação do Eletroposto, como falta de acordo comercial, infraestrutura de energia elétrica (rede de média tensão), capacidade da rede elétrica, etc., logo, admite-se uma tolerância para cumprir os requisitos de instalação.

Assim, para a BR-381 foram avaliados e escolhidos oito locais para implantações estações de recarga (Eletropostos) no trecho entre a divisa de São Paulo até a chegada em Belo horizonte, sendo um Eletroposto em cada sentido da via, totalizando 16 Eletropostos (Tabela 18).

Tabela 18: Localização provável para Eletropostos na BR-381 - Trecho BH-SP

RODOVIA: BR-381		DISTANCIA AVALIADA P15 (BH) km:		466	DISTÂNCIA ENTRE POSTOS
ELETROPOSTO:	MUNICÍPIO	SENTIDO	DISTÂNCIA DIV. SP	DISTÂNCIA BH	
P1	Extrema	Norte	0,3	465,7	0,0
P2	Extrema	Sul	0,3	465,7	0,0
P3	Cambuí	Norte	63,6	402,4	63,3
P4	Cambuí	Sul	51,3	414,7	51,0
P5	Careaçú	Norte	128	338	64,4
P6	Careaçú	Sul	131	335	79,7
P7	Três Corações	Norte	200	266	72,0
P8	Três Corações	Sul	191	275	60,0
P9	Lavras	Norte	255	211	55,0
P10	Nepomuceno	Sul	241	225	50,0
P11	Santo Antônio do Amparo	Norte	317	149	62,0
P12	Santo Antônio do Amparo	Sul	299	167	58,0
P13	Itaguara	Norte	385	81	68,0
P14	Itaguara	Sul	383	83	84,0
P15	Betim	(BR-381 - Norte)	469	3	78,0
P16	Contagem	(BR-381 Sul)	466	0	83,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Já para a rodovia MG-050 foram previstos seis locais para implantações das estações de recarga (Eletropostos) no trecho da cidade de São Sebastião do Paraíso, onde a MG-050 termina juntamente às BR-495 e BR-265 até a cidade de Mateus Leme, ficando as últimas estações em Betim (P15) e Contagem (P16), haja vista que nesse trecho a MG-050 é coincidente com a BR-381, sendo as mesas estações planejados para a BR-381 do trecho SP-BH (Figura 16 e Tabela 19).

Figura 16: Infográfico da instalação dos Eletropostos na MG-050



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Tabela 19: Localização provável para Eletropostos na MG-050 - Trecho BH-SP

RODOVIA: MG-050		DISTANCIA AVALIADA P15 (BH) km:		408	DISTÂNCIA ENTRE POSTOS
ELETROPOSTO:	MUNICÍPIO	SENTIDO	DISTÂNCIA DIV. SP	DISTÂNCIA BH	
P1	São Seb. Do Paraíso	ND	27,3	380,7	0,0
P2	Alpinópolis	ND	102	306	74,7
P3	Piumhi	ND	163	245	61,0
P4	Formiga	ND	224	184	61,0
P5	Divinópolis	ND	297	111	73,0
P6	Mateus Leme	ND	362	46	65,0
P15	Betim	(BR-381 - Norte) *	408	0	46,0
P16	Contagem	(BR-381 Sul) *	406	2	2,0

* Trecho coincidente entre a MG-050 e a BR-381

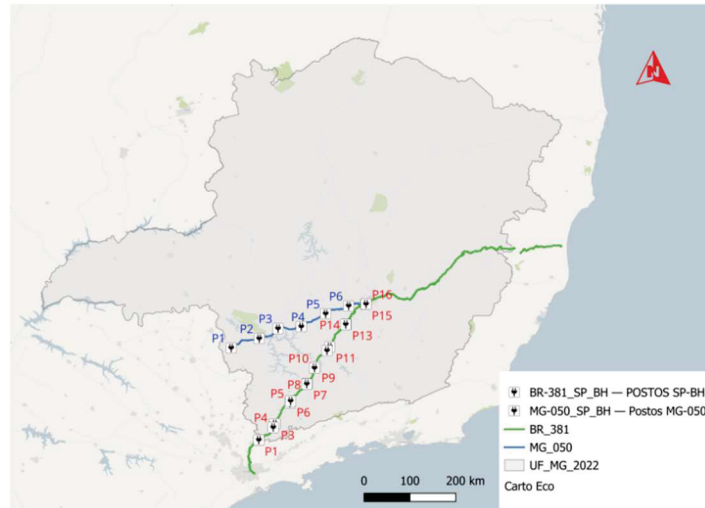
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Para rodovias duplicadas, como no caso da BR-381, a instalação de um Eletroposto por sentido da via facilita o carregamento e diminui o tempo de viagem, já que não será necessário a utilização de retornos, às vezes distantes dos locais dos Eletropostos. Para facilitar planejamentos de viagem na BR-381, considerou-se dois Eletropostos na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), haja vista que na região de Itatiaiuçu e Igarapé é uma região de serras, com grande diferença de altitude, o que poderá provocar um elevado consumo das baterias dos VE.

Assim, pode-se efetuar recargas logo na saída de Belo Horizonte ficando com as baterias totalmente carregadas para vencer esse trecho de serras, o que contribui bastante no desenvolvimento da viagem, sem riscos de ficar sem energia nos VE.

Na figura 17 apresenta-se uma representação gráfica da distribuição dos pontos escolhidos para instalação dos Eletropostos nas rodovias BR-381 e MG-050:

Figura 17: Localização dos pontos para instalação dos Eletropostos na BR-381 e na MG-050



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

E na Figura 18 é apresentado um detalhamento da instalação do Eletroposto P1 na rodovia MG-050.

Figura 18: Detalhe da instalação do Eletroposto P1 na MG-050 (São Sebastião do Paraíso/MG)



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

6.5 - REDE ELÉTRICA LOCAL

Para a implantação dos postos de recarga para VE, os Eletropostos, é necessária a construção de um ramal ou de um trecho de alimentador de rede energia elétrica de média tensão (13,8 kV), com transformador exclusivo para atender a carga demandada pelos equipamentos.

Considerou-se a instalação de no máximo três equipamentos de recarga combinados, sendo um AC (22 kW) e dois DC (um de 60 kW e o segundo de 90 kW) por Eletroposto, com potência limitada a 180 kW por Eletroposto (potência conjugada máxima AC e DC) independentemente da quantidade de portas, tendo uma potência aproximada de 200 kW (incluindo perdas) demandada da rede, dessa forma a rede de média tensão (ramal de entrada do Eletroposto) deverá ser construída com transformador abaixador de 13,8 kV para 380 V AC (ou 440 V AC, dependendo da entrada AC do carregador), com potência máxima de 300 kVA para ter margem de segurança.

Assim, não haverá sobrecarga do transformador e os dois carregadores DC poderão ser utilizados a plena carga, totalizando até cinco pontos de carregamento, sendo quatro DC (duas por carregador) e um ponto exclusivo AC.

Em relação a existência de rede de média tensão (13,8 kV) nos locais selecionados para a instalação dos Eletropostos, exceto para os pontos P1 e P2, localizados no Município de Extrema/MG (cuja confirmação foi apenas visual com base em consulta ao Google Street View por pertencer a área de concessão da empresa Energisa), os demais pontos na BR-381 e MG-050 foram confirmados tanto pelo *Google Street View* como em base de dados da rede de distribuição da Cemig Distribuição. Um exemplo de rede de média tensão (13,8 kV) urbana e rural pode ser visto na Figura 19:

Figura 19: Rede de média tensão em 13,8 kV (urbana e rural)



Fonte: Imagens de Internet (2024)

6.6 - PRECIFICAÇÃO: REDE E CARREGADORES DC

Em relação a custos, os valores médios para construção de um km de rede de média tensão trifásica convencional (3F, cabo 1/0) em Minas Gerais custa aproximadamente R\$ 120.000,00 (cento e vinte mil reais), sem o transformador e estruturas, ou seja, somente a rede (projetos, serviços de montagem, postes e cabos condutores).

Para o Trafo trifásico (3F) de 13,8 kV – 380/220 V A e 350 kW e estruturas, os custos levantados em pesquisa na Internet variam de R\$ 35.000,00 a R\$ 60.000,00 (trinta e cinco a sessenta mil reais).

Em consulta ao fabricante de carregadores AC e DC Zeta Uno, o preço para estações de recarga pode ser conferido na Tabela 20:

Tabela 20: Custo de carregadores AC e DC

EQUIPAMENTO	MODELO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)
Estação Wallbox AC 22 kW - WIFI, Conector T2	Z1 W22	R\$ 5.500,00
Estação DC 60 kW, WiFi, com 2 Conectores CCS2	Z2 D60	R\$ 88.000,00
Estação DC 90 kW, WiFi, com 2 Conectores CCS2	Z2 D90	R\$ 105.500,00

Fonte: Zeta Uno (2024)

Assim, o custo para a implantação de um Eletroposto, composto de dois carregadores DC, sendo um de 60 kWh CCS2 e o segundo 90 kWh CCS2, mais um carregador AC 22 kWh, com construção de um ramal de rede de média tensão de um km (no pior caso), instalação de transformador de 300 kVA e serviços associados estimados (projeto, montagem, construção civil, ativação e homologação) em 40% dos materiais, o preço unitário final para uma estação de recarga (Eletroposto) pode visto na Tabela 21:

Tabela 21: Custo estimado de implantação de Eletroposto

MATERIAIS			
CUSTO ESTIMADO P/ IMPLANTAÇÃO ELETROPOSTO	QTD.	Unid.	CUSTO UNITÁRIO (R\$)
Estação Wallbox AC 22 kW - WIFI, Conector T2	1	Und.	R\$ 5.500,00
Estação DC 60 kW, WiFi, com 2 Conectores CCS2	1	Und.	R\$ 88.000,00
Estação DC 90 kW, WiFi, com 2 Conectores CCS2	1	Und.	R\$ 105.500,00
Construção de Rede de Média Tensão (13,8 kV)	1	km	R\$ 120.000,00
Transformador 3F - 300 kVA	1	Und.	R\$ 50.000,00
Sutotal - Materias/Rede - R\$			R\$ 369.000,00

* SERVIÇOS (estimativa)			
Projetos	1	Cj.	R\$ 11.070,00
Aprovação Projetos Concessionária	1	Cj.	R\$ 5.535,00
Obras Cíveis	1	Cj.	R\$ 29.520,00
Montagem	1	Cj.	R\$ 22.140,00
Desenvolvimeto/Integração App	1	Cj.	R\$ 44.280,00
Ativação/Homologação	1	Cj.	R\$ 18.450,00
Gestão do Projeto	1	Cj.	R\$ 36.900,00
Sutotal Serviços - R\$			R\$ 167.895,00

TOTAL GERAL POR ELETROPOSTO (sem impostos)	R\$ 536.895,00
--	----------------

** Foi considerado 45,5% do custo dos materiais como serviços de instalação*

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisa de mercado (2024)

Aplicando-se os valores para a Rodovia Fernão Dias (BR-381), chega-se a um valor estimado conforme Tabela 22:

Tabela 22: Estimativa de custo para implantação de Eletropostos na BR-381

RODOVIA: BR-381			
MUNICÍPIO	ELETROPOSTO	MATERIAIS	SERVIÇOS
Extrema	P1	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Extrema	P2	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Cambuí	P3	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Cambuí	P4	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Careaçú	P5	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Careaçú	P6	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Três Corações	P7	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Três Corações	P8	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Lavras	P9	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Nepomuceno	P10	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Santo Antônio do Amparo	P11	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Santo Antônio do Amparo	P12	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Itaguara	P13	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Itaguara	P14	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Betim	P15*	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Contagem	P16*	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
TOTAL BR-381		R\$ 5.904.000,00	R\$ 2.686.320,00
TOTAL GERAL		R\$ 8.590.320,00	

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Já na Tabela 23 se apresenta uma estimativa de custos para implantação para a MG-050:

Tabela 23: Estimativa de custo para implantação de Eletropostos na MG-050

RODOVIA: MG-050			
MUNICÍPIO	ELETROPOSTO	MATERIAIS	SERVIÇOS
São Seb. Do Paraíso	P1	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Alpinópolis	P2	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Piumhi	P3	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Formiga	P4	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Divinópolis	P5	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Mateus Leme	P6	R\$ 369.000,00	R\$ 167.895,00
Betim	P15*	-	-
Contagem	P16*	-	-
TOTAL BR-381		R\$ 2.214.000,00	R\$ 1.007.370,00
TOTAL GERAL		R\$ 3.221.370,00	
* Postos Coincidentes com a BR-381			

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Obs.: o orçamento unitário é apenas uma referência, haja vista não ter sido calculado os impostos sobre os equipamentos e serviços, bem como **BDI** (*Budget Difference Income*) ou Benefícios e Despesas Indiretas do projeto.

7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo estabelecer critérios para escolha de rodovias e possíveis locais para instalação de rede de carregadores (Eletropostos) para veículos elétricos (VE), levando-se em consideração as características das rodovias, tráfego médio diário, mensal e anual, sua importância política e econômica bem como sua extensão em km.

Também foram avaliados os principais VE comercializados no Brasil até o mês de dezembro de 2023, com levantamento da quantidade de veículos automotores do mercado brasileiro, tanto a combustão como os VE comparando-se com o mercado de Minas Gerais.

O mercado e os VE foram classificados de acordo com a autonomia pela metodologia Europeia da WLTP e do PBEV, sendo elaboradas médias das autonomias das baterias em kWh e da autonomia em km, adotando-se uma margem de segurança para evitar a descarga completa das baterias em kWh e km.

Dessa forma foi possível estabelecer uma distância média para a implantação da rede de Eletropostos em duas rodovias em MG que atenderam os critérios de: VMDa; extensão em km; número de municípios percorridos; importância econômica; e importância turística.

Avaliando-se os critérios de tráfego, importância política, turística, etc., bem como as autonomias dos veículos elétricos tanto em km como em kWh, a margem de segurança para recargas, pode-se estimar uma distância média para a instalação dos Eletropostos, de forma a atender desde os veículos de maior autonomia quanto os de menor.

Assim, as rodovias escolhidas para o teste da metodologia foram as BR-381 e MG-050, os escolhidos locais para instalação de rede de Eletropostos conforme Tabela 24.

Em relação aos carregadores para os VE, com base nas pesquisas elaboradas, conclui-se que, em função da capacidade média de carregador CA embarcado nos veículos (*OBC – On Board Charger*) ser na média, de até 7,4 kW, não faz sentido ter estações de recarga residencial (*Wall Box*) de maior capacidade, já que são poucos os VE equipados com carregadores internos (*OBC*) maiores que 11 kW, da necessidade de ter rede trifásica 380 V AC, pelo fato de encarecer bastante o veículo elétrico, além do maior custo do carregador doméstico, seja do tipo portátil ou do tipo *Wall box*.

Assim, a carga lenta (7,4 kW) pode ser feita nos próprios domicílios, locais de trabalho etc., demandando apenas um ponto de energia de 220 V CA, seja do tipo monofásico ou bifásico, ficando cargas rápidas e ultrarrápidas em locais apropriados, como os Eletropostos ou edifícios de recarga em área central.

Tabela 24: Municípios para instalação dos Eletropostos

RODOVIA: BR-381		466 km	DISTÂNCIA
ELETROPOSTO:	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA BH	ENTRE POSTOS
P1	Extrema	465,7	0
P2	Extrema	465,7	0
P3	CambuÍ	402,4	63,3
P4	CambuÍ	414,7	51
P5	Careaçú	338	64,4
P6	Careaçú	335	79,7
P7	Três Corações	266	72
P8	Três Corações	275	60
P9	Lavras	211	55
P10	Nepomuceno	225	50
P11	Antônio do Amp	149	62
P12	Antônio do Amp	167	58
P13	Itaguara	81	68
P14	Itaguara	83	84
P15*	Betim	3	78
P16*	Contagem	0	83
Distância Média entre Eletropostos:			66,31428571
RODOVIA: MG-050		408 km	DISTÂNCIA
ELETROPOSTO:	MUNICÍPIO	DISTÂNCIA BH	ENTRE POSTOS
P1	io Seb. Do ParaÍs	380,7	0
P2	Alpinópolis	306	74,7
P3	Piumhi	245	61
P4	Formiga	184	61
P5	Divinópolis	111	73
P6	Mateus Leme	46	65
P15*	Betim	0	46
P16*	Contagem	2	2
Distância Média entre Eletropostos:			63,45
* Postos Coincidentes			

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Um problema identificado, mas que não foi abordado nesse trabalho (podendo ser objeto de outro trabalho futuro), é sobre a grande variedade de plataformas de gestão e controle (bilhetagem e cobrança) dos Eletropostos, às vezes até dentro de um mesmo estado em um trecho de rodovia existem duas ou três redes de recarga, sendo necessário a instalação dos aplicativos de gestão (App) dessas empresas de forma separada, não existindo uma uniformização, padronização de App para facilitar a vida do proprietário do VE. Quando se faz uma viagem interestadual com VE pode ser necessário ter instalado até mais de quatro aplicativos, cada um com uma sistemática diferente de funcionamento.

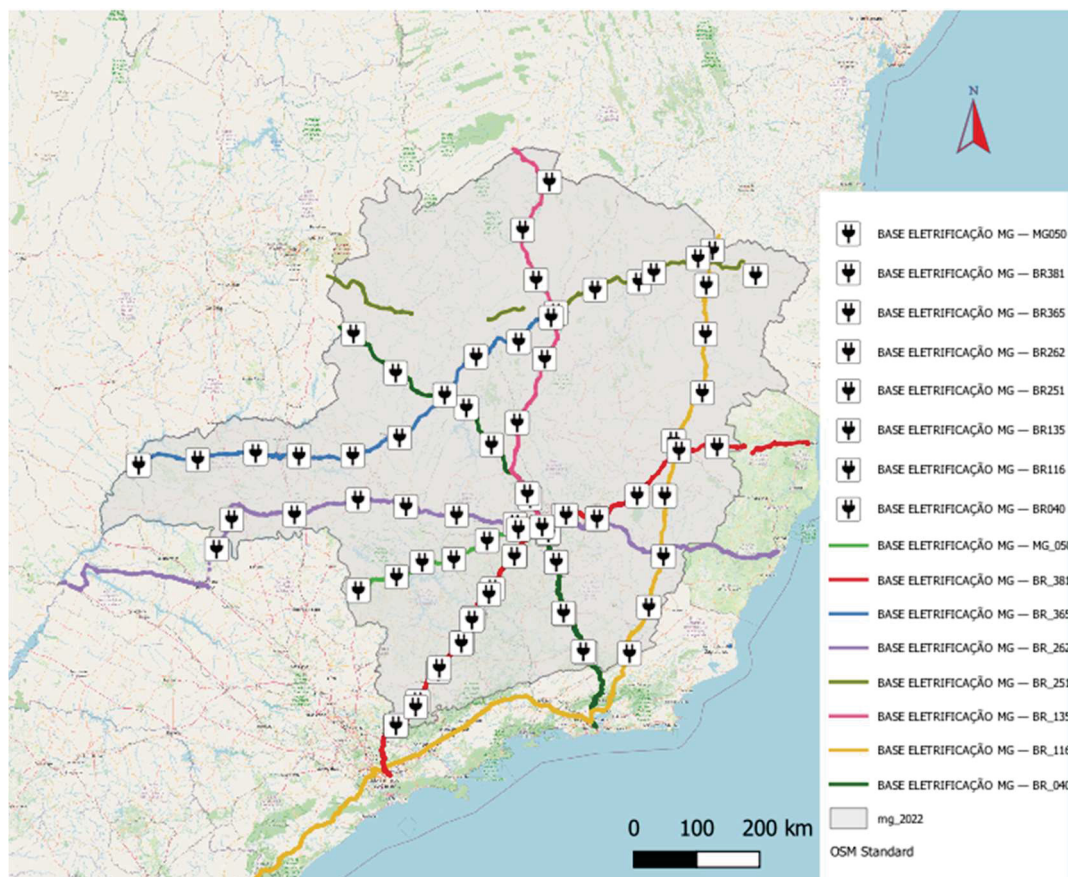
Uma opção para se resolver esse problema é na forma de um aplicativo “*Broker*”, que faz a identificação do Eletroposto, o proprietário, se conecta ao sistema de gerenciamento proprietário do Eletroposto, efetua a autenticação, intermediação, validação e cobrança, repassando o custo para o proprietário, operando de forma transparente para o usuário.

Outra opção possível é que a concessionária de energia da região faça essa intermediação através do seu aplicativo de cobrança (tipo Agência Virtual), sincronizando e efetuando a cobrança da recarga na sua região e, em outras regiões, funcione em modo “Roaming”, trocando dados com a concessionária daquela região ou Eletroposto privado. Assim, o proprietário do VE não precisará ter instalado em seu *Smartphone* vários aplicativos de gestão dos Eletropostos.

Em relação aos protocolos de comunicação dos VE com os carregadores, que fazem a troca de informação entre o carregador, *OBC* e *BMS* (*Battery Management System*) do VE, nesse trabalho optou-se por não abordar o assunto, deixando para outros trabalhos futuros.

Aproveitou-se também a oportunidade para extrapolar o tema, com proposta de criação de edifício de recarga em área central da cidade de Belo Horizonte, uma espécie de Hub de recarga com carregadores ultra rápidos, de forma que os proprietários possam estacionar e efetuar recargas em caso de necessidades ou por motivos diversos, semelhante ao que já existe em Porto Alegre (Garage Gigante), bem como numa proposta de corredores de estações de recargas nas principais rodovias do Estado de Minas Gerais, como observado na Figura 20:

Figura 20: Visão de futuro da rede de Eletropostos em Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Dessa forma, Minas Gerais poderia se inserir em projetos de eletrificação de rodovias da sua malha viária, semelhante a projetos em outros estados da federação, como em São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa genérico de rodovias de Minas Gerais.....	3
Figura 2: Rodovias radiais brasileiras	6
Figura 3: Principais rodovias federais do Estado de Minas Gerais.....	8
Figura 4: Rodovias estaduais de Minas Gerais	9
Figura 5: Carregadores portáteis e Wall Box com potências com conector Tipo 2.....	21
Figura 6: Principais características técnicas de carregadores CA	22
Figura 7: Conector CA Tipo 1 (SAE J1772)	23
Figura 8: Conector CA Tipo 2 (IEC 62196).....	23
Figura 9: Conector CA GB/T 20234).....	24
Figura 10 Conector Tesla	24
Figura 11: Modelos de estações de recarga DC	25
Figura 12: Conector DC: charge de move (CHAdemo).....	26
Figura 13: Conector DC CCS1 (CCS Tipo 1).....	26
Figura 14: Conector DC CCS2 (CCS Tipo 2).....	27
Figura 15: Infográfico da instalação dos Eletropostos na BR-381.....	30
Figura 16: Infográfico da instalação dos Eletropostos na MG-050.....	32
Figura 17: Localização dos pontos para instalação dos Eletropostos na BR-381 e na MG-050.....	33
Figura 18: Detalhe da instalação do Eletroposto P1 na MG-050 (São Sebastião do Paraíso/MG).....	33
Figura 19: Rede de média tensão em 13,8 kV (urbana e rural).....	34
Figura 20: Visão de futuro da rede de Eletropostos em Minas Gerais	40

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Veículos em Minas Gerais	2
Tabela 2: Rodovias de Minas Gerais.....	3
Tabela 3: Total veículos elétricos em Minas Gerais - Base agosto/2023	4
Tabela 4: Quantidade de veículos elétricos por tipo e por Estado - Base agosto/2023	4
Tabela 5: 10 maiores rodovias estaduais de Minas Gerais.....	9
Tabela 6: Comparação de critérios por matriz do AHP.....	11
Tabela 7: Critérios de escolha rodovias - Requisitos	11
Tabela 8: Critérios de escolha rodovias - Seleção.....	11
Tabela 9: Total de VE no Brasil – Base janeiro/2024.....	14
Tabela 10: Evolução de VE no Brasil entre 2020-2023	14
Tabela 11: Principais VE (Passeio) no Brasil.....	15
Tabela 12: Principais motos elétricas no Brasil – Base novembro/2023.....	16
Tabela 13: Média de autonomia das principais motos elétricas no Brasil.....	16
Tabela 14: Principais VE de carga no Brasil	17
Tabela 15: Média das principais características de VE no Brasil - Base novembro/2023	17
Tabela 16: Quadro comparativo dos carregadores portáteis e Wall Box.....	21
Tabela 17: Características dos carregadores DC	25
Tabela 18: Localização provável para Eletropostos na BR-381 - Trecho BH-SP.....	31
Tabela 19: Localização provável para Eletropostos na MG-050 - Trecho BH-SP.....	32
Tabela 20: Custo de carregadores AC e DC	35
Tabela 21: Custo estimado de implantação de Eletroposto	36
Tabela 22: Estimativa de custo para implantação de Eletropostos na BR-381	36
Tabela 23: Estimativa de custo para implantação de Eletropostos na MG-050	37
Tabela 24: Municípios para instalação dos Eletropostos.....	39

LISTA DE SIGLAS:

ABRAVEI - Associação Brasileira Dos Proprietários De Veículos Elétricos Inovadores

AHP - *Analytic Hierachy Process*

AMG - Rodovias Estaduais de Acesso

BDI - (*Budget Difference Income*) ou Benefícios e Despesas Indiretas

BEV – Battery Eletric Vehicle (Veículo Elétrico a Bateria, Veículo 100% Elétrico)

BPMSG – Business Performance Management Singapore

BYD – Build Your Dreams (Fabricante de Veículos Elétricos)

CA – Corrente Alternada

CCS1 - Combined Charging System 1 (Conector Combinado Tipo 1)

CCS2 - Combined Charging System 1 (Conector Combinado Tipo 2)

CD – Centro de Distribuição

Cemig – Cia Energética de Minas Gerais

CHADEMO – Conetor “Charge DE Move”

CLTC - China Light Duty Vehicle Test Cycle

DC – Direct Current (Corrente Contínua)

DDR – Disjuntor Diferencial Residual

DER MG – Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte

DPS – Dispositivo Protetor de Surtos

ENERGISA – Cia. De Distribuição de Energia

EPA – US Environmental Protection Agency (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos)

GWM – Great Wall Motors (Fabricante de Veículos Elétricos e Híbridos Plugin)

HEV – Hybrid Eletric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDR – Interruptor Diferencial Residual

IEC - International Electrotechnical Commission (Comissão Internacional Eletrotécnica)

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

LMG - Rodovias Estaduais de Ligação

MGC - Rodovias Estaduais de Coincidentes

NEDC - New European Driving Cycle

OBC – On Board Charger (Carregador Interno ao Veículo Elétrico)

OSM – Open Street Maps

PBEV – Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular

PHEV – Plug in Hybrid Electric Vehicle (Veículo Elétrico Híbrido Plugin)

PNCT - Plano Nacional de Contagem de Tráfego

PNME – Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica

PNT – Pesquisa Nacional de Tráfego

Qgis – Quantum GIS

RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte

SAE – Society of Automotive Engineers International)

VAN – Veículo de Carga do tipo Furgão

VCA – Volts em Corrente Alternada

VE – Veículo Elétrico

VMDa – Volume de Médio Diário Anual (volume de tráfego médio)

Wall Box – Carregador para VE para instalação em parede

WLTP - WorldWide Harmonised Light Vehicle,

REFERÊNCIAS

ABRAVEI – Disponível em: <<https://www.abravei.org/>> Acesso em: 20 Dez. 2023

AHP - Disponível em: <<https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php>> Acesso em: 15 Nov. 2023

ANFVAVEA - Disponível em: < <https://anfavea.com.br/site/edicoes-em-excel/>> - Acesso em: 20 Dez. 2023

ANTT - Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br>> Acesso em: 01 Nov. 2023

AUDI - Disponível em: <<https://www.audi.com.br/br/web/pt.html>> Acesso em: 08 Jan. 2024

Carro elétrico - Disponível em: <<https://carroeletrico.com.br/blog/tesla-roadster/>> Acesso em: 10 Dez. 2023

CLTC – Disponível em: <<https://dieselnet.com/standards/cycles/cltc.php>> Acesso em: 15 Fev. 2024

CLTC – Disponível em: < https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2021/17/e3sconf_icepp2021_02002.pdf> > Acesso em: 15 Fev. 2024

DER MG - Disponível em: < <http://portal.der.mg.gov.br/mapainterativo/>> - Acesso em: 25 Nov. 2023

DER MG - Disponível em: <<https://www.der.mg.gov.br/>> Acesso em: 01 Nov. 2023

DER MG - Disponível em: <<https://www.der.mg.gov.br/transportes/rodovias#volume-medio-de-trafego-nas-rodovias-do-der-mg>> Acesso em: 25 Nov. 2023

DNIT - Disponível em: < <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/rodovias-federais/nomeclatura-das-rodovias-federais>> Acesso em: 08 Dez. 2023

DNIT - Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br>> Acesso em: 01 Nov. 2023

ENERGISA – Disponível em: < <https://www.grupoenergisa.com.br/institucional>> - Acesso em: 13 Fev. 2024

Fórum VE - Disponível em: <<https://www.forumve.com/forum/viewtopic.php?t=32>> Acesso em: 27 Dez. 2023

Garage Gigante - Disponível em: <<https://www.instagram.com/garagegigante/>> Acesso em: 06 Fev. 2024

Google - Disponível em: <<https://www.google.com.br/>> Acesso em: 10 Nov. 2023

Google Maps -< Disponível em: <https://www.google.com/maps>> Acesso em: 20 Dez. 2023

Governo de Minas Gerais - Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/pagina/rodovias>> Acesso em: 08 Dez. 2023

Governo de Minas Gerais - Disponível em: < <https://www.der.mg.gov.br/transportes/mapa-rodoviario> > - Acesso em: 08 Dez. 2023

Hoyer, 2008 - <<https://pt.scribd.com/document/411439102/Hoyer-The-History-of-Alternative-Fuels-in-Transportation-The-Case-of-Electric-and-Hybrid-Cars>> Acesso em: 15 Dez. 2023

IBGE - Disponível em: <<https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>> - Acesso em: 08 Jan. 2024

IBGE - Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>> Acesso em: 08 Jan. 2024

Incharge - Disponível em: <<https://incharge.eco.br/>> Acesso em: 20 Dez. 2023

Infoescola - Disponível em: < <https://www.infoescola.com/mapas/mapa-rodoviario-de-minas-gerais/> > - Acesso em: 08 Dez. 2023

INMETRO - Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/docs/CLF0030.pdf> > Acesso em: 10 Jan. 2024

Insideevs - Disponível em: < <https://insideevs.uol.com.br/news/630095/motos-eletricas-mais-vendidas-brasil/> > - Acesso em: 15 Jan. 2024

Ministério dos Transportes - Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2022>> Acesso em: 08 Jan. 2024

Mobilidade Elétrica Estadão - Disponível em: <<https://mobilidade.estadao.com.br/mobilidade-para-que/venda-de-motos-deve-crescer-acima-do-previsto-em-2023/>> Acesso em: 01 Dez. 2023

NEDC – Disponível em: < <https://coceurope.eu/blog/nedc-emission-test/> > Acesso em: 01 Dez. 2023

Neocharge - Disponível em: < <https://www.neocharge.com.br/carros-eletricos-brasil> > - Acesso em: 01 Dez. 2023

Nobi - Disponível em: < <https://www.nobievcharger.com/150a-200a-ccs-combo-1-plug-fast-charge-connector-product/> > - Acesso em 10 Jan. 2024

OSM - Disponível em: <<https://www.openstreetmap.org/#map=4/-15.13/-53.19>> Acesso em: 15 Nov. 2023

PlugShare - Disponível em: <<https://www.plugshare.com/br>> Acesso em: 05 Nov. 2023

PNCT - Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/planejamento/contagem-de-traffic>> Acesso em: 01 Nov. 2023

PNME – Plataforma Nacional de Mobilities Elétrica - Disponível em: <<https://www.pnme.org.br/pagina-inicial/>> Acesso em: 10 Dez. 2023

PNT - Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transporte-terrestre/pesquisa-nacional-de-traffic>> Acesso em: 01 Nov. 2023

QGis - Disponível em: <https://qgis.org/pt_BR/site/> Acesso em: 01 Nov. 2023

Rede GRALL - Disponível em: <<https://www.redegraal.com.br/>> Acesso em: 08 Jan. 2024

SAE J1634 - Disponível em: <https://saemobilus.sae.org/content/j1634_202104> Acesso em: 08 Jan. 2024

VMDa DNIT - Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-disponibiliza-modelagem-da-estimativa-do-volume-medio-diario-anual-2013-vm-da-2021-para-toda-a-malha-rodoviaria-federal-pavimentada>> Acesso em: 01 Nov. 2023

WEG - Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hd1/h5e/WEG-WEMOB-50105757-pt.pdf>> - Acesso em: 15 Jan. 2024

WLTP - Disponível em: <<https://www.wltpfacts.eu/what-is-wltp-how-will-it-work>> Acesso em: 13 Fev. 2024