



GESEL

Grupo de Estudos do Setor Elétrico

UFRJ

Compartilhamento de veículos elétricos: um estudo sobre a localização de eletropostos na cidade do Rio de Janeiro

Thamara França
Tarcisio Brum
Leonardo Mangia
Lino Marujo
Roberto Ivo Lima

TDSE

Texto de Discussão do Setor Elétrico

Nº 113

setembro de 2021

Rio de Janeiro

TDSE

Texto de Discussão do Setor Elétrico N° 113

Compartilhamento de veículos elétricos: um estudo sobre a localização de eletropostos na cidade do Rio de Janeiro

Thamara França
Tarcisio Brum
Leonardo Mangia
Lino Marujo
Roberto Ivo Lima

ISBN: 978-65-86614-60-2

Setembro de 2021

SUMÁRIO

Introdução	3
1. Mobilidade elétrica e compartilhamento de veículos	5
1.1. Modelos de operação	9
1.2. Planejamento do serviço.....	14
1.2.1. Demanda de usuários.....	14
1.2.2. Arranjo físico de eletropostos.....	18
2. E-carsharing público: localização dos eletropostos	22
2.1. Delimitação geográfica	23
2.2. Análise de dados de tráfego	30
3. Considerações finais	32
Referências	34

Compartilhamento de veículos elétricos: Um estudo sobre a localização de eletropostos na cidade do Rio de Janeiro¹

Thamara França²
Tarcisio Brum²
Leonardo Mangia²
Lino Marujo²
Roberto Ivo Lima²

Introdução

O desenvolvimento dos veículos elétricos desponta como uma grande inovação para o setor logístico e ainda contribui significativamente para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) (FGV ENERGIA, 2017), uma vez que o setor de transportes é responsável por uma significativa quantidade de emissão de gases poluentes que afetam a qualidade do ar local e contribuem para a poluição atmosférica (HE *et al.*, 2017).

O compartilhamento de veículos, por sua vez, surgiu na Suíça no final da década de 40 e sua expansão iniciou somente na década de 90, sendo impulsionado principalmente pelo avanço da tecnologia baseada na internet. Assim, a ampliação do acesso à internet possibilitou o aumento do compartilhamento de veículos, ao

¹ Este artigo foi elaborado com base nos estudos desenvolvidos no projeto do Programa de P&D da ANEEL denominado “Desenvolvimento de soluções para mobilidade elétrica (ME) compartilhada: infraestruturas e sistemas de abastecimento para e-carsharing e micromobilidade”, financiado pelas empresas Light Serviços de Eletricidade S.A. e Guascor Do Brasil Ltda.

² PET/COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro e Pesquisador(a) Associado do GESEL/UFRJ.

mesmo tempo que melhorou a qualidade de vida no ambiente urbano (CRAMER e KRUEGER, 2016; ILLGEN e HOCK, 2019).

Neste contexto, o compartilhamento de veículos elétricos (*e-carsharing*) surge como um recurso que busca auxiliar na decisão dos usuários de desistir de veículos particulares para a utilização de veículos compartilhados, pois estes oferecem viagem com custos menores e contribuem para menores índices de congestionamentos (WEBB, 2019).

De acordo com Shaheen e Cohen (2013), uma série de fatores incentivam os proprietários de veículos particulares a optarem pela utilização do *e-carsharing*, dentre os quais podem ser citados as incertezas econômicas, o alto custo de manutenção do veículo, a redução das emissões dos GEE e a melhoria da mobilidade urbana.

Ainda, Nakamura *et al.* (2019) exploram a disposição dos moradores urbanos adotarem o compartilhamento de carros, citando o caso do Japão, onde existe um entusiasmo positivo por essa forma de solução para o transporte.

Porém, a implantação de sistemas de compartilhamentos de veículos elétricos depende da infraestrutura de recarga. Uma rede maior dessa infraestrutura aumenta a confiança do motorista na autonomia do veículo e amplia a sua funcionalidade operacional (INL, 2015). No Brasil, embora a quantidade de postos de recarga ainda seja insuficiente quando comparada com a atual frota brasileira de veículos elétricos, o número de eletropostos subiu mais de 50%, em 2021, passando de 500 estações, em março, para 754, em julho (CALDEIRA, 2021).

Assim, o presente texto de discussão tem como objetivo estudar os modelos de operação do serviço de *carsharing* existentes e os possíveis locais de instalação dos pontos de recarga para um serviço de compartilhamento de veículos elétricos na cidade do Rio de Janeiro.

1. Mobilidade elétrica e compartilhamento de veículos

Os serviços de transporte compartilhados vêm sendo cada vez mais discutidos e implementados na sociedade. Inserido nesta perspectiva de economia compartilhada, o serviço de *carsharing*³ surgiu como uma medida que permite alugar um automóvel utilizando a internet, com disponibilidade imediata. Este serviço pode proporcionar às pessoas que não fazem grandes deslocamentos diários uma forma rápida, segura e eficaz de se locomover, além de ser uma boa alternativa à propriedade do carro em áreas urbanas.

Existem duas abordagens para a utilização do *carsharing*, os modelos público e privado. O *carsharing* privado é definido como o compartilhamento de veículos (ou veículos elétricos, no caso do *e-carsharing*) em uma organização, podendo ser utilizado na frota de empresas, ou em um grupo fechado, como amigos, vizinhos, família, etc. (NITSCHKE, 2020). Já o *carsharing* público consiste na locação de veículos pela população em geral, sendo que, neste modelo, o cliente aluga o carro (ou o veículo elétrico, no caso do *e-carsharing*) por uma determinada quantidade de horas (CSA, 2020).

Vale ressaltar que, no Brasil, ainda existem inúmeros desafios para a implantação dos modelos de compartilhamento de veículos elétricos, dentre eles o valor que as empresas irão oferecer o serviço, as distâncias que os usuários irão se deslocar para retirar um veículo e o local onde os usuários poderão realizar as recargas.

Desta maneira, para que a operação de compartilhamento de veículos seja efetiva, é de fundamental importância planejar a localização de postos de recarga de veículos (eletropostos).

³ Neste texto, são utilizados os termos *carsharing* e *e-carsharing*, pois os dois oferecem o mesmo tipo de serviço, entretanto o segundo é utilizado somente para o compartilhamento de veículos elétricos.

Assim, foram elencadas algumas questões relevantes que deverão ser estudadas na fase de planejamento de um serviço de *e-carsharing* público, apresentadas abaixo:

- (i) Identificação do perfil de usuário/consumidor deste serviço;
- (ii) Identificação da demanda de usuários do sistema;
- (iii) Tipo de operação: *One-way*, caracterizado pelo veículo ser alugado em um ponto e devolvido em outro ponto previamente determinado (como duas estações autorizadas pela empresa responsável), *Two-way* ou *Round-Trip*, caracterizado pelo veículo ser alugado e devolvido no mesmo ponto, *Free Floating*, caracterizado pelo veículo ser alugado e devolvido em qualquer ponto, e *Free Floating Operation Zone*, caracterizado pelo veículo ser alugado em um ponto e devolvido em qualquer outro dentro de uma área especificada; e
- (iv) Localização e quantidade de eletropostos.

Destaca-se que conhecer o perfil de consumo do serviço, tanto no compartilhamento público quanto no privado, é de fundamental importância para nortear a análise e a escolha dos modelos, tipos de operação e parâmetros para a implantação do *e-carsharing*.

Alguns artigos identificados nas pesquisas citam que a distância a ser percorrida tem uma grande influência na escolha do tipo de veículo de compartilhamento, por exemplo entre bicicletas e carros. Além disso, segundo a literatura, veículos elétricos são menos populares para distâncias superiores a 24 km em decorrência da sua baixa autonomia, levando à escolha de modelos à combustão interna e à necessidade de expansão da infraestrutura de recarga.

Neste sentido, Luca e Pace (2015) realizaram uma análise espacial com a diferença de comportamento entre duas tecnologias automotivas (carros elétricos e carros híbridos), demonstrando que as viagens com modelos elétricos são menos dispersas espacialmente do que aquelas realizadas por híbridos, devido à menor autonomia dos veículos totalmente elétricos.

As condições climáticas, a disponibilidade de vagas de estacionamento, o sexo, a idade, a frequência de viagem, a disponibilidade do carro e do tipo de viagem também são atributos que influenciam na decisão dos usuários (SHAHEEN *et al.*, 2019). Nota-se, ainda, que a maioria dos artigos trata de operações *free-floating*, que são os serviços onde os carros são retirados e devolvidos em qualquer local dentro de uma área de serviço.

Leclerc *et al.* (2013) estudaram o comportamento de viagem dos usuários processando suas coordenadas GPS, investigando as transações e dividindo-as em viagens, determinando paradas (locais de atividades) e identificando atributos dos usuários para viagens individuais. Assim, foram analisados os percursos das viagens e identificadas as viagens individuais, de modo que o resultado demonstrou que os usuários tendem a fazer viagens curtas com veículos elétricos quando não são relacionadas ao trabalho, como por exemplo, ida ao mercado.

Ademais, Pizzol (2015) concluiu que aspectos relacionados à consciência socioambiental, conveniência e praticidade de uso, economia de custos e confiança nas relações sociais e organizacionais são algumas das motivações para os usuários utilizarem o *carsharing*.

Por outro lado, segundo o estudo realizado por Nikolaos *et al.* (2018), para identificar as necessidades de mobilidade, as características e as preferências relacionadas ao perfil dos usuários da comunidade acadêmica da Universidade de Deusto, na Espanha, aproximadamente 75% dos entrevistados afirmaram que prefeririam ir ao centro da cidade utilizando um veículo elétrico compartilhado em vez do transporte público. Ademais, cerca de 60% dos entrevistados consideraram os veículos elétricos

como uma boa opção do ponto de vista econômico e ambiental, enquanto quase 40% afirmaram que, além das vantagens anteriores, outro benefício é a possibilidade de acesso rápido. A pesquisa foi concluída com uma avaliação de opinião na qual, em média, os participantes consideraram que os veículos elétricos são uma opção cara, devido ao custo de carregamento, e que ainda existe uma falta de infraestrutura. No entanto, a maioria comentou que é um modo eficaz de transporte e ao mesmo tempo contribuiria para a melhoria do tráfego.

Neste sentido, Loeb *et al.* (2018) simularam o desempenho da frota utilizada pela população de Austin (Texas), considerando que diferentes tamanhos de frota exigem distintos tempos de recarga. A pesquisa aborda a simulação de veículos elétricos autônomos baseada no conceito de agentes, o qual investiga a performance do serviço de *carsharing* a partir do comportamento individual de seus usuários, compreendendo suas preferências em aspectos como rotas; destinos; quantidade de passageiros e velocidade utilizada.

Neste estudo os pontos de carregamento dos veículos são flexíveis (isto é, podem se alterar ao longo do tempo) e os tempos de recarga são diferentes ao longo das simulações, realizadas em um horizonte de 30 dias. Como conclusão foi sugerido que o número de locais de estação depende do total de veículos e que reduzir os tempos de recarga diminuem os tempos de resposta da frota (período necessário para o atendimento das viagens solicitadas), mas também podem aumentar o seu tamanho.

Fagnant e Kockelman (2014) analisam outra abordagem associada à localização dos postos de recarga a partir da divisão de uma cidade em regiões (*grids*), considerando que as viagens são geradas (origem) dentro de um *grid*. Este tipo de abordagem, como destacam os autores, é adotada pela Car2Go, na qual as taxas de geração de viagens são diferentes, dependendo da sua intensidade em cada região. Neste caso, o usuário pode alugar um veículo em uma determinada área e, posteriormente, deixá-lo em qualquer ponto da mesma região. Viagens mais longas e fora da região

podem ser realizadas, desde que o veículo seja devolvido no *grid* em 24 horas e se distancie em, no máximo, 200 milhas (aproximadamente 320 km).

Já o trabalho proposto por Boyaci, Zografos e Geroliminis (2017) descreve uma metodologia para a resolução do problema de localização de eletropostos, combinando técnicas de clusterização para os postos, algoritmos de otimização para operação do tipo *one-way* e fluxo de pessoas, para dimensionar um sistema de *e-carsharing* de veículos elétricos em Nice, na França. A construção de diferentes cenários com o modelo de simulação proposto baseou-se na variação da quantidade de demanda para locação dos veículos em dois tipos possíveis: atendimento total à demanda e atendimento parcial, com rejeição de usuário conforme a disponibilidade do sistema.

Observa-se que uma abordagem para dimensionamento da demanda foi descrita por Balac, Ciari e Axhausen (2015), utilizando o conceito de agentes inteligentes, que consiste em simular o uso do serviço pela densidade populacional em áreas da cidade (neste estudo, Zurich, na Suíça), com atributos de comportamento do usuário, que pode mudar suas opções de transporte, como carro, metrô e ônibus, de acordo com o objetivo do uso (viagem longa, curta e tamanho da rota, por exemplo).

1.1. Modelos de operação

Conforme mencionado, existem distintos modelos de operação de *carsharing*, cada um com características específicas relacionadas à complexidade da operação e com o potencial de gerar um grande efeito na mobilidade urbana da região. A seguir, são descritos os quatro principais modelos de operação de compartilhamento de veículos.

O modelo de operação de *carsharing one-way* possui estações bases espalhadas em uma determinada região de cobertura do serviço, onde os operadores oferecem uma frota própria de carros e o usuário pode alugá-los em uma estação e devolvê-los em

outra. Neste modelo, o preço geralmente é baseado em uma combinação de duração e distância da viagem ou simplesmente pela duração da viagem e, normalmente, o cliente realiza todo o processo de aluguel via aplicativo (HUANG *et al.*, 2018; NOURINEJAD, 2014; SILVA, 2019).

Estudos demonstram que, na Europa e nos EUA, muitas empresas (por exemplo Car2go, Drive Now, Go Get e Hertz) estão expandindo seus serviços e tornando o modelo de operação *one-way* mais usual e popular (HUANG *et al.*, 2018). Observa-se que este modelo pode ser vantajoso para o usuário se existir uma estação para a devolução do veículo próxima ao seu local de destino.

Entretanto, devido às flutuações diárias no número de viagens, os sistemas *one-way* podem não atender a uma grande variação na demanda. Ou seja, dependendo da demanda em determinada estação, a disponibilidade de veículos pode ser reduzida devido a não obrigatoriedade de devolução do veículo na sua estação de origem. Por exemplo, em uma estação pode ter excesso de veículos enquanto em outra pode ter escassez, sendo esta última a mais demandada em um determinado momento, o que resultará na insatisfação do cliente (BARTH *et al.*, 2004; HUANG *et al.*, 2018; ILLGEN e HOCK, 2019).

Deste modo, neste modelo de operação, são necessários um planejamento e uma infraestrutura de operação para o balanceamento da disponibilidade de veículos, assim como nos modelos *free-floating* e *free-floating zone*, analisados adiante (ILLGEN e HOCK, 2019; SILVA, 2019).

Já o modelo de operação *round-trip*, também conhecido como *two-way*, é similar ao tradicional de aluguel de veículos. Neste modelo, podem existir diversas estações espalhadas pela cidade, mas o usuário retira o veículo em uma delas e, ao final do período de utilização, o restitui à estação de origem da viagem.

Algumas características deste sistema de compartilhamento são (i) os usuários necessitam ser membros para utilizar o serviço; (ii) o serviço é baseado no autoatendimento; (iii) o pagamento é realizado online; e (iv) a cobrança é calculada por unidade de tempo ou por quilômetros, o que pode significar um menor custo de operação e promover mais flexibilidade para os usuários (SILVA, 2019).

Existem também os modelos *free-floating* e *free-floating zone*, nos quais não há estações fixas e os veículos são locados e devolvidos em qualquer ponto. Em ambos os modelos, é necessária uma equipe de resgate para recolher o veículo e deixá-lo em um ponto de recarga disponível (CIARI *et al.*, 2014; SHAHEEN *et al.*, 2015).

Destaca-se que estes modelos de operação tornam a experiência do usuário mais flexível e parecida com a de um veículo pessoal. A diferença entre os dois modelos é que, no caso do *free-floating zone*, os veículos são devolvidos dentro de uma área pré-definida, enquanto que, no *free-floating*, o local de restituição é livre. Porém, estes modelos podem não ser uma alternativa viável, pois o custo de operação é muito elevado.

A seguir, são apresentadas, na Tabela 1, as principais características de cada modelo de operação estudado.

Tabela 1: Características dos Modelos de Operação de *Carsharing*

<i>ONE-WAY</i>	<i>ROUND TRIP</i>	<i>FREE FLOATING</i>	<i>FREE FLOATING ZONE</i>
Um trecho	Ida e volta	Um trecho	Um trecho
Várias estações para retirada do veículo	Várias estações para retirada do veículo	Retirada do veículo em qualquer lugar	Retirada do veículo em qualquer lugar pré-determinado
Devolução em qualquer estação	Devolução na mesma estação de retirada do veículo	Devolução em qualquer lugar	Devolução em qualquer lugar em uma área pré-determinada
Aluguel por app	Aluguel por app, internet ou em lojas	Aluguel por app	Aluguel por app
Picos de demanda durante os dias de semana e horários de almoço	Picos de demanda durante os dias de semana e horários de almoço	Picos de demanda durante os dias de semana e horários de almoço	Picos de demanda durante os dias de semana e horários de almoço
Frota própria de veículos	Frota própria de veículos	Não necessita de frota própria de veículos	Não necessita de frota própria de veículos
Menor tempo de inatividade dos veículos	Maior tempo de cancelamento das reservas e de inatividade dos veículos	Menor tempo de inatividade dos veículos	Menor tempo de inatividade dos veículos
Utilizados para viagens de curtas e médias distâncias	Viagens com maiores distâncias	Utilizados para viagens de curtas e médias distâncias	Utilizados para viagens de curtas e médias distâncias

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 2, abaixo, são apresentadas as principais vantagens e desvantagens relacionadas a cada modelo de operação de *carsharing*.

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens dos Modelos de Operação do *Carsharing*

MODELO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
ONE-WAY	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de devolução no local mais próximo ao seu destino - Pagamento por app 	<ul style="list-style-type: none"> - Desbalanceamento da frota nas estações - Necessidade de equipe para redistribuição dos veículos - Maior custo de operação
ROUND TRIP	<ul style="list-style-type: none"> - Maior facilidade de operação - Menor custo com a operação - Substituição dos veículos próprios 	<ul style="list-style-type: none"> - Devolução na estação de origem - Maior tempo de inatividade dos veículos - Muito utilizado para pontos de atração, como transporte público, centros comerciais e universidades
FREE FLOATING	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de retirada e devolução em qualquer ponto (estação flutuante/centro definido) 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo muito elevado para operação - Necessidade de equipe para redistribuição dos veículos - Ausência de capacidade de operação em configurações de transporte multimodal, pois não há transição entre os veículos e os nós de tráfego público, como estações de trem ou aeroportos
FREE FLOATING ZONE	<ul style="list-style-type: none"> - Possibilidade de retirada e devolução em qualquer ponto dentro de uma área pré-determinada (estação flutuante/centro definido) 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo muito elevado para operação - Necessidade de equipe para redistribuição dos veículos - Ausência de capacidade de operação em configurações de transporte multimodal, pois não há transição entre os veículos e os nós de tráfego público, como estações de trem ou aeroportos

Fonte: Elaboração própria.

Nota-se que as políticas de preços aplicadas pelas operadoras de *carsharing*, independente do modelo de operação adotado, tem como objetivo alcançar a lucratividade no longo prazo. No entanto, os preços podem ser alterados dependendo da demanda real e das alternativas utilizadas para a execução das realocações dos veículos, incluindo a quantidade de recursos humanos necessários e suas atividades (ILLGEN e HOCK, 2019).

Desta forma, para que sejam tomadas as decisões operacionais relacionadas aos modelos de operação de *e-carsharing*, alguns parâmetros e variáveis deverão ser definidos, tais como demanda de veículos, demanda de energia, quantidade de veículos, números de vagas disponíveis dedicadas ao sistema, quantidade de estações de recarga, autonomia do veículo (capacidade da bateria), duração e distância média das viagens, tempo para recarga e eventual necessidade de realocação dos veículos entre as estações. Todavia, a definição desses aspectos podem ser pontos de inúmeras dúvidas no processo de modelagem e simulação, já que existe uma lacuna na literatura em relação às operações de *e-carsharing* em países em desenvolvimento (BARROS, 2017; BOYACI *et al.*, 2015; BRENDDEL *et al.*, 2018).

1.2. Planejamento do serviço

1.2.1. Demanda de usuários

Para a identificação da demanda de usuários que utilizam um sistema de *e-carsharing*, é necessário o fornecimento de dados por empresas do setor. Portanto, como não existem dados disponíveis para consulta, para este estudo foram realizados cálculos a partir das quantidades de viagens apresentadas no Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU-RMRJ, 2003).

Esses dados obtidos através da pesquisa de origem-destino domiciliar, realizada no período de outubro de 2002 a dezembro de 2003, com uma amostra de 34.000 domicílios e 99.310 pessoas entrevistadas, para, em seguida, as viagens serem agrupadas em macrozonas. Deve-se esclarecer que a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2019) define macrozona como sendo formada por um grupo de zonas e bairros com características semelhantes relacionadas à ocupação, à cultura, à economia, ao meio ambiente e à infraestrutura urbana.

Vale destacar que os cálculos realizados para este estudo foram baseados em dados de quantidade de viagens não atualizadas, porém sendo o único de acesso livre, retirados do PDTU, do site do Sindipeças e do IBGE. Ademais, é preciso enfatizar que, em decorrência dos eventos esportivos que ocorreram na cidade do Rio de Janeiro nos últimos anos, diversas mudanças na mobilidade foram implementadas (BRT, VLT e Linha 4 do metrô), as quais não foram contempladas nestas projeções de demanda.

Assim, os cálculos preliminares de projeção da demanda consideraram todos os modos de transporte disponíveis na cidade do Rio de Janeiro, conforme apresentado na Figura 1, abaixo.

Shaheen *et al.* (2006) sustentam que o potencial crescimento de membros de um programa de *carsharing* em grandes regiões é de 6,9% dos indivíduos maiores de 21 anos no Canadá. Então, na Figura 2, foram consideradas as estimativas da demanda calculadas na Figura 1 somada aos 6,9% sugeridos pela autora.

Figura 1: Distribuição das Viagens Segundo a Macrozona de Origem

ESTIMATIVA DE DEMANDA										
	2003	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2040	2050
TOTAL FROTA RJ	2.650.203,44	3.733.379,07	3.813.631,51	3.895.732,96	3.979.793,96	4.065.921,56	4.154.227,13	4.633.744,89	5.871.866,35	7.842.635,64
Quantidade de viagens na cidade do RJ	11.719.728	16.509.746,59	16.864.638,89	17.227.707,86	17.599.442,36	17.980.315,76	18.370.820,59	20.491.343,77	25.966.563,71	34.681.698,40
Macrozona de Origem	Quantidade de viagens									
Oeste-Rio	2.233.450	3.146.293	3.213.925	3.283.116	3.353.958	3.426.542	3.500.961	3.905.073	4.948.496	6.609.355
Sul	1.925.127	2.711.954	2.770.250	2.829.889	2.890.951	2.953.515	3.017.661	3.365.986	4.265.366	5.696.947
Norte	1.796.017	2.530.075	2.584.461	2.640.100	2.697.068	2.755.435	2.815.279	3.140.244	3.979.307	5.314.878
Pça Mauá-Caju	1.196.516	1.685.549	1.721.781	1.758.849	1.796.801	1.835.686	1.875.554	2.092.047	2.651.035	3.540.799
Centro	1.157.542	1.630.646	1.665.698	1.701.558	1.738.274	1.775.892	1.814.462	2.023.903	2.564.683	3.425.465
Zona da Central	1.140.872	1.607.163	1.641.710	1.677.053	1.713.240	1.750.317	1.788.331	1.994.756	2.527.749	3.376.135
Jacarepaguá	911.166	1.283.572	1.311.164	1.339.391	1.368.292	1.397.904	1.428.264	1.593.127	2.018.805	2.696.375
Tijuca - Vila Isabel	729.126	1.027.130	1.049.209	1.071.797	1.094.924	1.118.619	1.142.914	1.274.839	1.615.472	2.157.672
Barra - Recreio	629.912	887.366	906.441	925.955	945.935	966.406	987.395	1.101.369	1.395.651	1.864.072
	11.719.728	16.509.747	16.864.639	17.227.708	17.599.442	17.980.316	18.370.821	20.491.344	25.966.564	34.681.698

Fonte: Elaboração própria, a partir de PDTU (2003).

Figura 2: Distribuição das Viagens Segundo a Macrozona de Origem +6,9%

ESTIMATIVA DE DEMANDA										
	2003	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2040	2050
TOTAL FROTA RJ	2.650.203,44	3.733.379,07	3.813.631,51	3.895.732,96	3.979.793,96	4.065.921,56	4.154.227,13	4.633.744,89	5.871.866,35	7.842.635,64
Quantidade de viagens na cidade do RJ	11.719.728	17.648.919,10	18.028.298,97	18.416.419,70	18.813.803,89	19.220.957,55	19.638.407,21	21.905.246,49	27.758.256,61	37.074.735,58
Macrozona de Origem	Quantidade de viagens									
Oeste-Rio	2.233.450	3.363.387	3.435.686	3.509.651	3.585.381	3.662.973	3.742.527	4.174.523	5.289.942	7.065.400
Sul	1.925.127	2.899.078	2.961.397	3.025.151	3.090.427	3.157.307	3.225.879	3.598.239	4.559.677	6.090.037
Norte	1.796.017	2.704.650	2.762.789	2.822.267	2.883.165	2.945.560	3.009.533	3.356.920	4.253.879	5.681.604
Pça Mauá-Caju	1.196.516	1.801.852	1.840.584	1.880.209	1.920.780	1.962.348	2.004.967	2.236.398	2.833.956	3.785.115
Centro	1.157.542	1.743.160	1.780.631	1.818.965	1.858.214	1.898.428	1.939.659	2.163.552	2.741.646	3.661.822
Zona da Central	1.140.872	1.718.057	1.754.988	1.792.770	1.831.454	1.871.089	1.911.726	2.132.394	2.702.163	3.609.088
Jacarepaguá	911.166	1.372.139	1.401.634	1.431.809	1.462.704	1.494.359	1.526.814	1.703.053	2.158.103	2.882.425
Tijuca - Vila Isabel	729.126	1.098.002	1.121.605	1.145.751	1.170.474	1.195.804	1.221.775	1.362.803	1.726.940	2.306.551
Barra - Recreio	629.912	948.594	968.985	989.846	1.011.204	1.033.088	1.055.525	1.177.363	1.491.951	1.992.693
	11.719.728	17.648.919	18.028.299	18.416.420	18.813.804	19.220.958	19.638.407	21.905.246	27.758.257	37.074.736

Fonte: Elaboração própria, a partir de PDTU (2003) e Shaheen (2006).

Em ambas as figuras acima, é possível perceber que a Região Central, a qual abrange as macrozonas Praça Mauá-Caju, Centro e Zona Central, possui a maior projeção da demanda de usuários para 2050, seguida pela macrozona Oeste e Sul. Tal evidência sugere que estas regiões seriam os locais mais favoráveis à implantação do serviço de compartilhamento de veículos.

1.2.2. Arranjo físico de eletropostos

Para a definição do arranjo físico dos eletropostos, inicialmente deverá ser estabelecido os modelos de veículos elétricos que serão recarregados nesses postos. Portanto, foram identificados, na Tabela 3, abaixo, os modelos de veículos elétricos que são, ou serão, comercializados no Brasil em 2020 e 2021, bem como suas características de dimensões e área.

Tabela 3: Veículos Elétricos disponíveis no Brasil (2020 e 2021)

Modelos	Categoria	Dimensões (L x A x C) mm	Área do veículo (m ²)
JAC iEV20	SUV	1685 x 1570 x 3775	6,36
JAC iEV40	SUV	1750 x 1560 x 4135	7,24
Renault Zoe	HATCH	1730 x 1562 x 4084	7,07
Chery Arrizo 5e	SEDAN	1814 x 1487 x 4532	8,22
Chevrolet Bolt	SUV	1765 x 1595 x 4165	7,35
Nissan Leaf	HATCH	1788 x 1540 x 4490	8,03
BMW i3*	HATCH	1775 x 1590 x 4011	7,12
Jaguar I-Pace	SUV	2139 x 1565 x 4682	10,01
BYD e5	SEDAN	1765 x 1500 x 4680	8,26
208 e-GT	HATCH	1738 x 1453 x 4055	7,05

Fonte: Elaboração própria.

Além disso, outra informação relevante é a definição da área necessária para estacionamento do veículo a ser recarregado. Neste sentido, a Tabela 3 também apresenta a área de cada modelo de veículo elétrico disponível no mercado brasileiro, de maneira que possa corroborar para os estudos de definição da dimensão da área de carregamento.

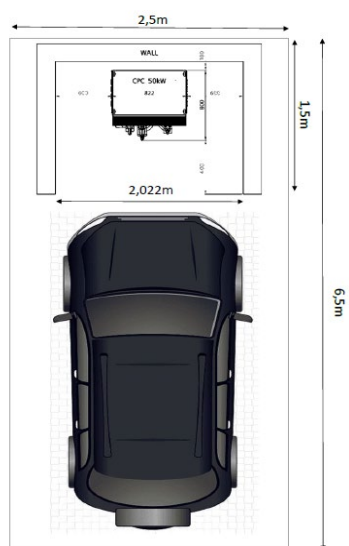
Ainda, foi necessária a busca por dados sobre como esse dimensionamento é normatizado no Brasil. Desta forma, a única norma nacional encontrada foi a ABNT 9050, que trata da acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, cujo item 6.12.1 - Sinalização e tipos de vagas cita a obrigatoriedade de adequação das vagas para portadores de necessidades especiais (PNE), com um espaço adicional de circulação de, no mínimo, 1,20 m de largura.

Outras pesquisas foram realizadas para embasar o cálculo do dimensionamento do espaço destinado ao carregamento dos veículos elétricos, conforme citado abaixo:

- (i) Juiz de Fora - MG, a vaga para automóvel deverá ter a dimensão mínima de 2,30 m de largura e 4,50 m de comprimento, com uma área de 13,80 m² para vaga normal e 21 m² para vaga PNE;
- (ii) Araxá - MG, para veículos pequenos e médios, a vaga do tipo normal deve possuir 2,20 m de largura e 5,5 m de comprimento, totalizando 12,10 m² de área;
- (iii) São Paulo - SP, as dimensões para veículos médios são de 2,20 m de largura e 4,70 m de comprimento, com uma área de 10,34 m² para vaga normal e 13,64 m² para vaga PNE; e
- (iv) Rio de Janeiro - RJ, conforme o Decreto nº 52/1975, os locais para estacionamento ou guarda de veículos deverão ser dimensionados de modo a corresponder a cada veículo, com, no mínimo, 25 m² da sua área útil, e, conforme o Código de Obras e Edificações do Município, as vagas de estacionamento, quando projetadas, deverão possuir forma retangular, com 2,50 m de largura e 5 m de comprimento.

Ainda para o cálculo da área a ser destinada ao carregamento, faz-se necessário o conhecimento das dimensões do carregador. Considerando um carregador disponível no mercado com 2,022 m de largura e 1,5 m de comprimento, as dimensões de vagas definidas no Código de Obras e Edificações Município do Rio de Janeiro (vagas comuns - 2,5 m x 5,0 m) e sendo recarregado somente um veículo por vez, pode-se inferir as seguintes dimensões para as vagas destinadas ao carregamento dos veículos elétricos.

Figura 3: Esquema de Vaga Comum



VAGA COMUM

$$(2,5 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}) + \text{CARREGADOR}$$

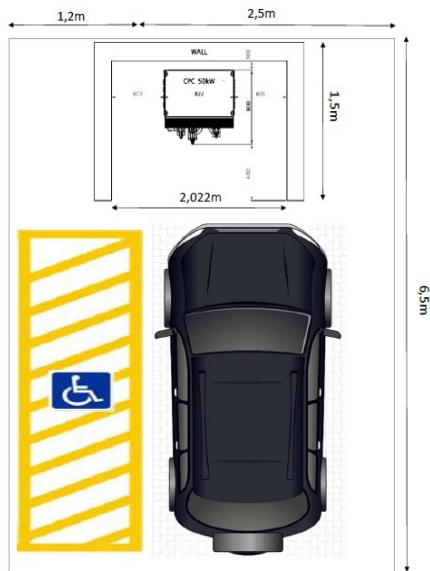
=

$$2,5 \times 6,5 = 16,25 \text{ m}^2$$

Fonte: Elaboração própria.

Por sua vez, considerando as dimensões definidas na ABNT 9050 para portadores de necessidades especiais (PNE), as seguintes dimensões são encontradas.

Figura 4: Esquema de Vaga PNE



VAGAS PNE

VAGA COMUM (2,5 m x 5,0 m) + 1,2m

= (3,7 m x 5,0 m) + CARREGADOR

=

3,7 m x 6,5 m = 24,05 m²

Fonte: Elaboração própria.

Assim, as dimensões das áreas para recarga são apresentadas na Tabela 4, abaixo.

Tabela 4: Dimensões da Área para Recarga

Vaga	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m ²)
Normal	2,5	6,5	16,25
Para PNE	3,7	6,5	24,05

Fonte: Elaboração própria.

2. *E-carsharing* público: localização dos eletropostos

O planejamento do *e-carsharing* público envolve uma série de decisões, dentre elas a interação entre a localização, a quantidade e o tamanho das estações. Assim, a abordagem utilizando dados empíricos de mobilidade, modelos de tráfego, grupos de usuários e padrões de uso indicam uma distribuição espacial de pontos de carregamento na cidade, o que corresponderá à previsão da demanda (HARDINGHAUS *et al.*, 2016).

Além disso, sabe-se que as localidades para implantação do sistema de *e-carsharing* devem ser escolhidas através da definição de critérios como a maior densidade das áreas onde as estações de compartilhamento de veículos estarão localizadas, a proximidade com transportes públicos eficientes, a disponibilidade para determinados grupos sociodemográficos (por exemplo, pessoas mais jovens, com maior nível de escolaridade e de classe média alta) e proximidade a áreas empresariais, pois estes locais são considerados polos geradores de viagens (PGVs). Vale destacar que um PGV é definido como um local ou uma instalação capaz de produzir inúmeras viagens (BECKER *et al.*, 2017; HU *et al.*, 2018; LIN *et al.*, 2020; PORTUGAL e GOLDNER, 2003).

Desta forma, foram realizadas análises qualitativas, baseadas na visão científica, e quantitativas dos possíveis locais de instalação de carregadores, de acordo com os dados disponibilizados pelo Indicador Global de Volumes (IGVOL), obtido da média mensal dos principais pontos de corredores estruturais e arteriais, conforme a classificação viária adotada pela Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro (CET-RIO).

2.1. Delimitação geográfica

Esta pesquisa foi aplicada na cidade do Rio de Janeiro, por estar localizada na Região Sudeste, a mais importante região industrial, comercial e financeira do país, responsável por mais de 50% do PIB brasileiro, além de consumir 85% do total da energia elétrica do Brasil. A escolha da cidade do Rio de Janeiro baseia-se no seu grande número de pontos turísticos, o que pode incentivar os usuários a utilizarem os serviços de compartilhamento de veículos elétricos.

A delimitação geográfica de operação do sistema de *carsharing* é definida através da classificação dos possíveis pontos de localização dos eletropostos. Em um primeiro momento, são classificados os bairros como melhores candidatos à instalação de um ponto de recarga seguindo os critérios de (i) IDH por região administrativa (última medição 2010 Instituto Pereira Passos), (ii) população local (projeção 2020 fonte Data Rio), (iii) quantidade aproximada de mercados, supermercados e hortifrutis (Google Maps), (iv) quantidade de shoppings centers (Página TripAdvisor), (v) pontos turísticos (Página Rio20) e (vi) pontos com lojas de uma determinada empresa de locação de veículos, que cedeu os dados de sua operação.

Foi realizada, então, uma análise qualitativa dos indicadores gerais de volume – IGVOL da CET-RIO do ano de 2019, para um panorama geral dos fluxos de veículos nas principais vias da cidade. Além disso, pôde ser observado que as questões relativas à insegurança em algumas localidades da cidade do Rio de Janeiro é um fator de alta relevância e que deve ser considerado no estudo. Os dados relativos à insegurança foram extraídos do site do Instituto de Segurança Pública do Estado do Rio de Janeiro (ISP, 2020).

Para analisar de forma integrada os critérios descritos acima, foi utilizado o método SMARTER (*Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings*) multicritério de apoio à decisão, proposto por Edwards e Barron (1994). A escolha do método em questão se justifica pela visualização dos bairros em forma de *ranking*.

Adicionalmente, o método não necessita de entrevistas na fase de definição de preferências (como o método AHP - *Analytic Hierarchical Process*) e facilita a definição de preferências, diminuindo a subjetividade do problema.

Além disso, foram encontrados trabalhos na literatura utilizando o método SMARTER para decisão de localização de instalações de serviços, podendo ser feita uma adaptação para o estudo de localização dos eletropostos na pesquisa em questão. No método, os critérios são organizados por ordem de preferência (ROC Weights) e seus pesos calculados da seguinte forma:

$$w_k = \left(\frac{1}{k}\right) \sum_{i=1}^k \frac{1}{i} \text{ sendo } w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_k \quad (1)$$

A utilidade multiatributo é calculada como:

$$U(a) = \sum_j w_j u_j(a) \quad (2)$$

Resumidamente, os pesos são calculados com base na ordem de preferência do critério (fórmula 1). Para se calcular a utilidade multiatributo, multiplica-se o peso de cada critério pelo valor observado ponderado do critério correspondente do bairro analisado. Lembrando que a ponderação das observações de cada critério é realizada ao se atribuir a nota 1 ao valor mais alto, a exceção é a criminalidade, que atua de forma inversamente proporcional (o menor valor receberá nota 1). Os critérios e seus respectivos pesos, obtidos pela expressão (1), são estabelecidos na Tabela 5, abaixo.

Tabela 5: Ordenação e Peso dos Critérios Adotados

Critérios	Peso (w)	Fonte
Insegurança	0,370	ISP (2020)
Turismo	0,228	Rio 20 (2020)

IDH	0,156	IPP (2010)
Lojas de aluguel de veículos	0,109	Base Movida (2020)
Shoppings centers	0,073	TripAdvisor (2020)
Mercados, supermercados e hortifrutis	0,044	Google Maps (2020)
População	0,020	Data Rio (2020)

Fonte: Elaboração própria.

Esta ordenação dos critérios foi estabelecida considerando a insegurança como o principal deles, devido ao elevado número de registros de ocorrências no Estado. Além disso, a ordenação se baseou em estudos de comportamento do consumidor de *e-carsharing* realizados em outros países, por exemplo EUA e Europa, que descrevem a renda (atrelada ao IDH), a densidade populacional e a utilização do serviço para distâncias curtas e finalidades específicas, como idas a mercados, shoppings e pontos turísticos. Por fim, considerou-se, também, a localização de uma loja de aluguel de veículos no bairro, por se tratar de uma empresa com experiência no mercado.

Para o cálculo de utilidade de cada bairro candidato a um ponto de recarga, foi adotada a regra do método SMARTER de ponderação. Por exemplo, para o bairro com maior concentração de shoppings centers (Barra da Tijuca com dez shoppings), foi atribuída nota 1 e, para as demais localidades, uma nota proporcional (Gávea com um shopping com nota $1/10 = 0,1$ e assim sucessivamente para todas as localidades candidatas). Para o critério de pontos turísticos, além da sua quantidade nos bairros candidatos, foi considerado um estudo científico de mineração de dados, que verificou os locais mais marcados da cidade no aplicativo Foursquare, atribuindo pontuação adicional àqueles com as maiores citações.

A Figura 5, abaixo, mostra os dez pontos da cidade com os maiores *check-ins* no aplicativo Foursquare em maio de 2017.

Figura 5: Localidades com maiores *check-ins* no aplicativo Foursquare

Order	Name	Category	Rating	Check-ins
1	Pedra do Arpoador	Scenic lookout	9.70	25,534
2	Morro da Urca	Mountain	9.70	13,117
3	Morro do Pão de Açúcar	Mountain	9.60	35,854
4	Igreja e Mosteiro de São Bento	Church	9.60	2,949
5	Mirante do Leblon	Scenic lookout	9.50	10,812
6	Vista Chinesa	Scenic lookout	9.50	6,614
7	Cristo Redentor	Monuments and landmarks	9.40	41,181
8	Forte de Copacabana	Military base	9.40	22,355
9	Mureta da Urca	Scenic lookout	9.40	10,335
10	Parque das Ruínas	Historic Site	9.40	6,619

Fonte: Costa *et al.* (2019).

Após a aplicação do método, o ranking com os 15 bairros candidatos é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Ranking com os 15 bairros candidatos

RANKING	BAIRROS
1	Copacabana
2	Urca
3	Botafogo
4	Leme
5	Leblon

6	Tijuca
7	Ilha do Governador
8	Laranjeiras
9	Barra da Tijuca
10	Campo Grande
11	Centro+Lapa
12	Flamengo
13	Jardim Botânico
14	Catete
15	Ipanema

Legenda de cores

	Zona Sul
	Região Central
	Zona Oeste
	Zona Norte

Fonte: Elaboração própria.

Observando a Tabela 6, percebe-se que dez dos quinze bairros estão situados na Zona Sul, representados por Copacabana, Urca, Botafogo, Leme e Leblon, entre os cinco primeiros bairros candidatos, além de Laranjeiras, Flamengo, Jardim Botânico, Catete e Ipanema. Ademais, foram identificados os bairros Tijuca, Ilha do Governador, Barra da Tijuca, Campo Grande e a região central (representada por Centro e Lapa).

Para este estudo, mesmo tendo sido ranqueada na décima primeira posição, a região central, por apresentar uma concentração comercial e empresarial e grande fluxo de pedestres, e a Zona Sul foram definidas como local para a instalação dos carregadores.

De acordo com o exposto na Tabela 6, ainda restaram os bairros Tijuca, Ilha do Governador, Barra da Tijuca e Campo Grande como possíveis candidatos a estações de compartilhamento. A Tijuca possui uma alta densidade populacional, diversos centros comerciais e algumas estações de metrô, inclusive próximas a shoppings, facilitando a conexão com outros bairros.

Segundo Stillwater *et al.* (2009), os sistemas de compartilhamentos são mais utilizados em áreas urbanas mais densas e que dispõem de sistema de transporte público eficiente. Além disso, Lin *et al.* (2020) afirmam que locais próximos à estação de metrô, a centros comerciais e com alto volume de tráfego são boas opções para a estação de compartilhamento de carros.

No bairro da Ilha do Governador está localizado o Aeroporto Internacional Tom Jobim e, de acordo com Portugal e Goldner (2003), os aeroportos são considerados PGVs com potencialidade de criar impactos no tráfego e no transporte.

Já a Barra da Tijuca, localizada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, é caracterizada pelo alto padrão de vida dos seus habitantes e um dos únicos bairros que possuem condomínios com centros comerciais, escolas, igrejas, bibliotecas e restaurantes. Além dessas facilidades, a maioria dos condomínios possui transporte privado para deslocamento dos moradores entre as diversas regiões da cidade, o que pode não ser um estímulo à utilização de veículos compartilhados.

Campo Grande, assim como a Barra da Tijuca, faz parte da Zona Oeste e tem como principal característica a extensão territorial. O bairro está inserido em uma região periférica da cidade e a distância até o centro do Rio de Janeiro é de cerca de 50 km, o que torna o local quase que outra cidade, já que municípios da região metropolitana apresentam menos ou até a mesma distância. Apesar de possuir uma grande densidade populacional, o maior número de centros comerciais (mercados, supermercados, hortifrutis e shoppings centers) e um IDH próximo a de bairros como Tijuca e Glória, um dos critérios para se pensar na utilização de um serviço de veículo compartilhado é o fluxo ou a intensidade de tráfego em Campo Grande.

Neste sentido, foi realizada uma análise geral do fluxo de veículos nas localidades listadas na Tabela 6, a partir dos indicadores IGVOL (2020), e o resultado foi resumida no Tabela 7, a seguir.

Tabela 7: Análise do fluxo de veículos por localidade

	LOCALIDADES	VALORES IGVOL (100.000)
BAIRROS	ILHA DO GOVERNADOR	35,93
	CAMPO GRANDE	37,87
	TIJUCA	40,34
	BARRA DA TIJUCA	84,29
REGIÕES	ZONA SUL	193,88
	CENTRO	502,87

Fonte: Elaboração própria.

Esta análise considerou as médias do fluxo de sentido ao bairro, de outubro de 2018 a dezembro de 2019 somadas à cada região de interesse, como, por exemplo, fluxos com sentido à Copacabana somados ao Fluxo da Zona Sul. Pode ser observado que as regiões sul e central possuem os maiores fluxos de chegada de veículos comparadas com as demais regiões, foram recomendadas como prioritárias para instalação dos pontos de recarga dos veículos elétricos.

Por exemplo, a Zona Sul, que, nos dados do IGVOL, só possui três dos dez bairros que constam no ranking, apresentou mais de cinco vezes o volume de tráfego medido para a Ilha do Governador ou Campo Grande. Além disso, é possível identificar que a região central possui o maior volume de tráfego (mais de 500.000), o que corrobora com a escolha desta localidade para a instalação do *e-carsharing*.

2.2. Análise de dados de tráfego

O primeiro passo para compreender o comportamento dos usuários de *e-carsharing* é a obtenção de dados, que pode ocorrer de várias maneiras, como através de sensores e radares, de câmeras de tráfego ou da sua participação em pesquisas (ALENCAR *et al.*, 2019).

Além disso, sabe-se que a análise dos dados de tráfego e de infraestrutura rodoviária de uma cidade permite definir as regiões onde estão localizados os polos geradores de viagens (PGVs) e, assim, ser possível entender como os usuários se deslocam. Deste modo, é necessário o aprofundamento da análise do comportamento da demanda para a realização de estudos de definição dos locais de instalação das estações de locação e dos carregadores.

Contudo, a obtenção destes dados ainda é um desafio, pois são altamente sensíveis à privacidade e apenas algumas empresas têm acesso. Desta maneira, estudos preliminares foram desenvolvidos a partir da análise dos dados de demanda dos indicadores IGVOL, disponibilizados pela CET-RIO no site da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (2019). Estes dados mensuram o volume de tráfego em alguns pontos da cidade, indicando quais podem ter maior demanda para utilização do serviço de compartilhamento de veículos.

De acordo com os dados, as vias de acesso que possuíram o maior tráfego, no período de outubro de 2018 a dezembro de 2019, são a Avenida Brasil, com uma média de 317 mil veículos por mês, seguida por Túnel Rebouças (147 mil veículos/mês), Linha Vermelha (127 mil veículos/mês) e Linha Amarela (116 mil veículos/mês). A partir destas informações, foi possível perceber que Avenida Brasil é o principal eixo de articulação da cidade do Rio de Janeiro, ligando o Centro à Zona Oeste e servindo, também, de via de ligação da Zona Oeste ao Centro e à Zona Sul, com a Linha Vermelha e a Linha Amarela como as suas principais vias de acesso.

É importante ressaltar que, com os dados obtidos pelo IGVOL, verifica-se que cerca de 25% do tráfego de veículos está localizado nos bairros da Zona Sul e Centro, o que corrobora com o estudo realizado através do método multicritério em que estas regiões estão entre os quinze primeiros bairros candidatos à instalação do *e-carsharing* público.

3. Considerações finais

Este documento teve como objetivo identificar os possíveis locais de instalação dos pontos de recarga para um serviço de compartilhamento de veículos elétricos na cidade do Rio de Janeiro. Neste sentido, foram apresentados conceitos sobre o compartilhamento de veículos, bem como os resultados do estudo desenvolvido sobre o potencial de demanda para utilização de um serviço de *e-carsharing* e do estudo sobre o arranjo físico necessário à instalação de eletropostos (conjunto carregador + área de estacionamento). Além disso, foram definidos os principais modelos de operação do serviço de *carsharing* existentes.

Porém, como na cidade do Rio de Janeiro ainda não existe um sistema de *e-carsharing* público, esta pesquisa foi baseada apenas nos modelos de operação *one-way* e *round trip*, pois os modelos *free-floating* e *free-floating zone* apresentam altos custos de operação, reparo e limpeza, o que pode não ser interessante para um primeiro projeto de *e-carsharing* na cidade.

Diante deste contexto e considerando que a implantação de sistemas de compartilhamentos de veículos elétricos depende diretamente da infraestrutura de recarga para ter sucesso, foi apresentado um estudo sobre as localidades candidatas para a instalação dos eletropostos na cidade do Rio de Janeiro. Este estudo partiu de uma análise multicritério (SMARTER), considerando o IDH, as atrações turísticas, a densidade populacional e a quantidade de mercados, supermercados, hortifrutis, shoppings centers, bem como a localização de lojas de locação de veículos.

Além disso, foram considerados os aspectos de insegurança que existem em algumas localidades da cidade, visto que este critério é um fator de alta relevância para a definição dos possíveis locais candidatos à instalação dos eletropostos.

Por fim, o estudo apontou a região da Zona Sul como a principal candidata à instalação dos pontos de recarga, seguida pelos bairros Tijuca, Ilha do Governador, Barra da Tijuca e Campo Grande. Apesar destes bairros terem sido bem colocados

no resultado do método multicritério, a Região Central foi escolhida como um dos locais candidatos para a instalação junto com a Zona Sul, por possuir alta concentração comercial e empresarial, grande fluxo de pedestres e a maior projeção de demanda de usuários que poderão utilizar serviços de *carsharing* nas próximas décadas.

Referências

- ABNT 9050 (2004). *Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos* Accessibility to buildings, equipment and the urban environment. Número de referência ABNT NBR 9050:2004. 97 páginas.
- Alencar, V. A.; Rooke, F.; Cocca, M.; Vassio, L.; Almeida, J.; Vieira, A. B. (2019). Characterizing client usage patterns and service demand for car-sharing systems. *Information Systems*. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.101448>.
- Balac, M.; Ciari, F.; Axhausen, K. W. (2015). Carsharing demand estimation: Zurich, Switzerland, area case study. *Transportation Research Record*, v. 2563, n. 1, p. 10-18.
- Barros, L. S. S. (2017). *Compartilhamento de carros elétricos: Análise de incertezas em iniciativas públicas de mobilidade urbana*. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção. São Paulo – SP.
- Barth, M.; Todd, M.; Xue, L. (2004). User-based vehicle relocation techniques for multiple-station shared-use vehicle systems. *Transportation Research Record*, pp. 137-144.
- Base Movida (2020). Dados enviados pela MOVIDA em 2020.
- Becker, H.; Loder, A.; Schmid, B.; Axhausen, K.W. (2017). Modeling car-sharing membership as a mobility tool: A multivariate Probit approach with latent variables. *Travel Behav. Soc.*, 8 (2017), pp. 26-36, 10.1016/j.tbs.2017.04.006.
- Boyaci, B.; Zografos, K. G.; Geroliminis, N. (2015). An optimization framework for the development of efficient one-way car-sharing systems. *European Journal of Operational Research* 240 (2015) 718–733. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2014.07.020>.
- Boyaci, B.; Zografos, K. G.; Geroliminis, N. (2017). An integrated optimization-simulation framework for vehicle and personnel relocations of electric carsharing systems with reservations. *Transportation Research Part B: Methodological*, v. 95, pp. 214-237.
- Brendel, A. B.; Lichtenberg, S.; Brauer B.; Nastjuk, I.; Kolbe, L. M. (2018). Improving electric vehicle utilization in carsharing: A framework and simulation of an e-carsharing vehicle utilization management system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. V. 64, pp. 230-245.

Caldeira, A. (2021). Número de eletropostos, no Brasil, cresce 50,8%, neste ano Disponível em: <https://mobilidade.estadao.com.br/inovacao/numero-de-eletropostos-no-brasil-cresce-508-neste-ano/>. Acesso em: 31/08/2021.

CET-RIO, Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro (2019). Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/>.

Ciari, F.; Bock, B.; Balmer, M. (2014). Modeling station-based and free-floating carsharing demand: Test case study for Berlin. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Transportation Research Board of the National Academies, n. 2416, pp. 37-47.

Costa, P. F. *et al.* (2019). Strategy for extraction of four square's social media geographic information through data mining. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 25, n. 1.

Cramer, J.; Krueger, B. (2016). Disruptive change in the taxi business: the case of uber. *Amer. Econ. Rev.* 106 (4), pp. 177-182.

CSA, Carsharing Association (2020). Disponível em: <https://carsharing.org/about>. Acesso em: 26/07/2020.

Edwards, W.; Barron, F. H. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved simple methods for multi attribute utility measurement. *Organizational behavior and human decision processes*, v. 60, n. 3, pp. 306-325.

Fagnant, D. J.; Kockelman, K. M. (2014). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 40, pp. 1-13.

FGV Energia (2017). Carros elétricos. Disponível em https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/caderno_carros_eletricos-fgv-book.pdf. Acesso em: 10/08/2020.

Google Maps - Consulta ao site em agosto de 2020.

Hardinghaus, M.; Blumel, H.; Seidel, C. (2016). Charging infrastructure implementation for EVs - the case of Berlin. *Transportation Research Procedia* 14 (2016) 2594-2603. doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.410.

He, L.; Mak, H. Y.; Rong, Y.; Shen, Z. J. M. (2017). Service region design for urban electric vehicle sharing systems. *Manuf. Service Oper. Manage.* 19 (2), pp. 309–327. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1287/msom.2016.0611>.

Hu, S.; Chen, P.; Lin, H.; Xie, C.; Chen, X. (2018). Promoting carsharing attractiveness and efficiency: an exploratory analysis. *Transport. Res. Transport Environ.*, 65 (2018), pp. 229-243, 10.1016/j.trd.2018.08.015.

Huang, K.; Correia, G. H. A.; Na, K. (2018). Solving the station-based one-way carsharing network planning problem with relocations and non-linear demand. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 90, pp. 1-17. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X18302511>.

Illgen, S.; Hock, M. (2019). Literature review of the vehicle relocation problem in one-way car sharing networks. *Transportation Research Part B*, Elsevier Ltd.

INL (2015). *The EV Project /Fee Models for Publicly Accessible Charging*.

Instituto Data Rio de Administração Pública. Disponível em <https://www.data.rio/datasets/ba877d53302346eca990a47c99e15f74>. Consultado em: agosto de 2020.

ISP, Instituto de Segurança Pública. Disponível em: <https://www.ispvisualizacao.rj.gov.br:4434/Monitoramento.html>. Acesso em: 01/12/2020.

IPP, Instituto Pereira Passos. Dados disponíveis em: <https://www.data.rio/datasets/%C3%ADndice-de-desenvolvimento-humano-idh-por-ordem-decrescente-dos-munic%C3%ADpios-do-estado-do-rio-de-janeiro-em-1991-2000-2010>. Consultado em: agosto de 2020.

Kohl, N. et al. (1999). 2-path cuts for the vehicle routing problem with time windows. *Transportation Science*, v. 33, n. 1, pp. 101-116.

Leclerc, B.; Trépanier, M.; Morency, C. (2013). Unraveling the Travel Behavior of Carsharing Members from Global Positioning System Traces. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 2359(-1):59-67. DOI: 10.3141/2359-08.

- Lin, M.; Huang, C.; Xu, Z. (2020). MULTIMOORA based MCDM model for site selection of car sharing station under picture fuzzy environment. *Sustain Cities Soc.*, 53 (2020), p. 101873, 10.1016 / j.scs.2019.101873.
- Loeb, B.; Kockelman, K. M.; Liu, J. (2018). Shared autonomous electric vehicle (SAEV) operations across the Austin, Texas network with charging infrastructure decisions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 89, pp. 222-233.
- Luca, S. D.; Pace, R. D. (2015). Modelling users' behavior in inter-urban carsharing program: A stated preference approach. *Transportation Research Part A*, pp. 59-76.
- Nakamura, H.; Uchida, A.; Managi, S. (2019). Relationship between community-sharing of new personal transportation and local residents' daily life consciousness. *Econ. Anal. Policy* 61.
- Nikolaos-Fivos, G.; Konstantinos N. G.; Christos S. I. (2018). Analysis of potential demand and costs for the business development of an electric vehicle sharing service *Sustainable Cities and Society*. V. 42, pp. 148-161.
- Nitschke, L. (2020). Reconstituting automobility: The influence of non-commercial carsharing on the meanings of automobility and the car. *Sustainability*. V. 12, Issue 17, Article number 7062.
- Nourinejad, M. (2014). *Dynamic Optimization Models for Ridesharing and Carsharing*. Dissertação de Mestrado. University of Toronto. Canadá.
- PDTU (2003). Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em https://setrerj.org.br/wp-content/uploads/2017/07/175_pdtu.pdf. Acesso em: 01/09/2020.
- Pizzol, H. O. D. (2015). *Proposição de uma escala para mensuração do consumo colaborativo: compreendendo o compartilhamento de bens e a sua relação com os valores pessoais*. Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

Portugal, L. S.; Goldner, L. G. (2003). Estudo de Polos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes. X Ed., Edgard Blucher LTDA., Rio de Janeiro, Brasil.

CET-RIO, Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro (2019). Disponível em: http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/.7033801/4261923/IGVOL_ACUMULADOATESETEMBRODE2019AtualizacaoNOV2019.pdf. Acesso em: 01/09/2020.

Rio +20 (2012). Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável realizada no RJ. Disponível em: <http://www.rio20.gov.br/clientes/rio20/rio20/rio/pontos-turisticos.html>. Consultado em: agosto de 2020.

Shaheen, S. A.; Cohen, A. P.; Roberts, J. (2006). Carsharing in North America: Market growth, current developments, and future potential. *Transp. Res. Rec.*, 1986, pp. 116-124.

Shaheen, S. A.; Cohen, A. P. (2013). Carsharing and personal vehicle services: worldwide market developments and emerging trends. *Int. J. Sustainable Transp.* 7, pp. 5-34.

Shaheen, S. A., Chan, N. D., Micheaux, H. (2015). One-way carsharing's evolution and operator perspectives from the Americas. *Transportation*, Springer, v. 42, n. 3, pp. 519-536.

Shaheen, S. A.; Martin, E.; Totte, H. (2019). Zero-emission vehicle exposure within U.S. carsharing fleets and impacts on sentiment toward electric-drive vehicles. *Transport Policy*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.09.008>.

Silva, F. R. (2019). Caracterizando sistemas de compartilhamento de veículos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais - MG.

Stillwater, T.; Mokhtarian, P.; Shaheen, S. (2009). Carsharing and the built environment: Geographic information system-based study of one us operator. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Transportation Research Board of the National Academies, n. 2110, pp. 27-34.

TripAdvisor - Site de viagens. Disponível em https://www.tripadvisor.com.br/Attractions-g303506-Activities-c26-t143-Rio_de_Janeiro_State_of_Rio_de_Janeiro.html. Consultado em: agosto de 2020.

Webb, J. (2019). The future of transport: Literature review and overview. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.01.002>. Economic Society of Australia, Queensland.

Toda a produção acadêmica e científica do GESEL está disponível no site do Grupo, que também mantém uma intensa relação com o setor através das redes sociais Facebook e Twitter.

Destaca-se ainda a publicação diária do IFE - Informativo Eletrônico do Setor Elétrico, editado deste 1998 e distribuído para mais de 10.000 usuários, onde são apresentados resumos das principais informações, estudos e dados sobre o setor elétrico do Brasil e exterior, podendo ser feita inscrição gratuita em <http://cadastro-ife.gesel.ie.ufrj.br>

GESEL – Destacado think tank do setor elétrico brasileiro, fundado em 1997, desenvolve estudos buscando contribuir com o aperfeiçoamento do modelo de estruturação e funcionamento do Setor Elétrico Brasileiro (SEB). Além das pesquisas, artigos acadêmicos, relatórios técnicos e livros – em grande parte associados a projetos realizados no âmbito do Programa de P&D da Aneel – ministra cursos de qualificação para as instituições e agentes do setor e realiza eventos – work shops, seminários, visitas e reuniões técnicas – no Brasil e no exterior. Ao nível acadêmico é responsável pela área de energia elétrica do Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento do Instituto de Economia (PPED) do Instituto de Economia da UFRJ

ISBN: 978-65-86614-60-2

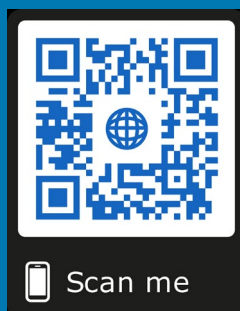
SITE: gesel.ie.ufrj.br

FACEBOOK: [facebook.com/geselufrj](https://www.facebook.com/geselufrj)

TWITTER: twitter.com/geselufrj

E-MAIL: gesel@gesel.ie.ufrj.br

TELEFONE: (21) 3938-5249
(21) 3577-3953



Versão Digital

ENDEREÇO:

UFRJ - Instituto de Economia.
Campus da Praia Vermelha.

Av. Pasteur 250, sala 226 - Urca.
Rio de Janeiro, RJ - Brasil.
CEP: 22290-240