

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE
NOVAS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE NO BRASIL: O CASO DO
COMPARTILHAMENTO DE CARROS NO RIO DE JANEIRO

André Borges Randolpho Paiva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2018

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE
NOVAS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE NO BRASIL: O CASO DO
COMPARTILHAMENTO DE CARROS NO RIO DE JANEIRO

André Borges Randolpho Paiva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof^a. Suzana Kahn Ribeiro, D.Sc.

Prof Ronaldo Balassiano, Ph.D.

Dr^a. Elizabeth Cristina da Rocha Lima, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
FEVEREIRO DE 2018

Randolpho Paiva, André Borges

Procedimento Metodológico para Avaliação Preliminar de
Novas Alternativas de Transporte no Brasil: O Caso do
Compartilhamento de Carros no Rio de Janeiro/ André Borges
Randolpho Paiva. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

XIV, 94 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de
Engenharia de Transportes, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 82-94.

1. Introdução. 2. Tendências da Mobilidade Urbana. 3.
Mobilidade Compartilhada. I. Ribeiro, Suzana Kahn. II.
Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de
Engenharia de Transportes. III. Título.

Dedico este trabalho ao grande engenheiro, pessoa, e acima de tudo um amado e incansável pai que me ensinou a viver. Quem dera pudesse apenas mais uma vez te ver.

Dedico também à minha mãe, que na missão de ser pai e mãe não deixa nada a desejar. Com tanto amor e carinho, consegue sempre me confortar.

Agradecimentos

Agradeço à minha mãe, que busca sempre atender minhas necessidades da melhor maneira possível, e que assim como fez meu pai, continua me guiando pelos caminhos da vida. Apesar de não ser uma pessoa tão expressiva sentimentalmente, quero que saiba o quanto lhe tenho amor.

À minha família, por todo suporte, apoio, carinho e afinidade que nos juntou nessa jornada para cuidar do nosso mais precioso tesouro que sempre norteou de forma exemplar nossa família, minha avó Marilda.

À minha companheira de todos os momentos durante esse mestrado, Isabela Farha, que não se importou em dividir parte de meu tempo com fins de semana imersos nos estudos. Mais que isso, sempre me incentivou e se manteve com a mesma dedicação, carinho e amor desde o início.

Muita gratidão ao universo ter colocado em meu caminho a Professora Suzana, que durante esses dois anos me orientou de forma impecável, admiro muito sua inteligência, capacidade de expressar suas ideias e de passa-las a mim, muito obrigado. Não poderia faltar aqui junto à Suzana, um agradecimento especial à mãe Beth, que foi como uma coorientadora para mim no Fundo Verde. Tenha certeza que absorvi tudo que podia de sua inteligência e perspicácia durante nosso convívio, espero poder reviver nossos cafés da tarde ocasionalmente. E agradeço às duas a confiança de poder trabalhar junto no Fundo Verde e na elaboração de artigos, experiências que com certeza me fizeram crescer como pessoa e profissional.

Ao Eduardo Lacerda, que aceitou ser meu parceiro de trabalhos acadêmicos além do mestrado, e que tanto me auxiliou na ferramenta de SIG para elaboração deste.

Aos professores do PET por realizarem um ótimo trabalho em formar engenheiros de transportes capacitados para (pelo menos tentar) exercer a função de forma a beneficiar o bem-estar da sociedade. E principalmente ao Ronaldo Balassiano por aceitar fazer parte da minha banca, pois com certeza trará valiosas observações para o trabalho.

À turma de 2016 do mestrado do PET, que permaneceu unida durante o trajeto das disciplinas, contribuindo para a maximização do nosso aprendizado. E à Berta, minha veterana, que sempre me ajudou quando solicitado.

Aos amigos de longa data e os mais recentes, são todos muito importantes para o meu bem-estar e me dão força para continuar buscando novos desafios. Tenham certeza que mesmo perto ou longe, meu afeto por vocês não se altera diante das circunstâncias.

À Jane e dona Helena por realizarem um excelente trabalho, e estarem sempre dispostas a ajudar quando precisei.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida, e a todos envolvidos direta ou indiretamente para a obtenção do título de mestre.

Por fim, agradeço à vida, sempre me abrindo novas oportunidades e me mostrando que vale a pena viver.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE
NOVAS ALTERNATIVAS DE TRANSPORTE NO BRASIL: O CASO DO
COMPARTILHAMENTO DE CARROS NO RIO DE JANEIRO

André Borges Randolpho Paiva

Fevereiro/2018

Orientadora: Suzana Kahn Ribeiro

Programa: Engenharia de Transportes

Este trabalho explora os conceitos e tendências da mobilidade urbana e da mobilidade compartilhada, constatando que o setor de transporte passa por transformações nas tecnologias e nos modelos de negócios, de forma acelerada e disruptiva. Os três principais fatores que norteiam essas tendências são: as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), a economia compartilhada e a eletrificação dos veículos. Diante desse cenário, novas alternativas de mobilidade urbana se tornam importantes ferramentas de políticas de transporte, em um cenário em que as cidades demandam cada vez mais de soluções sustentáveis para o bem-estar da população. Com isso em mente, esse trabalho desenvolve uma metodologia para o auxílio ao planejamento de transportes e a tomada de decisão em relação às novas alternativas de mobilidades urbana, com a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) que garante a facilidade de visualização e agilidade na execução do estudo. Além disso, a metodologia é aplicada ao estudo de caso do compartilhamento de carros na cidade do Rio de Janeiro, demonstrando ser uma ferramenta eficaz para a tomada de decisão ao indicar previamente os locais em que a nova alternativa apresentará os melhores níveis de serviço.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

METHODOLOGICAL APPROACH FOR PRELIMINARY EVALUATION OF NEW
ALTERNATIVES OF URBAN MOBILITY IN BRAZIL: CASE STUDY ON
CARSHARING IN RIO DE JANEIRO

André Borges Randolpho Paiva

February/2018

Advisor: Suzana Kahn Ribeiro

Department: Transport Engineering

This work explores the concepts and tendencies of urban mobility and shared mobility, finding that the transport sector undergoes transformations in technologies and business models, in an accelerated and disruptive pace. There are three main factors guiding these trends: Information and Communication Technologies (ICT), shared economy and vehicles electrification. Given this scenario, new urban mobility alternatives become important transport policy tools, in a scenario in which cities increasingly demand sustainable solutions for the population well-being. With this in mind, this work develops a methodology to help transportation planning and decision-making on new urban mobility alternatives, with the use of Geographic Information System (GIS) that guarantees the ease of visualization and agility to the work. In addition, the methodology is applied on the case study of car sharing in the city of Rio de Janeiro, proving to be an effective tool for decision making by previously indicating the places where the new alternative will present the best levels of service.

Sumário

1. Introdução	1
1.1. Apresentação do tema e objeto de estudo.....	1
1.2. Descrição do problema de pesquisa.....	4
1.3. Hipóteses e premissas do estudo	5
1.4. Objetivos: Geral e Específico	6
1.5. Justificativa.....	6
1.6. Estrutura do documento.....	8
2. Tendências da Mobilidade Urbana	10
2.1. Mobilidade Urbana Sustentável.....	13
2.2. Políticas de transporte sustentável.....	18
2.3. Mobilidade como Serviço.....	21
2.4. Tecnologia Veicular	25
2.4.1. Veículos Elétricos.....	26
2.4.2. Veículos Autônomos	32
2.5. Considerações Finais do Capítulo	38
3. Mobilidade Compartilhada	40
3.1. Economia Compartilhada	40
3.2. Modelos de Mobilidade Compartilhada	44
3.3. Análise dos Benefícios da Mobilidade Compartilhada nas Cidades	47
3.3.1. Compartilhamento de Bicicletas.....	47
3.3.1.1. Benefícios Econômicos	47
3.3.1.2. Benefícios Ambientais.....	48
3.3.1.3. Benefícios na Saúde e Segurança	49
3.3.1.4. Impactos no Uso do Carro e Transporte Público.....	50
3.3.2. Compartilhamento de carros.....	53
3.3.2.1. Impactos Ambientais	54
3.3.2.2. Impactos no Uso do Carro e Transporte Público.....	56

3.4.	Considerações Finais do Capítulo	57
4.	Desenvolvimento da Metodologia Proposta e Aplicação na Cidade do Rio de Janeiro	59
4.1.	Abordagem e Considerações da Metodologia	59
4.2.	Desenvolvimento da Metodologia.....	60
4.2.1.	Passo 1: Caracterização da Área de estudo	61
4.2.2.	Passo 2: Obtenção de Dados.....	61
4.2.3.	Passo 3: Processamento dos Dados e Geração de Mapas Temáticos	64
4.3.	Análise dos Resultados e Recomendações Para a Tomada de Decisão	65
4.4.	Aplicação da Metodologia: Estudo de Caso do Rio de Janeiro.....	66
4.4.1.	Passo 1: Caracterização da Cidade do Rio de Janeiro	66
4.4.2.	Passo 2: Obtenção dos Dados de Compartilhamento na Literatura e Dados Domiciliares do IBGE	71
4.4.3.	Passo 3: Processamento dos Dados e Geração de Mapas Temáticos	73
4.4.4.	Análise dos Resultados e Recomendações Para a Tomada de Decisão	77
5.	Conclusões e Recomendações	79
	Referências Bibliográficas	82

Lista de Figuras

Figura 1-1: Estrutura da dissertação.....	9
Figura 2-1: Elementos interagindo na mobilidade urbana.....	11
Figura 2-2: Opções de mobilidade no futuro.	22
Figura 2-3: Linha do tempo da tecnologia de bateria de carro.....	27
Figura 2-4: Evolução de custo e densidade energética da tecnologia de bateria para veículos elétricos.	28
Figura 2-5: Esquema de possíveis interações dos veículos elétricos com a rede elétrica.....	30
Figura 2-6: Participação de renováveis na matriz elétrica brasileira.....	31
Figura 2-7: Potencial de variação no consumo de energia com AV.....	38
Figura 3-1: Número de bicicletas em sistemas compartilhados em todo mundo....	44
Figura 3-2: Número de usuários e veículos de sistemas de carro compartilhado em todo mundo.....	45
Figura 3-3: Abrangência dos serviços de carro compartilhado para mobilidade urbana.....	46
Figura 3-4: Ferimentos de todos os tipos, cidades com SCB e cidades sem SCB (Controle).	50
Figura 3-5: Estimativa da redução do uso do carro e uso de veículos para suporte do sistema.	52
Figura 4-1: Sequência dos passos da proposta metodológica.....	60
Figura 4-2: Etapas da obtenção de dados.....	62
Figura 4-3: Localização do município do Rio de Janeiro em meio à RMRJ.	67
Figura 4-4: Tipologia de renda por modo de transporte agregado.	69

Figura 4-5: Divisão de macrozonas feita para o PDTU 2012.	71
Figura 4-6: Exemplo de planilha com dados trabalhados.	73
Figura 4-7 – % domicílios com um morador no Rio de Janeiro.	74
Figura 4-8 – Densidade domiciliar.	75
Figura 4-9 – % de pessoas entre 18 e 60 anos.	76
Figura 4 -10 – Renda média por domicílio.	77

Lista de Tabelas

Tabela 2-1: Contraste entre abordagens no planejamento de transporte.....	16
Tabela 2-2: Resumo dos sistemas de MaaS.....	24
Tabela 3-1: Exemplos de atividades de economia compartilhada de acordo com a taxonomia de Botsman e Rogers (2011).....	42
Tabela 3-2: Exemplos de atividades de economia compartilhada de acordo com a taxonomia de Schor (2014).....	43
Tabela 3-3: Requisitos mínimos para nível de serviço do compartilhamento de carro.....	53
Tabela 3-4: Características demográficas de membros do compartilhamento de carro.....	54
Tabela 3-5: Redução da emissão de acordo com parcela inativa dos usuários.....	55
Tabela 3-6: Impacto do carro compartilhado na mobilidade local	57
Tabela 4-1: Exemplos de indicadores aplicáveis ao estudo.	63
Tabela 4-2: Requisitos mínimos para nível de serviço do compartilhamento de carro que serão utilizados no estudo.....	72
Tabela 4-3: Características sociodemográficas de membros do compartilhamento de carro que serão utilizadas no estudo.....	72

Lista de Quadros

Quadro 2-1: Definição dos 6 níveis de automação SAE.....	33
Quadro 2-2: Potenciais para impactos de AV nas emissões.	36
Quadro 4-1: Informações para caracterização da região de estudo.....	61
Quadro 4-2: Divisão modal na região metropolitana do Rio de Janeiro.....	68
Quadro 4-3: Tempos médios de viagem por modo na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.	70

1. Introdução

1.1. Apresentação do tema e objeto de estudo

A humanidade busca sempre manter o ambiente em que vive em condições de melhor qualidade de vida, e algumas tendências da nossa sociedade apresentam desafios para o desenvolvimento sustentável das nações. O aumento da população mundial projetada para o decorrer do século, a projeção de maior população urbana para o mesmo período e a grande parcela de consumo de combustíveis fósseis são exemplos desses desafios comuns, e a comunidade internacional se mobiliza na criação de objetivos de médio e longo prazo para garantir o desenvolvimento sustentável global, a partir de iniciativas regionais e locais.

Neste contexto, a mobilidade das pessoas nas cidades vem se tornando um grande desafio na agenda dos governos (em âmbito local, regional e nacional) nas últimas décadas, e continuará a ser nas décadas seguintes. O contínuo fluxo de emissão dos gases do efeito estufa (GEE) pela humanidade causou, e continuará causando, o aquecimento do planeta e mudanças de longa duração no sistema climático, resultando no aumento de eventos climáticos com impactos negativos às pessoas e aos ecossistemas (IPCC, 2014). E o principal gás responsável pelo aquecimento global é o dióxido de carbono (CO₂), muito presente nas emissões dos veículos do setor de transporte. Atualmente o setor é responsável por aproximadamente 32% do consumo energético do Brasil e por cerca de 46% das emissões de CO₂ equivalente associadas à matriz energética do país (EPE, 2016).

Grande parte das emissões diretas de CO₂ do transporte rodoviário de passageiros no Brasil é decorrente da queima de combustíveis fósseis no uso do transporte individual nas cidades. Apesar da divisão modal das cidades brasileiras com mais de 60 mil habitantes apresentar números semelhantes entre transporte individual motorizado (31%) e o transporte público coletivo (29%), o transporte individual é responsável por 76% do consumo de combustíveis e 66% das emissões diretas de CO₂ (ANTP, 2016).

Além dos desafios ambientais, o setor de transporte tem grande responsabilidade econômica e social. Do ponto de vista da população, o transporte representa boa parte das despesas das famílias brasileiras, a Pesquisa de Orçamentos Familiares aponta que 19,6% dos gastos são destinados ao transporte no Brasil (IBGE, 2010). Já do ponto de vista

governamental, parte da infraestrutura de transporte é financiada pelo governo, o que representou em média 0,51% do PIB entre 2001 e 2008 no Brasil (BERTUSSI E ELLERY JR., 2012).

Os dados apresentados explicitam grandes desafios nos três eixos da sustentabilidade (ambiental, econômico e social) para o setor no Brasil, que levam à necessidade da promoção da mobilidade sustentável nas cidades brasileiras. A mobilidade sustentável pode ser definida como a provisão de serviços e infraestrutura para a mobilidade de pessoas e carga de maneira segura, economicamente viável, acessível, eficiente e resiliente, promovendo o desenvolvimento social e econômico e ao mesmo tempo minimizando os impactos ambientais (ONU, 2016).

O recente avanço das tecnologias de informação e comunicação (TIC) tem permitido a criação de novos modelos de negócios e políticas de transporte que podem funcionar como ferramentas para o alcance dos objetivos da mobilidade sustentável. Pode-se dizer que o setor de transporte está em processo de profunda mudança pela introdução de novas tecnologias e modelos de negócios (MANYIKA et al., 2013), principalmente nas cidades, onde a mobilidade elétrica, compartilhada e autônoma já faz parte da estratégia e da agenda de investimento das grandes montadoras de veículos.

Essas mudanças tecnológicas e de modelos de negócios no setor estão promovendo um novo jeito de se entender a mobilidade urbana, que passa a ser vista como um serviço independentemente do modo utilizado. A Mobilidade como Serviço (MaaS, sigla em inglês para Mobilidade como Serviço) é um conceito recente e consiste na compra do serviço de mobilidade pelo consumidor, e não mais a compra dos meios para o transporte (KAMARGIANNI et al., 2016).

Não é difícil de se observar que, no Brasil, o poder executivo e legislativo não têm conseguido acompanhar a velocidade com que novas tecnologias de mobilidade penetram nos grandes centros urbanos. Para ilustrar, não se pode deixar de citar o caso do serviço prestado através de aplicativos para smartphones Uber, lançado no Rio de Janeiro e em São Paulo, em maio e junho de 2014, respectivamente (WIKIPÉDIA, 2017). Apesar da grande adesão de usuários do sistema no Brasil, ainda existem em julho de 2017 três projetos de lei que estão em tramitação no Senado para tratar da regulamentação e

organização dos sistemas de mobilidade privada individual a partir de provedores de rede de compartilhamento (AGÊNCIA SENADO, 2017).

Neste contexto, as novas alternativas de mobilidade são desenvolvidas e implantadas principalmente em países desenvolvidos, onde os recursos para novas tecnologias estão mais disponíveis do que nos países em desenvolvimento como o Brasil. No entanto, já é perceptível que nos grandes centros urbanos brasileiros são identificados problemas relacionados à mobilidade das pessoas, que enfrentam grandes tempos de viagem, poluição do ar, violência do trânsito, desigualdade de condições de mobilidade, dentre outros (ALEXANDRE, 2014).

Além do mais, modelos tradicionais de planejamento de transporte, como por exemplo o modelo de quatro etapas, que não têm a sensibilidade necessária para analisar a demanda por viagens de novas alternativas de mobilidade, pois a implantação destas envolve variáveis demográficas e o comportamento das pessoas em reação à nova tecnologia ou modelo de negócio introduzido, como por exemplo os novos modelos de negócio que acompanham o conceito de economia compartilhada. O modelo de quatro etapas consiste em análise e previsão da demanda por transporte do local, compatibilizando essa demanda com a oferta de transporte, alocando essas estimativas de fluxo para diferentes modos de transporte na rede de transporte da região. Enquanto que a economia compartilhada é constituída por práticas comerciais que possibilitam o acesso a bens e serviços, sem que haja, necessariamente, a aquisição de um produto ou troca monetária (BOTSMAN e ROGERS, 2011), criando condições de redução de uso dos recursos naturais, além de viabilizar o acesso a alguns bens e serviços às camadas mais pobres da sociedade.

Desta forma, este estudo se concentrará em propor uma ferramenta metodológica para o planejamento de transporte e tomadores de decisão no Brasil, que irá permitir uma avaliação simples e eficaz da viabilidade de novas alternativas de mobilidade nas cidades brasileiras como instrumentos de política de transporte. A ferramenta será utilizada com o estudo de caso realizado na cidade do Rio de Janeiro para o compartilhamento de carros, do qual serão obtidas análises e conclusões sobre a eficácia da mesma.

1.2. Descrição do problema de pesquisa

A mobilidade urbana tem experimentado grandes mudanças recentemente, justificadas pela preocupação da sociedade em manter um desenvolvimento sustentável. O transporte impulsiona o desenvolvimento, liga as pessoas, conecta comunidades locais com o mundo, constrói mercados e facilita comércio. Por sua vez, o transporte sustentável impulsiona o desenvolvimento sustentável, fundamental para atender as necessidades das pessoas em suas vidas pessoais e econômicas, respeitando a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades (ONU, 2016). Nesse sentido, a mobilidade urbana é extremamente importante para que as nações alcancem todos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e do Acordo de Paris, em 2015.

O Secretário Geral da ONU criou um grupo de especialistas para reunir diretrizes que podem auxiliar no cumprimento dos ODS no setor de transporte. O grupo estabelece nesse relatório (ONU, 2016) dez orientações às nações, com enfoque nos três aspectos do desenvolvimento sustentável (desenvolvimento social, impactos ambientais e crescimento econômico), e ainda abordando as questões de governança, capacitação, financiamento e tecnológicas. A ideia que norteia o documento é a de que o transporte significa o acesso das pessoas a todas as suas necessidades, portanto tem grande destaque no alcance dos ODS.

Existem diversas formas de se promover a mobilidade sustentável, desde políticas de incentivo ao transporte coletivo, melhoria da eficiência energética dos veículos, até instrumentos de política de transporte que trazem novas alternativas tecnológicas e de modelos de negócios, como por exemplo a mobilidade compartilhada, gerenciamento da demanda (através de taxas de circulação, política de estacionamento), plataformas de carona, incentivo à mobilidade não motorizado, melhores opções de integração no transporte público, entre outros.

As cidades brasileiras enfrentam hoje desafios no caminho da mobilidade sustentável, como por exemplo a rápida taxa de crescimento da frota de automóveis entre a década de 90 e de 2000, como consequência de um período de crescimento econômico e de poder aquisitivo do brasileiro (ALEXANDRE, 2010). Aliado aos fatores econômicos, o baixo nível de serviço do transporte público em seus diversos atributos,

tais como a insegurança, grande tempo de deslocamento, falta de conforto e baixa confiabilidade, contribuíram para que a população migrasse do transporte público para o privado (ALEXANDRE, 2014).

Nesse contexto, a dificuldade de locomoção imposta pela mobilidade urbana nas metrópoles brasileiras, devido à inexistência de sistemas públicos e coletivos capazes de se contrapor ao desejo pelo transporte individual e privado, segundo Nascimento (2012), é um fator gerador de enormes “deseconomias” urbanas. Nascimento (2012) exemplifica o caso da metrópole do Rio de Janeiro, onde a distância entre a periferia e as áreas mais centrais é a maior do Brasil e a perda produtiva devido ao tempo gasto no transporte equivale a 26% da massa de renda apropriada pelos trabalhadores. Ou seja, o aumento da eficiência da mobilidade urbana (com a introdução de novas tecnologias e políticas de transporte sustentável) poderia contribuir consideravelmente com a redução da pobreza, desigualdade e das emissões de CO₂.

O contexto local muitas vezes apresenta diferenças que podem alterar as análises dos instrumentos da política de transporte estudados, gerando a necessidade de investigação e avaliação desses instrumentos para a realidade das cidades brasileiras.

1.3. Hipóteses e premissas do estudo

Esta pesquisa se embasa nas seguintes premissas: (i) as nações que buscam o desenvolvimento sustentável têm em sua agenda a necessidade de implantar diferentes instrumentos de política de transporte, que quando estudados, geram dados e análises disponíveis na literatura, permitindo a avaliação e potencial de adaptação em outros locais; (ii) as cidades brasileiras apresentam uma base de dados uniforme através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de forma que uma metodologia aplicada utilizando os dados do IBGE é replicável para todas as cidades do Brasil; (iii) A economia compartilhada segue ganhando força no século XXI como uma forte tendência econômica impulsionada e viabilizada pelas TIC.

E a principal hipótese deste estudo é de que o uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode ser uma ferramenta base para a tomada de decisão em relação às novas alternativas de mobilidade em meio urbano, através de cruzamento de dados sociodemográficos e simples análise espacial.

1.4. Objetivos: Geral e Específico

O Objetivo principal deste trabalho é propor uma metodologia para avaliação preliminar de novas alternativas de mobilidade urbana no Brasil, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão quanto ao uso de instrumentos de políticas de transporte. Diante do contexto das nações na busca pelo desenvolvimento sustentável, novas alternativas de mobilidade sustentável vêm crescendo rapidamente, e com essa pesquisa espera-se contribuir para que as cidades brasileiras consigam se adaptar e maximizar os possíveis benefícios desses instrumentos de política de transporte.

Espera-se atingir o objetivo geral através dos seguintes objetivos específicos:

- Conceituar, definir e investigar as tendências da mobilidade urbana, de forma a justificar a necessidade de uma metodologia para avaliação de novas alternativas de mobilidade em meio urbano;
- Conceituar, definir e investigar a economia compartilhada, dando ênfase na mobilidade compartilhada como forma de dar embasamento teórico e subsidio de dados para aplicação da metodologia proposta no estudo de caso;
- Embasar, justificar e detalhar a construção da metodologia proposta (inspirada em Prskawetz et al., 2002), de tal maneira que a avaliação de novas alternativas de mobilidade permita o auxílio ao planejamento de transporte e tomada de decisão, de acordo com as especificidades sociodemográficas do local;
- Aplicar a metodologia proposta para a alternativa de compartilhamento de veículos na cidade do Rio de Janeiro, verificando a exequibilidade da metodologia e identificando vantagens e desvantagens que permitam aprimoramentos futuros.

1.5. Justificativa

O acordo estabelecido na Conferência das Nações Unidas sobre Mudança Climática em Paris (COP-21), em 2015, traz grandes desafios em relação às metas de desenvolvimento sustentável, nos quais o setor de transporte tem enorme relevância. Depois de um longo período em que não houve grandes mudanças no setor de transporte, o início do século XXI está sendo marcado como um ponto de mudança de paradigma na história do setor. Conceitos mais recentes têm sugerido que o planejamento de transporte

gradualmente deslocou sua atenção da mobilidade para a acessibilidade (MODARRES, 2017).

As cidades atraem cada vez mais as pessoas, seduzidas pelas oportunidades e grande diversidade de atividades que elas oferecem, fato que acaba se tornando um desafio para governo e instituições em geral (IPCC, 2014). Entretanto, a tecnologia da informação e comunicação (TIC) tende a auxiliar as cidades a prestar serviços de forma mais eficiente e de melhor qualidade. Diante de grande crescimento do número de smartphones (espera-se chegar a 3 bilhões em 2017) e de máquinas conectadas (espera-se que 90% dos carros em 2025 tenham tecnologia de comunicação com os serviços das cidades), criam-se ambientes em que muitos serviços oferecidos pelas cidades estão conectados entre si e os usuários (WORLD ECONOMIC FORUM, 2014), e essas cidades passam a ser reconhecidas como cidades inteligentes. E a mobilidade urbana está se mostrando como um dos primeiros serviços a se desenvolver e mudar, diante das novas tecnologias.

O avanço tecnológico está viabilizando também o crescimento da economia compartilhada, e as pessoas estão cada vez mais vendo a mobilidade como um serviço, ao invés obter a posse de automóveis para tal. Esse fenômeno é um dos fatores que estão incentivando a ruptura do setor, junto com a eletrificação e automação dos veículos. Essa confluência de fatores disruptivos na mobilidade já faz total sentido quando se analisa os problemas enfrentados pelas cidades brasileiras, como pôde ser observado na descrição do problema de pesquisa, e faz mais sentido ainda se considerarmos que a população tende a crescer e se concentrar cada vez mais no ambiente urbano.

O modo como se faz política de transporte está também sofrendo alterações, com novos modelos de negócios e alternativas de mobilidade sustentável crescendo nas cidades inteligentes do futuro. E, principalmente, os países mais desenvolvidos estão liderando esse movimento, através de pesquisa e incentivo a empresas de tecnologia altamente capacitadas. As principais montadoras de veículos do mundo não estão ignorando essa quebra de paradigma, e também estão investindo e se adaptando ao novo ambiente criado (e em constante evolução).

Assim sendo, o Brasil pode se beneficiar da experiência já vivenciada desse período de implementação e experimentação de novos instrumentos política de transporte

dos países desenvolvidos, como por exemplo os sistemas de mobilidade compartilhada. Entretanto, é necessário avaliar e adaptar as novidades para o contexto das cidades brasileiras, e este trabalho propõe uma metodologia para tal, de acordo com as características sociodemográficas, sejam elas quantitativas ou qualitativas, do local de estudo.

A escolha do estudo de caso reflete o grande interesse do município do Rio de Janeiro em licitar uma concessão de sistema de compartilhamento de veículos na cidade, através do Edital de Concorrência (CEL/PRÓPRIOS/CN-05/2016), que foi aberto em 2016 (MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, 2016). O sistema de compartilhamento requer relativamente menor investimento em infraestrutura por conta da evolução da tecnologia da informação e tem o prazo de implantação reduzido, se mostrando como uma boa alternativa de redução das emissões e alternativa ao uso do carro privado pelas pessoas.

1.6. Estrutura do documento

Como forma de introduzir o tema da mobilidade urbana e identificar as tendências futuras, no capítulo 2 serão observados os conceitos sobre o tema, a relação da sustentabilidade com a mobilidade, a disponibilidade de ferramentas de política de transporte que podem ser aplicados pela metodologia proposta no trabalho, além de um aprofundamento no novo conceito de Mobilidade como Serviço e nas tecnologias veiculares que são tendência na mobilidade urbana.

O capítulo 3 irá se aprofundar na ferramenta de política de transporte utilizada para a aplicação da metodologia proposta nesse trabalho, a mobilidade compartilhada. O objetivo desse capítulo consiste em fornecer informações sobre o compartilhamento e dados da literatura científica associados aos impactos da mobilidade compartilhada nas cidades. As informações obtidas formarão uma importante base teórica para análise dos resultados, enquanto que os dados disponíveis na literatura irão alimentar a ferramenta metodológica proposta.

Já o quarto capítulo trata da descrição e aplicação da metodologia proposta, aplicando-a no município do Rio de Janeiro para análise preliminar do potencial da mobilidade compartilhada na cidade. Serão feitas também uma contextualização da mobilidade na cidade e a visualização georreferenciada dos dados agregados por bairros,

permitindo uma análise espacial simples, porém, eficiente e facilitadora para se chegar às conclusões.

Por fim, o capítulo 5 conclui esse trabalho, trazendo os principais pontos observados ao longo da revisão da literatura, análise crítica sobre os resultados obtidos através da aplicação da metodologia, além de propor recomendações de futuros trabalhos que possam dar continuidade à linha de pesquisa aqui abordada.

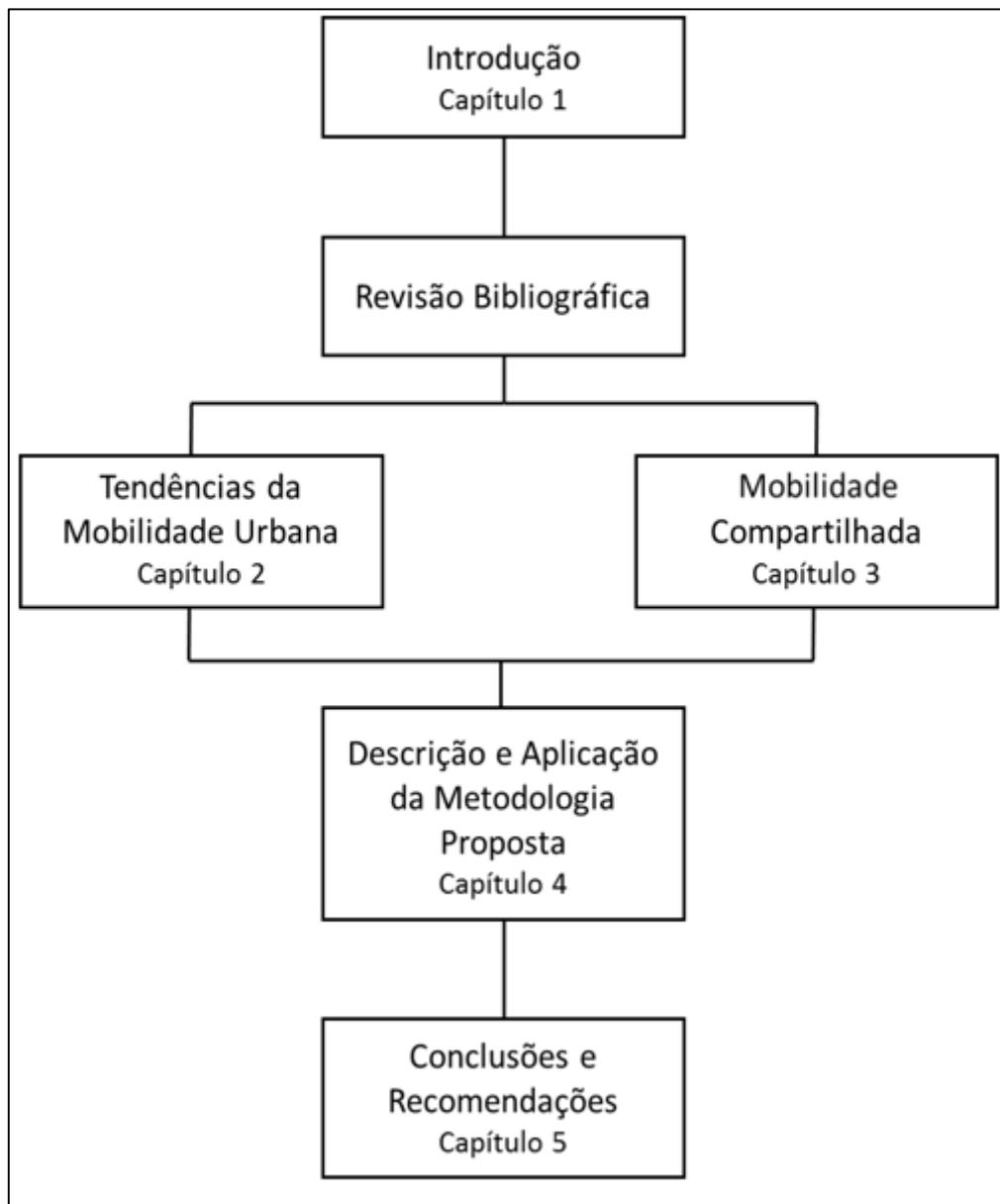


Figura 1-1: Estrutura da dissertação.
FONTE: Elaboração Própria.

2. Tendências da Mobilidade Urbana

O objetivo deste capítulo é identificar as principais tendências da mobilidade urbana disponíveis na literatura, como forma de coletar informações valiosas sobre como o setor de transporte está lidando com o conceito de desenvolvimento sustentável aplicado na mobilidade urbana, e como as políticas de transporte estão sendo direcionadas para permitir a sua aplicação nas cidades. Para o melhor entendimento do trabalho, primeiro é necessário buscar algumas definições básicas sobre o tema, além de contextualizá-lo em âmbito nacional, de forma que o trabalho se desenvolva com uma linha de raciocínio clara e objetiva.

A mobilidade urbana pode ser expressa como a facilidade de deslocamento das pessoas nas cidades, de forma que estas têm a necessidade de acesso às atividades que permitem o seu desenvolvimento, como educação, emprego, saúde, lazer (ZEGRAS, 2005). Essas atividades (ou oportunidades) estão distribuídas nas cidades, geralmente obedecendo um ordenamento que concentra boa porcentagem das oportunidades em determinadas áreas, como por exemplo a zona central de negócios, comumente chamada no Brasil de centro da cidade. Nesse contexto, as viagens não são vistas como uma atividade em si, mas sim um meio de acessar essas oportunidades que geram valor para as pessoas (BANISTER, 2008). Já o conceito de acessibilidade envolve (entre outros conceitos) a possibilidade que as pessoas têm de desenvolver essas atividades, podendo ser presencialmente ou até à distância. Ou seja, pode existir acessibilidade, sem necessariamente existir o deslocamento, como no caso do trabalho à distância, conhecido em inglês como “Home Office”. E o conceito mais abrangente de acessibilidade envolve ter uma cidade acessível a todos, devendo-se respeitar a diversidade física e sensorial entre as pessoas e as modificações pelas quais passa o corpo humano, da infância à velhice.

É papel das cidades prover a infraestrutura e serviços de transporte para conectar as pessoas ao seu destino, na forma de serviços públicos ou privados, individuais ou coletivos. Os usuários devem ter à sua disposição esses serviços e infraestrutura para decidir da melhor forma como se deslocar aos locais de suas atividades, e geralmente, esse processo envolve um custo que o indivíduo está em capacidade de assumir, ou não, de acordo com as próprias características socioeconômicas (GONZALEZ, 2016). Desta forma, também se conclui que cada indivíduo possui uma capacidade de acesso às

atividades da cidade, definida muitas vezes pelas suas condições físicas e fatores psicológicos, praticando a mobilidade caracterizada pela escolha do modo de transporte, horário e destino para realizar a viagem.

Ao longo do século XX, as cidades se desenvolveram e cresceram de forma complexa e, muitas vezes, desordenada. Junto com esse desenvolvimento surgiram muitos desafios para o planejamento urbano, de forma que hoje não se pode solucionar os problemas urbanos separadamente como a forma tradicional, e disseminou-se internacionalmente um processo de planejamento mais integrado, onde as questões de uso do solo e mobilidade são entendidas de uma forma mais ampla. A mobilidade urbana surge como um novo conceito, que faz parte de um conjunto de sistemas urbanos, se contrapondo à antiga denominação do planejamento de transportes, e ainda o conceito de planejamento associado aos transportes é ampliado, incorporando as visões de infraestrutura, circulação e transporte público associados a questões de uso do solo, meio ambiente, entre outros aspectos (MAGAGNIN E SILVA, 2008; ONU, 2016). A figura 2-1 ilustra de forma mais clara todos elementos do recente conceito de mobilidade urbana, destacando-se os diferentes atores e suas especificidades.

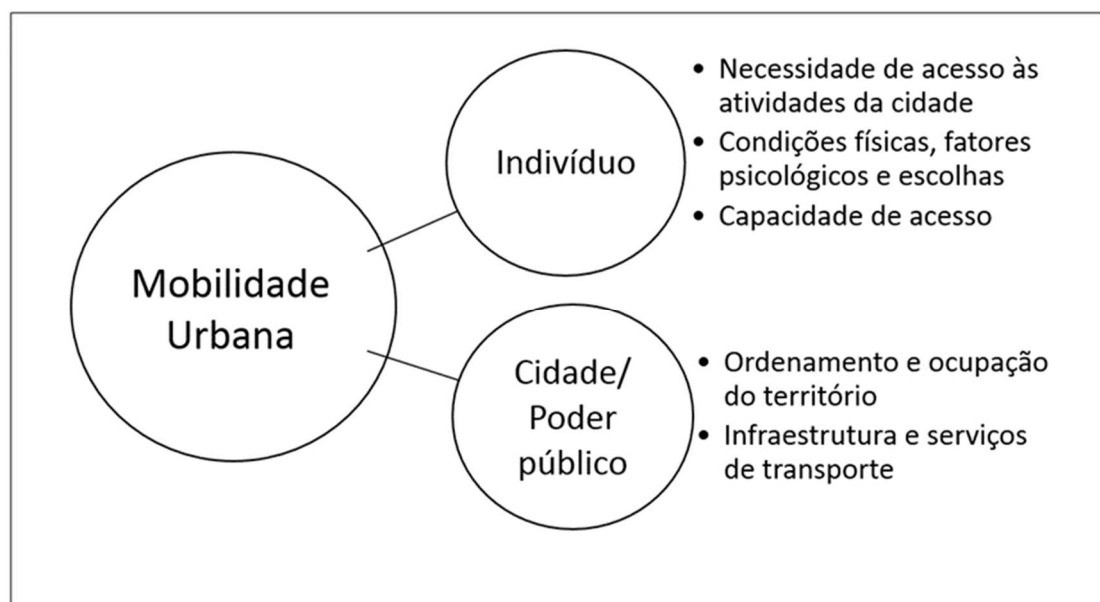


Figura 2-1: Elementos interagindo na mobilidade urbana.

FONTE: Adaptado de Magagnin e Silva (2008).

Ao longo do último século o modo rodoviário ganhou grande atenção das políticas públicas, direcionando investimentos em infraestrutura para melhorar características como a acessibilidade de veículos rodoviários e a velocidade de escoamento dos carros, induzindo ainda mais essa modalidade. Ademais, o foco das políticas de transporte apenas

na infraestrutura e não no planejamento urbano de forma articulada, gerou deficiências na estrutura urbana como a necessidade de longas viagens pendulares, efeito causado por usos especializados e segregados do solo (ZHANG et al., 2012; MELLO, 2015). Nesse contexto, o setor de transporte se desenvolveu em grande parte na utilização do veículo privado como o ideal de mobilidade urbana, incentivando também a indústria automobilística, que gerou riqueza e promoveu o desenvolvimento de muitas nações.

Todas essas condições desfavoráveis de mobilidade influenciam diretamente na qualidade de vida das pessoas, pois aumentam os custos do sistema (tanto os que são diretamente valorados quanto aqueles que são indiretamente valorados), afetando os indivíduos em questões como, por exemplo, maiores tempos de viagem, dinheiro gasto em transporte, perda de conforto, redução das oportunidades, violência no trânsito; e também afetando a cidade na forma de congestionamentos, poluição, detrimento do solo (METZ, 2000; RITSEMA VAN ECK et al., 2005; STEG E GIFFORD, 2005; SPINNEY et al, 2009; CARSE, 2011). Além disso, a nível global, o modo tradicional de desenvolvimento do setor também afeta significativamente o uso de energia e emissão de gases do efeito estufa. Para ilustrar a importância do setor em relação ao uso energético e das emissões, seu gasto representa 28% do consumo energético e 20% da emissão de CO₂ em todo o mundo (IEA, 2014; IEA, 2016). Tamanha contribuição do setor aliado aos anseios dos objetivos de desenvolvimento sustentável das nações faz com que a mobilidade sustentável seja prioridade nas políticas atuais de transporte.

No Brasil, o Governo Federal através do Ministério das Cidades criou orientações para o deslocamento de pessoas e cargas, e passou a tratar os transportes urbanos como parte de um Sistema de Mobilidade Urbana a partir de 2003 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2015), mais completo e mais voltado ao desenvolvimento urbano sustentável. E só a partir de 2012 foi criada a Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU, instituída pela Lei n. 12.587/2012 (BRASIL, 2012), que cumpre o papel de orientar, instituir diretrizes para a legislação local (municípios) e regulamentar a política de mobilidade urbana da Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana. Também conhecida como a Lei da Mobilidade Urbana, traz consigo a constatação do fim de um modelo que demonstrou ser insuficiente para tratar da necessidade de deslocamento, que apresenta cada vez mais complexidade e grande impacto no planejamento urbano. Além disso, a mobilidade passou a ser reconhecida como um direito

social de todo cidadão brasileiro, garantido pela constituição federal através de emenda constitucional 90/15 (BRASIL, 2015).

Por fim, com os problemas evidenciados decorrentes do modelo tradicional de planejamento de transporte, aliados à necessidade de desenvolvimento sustentável impulsionado pela crescente preocupação com as mudanças climáticas, percebe-se que o setor de transporte vive uma mudança de paradigma: a mobilidade sustentável. O planejamento de transporte acompanha essa tendência, evidenciada através de novas políticas de transporte sustentável e novos serviços de mobilidade, viabilizados em grande parte por novas tecnologias de informação e comunicação. As seções subsequentes deste capítulo se aprofundarão na literatura da mobilidade urbana sustentável, de políticas de transporte sustentável e nas tecnologias que permitem as quebras de paradigma do setor, como forma de melhor entender e se aprofundar na tendência de sustentabilidade na mobilidade.

2.1. Mobilidade Urbana Sustentável

Da mesma forma que foi introduzido no início deste capítulo o conceito de mobilidade urbana, esta seção se inicia com a definição do conceito de mobilidade sustentável. De acordo com a ONU (2016), a mobilidade sustentável representa a disponibilidade de serviços e infraestrutura voltada à mobilidade de pessoas e cargas, de maneira a garantir avanço econômico e social em que se beneficiam as gerações atuais e futuras, de maneira segura, acessível, eficiente e resiliente; ainda minimizando as emissões de carbono e outros poluentes, e qualquer tipo de impacto ambiental. Na maioria dos trabalhos científicos, os autores tendem a assumir uma equivalência entre os termos de transporte sustentável e mobilidade sustentável (COSTA, 2008).

A definição proposta pela ONU satisfaz a explicação do conceito de modo mais geral, porém, a literatura científica se aprofunda mais no conceito, definindo a mobilidade sustentável como aquela que permite a satisfação das necessidades básicas de acesso e desenvolvimento de indivíduos, empresas e sociedade, de forma segura e compatível com a saúde humana e do ecossistema, e promove a equidade entre gerações e dentro das mesmas; é acessível economicamente, opera eficientemente, possibilita a eleição do modo de transporte e suporta uma economia dinâmica e o desenvolvimento regional; e limita as emissões e resíduos em função da capacidade do planeta de absorvê-los, utiliza

recursos renováveis a um ritmo inferior ou igual a sua renovação, e, utiliza os recursos não renováveis a um ritmo inferior ou igual ao desenvolvimento de substitutos renováveis e minimiza o uso de solo e a geração de ruído. (EUROPEAN COMMUNITIES, 2003; DALKMANN E BRANNIGAN, 2007; HULL, 2008; MACHADO, 2010; MIRANDA E DA SILVA, 2012).

Essa extensa e abrangente definição se alinha com o conceito de desenvolvimento sustentável proposto pela ONU, que em forma de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pretende alcançar as metas da Agenda 2030 e do acordo de Paris. Os ODS abrangem temas diversos do convívio e relacionamento humano, respeitando os direitos humanos e tentando diminuir as desigualdades que existem hoje, sendo elas entre nações ou nacionais. Dentre os objetivos, se destacam a erradicação da pobreza, da fome, educação de qualidade, igualdade de gênero, atendimento dos serviços básicos para todos, geração de energia limpa, busca por cidades sustentáveis, combate às alterações climáticas e mecanismos econômicos e jurídicos que permitam que os objetivos virem realidade.

O Secretário Geral da ONU criou um grupo de especialistas para reunir diretrizes que podem auxiliar as nações no cumprimento dos ODS no setor de transporte. O relatório trata a mobilidade como o acesso das pessoas às suas necessidades, atuando como facilitador para o alcance dos ODS, principalmente aqueles que têm maior relação com as cidades (ONU, 2016).

“O transporte não é um fim em si, mas sim um meio que permite acesso às pessoas para o que precisam: empregos, mercados e bens, interação social, educação e uma série de outros serviços que contribuem para uma vida saudável e completa.”
(ONU, 2016).

A definição de mobilidade sustentável aqui apresentada é amplamente aceita por conter em sua composição os três pilares da sustentabilidade: ambiental, social e econômico; promovendo o desenvolvimento dos indivíduos, e consequentemente, da sociedade (LITMAN, 2007). Nota-se grandes avanços na literatura, principalmente, no

sentido das políticas de redução de emissão dos gases do efeito estufa, com grandes consequências na abordagem da engenharia de transporte, mais especificamente no modo como se realiza o planejamento de transporte urbano.

Como contribuição à redução do uso de energia e das emissões no transporte, as políticas e práticas designadas para esse propósito se enquadram na abordagem “Avoid, Shift and Improve”, ou seja, “Evitar, Mudar e Melhorar” proposta por Dalkmann e Brannigan (2007). Políticas de “Avoid” abordam o uso de energia e emissões do transporte pela diminuição das viagens através de gerenciamento da demanda e planejamento urbano, e também avanços tecnológicos como, por exemplo, o tele trabalho. Políticas de “Shift” estimulam a mudança do transporte motorizado individual para modos de transporte energeticamente mais eficientes como, por exemplo, transporte público, deslocamento a pé, bicicleta e ferroviário de carga. E finalmente, políticas de “Improve” são atraentes quando a viagem motorizada se mostra inevitável, reduzindo então o consumo energético e as emissões em todos os modos de transporte através da introdução de combustíveis e veículos mais eficientes (IEA, 2013).

Banister (2008) estabelece estratégias nesse sentido, fazendo um paralelo entre a abordagem tradicional da mobilidade e o novo paradigma da mobilidade sustentável, como pode ser observado na Tabela 2-1. A mobilidade sustentável apresenta diversos elementos antagônicos à abordagem convencional do planejamento de transporte, incluindo aspectos sociais e agregando aos conceitos outra visão de cidade do que se tinha anteriormente. É notoriamente valorizada a acessibilidade e qualidade dos modos de transporte e dos aspectos que afetam a qualidade de vida dos cidadãos. Estudos apontam que essas mudanças no paradigma de planejamento requerem como fator crítico a interação entre as instituições e os cidadãos, além da necessidade da mudança comportamental da sociedade em questão (Banister, 2008; Hull, 2008).

Tabela 2-1: Contraste entre abordagens no planejamento de transporte.

Abordagem convencional – Planejamento e engenharia de transportes	Abordagem alternativa – Mobilidade sustentável
Dimensões físicas	Dimensões sociais
Mobilidade	Acessibilidade
Enfoque no tráfego, particularmente no automóvel	Foco nas pessoas, tanto em veículo como a pé
Escala regional	Escala local
Rua como uma via de tráfego rodoviário	Rua como ambiente
Transporte motorizado	Todos os modos de transporte através de hierarquização com pedestres e ciclistas no topo e veículos na base
Previendo o tráfego	Visão de cidade
Abordagens de modelagem	Desenvolvimento de cenários e modelagem
Avaliação econômica	Análise multicritério com considerações sociais, ambientais e econômicas
Viagem como atividade secundária	Viagem tanto como atividade de valor quanto como uma demanda derivada
Baseado na demanda	Gerenciamento da demanda
Aumentar a velocidade do tráfego	Diminuir a velocidade de movimento
Redução de tempos de viagem	Tempos de viagem razoáveis e confiabilidade no tempo de viagem
Segregação de tráfego e pessoas	Integração de pessoas e tráfego

FONTE: Banister (2008).

De acordo com Straatemeier (2008), o foco do planejamento urbano tradicional limitado ao desempenho do sistema de transporte, em detrimento do nível de acesso que ele provê, é uma fragilidade. O planejamento tradicional envolve indicadores como velocidade média do tráfego, nível de serviço da via, taxa de capacidade e oferta de estacionamentos (LITMAN, 2011), os quais indicam mobilidade e falham em considerar a acessibilidade (AZEVEDO FILHO E RODRIGUES DA SILVA, 2012).

Suzuki et al. (2013) ressaltam que a mobilidade sustentável passa pela concepção de cidades acessíveis que procuram reduzir as viagens por automóvel ou sua extensão, mudar para modalidades de transporte não motorizado e o público, e inovar com energias limpas nos veículos de transportes e tecnologias inteligentes como sistemas de informações oriundos de aplicativos, ou seja, em essência a mesma abordagem proposta por Dalkmann e Brannigan (2007). Nesse sentido, Litman e Brenman (2012) enfatizam que o planejamento amparado na acessibilidade amplia a gama de soluções possíveis para

o problema da sustentabilidade na mobilidade, pois pode envolver aspectos do uso do solo e da tecnologia da informação, além das medidas mais tradicionais que interferem no fluxo de deslocamentos.

Kawabata (2003) enfatiza já no começo da década de 2000, que começavam a tomar força alguns movimentos que buscam incentivar práticas cotidianas mais sustentáveis, como os modelos de crescimento urbano inteligente (smart growth) e do desenvolvimento orientado ao transporte público (transit oriented development – TOD), ambos dentro da lógica da habitabilidade, a qual defende o incremento no uso de modos não motorizados ou motorizados públicos e um uso do solo mais eficiente.

Nessa contextualização, dois enfoques são fundamentais – um relacionado com a adequação da oferta de transporte ao contexto socioeconômico (onde se enquadram medidas que associam a mobilidade ao desenvolvimento urbano e à equidade social) e outro relacionado com a qualidade ambiental (onde se enquadram a tecnologia e a escolha do modo de transporte a ser utilizado (MELLO, 2015). No aspecto social, Oliveira et al. (2012) evidenciam que o acesso ao espaço urbano precisa ser amplo e democrático, contribuindo para uma efetiva inclusão social. Em relação à importância da oferta de transportes adequada, Welch (2013) enfatiza que a garantia da equidade através da igualdade de oportunidades passa, necessariamente, por uma melhor distribuição dos serviços de transporte público para a população, principalmente nas cidades de países em desenvolvimento, onde o transporte público muitas vezes é a única maneira de se atingir as oportunidades de emprego. A disponibilidade de serviços de transporte mais confiáveis pode incrementar significativamente a condição econômica de muitas pessoas, e da mesma maneira, se os serviços de transporte se apresentarem através de novas tecnologias e alternativas de mobilidade limpas, os impactos ambientais podem ser mitigados em conjunto com aspectos sociais e econômicos.

Vale ressaltar, que além dos esforços descritos no sentido de se alcançar um conceito mais preciso e completo de mobilidade sustentável, há também neste trabalho uma busca pela identificação das medidas mais adequadas a serem contempladas no levantamento das condições de mobilidade existentes. Como resultado desse processo, emergem diversas políticas de transporte sustentável, o que exige comprometimento das partes interessadas (tomadores de decisão e sociedade) para envolver e desafiar as práticas atuais e pressioná-las para o aproveitamento real da mobilidade sustentável.

2.2. Políticas de transporte sustentável

Durante décadas, as políticas de transporte se concentraram em proporcionar mobilidade com base em transportes motorizados e melhorar a velocidade do tráfego (OCDE, 2002, HULL, 2008). Conceitos mais recentes têm mudado essa ideia, sugerindo que o planejamento de transporte gradualmente deslocou sua atenção da mobilidade para a acessibilidade (MODARRES, 2017). A urbanização e a motorização rápidas têm causado e exacerbado problemas relacionados aos transportes, e as recomendações de políticas devem ser específicas para cada contexto, pois não existe um modelo simples para todas as cidades (SANTOS et al., 2010). Apesar de que a mobilidade nas cidades dos países em desenvolvimento parece estar em um caminho cada vez mais insustentável (SANTOS et al., 2010), WRIGHT E FULTON (2005) argumentam que a participação dos modos de transporte público, ciclismo e caminhadas ainda são altos na divisão modal comparadas às nações desenvolvidas, portanto, a política nessas cidades precisa se concentrar em preservar a parcela de mercado dos modos de baixa emissão, em vez de alcançar uma mudança modal.

Os aspectos políticos para a mobilidade sustentável podem ser divididos amplamente em duas categorias principais: políticas físicas e políticas flexíveis (SANTOS et al., 2010). As políticas físicas incluem políticas com um elemento de infraestrutura física: transporte público, uso do solo, caminhadas e ciclismo, construção rodoviária e transporte de carga; e políticas flexíveis são objetivos não tangíveis para provocar mudança comportamental, informando os atores sobre as consequências de suas escolhas de transporte e potencialmente persuadi-las a mudar seu comportamento

Em relação às políticas físicas, os autores têm diferentes opiniões e conclusões sobre o desenvolvimento urbano e a sinergia dos transportes públicos, no entanto, o fato é que as políticas integradas de transporte e uso do solo foram implementadas com êxito em cidades de países em desenvolvimento (por exemplo, Curitiba, Bogotá e Cingapura) (GWILLIAM, 2003; MERCIER et al., 2016). Nesse sentido, uma política física em destaque nos países em desenvolvimento como o Brasil é o sistema Bus Rapid Transit (BRT), que pode desempenhar um papel importante para alcançar ambientes urbanos que não só promovam a mobilidade, mas também promovam formas urbanas mais eficientes, sustentáveis e socialmente justas (CERVERO, 2013). Os sistemas BRT estão sendo construídos em um ritmo acelerado em todo o mundo em desenvolvimento, devido aos

seus menores custos de investimento em relação aos modos ferroviários e seu período de construção relativamente curto.

O gerenciamento e o controle do estacionamento são outros exemplos de política física que, nos estágios iniciais, sempre tendeu a ser bastante reativa e bastante focada operacionalmente, sem ser vista em um contexto holístico de mobilidade/urbanismo (MINGARDO et al., 2015, p.278). E, mais recentemente, tornou-se parte da política geral de mobilidade urbana, atuando como um dos elementos das estratégias de gestão da demanda de transporte (PRESTON, 2008; MINGARDO et al., 2015; LITMAN, 2016). Uma política física importante a ser abordada aqui diz respeito à mobilidade não motorizada e à sua infraestrutura. Mobilidade a pé e de bicicleta podem desempenhar um papel fundamental para distâncias curtas. Melhorar a infraestrutura para modos não motorizados pode ajudar a torná-los mais seguros e atraentes. SANTOS et al. (2010) reuniram muitos estudos empíricos que sugerem benefícios para o meio ambiente, economia e saúde humana relacionados aos modos de transporte ativos.

As políticas flexíveis podem contribuir para a mudança de comportamento visando a mobilidade mais sustentável podem ser separadas basicamente em informações e mobilidade compartilhada. Há evidências que sugerem que as medidas de comunicação personalizadas são mais eficazes na mudança do comportamento de viagem das pessoas, especialmente na quebra do uso habitual do carro, do que as comunicações de massa não personalizadas (FUJII E GAERLING, 2007, p. 244), assim, os formuladores de políticas incorporaram estratégias de informação personalizada (CAIRNS et al., 2004). CAIRNS et al. (2004) e FUJII E TANIGUCHI (2006) encontraram evidências de que as viagens de carros pessoais foram reduzidas devido a essas estratégias na Austrália, Alemanha, Reino Unido e Japão.

A mobilidade compartilhada baseia-se no conceito de mobilidade como serviço, um novo conceito de mobilidade, onde o indivíduo não possui o veículo para usá-lo (e que será revisado na próxima seção desse capítulo). Esta alternativa tem crescido substancialmente na última década, impulsionada pela evolução das tecnologias da informação e da comunicação (TIC). Estudos realizados apontam benefícios econômicos, ambientais e sociais relacionados à mobilidade compartilhada, incluindo redução de custos, conveniência, encorajamento multimodal e a melhoria da acessibilidade do transporte público. A mobilidade compartilhada também pode ampliar a área de captação

do trânsito público, potencialmente desempenhando um papel fundamental na superação das lacunas nas redes de transporte existentes e pelo encorajamento de modalidades múltiplas, abordando a questão da última milha relacionada ao acesso ao trânsito público (SHAHEEN E COHEN, 2013). O benefício também pode ser visto na forma de estímulo às pessoas a aumentar a parcela do transporte não motorizado (ZHAN et al., 2016).

Outra política flexível que se beneficia dos avanços em TIC é o sistema de carona. A carona eleva a taxa de ocupação no transporte privado, particularmente na viagem de passageiros, incentivando os motoristas que viajam para locais de trabalho próximos uns dos outros para compartilhar um veículo diariamente ou semanalmente. Este modo de transporte pode ser apropriado, principalmente, para grandes empresas e universidades, pois diferentes pessoas que viajam pela mesma rota ao mesmo tempo podem ser encorajadas a viajar juntas (SANTOS et al., 2010). As universidades em todo os Estados Unidos (por exemplo, Universidade de Georgetown, Universidade da Califórnia (UC), Berkeley, UC Irvine e Universidade da Flórida Central adotaram programas de carona como método de gerenciamento de tráfego e demanda de estacionamento nos campi (DEFRANCISCO et al., 2014).

Como as externalidades do transporte rodoviário são muitas e variadas, é importante notar que a política destinada a atingir um objetivo pode, portanto, ter efeitos colaterais involuntários e ajudar (ou comprometer) a realização de outros objetivos (SANTOS et al., 2010, p. 82). Portanto, diferentes tipos de políticas, visando diferentes fatores elementares e objetivos podem ser postas em ação como um pacote, de modo a garantir que os impactos sejam maximizados (OECD, 2002; LITMAN, 2013; CASS E FAULCONBRIDGE, 2016). Por exemplo, melhorar a eficiência do veículo pode reduzir as taxas de emissão por quilômetro e ignorar outros impactos importantes na área urbana, tais como impactos no congestionamento de trânsito, custos de estacionamento e estacionamento, custos de consumo e acessibilidade, acidentes, migração de modos não-motorizados, padrões de desenvolvimento do uso da terra e saúde pública (LITMAN, 2013).

Essa tendência pelas políticas de transporte sustentável oferecidas em conjunto culmina na nova ideia de mobilidade e de como a veremos no futuro. As novas tecnologias estão permitindo maior flexibilidade de escolha pelo usuário, seja pela opção de transporte coletivo ou individual, e a Mobilidade como Serviço se apresenta como o

conceito que irá abraçar todas as alternativas de mobilidade sustentável, e efetivamente oferecer ao usuário a experiência de mobilidade mais completa nas cidades. O próximo item traz uma revisão da Mobilidade como Serviço para melhor entender a tendência da mobilidade urbana para as próximas décadas.

2.3. Mobilidade como Serviço

Como já dito anteriormente, dentre as principais mudanças que influenciaram o setor de transporte em nos últimos anos, a introdução da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) é uma das mais proeminentes. De fato, a rápida evolução e aplicação, cada vez mais significativa das TIC no setor de transporte é uma tendência que leva a quebrar os limites entre os diferentes modos de transporte: as TIC criam uma intermediação entre os diferentes meios de transporte e seus usuários. Para os usuários, o foco não está mais no modo de transporte, mas sim na mobilidade. Como consequência, a mobilidade é cada vez mais vista como um serviço de informação com produto de transporte físico, em vez de um produto de transporte com serviços adicionais.

“Os sistemas de mobilidade do futuro provavelmente serão muito diferentes do que existe na maior parte do mundo hoje. O usuário está no centro desta evolução, então os consumidores precisarão estar abertos à adoção de novas tecnologias e serviços. No entanto, tanto os setores público quanto privado terão papéis a desempenhar para abrir o caminho.”
(Hannon et al., 2016).

Para melhor compreender o fenômeno da Mobilidade como Serviço (MaaS, Sigla em inglês para Mobilidade como Serviço) esta seção se iniciará definindo o conceito, de acordo com o que pode ser encontrado na literatura. MaaS pode ser definido como uma interface digital para gerir e fornecer serviços de serviços relacionados ao transporte que atendam aos requisitos de mobilidade de um cliente, em vez de comprar os meios de transporte (KAMARGIANNI et al., 2015; TRANSPORT SYSTEM CATAPULT, 2016;

ATKINS, 2014). A figura 2-2 mostra as opções e possibilidades da Mobilidade como Serviço.

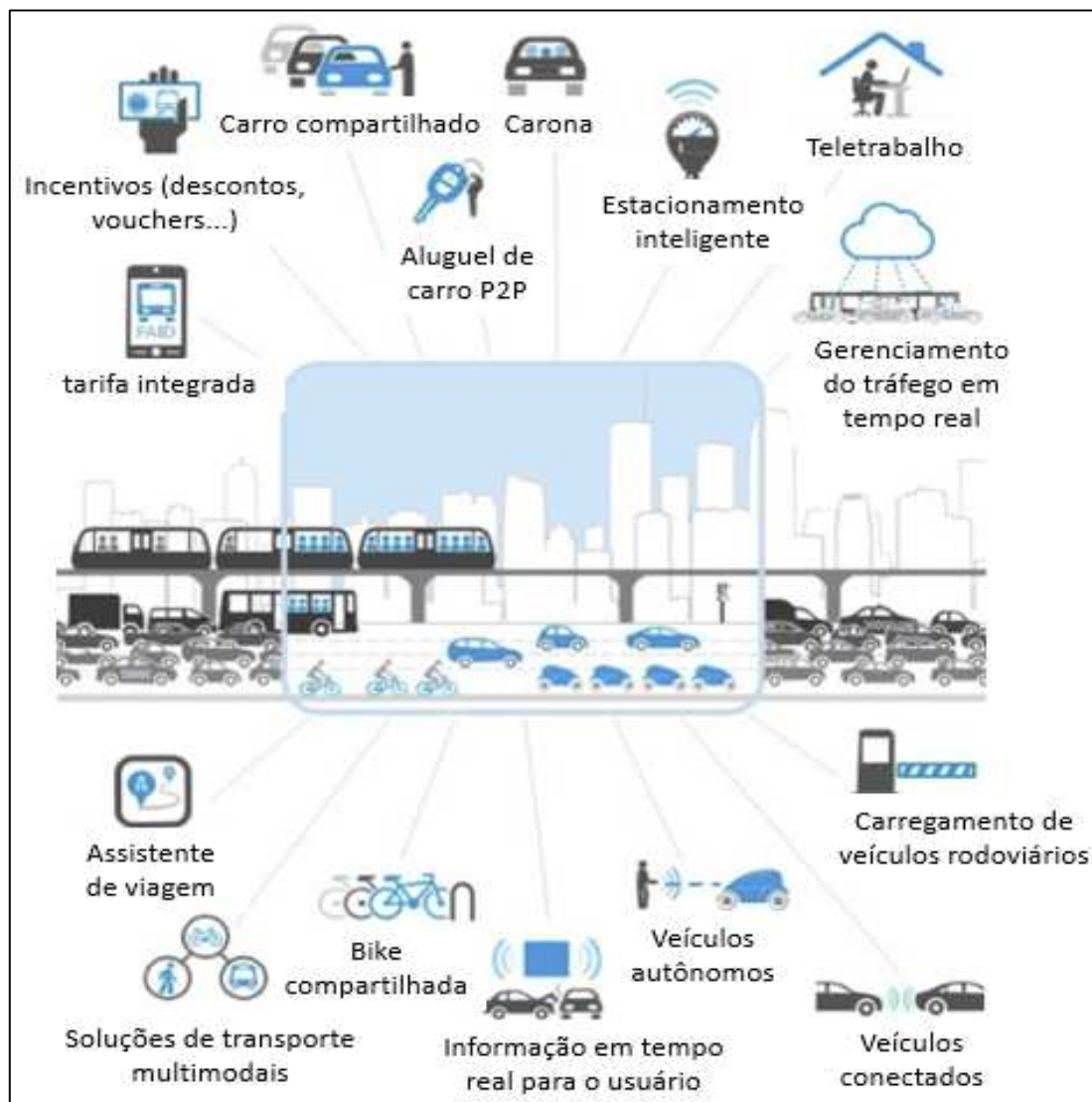


Figura 2-2: Opções de mobilidade no futuro.
FONTE: Fishman (2012) (*apud* Hensher, 2017).

A MaaS baseia-se em três elementos principais que, em conjunto, proporcionam aos usuários jornadas intermodais e integradas (KAMARGIANNI et al., 2016). Eles são:

- Integração de tickets de passagem e pagamentos: quando um cartão inteligente ou ticket pode ser usado para acessar todos os modos que participam do serviço e uma conta é cobrada pelo uso desses serviços;
- Pacote de mobilidade: quando os clientes podem pagar previamente por um montante específico (no tempo ou na distância) de uma combinação de serviços de mobilidade;

- Integração de TIC: quando existe um único aplicativo ou interface online que pode ser usado para acessar informações sobre os modos.

Ou seja, através dos sistemas de Mobilidade como Serviço, os consumidores podem comprar serviços de mobilidade fornecidos pelos mesmos operadores ou por diferentes operadores usando apenas uma plataforma e um único pagamento. As plataformas MaaS geralmente fornecem um planejador de viagem intermodal (fornecendo combinações de diferentes modos de transporte: compartilhamento de carro, aluguel de carro, metrô, trem, ônibus, compartilhamento de bicicletas, táxi, etc.), um sistema de reservas, fácil de pagar e com informação em tempo real. Desta forma, a Mobilidade como Serviço é focada no consumidor, e os provedores de MaaS podem combinar uma solução de mobilidade com a necessidade individual de cada consumidor (TRANSPORT SYSTEM CATAPULT, 2016).

Kamargianni et al. (2016) identificaram que atualmente existem quinze sistemas de MaaS em todo o mundo, e todos eles estão em países desenvolvidos. Existe uma alta concentração de esquemas na Europa Ocidental, com a Alemanha e os Países Baixos liderando o caminho com múltiplos esquemas de Mobilidade como Serviço. Os autores também classificam a MaaS em termos de diferentes níveis de integração, ou seja, integração parcial (o esquema possui parcialmente ticket de passagem, pagamento ou integração de TIC), integração avançada sem pacotes de mobilidade (o esquema possui ticket de passagem, pagamento e integração de TIC) e integração avançada com pacotes de mobilidade (o esquema possui tickets de passagem, pagamento, integração de TIC e pacotes de mobilidade). Os sistemas existentes e seus respectivos níveis de integração estão descritos na Tabela 2-2.

Ainda existem muitos gaps de pesquisa relacionados a Mobilidade como Serviço e quanto a sustentabilidade desses sistemas. É necessário que se produza dados confiáveis dos primeiros sistemas em implantação, que permita análise multidimensional em relação aos aspectos ambientais, econômicos e sociais. Além de análises em torno o ciclo de vida dos sistemas, capturando efeitos diretos e indiretos na cadeia de valor.

Tabela 2-2: Resumo dos sistemas de MaaS.

Projeto	Local	Nível de integração*				Modos
		1	2	3	4	
STIB+Cambio	Bruxelas	X				Carro compartilhado, ferroviário, transporte público urbano, taxi
Qixxit	“Alemanha”			X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi + aéreo, microônibus
Moovel	Stuttgart		X	X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi
Switchh	Hamburgo	X		X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi + barca
Hannovermobil	Hanover	X	X	X		Carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi
EMMA	Montpellier	X	X	X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, ferroviário, transporte público urbano
Mobility Mixx	Almere	X	X	X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi
NS-Business Card	Terneuzen	X	X	X		Bicicleta compartilhada, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi
Radiuz Total Mobility	Utrecht	X	X	X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi
Smile**	Viena	X	X	X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi
Optimod' Lyon**	Lyon	X	X	X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi + aéreo, transporte de carga
BeMobility**	Berlim	X	X	X		Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, ferroviário, transporte público urbano, taxi
SHIFT	Las Vegas	X	X	X	X	Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, transporte público urbano
UbiGo	Gotemburgo	X	X	X	X	Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, transporte público urbano
Helsinki Model**	Helsinki	X	X	X	X	Bicicleta compartilhada, carro compartilhado, aluguel de carro, ferroviário, transporte público urbano, taxi + mobilidade por demanda

*1: Integração do ticket de passagem, 2: Integração de pagamento, 3: Integração da TIC, 4: Integração do pacote de mobilidade. **Pesquisa da fase 4 em andamento.

FONTE: Kamargianni et al. (2016)

A partir da adoção da Mobilidade como Serviço aliada às melhorias de eficiência energética e de operação permitidas por novas tecnologias de veículos, o setor de transporte pode alcançar de forma eficiente os benefícios associados à mobilidade urbana sustentável. Essas tendências tecnológicas podem impactar o setor de forma disruptiva, e novas alternativas de mobilidade irão fazer parte obrigatória de todas as cidades que adotarem essa tendência.

2.4. Tecnologia Veicular

Adicionalmente aos conceitos de mobilidade urbana, mobilidade sustentável e da tendência de mobilidade como serviço, a tecnologia veicular vem atuando no setor de transporte como um propulsor das novas ferramentas de políticas de transporte. Nesta seção serão explorados os veículos elétricos e veículos autônomos, que atualmente representam as grandes tendências que potencializam os novos conceitos de mobilidade urbana.

Em relatório sobre as inovações no setor, McKinsey & Company e Bloomberg New Energy Finance (2016) sustentam uma visão integrada da mobilidade nos próximos anos, que aponta nos três eixos de inovação (Compartilhamento, eletrificação e autônomos), e prevê que as mudanças deverão ocorrer localmente em grandes centros urbanos, e a implantação das mudanças depende de condições econômicas locais, ações governamentais e da receptividade do público. Por exemplo, centros urbanos com alta densidade de países em desenvolvimento têm diferentes combinações desses eixos de inovação em comparação com uma cidade espalhada em um país desenvolvido. No primeiro caso, há uma tendência para a mobilidade compartilhada de veículos elétricos, enquanto que o segundo caso favorece veículos privados, porém elétricos e autônomos, pelo fato de que o custo dessas tecnologias ainda é elevado.

Atualmente, as grandes empresas globais fabricantes e montadoras de veículos estão de olho nas inovações das tecnologias da informação e comunicação (TIC) e nos modelos de negócios no setor de transporte, que vêm entrando de forma rápida no mercado mundial. Depois de aproximadamente meio século de grande investimento na expansão do veículo privado de motor a combustão interna (MCI), inovações tecnológicas em forma de eletrificação, conectividade e veículos autônomos estão mudando a maneira como o setor, governo e tomadores de decisão veem os sistemas de

mobilidade. Aliado a isso, novos modelos de negócios são criados para acompanhar essas inovações que se transformarão em benefícios para os centros urbanos (IEA, 2014). Os sistemas de mobilidade compartilhada e sistemas de motor elétrico-bateria podem se tornar economicamente viáveis, enquanto que diferentes níveis de automação dos veículos serão introduzidos no mercado, sendo possível que várias combinações de tecnologia estejam presentes simultaneamente.

Veículos autônomos e elétricos poderão melhorar os modelos de negócios do compartilhamento, e até aumentar a demanda por mobilidade nas cidades, o que faz com que a mobilidade compartilhada afete de algum modo o transporte privado e público. A eletrificação em massa dos veículos poderá ter muitos efeitos nas cidades, principalmente em relação a redução da emissão de poluentes, GEE, e a integração aos recursos energéticos distribuídos (IEA, 2014). As próximas subseções irão se aprofundar na eletrificação da mobilidade e na tecnologia de veículos autônomos, como forma de explorar as duas principais tendências de tecnologia veicular para a mobilidade urbana das próximas décadas.

2.4.1. Veículos Elétricos

A tecnologia de veículos elétricos (EV) e híbridos (HEV) não são recentes, elas já existiam no início da história do automóvel dominando parcelas significativas do mercado, porém diversas barreiras de diferentes naturezas foram sendo impostas ao longo do tempo que as fizeram perder a corrida do mercado de automóveis. Somente nos tempos mais recentes que alguns fatores críticos estão impulsionando a reentrada do veículo elétrico no mercado, como exposto anteriormente, dentre eles o avanço tecnológico. O contínuo desenvolvimento das tecnologias de EV é o fator crucial para melhorar o desempenho desses veículos e garantir sua competitividade. Como exemplo dos avanços recentes, há grande desenvolvimento na tecnologia de baterias e infraestrutura de carregamento (YONG et al., 2015).

Nos últimos anos os países desenvolvidos experimentaram um grande crescimento da frota de veículos elétricos e de infraestrutura de recarga. As primeiras estimativas mostram que somente em 2013 foram instalados 12.500 (+27%) carregadores de carga lenta e 1.300 (+67%) carregadores de carga rápida (IEA, 2014). Números que coincidem com a quantidade de EV em sistemas de compartilhamento (10%), que

demanda de carregamento rápido para suas operações. Em 2015 a frota mundial de veículos elétricos ultrapassou a linha de um milhão, terminando o ano com a marca de 1,26 milhões sendo que mais da metade dos veículos estão nos Estados Unidos e China, representando ainda parcela relativamente pequena na frota total de carros desses países.

Apesar de representar ainda números pequenos em relação ao total de carros no mercado, a frota de veículos elétricos tende a ganhar o mercado diante da evolução tecnológica de seus componentes e da redução de custo da bateria, que ainda representa o componente mais custoso do carro. Estima-se que até 2020 o custo do EV será equivalente ao de um carro de motor a combustão interna, e combinado a outros fatores como a implantação de infraestrutura de recarga necessária para os EV e aceitação cultural dessa nova tecnologia, geram cenários de extrema penetração no mercado até 2050 (CARBON TRACKER E GRANTHAM INSTITUTE AT ICL, 2017).

Dentre os desafios a curto prazo para os veículos elétricos, está o custo de aquisição em comparação com os veículos convencionais, além das questões técnicas relacionadas à capacidade da bateria, reutilização e reciclagem. Os EV já utilizaram diversas tecnologias de baterias, Yong et al. (2015) realizou um estudo sobre o estado da arte da tecnologia dos carros elétricos e traçou uma linha do tempo da evolução das baterias de carro elétrico (figura 2-3). Nota-se uma mudança na base de materiais usados, desde baterias a base de chumbo, níquel até as baterias a base de Lítio que são as mais utilizadas hoje no mercado, por conta das suas características de maior densidade energética (maior densidade) e melhor custo-benefício em relação às anteriores.

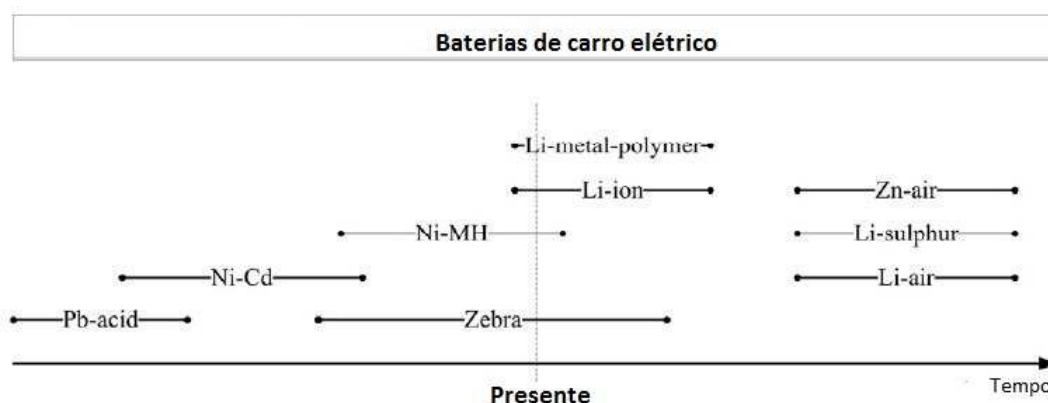


Figura 2-3: Linha do tempo da tecnologia de bateria de carro.
FONTE: Yong et al. (2015).

Os custos das baterias sofreram uma redução significativa, de quase US\$1.000 por kWh em 2007, para quase US\$300 por kWh em 2015 (NYKVIST E NILSSON, 2015), e

espera-se que caia ainda mais, com estimativas para US\$150 por kWh no futuro (BRUCE et al., 2012; IEA, 2016), como pode ser observado na figura 2-4. O investimento em baterias vem aumentando significativamente nos últimos anos, e é estimado que atinjam a marca de 40 bilhões de dólares até 2024, de acordo com o último relatório do Bloomberg New Energy Finance (BERGEN, 2017). Em 2017 foi implantada a primeira etapa da Gigafactory, a super fábrica da Tesla em parceria com a Panasonic, que poderá contribuir ainda mais para uma redução do preço das baterias recarregáveis de íons de lítio e para um aumento da capacidade de armazenamento total desse tipo de tecnologia até 2020.



Figura 2-4: Evolução de custo e densidade energética da tecnologia de bateria para veículos elétricos.

FONTE: IEA (2016).

Os custos de bateria mais baixos reduzirão significativamente o custo dos veículos elétricos e a quantidade de subsídios necessários no futuro. As melhorias nas tecnologias da bateria e no desempenho do veículo devem facilitar as limitações existentes de autonomia e custos da bateria. O problema da baixa autonomia também está sendo tratado pelos governos locais através da implantação de infraestrutura de carregamento (IEA, 2014). Também estão em andamento esforços para encontrar soluções para a reutilização e reciclagem de baterias, incluindo a utilização de baterias de carros usados como fonte de armazenamento em redes elétricas.

Outra iniciativa que pode contribuir para o crescimento no mercado de armazenamento é o avanço das tecnologias de transferência de energia dos veículos para a rede elétrica (sistema vehicle-to-grid). O desenvolvimento dessas novas tecnologias de armazenamento de energia próximas ao consumidor é complementar ao da geração distribuída. Com a evolução e redução do custo das baterias e dos veículos elétricos, os “prosumidores” – consumidores que produzem energia elétrica - poderão armazenar a energia gerada que não for consumida (FGV, 2016). Apesar dos avanços da tecnologia a

base de Lítio, ainda há uma grande demanda por armazenamento hoje no setor energético, principalmente na geração elétrica de fontes renováveis. Outras tecnologias ainda estão em fase de estudos, e podem criar um cenário mais competitivo de armazenamento de energia no futuro (BERGEN, 2017).

Até então no Brasil, a conexão entre o setor de transporte e a geração de energia elétrica é mínima, pois apenas algumas poucas linhas de metrô e de trem utilizam propulsão elétrica, enquanto que os veículos terrestres utilizam derivados de petróleo ou etanol. Contudo, a situação muda de figura com a inserção dos EV no mercado de veículos privados, que recebem energia elétrica da rede. Com o aumento desta relação, cresce a preocupação com aspectos técnicos da rede elétrica, pois um grande aumento de frota de EV pode trazer impactos negativos tais como distorção das harmônicas, perdas do sistema, queda de tensão, desequilíbrio de fase, sobrecarga de equipamentos e problemas de estabilidade. E a diversidade de taxas de carregamento e o comportamento dinâmico dos EV podem complicar ainda mais os potenciais impactos (YONG et al., 2015).

Apesar desses desafios, a implantação de EV pode trazer também trazer muitas oportunidades para os recursos energéticos distribuídos, desenvolvidos paralelamente. O avanço das tecnologias de redes inteligentes atingiu certo nível de maturidade que cria mais oportunidades e promove novas aplicações. Um aumento de carros elétricos em grande número nas cidades pode contribuir como forma de armazenamento para mitigar alguns problemas relacionados à geração elétrica distribuída a partir de recursos renováveis, principalmente atuando no problema de intermitência da geração renovável (YONG et al., 2015). A figura 2-5 representa esquematicamente a interação dos EV com diferentes tecnologias dos recursos energéticos distribuídos.

Como citado anteriormente, o avanço da tecnologia de carregadores permitirá transferência de energia elétrica do carro para a rede, além da rede para o veículo. Os medidores inteligentes permitirão que a rede receba a informação da interação que ocorre nesse sistema, e então surgem três possibilidades de conexão: Veículo-casa inteligente (V2H) para veículos privados, veículo-veículo (V2V) para veículos comerciais e em locais públicos e veículo-rede (V2G) em qualquer situação, e em redes de baixa e média tensão.

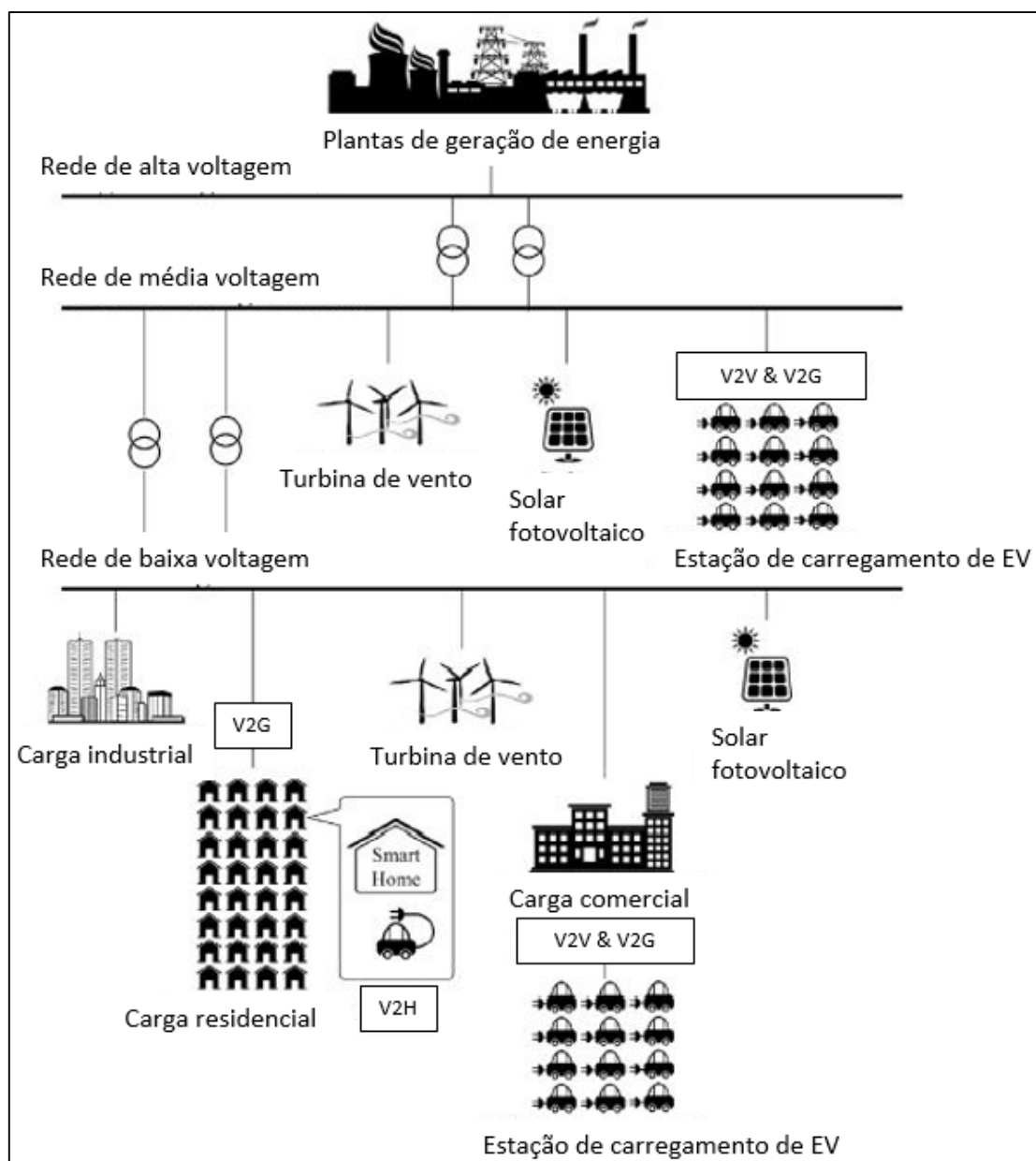


Figura 2-5: Esquema de possíveis interações dos veículos elétricos com a rede elétrica.
 FONTE: Yong et al. (2015).

Além disso, existe outra questão em relação ao padrão de demanda de recarga por EV, que são as diferentes características da recarga do veículo privado e o veículo compartilhado. A maior utilização do veículo compartilhado favorece a métodos de recarga rápida, enquanto que veículos privados podem utilizar carregadores mais lentos e maior flexibilidade de horários. E ainda, a possibilidade de automação do veículo compartilhado no futuro pode fazer com que essa demanda se concentre nos pontos de recarga onde a energia é mais barata (MCKINSEY & COMPANY E BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE, 2016). Todas as possibilidades devem ser cuidadosamente

estudadas e alinhadas entre os agentes relacionados com o setor de transporte, setor de energia e governamentais.

Apesar da óbvia observação de que o EV não emite gases localmente, a energia elétrica utilizada pelo EV é gerada com diferentes fontes primárias de energia, e muitas delas emitem GEE no processo de geração em todo o mundo. Portanto, o impacto ambiental em relação às emissões globais depende inteiramente da fonte de energia utilizada para gerar a energia elétrica, e deste modo a geração de energia renovável, que vem crescendo rapidamente, favorece os EV para que eles sejam mais eficientes do que veículos com motores de combustão interna (YONG et al., 2015). Estudo realizado por Ma et al. (2012) analisa as emissões de GEE no ciclo de vida de veículos elétricos e veículos a combustão interna no mercado na Califórnia e no Reino Unido. Os resultados mostram que vários fatores influenciam nas emissões finais, mas um dos principais é a matriz energética do local, podendo o veículo elétrico emitir tanto GEE quanto um veículo de motor a combustão interna, devido à alta intensidade de carbono na geração elétrica.

No caso do Brasil, a matriz de energia elétrica favorece a redução das emissões de GEE pela grande participação de renováveis, que ultrapassam 75% do total gerado (Figura 2-6). Esse fato se dá pela grande participação histórica das hidrelétricas no país, e nosso cenário demonstra um favorecimento ao Brasil em comparação ao resto do mundo para a entrada do EV na substituição dos veículos com motores a combustão interna ciclo otto em relação aos impactos ambientais.

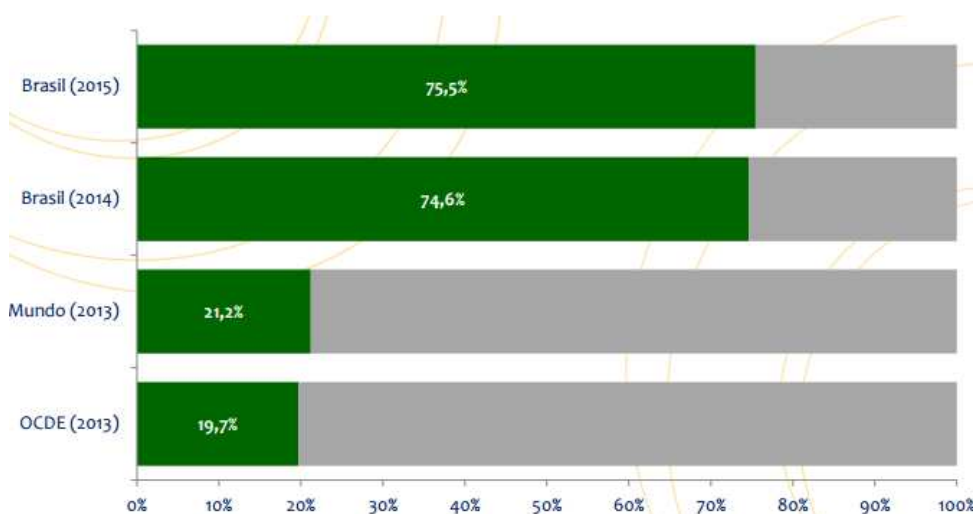


Figura 2-6: Participação de renováveis na matriz elétrica brasileira.

Fonte: EPE (2016).

Diante desse contexto, o impacto econômico da disseminação de EV pode ser avaliado do ponto de vista da geração de energia elétrica e do ponto de vista dos usuários. Com a introdução do EV, a capacidade de geração de energia elétrica deverá ser aumentada através de investimentos em infraestrutura, enquanto que usuários de carro elétrico pagam um custo elevado de aquisição do veículo no cenário atual. Porém, esses custos podem ser reduzidos com a coordenação entre os sistemas de carregamento, troca de energia veículos-rede e diversas políticas de taxação da eletricidade, e assim a ascensão do EV no mercado pode ser lucrativa para o operador de energia elétrica e para donos de VE (YONG et al., 2015).

É possível afirmar a partir dessa projeção e do crescimento recente da tecnologia, a grande importância que o veículo elétrico terá no futuro da mobilidade urbana, podendo chegar a liderar a frota mundial de veículos em 2050, estimativa que impacta também em muitos outros setores da economia, como por exemplo o de energia, demandando um planejamento estratégico por parte dos governos para que a inserção em massa dessa tecnologia se traduza em benefícios para a sociedade. A mobilidade compartilhada também pode contribuir para a introdução dos veículos elétricos nas cidades, como forma de o consumidor ter um primeiro contato com a tecnologia, promovendo uma mudança comportamental do usuário.

2.4.2. Veículos Autônomos

Em 2016, a Administração Nacional de Segurança Rodoviária dos EUA (NHTSA) adotou uma classificação de veículos autônomos (AV) proposta pela Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE) em 6 níveis (SAE INTERNATIONAL, 2014). Segundo a norma SAE J3016, apresentada no quadro 2-1, o nível 0 representa a situação convencional, onde o ser humano realiza integralmente a condução do veículo e no nível 5 o sistema é completamente autônomo e capaz de realizar todas as tarefas de condução. Os níveis 0-2 definem sistemas não autônomos, em que o condutor deve monitorar o ambiente externo. Os níveis 3-4, caracterizam sistemas capazes de monitorar o ambiente externo e realizar tarefas de complexidade crescente até a classe de veículos completamente autônomos, equipados de sistemas de nível 5.

Atualmente, estão disponíveis no mercado, principalmente de carros de luxo, funções de nível 1 da classificação SAE, como estacionamento e piloto automático. A

Mercedes Classe E é um veículo semiautônomo (SAE nível 2) capaz de realizar automaticamente 80% das funções de estrada.

Quadro 2-1: Definição dos 6 níveis de automação SAE.

Nível de Automação	Nome	Comando do volante e acelerador	Monitoramento do ambiente externo	Retorno da tarefa dinâmica de condução	Capacidade do sistema (Modos de direção)
Humano monitora o ambiente externo					
0	Sem Automação	Humano	Humano	Humano	n/a
1	Assistência ao Motorista	Humano + Sistema	Humano	Humano	Alguns Modos de direção
2	Automação Parcial	Sistema	Humano	Humano	Alguns Modos de direção
Sistema de direção Autônomo ("Sistema") monitora o ambiente externo					
3	Automação Condicional	Sistema	Sistema	Humano	Alguns Modos de direção
4	Automação Elevada	Sistema	Sistema	Sistema	Alguns Modos de direção
5	Automação Total	Sistema	Sistema	Sistema	Todos Modos de Direção

Fonte: SAE INTERNATIONAL (2014).

A indústria automobilística se especializou no desenvolvimento de sistemas mecânicos de propulsão, transmissão, suspensão e frenagem, assim como tecnologias de controle e automação para melhorar o desempenho e segurança destes sistemas. Entretanto, as principais montadoras não têm know how em visão computacional e outros requisitos para o desenvolvimento de VA. Nos últimos anos, startups de tecnologia foram adquiridas por montadoras e parcerias de grandes players foram formadas como da GM e Lyft, em 2016 e Audi com a fabricante de unidade de processamento gráfico (GPU) Nvidia, em 2017. Atualmente, as principais montadoras têm projetos de AVs em diferentes categorias, com diferentes níveis de automação, com lançamentos previstos para as próximas décadas.

A principal dificuldade tecnológica para o desenvolvimento dos AV é a percepção do ambiente externo, utilizada na classificação SAE (quadro 2-1). No projeto Google Car, por exemplo, o componente principal é o sistema LIDAR, montado no teto dos veículos, que produz uma visão de 360° com 64 feixes de laser que giram a cerca de 900 RPM. Os AV da Google utilizam o sensor Velodyne HDL-64E que tem um alcance de 120 m e gera um mapa 3D detalhado do ambiente externo com a leitura de 2 milhões de pontos por segundo (VELODYNE, 2017). Além do sistema LIDAR, o Google Car utiliza outros sensores: 4 radares montados nos para-choques dianteiro e traseiro com maior alcance para o tráfego rápido em autoestradas; uma câmera para detecção de semáforos; um GPS

e unidade inercial que determinam a posição do veículo com precisão e acompanha seus movimentos (GUIZZO, 2011).

Novos algoritmos de treinamento de modelos redes neurais em várias camadas, chamados de aprendizado profundo (deep learning), permitem a modelagem de problemas altamente complexos a partir de um grande volume e variedade de dados, gerados em tempo real em aplicações de internet das coisas (IoT) como AV. Estes modelos têm despertado grande interesse da comunidade científica, tanto na universidade como em centros de pesquisa de gigantes como Google, Facebook, Microsoft e IBM. Atualmente, diversos frameworks de código aberto estão disponíveis para o desenvolvimento de modelos de redes neurais com aprendizado profundo, com bibliotecas para o processamento massivamente paralelo em GPU. Os resultados destes modelos superam em muito as técnicas convencionais em problemas como visão computacional, reconhecimento de fala e processamento de linguagem natural, entre outros.

Em outubro de 2016 a Tesla iniciou a distribuição de veículos equipados com novo hardware para autonomia completa (SAE nível 5). O novo hardware inclui um conjunto de 8 câmeras de alta precisão, 12 sensores de ultrassom e um radar (TESLA, 2017). Os proprietários dos modelos antigos podem fazer atualização do hardware por US\$ 8 mil. Os dados de todos os sensores são processados por um computador de bordo equipado com GPU Nvidia, 40 vezes mais potente que o anterior. Assim como no sistema anterior, o novo hardware coletava dados dos sensores e das ações do motorista, com os atuadores desligados. Os dados foram utilizados para comparar as ações do condutor com as que seriam realizadas pelo sistema e assim ajustar o novo software. Em janeiro 2017, uma atualização de software instalou o sistema Autopilot (BRADLEY, 2016), que ainda está em fase de validação. Novas funcionalidades serão introduzidas assim que homologadas, de acordo com os limites da regulação (TESLA, 2017).

Diferentes estudos têm analisado o potencial impacto de AV na emissão de GEE. Um estudo realizado pela Universidade de Berkeley (ARB, 2014) concluiu que AV têm grande potencial para aumento de segurança e prevenção de acidentes, mas os impactos ambientais são ambíguos e dependem da adoção da tecnologia. A direção eficiente e otimização do uso podem reduzir o consumo de combustível, mas podem gerar maior demanda por viagens. Num estudo publicado em 2014 sobre AV e compartilhados,

realizado a partir de simulações baseadas em agentes estima que cada veículo autônomo em uso compartilhado pode substituir cerca de onze veículos convencionais, mas gerando 10% a mais de viagens (FAGNANT E KOCKELMAN, 2014).

Segundo um estudo publicado em 2015 sobre AV compartilhados como taxis autônomos (GREENBLATT E SAXENA, 2015), haverá redução de emissões em 2030 devido a três fatores: redução das emissões para geração energética, veículos menores e projetados para uso específico (taxis autônomos) e aumento da eficiência de baterias. Combinados, os três fatores podem gerar em 2030 uma redução de 87% a 94% das emissões por km em relação a veículos convencionais (veículo privado, motores a combustão e operação humana), bem como uma redução de 63% a 82% em relação a veículos híbridos.

Um estudo publicado em 2016 avalia os impactos em emissões considerando apenas os efeitos da adoção de tecnologias de AV (WADUD et al., 2016), sem considerar os efeitos combinados devido a propulsão elétrica e compartilhamento. O estudo foi realizado com base na metodologia ASIF, expressam o consumo de energia e emissão de GEE correspondentes, do setor de transporte, em função dos fatores: atividade (A), compartilhamento modal (S), intensidade de energia (I) e densidade de carbono do combustível (F).

Os quatro fatores da metodologia ASIF citados acima podem ser afetados pela adoção de veículos autônomos. O estudo (WADUD et al., 2016) identifica os mecanismos que a condução autônoma pode afetar os sistemas de transporte impactar cada fator e estima os seus efeitos em termos de km percorridos por veículo (VKT). Os efeitos decorrentes do combustível foram considerados apenas qualitativamente. Os principais mecanismos são apresentados no quadro 2-2.

Quadro 2-2: Potenciais para impactos de AV nas emissões.

Mecanismo	Elemento da metodologia ASIF	Impacto no veículo (V) ou na mobilidade (M)	Direção do impacto nas emissões - diminuir (-) ou aumentar (+)	Nível de automação	Nível de penetração necessária	Observações
Mitigação de congestionamento	I	M	-	1-4	Moderada a alta	
Eco-driving	I	V+M	-	1-4	Todos	Pode ter efeitos adversos na mobilidade
Comboio	I	V+M	-	2-4	Todos	Comboios afetam capacidade da via
Maiores velocidades nas rodovias	I		+	1-4	Moderada a alta	Mais significativo nos níveis 3 e 4
Menor necessidade de performance	I	V	-	3-4	Todos	
Melhor prevenção de acidentes	I	V	-	2-4	Muito alta	Maior segurança permite reduções de tamanho e peso dos veículos
Tamanho do veículo adequado	I	V+M	-	3-4	Alta a muito alta	Veículos menores diminuem congestionamentos
Disponibilidade de novos recursos	I	V	+	3-4	Todos	Aumento da demanda por conforto
Maior demanda pela diminuição de custo	A, S		+	1-4	Todos	Mais significativo nos níveis 3 e 4
Nova demanda de novos usuários	A, S		+	3-4	Todos	
Novos serviços de mobilidade	A, S		-	3-4	Todos	
Potencial para transição de baixo carbono	F	V+N	-	3-4	Alta	Através de recarga automática de veículos

Fonte: Wadud et al. (2016).

Os principais efeitos da adoção de AV em termos de intensidade energética e consumo de combustível, estimados a partir de projeções da literatura (WADUD et al., 2016), são resumidos a seguir. E uma visão geral de todos os efeitos é apresentada na figura 2-7.

- Redução de congestionamentos: O estudo estima uma redução de 4,2% de consumo de combustível pela redução de congestionamentos resultante da adoção de veículos autônomos em 2050.
- Direção econômica (eco-driving): A adoção de AV permite que o veículo funcione mais tempo em sua faixa de maior eficiência, reduzindo o consumo de energia. Dependendo dos algoritmos executados pelos AV a redução de consumo pode chegar a 20% em relação ao condutor humano.
- Comboios: AV com tecnologia de comunicação entre veículos (V2V) e com a infraestrutura (V2I) podem formar comboios, o que reduz significativamente o arrasto aerodinâmico gerando economia de combustível. O efeito é mais significativo em estradas e para veículos pesados, sendo estimado entre 10% e 25% de redução de intensidade energética. Comboios também podem melhorar o tráfego em vias expressas em centros urbanos.
- Velocidade em estradas: AV podem aumentar o limite de velocidade em estradas para veículos leves uma vez que AV têm menor tempo de reação e sensores

podem ser mais precisos sobre situações de risco. O aumento de velocidade em estradas aumenta a intensidade energética entre 7% e 22%.

- Design de veículos: Mais de 90% dos acidentes são causados por falha humana segundo a NHTSA. A adoção de AV pode reduzir drasticamente o número de acidentes e também a necessidade de estrutura reforçada no veículo, reduzindo seu peso. Além disso, AV em sistemas compartilhados poderão ser projetados para uso específico, podendo ser menores e mais leves. Considerando estas premissas, a redução de consumo de combustível pode chegar até 45%. No caso AV privados, o tempo livre do condutor durante a viagem pode ser utilizado com outras atividades, gerando uma demanda de itens de conforto que pode aumentar o peso dos veículos, causando um aumento de até 11% no consumo de energia em 2050.

- Aumento da demanda: O custo adicional dos equipamentos para condução autônoma pode ser compensado de diferentes formas. Além redução do custo de mais combustível, a redução do número de acidentes reduz drasticamente o custo do seguro. A produção em escala reduz o custo dos componentes, tornando o uso de veículos elétricos para uso compartilhado em centros urbanos mais atrativos. A automação completa também reduz a percepção do custo de direção, as viagens ficam menos estressantes e o condutor pode utilizar o tempo de viagem em outras atividades. Além disso, veículos totalmente autônomos podem atrair novos grupos de usuários que não sabem ou não podem dirigir veículos convencionais. No total, o aumento da demanda pode causar um acréscimo entre 4% e 60% do consumo de combustíveis.

- Sistemas de compartilhamento: AV deverão tornar os sistemas de compartilhamento altamente atrativos, seja na modalidade de redes de transporte porta a porta, como o Uber, ou em sistemas de carsharing com pontos de estacionamento fixos. Os efeitos combinados de redução de consumo, projeto específico e redução do valor do seguro poderão tornar os sistemas de compartilhamento mais baratos, atraindo novos usuários. Considerando também o aumento da demanda, o estudo de Wadud et al. (2016) faz uma estimativa bem mais conservadora que o estudo realizado para taxis autônomos (GREENBLATT E SAXENA, 2015), projetando uma redução de até 20% no consumo de combustível.

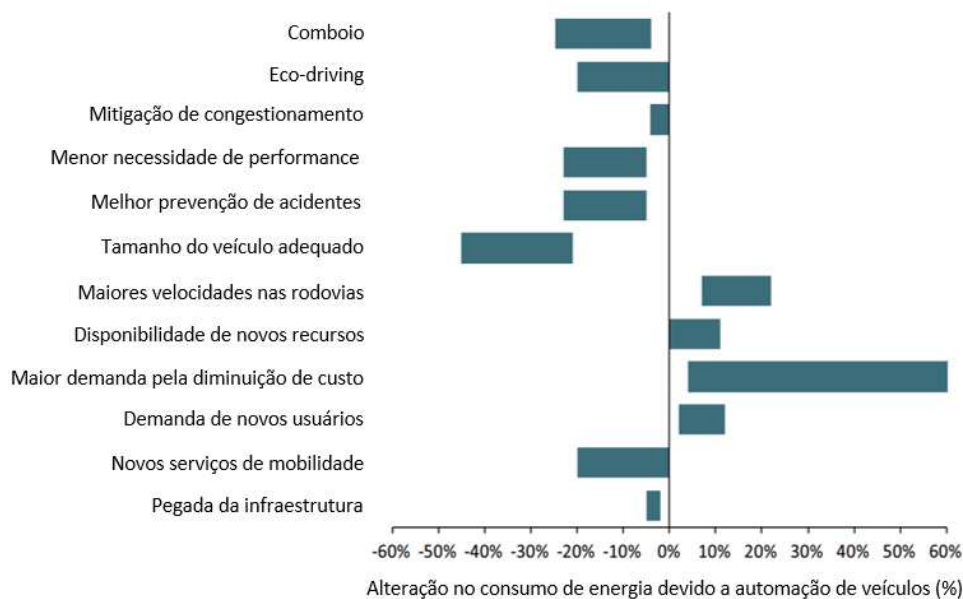


Figura 2-7: Potencial de variação no consumo de energia com AV.

FONTE: Wadud et al. (2016).

Na conclusão, o estudo de Wadud et al. (2016) reconhece as limitações da análise isolada dos impactos de veículos autônomos sobre a mobilidade urbana. A maioria dos autores concorda que a introdução de AV pode gerar um aumento da demanda, que será compensado pelo desenvolvimento de outras tecnologias. Além disso, quanto aos impactos ambientais, parte considerável do potencial de redução de emissões está na mudança de paradigma do consumidor, saindo do carro privado para o modelo de mobilidade como serviço. Neste ponto há grande incerteza e, apesar da iniciativa de algumas montadoras no mercado de sistemas compartilhados, a maioria dos projetos de AV são voltadas para carros privados de alto padrão. Mudanças na sociedade ocorrem sempre numa velocidade muito mais lenta que o desenvolvimento tecnológico e a ação de reguladores são fundamentais para incentivar a adoção de novas tecnologias que produzam mais segurança, como foi o caso do airbag e do ABS.

2.5. Considerações Finais do Capítulo

Esse capítulo se desenvolveu em torno dos conceitos de planejamento e mobilidade urbana, mobilidade urbana sustentável, ferramentas de políticas de transporte sustentável e tendências de tecnologia veicular, no intuito de percorrer o estado da arte nos temas que servem de subsidio ao planejador de transporte para auxiliar da melhor forma possível o tomador de decisão. Alguns pontos que se destacaram para o desenvolvimento dessa dissertação podem ser listados a seguir:

- A mobilidade urbana no século XXI ganha forte interação com o planejamento urbano, e o planejamento de transporte incorpora visões de infraestrutura, circulação e transporte público associado a questões de uso do solo, meio ambiente, entre outros aspectos;
- A mobilidade urbana sustentável apresenta dois enfoques fundamentais – um relacionado com a adequação da oferta de transporte ao contexto socioeconômico (onde se enquadram medidas que associam a mobilidade ao desenvolvimento urbano e à equidade social) e outro relacionado com a qualidade ambiental (onde se enquadram a tecnologia e a escolha do modo de transporte a ser utilizado);
- As novas alternativas de mobilidade urbana ganham força, que na literatura podem ser encontradas na forma de ferramentas de políticas de transportes, aliando esforços de adequar o planejamento urbano com a mobilidade urbana sustentável;
- Ao mesmo tempo em que evoluem os conceitos de planejamento de transporte e mobilidade urbana sustentável, o avanço das tecnologias veiculares permite novas configurações de mobilidade e acessibilidade. Mais especificamente os veículos elétricos e a automação têm potencial de ruptura para todo o setor de transporte, evidenciando mais ainda a necessidade de tratar as novas alternativas de mobilidade urbana junto aos tomadores de decisões.

3. Mobilidade Compartilhada

Com o objetivo de coletar informações sobre a alternativa de compartilhamento de veículos para servir de subsidio de informações e dados para o estudo de caso, esse capítulo apresentará o conceito de economia compartilhada, suas principais características e aspectos. E por fim, será aprofundada a mobilidade compartilhada, de onde serão obtidos os dados e parâmetros da literatura com a finalidade de aplicar a metodologia proposta e realizar a análise com amparo da literatura sobre o tema.

3.1. Economia Compartilhada

O termo sharing economy surgiu durante os anos 2000, diante do debate sobre os modelos de negócios comuns, no qual interesses individuais entraram em confronto com bens comuns a todos, no uso dos recursos finitos (KAHN RIBEIRO E LIMA, 2014). Mas o conceito de economia compartilhada teve origem na década de 1990 nos Estados Unidos impulsionada pelos avanços tecnológicos que propiciaram a redução dos custos (diversos) das transações on-line peer-to-peer (SHIRKY, 2008), o que acabou por viabilizar a criação de novos modelos de negócio baseados na troca e no compartilhamento de bens e serviços entre pessoas desconhecidas (SCHOR, 2015). A economia compartilhada é constituída por práticas comerciais que possibilitam o acesso a bens e serviços, sem que haja, necessariamente, a aquisição de um produto ou troca monetária (BOTSMAN E ROGERS, 2011).

Deste modo, a distinção entre economia comercial e economia compartilhada pode ser feita da seguinte maneira; a economia comercial baseia-se em produtos e serviços com um valor econômico tangível, enquanto que a economia compartilhada sai do sistema monetário para se concentrar nas relações de compartilhamento (LESSIG, 2008; ARDIS et al., 2013). Sarah Lacy, autora no Pando Daily, apresenta definições interessantes para a economia peer-to-peer como empregos secundários informais, e a economia compartilhada como empregos formalizados que é fonte de renda primária (Lacy, 2013). Esta distinção aponta para a necessidade de supervisão governamental e regulação da economia peer-to-peer, que faz parte da economia compartilhada. A maioria das fontes examinadas, no entanto, usa o termo economia compartilhada como um híbrido dessas ideias, onde algo pode ser compartilhado gratuitamente, trocado ou usado por uma taxa.

Nesse contexto, surge o conceito de consumo colaborativo, que foi descrito pela primeira vez em 2007 por Algar, conforme indica Maurer et al. (2012), que acrescenta que o conceito foi defendido e ampliado no livro escrito por Botsman e Rogers (2011): “O que é meu é seu – Como o consumo colaborativo vai mudar o nosso mundo”. Eles defendem que o conceito de consumo colaborativo constitui uma revolução social e econômica que permite as pessoas equilibrarem interesses pessoais com o bem comum. Kahn Ribeiro e Lima (2014) acrescentam que esse conceito é tema central para a construção de uma nova economia urbana, e precisa estar associado a uma mudança cultural no sistema vigente atual.

Para Botsman e Rogers (2011), a mudança de estilo de vida e dos padrões de consumo ocorre em torno de três valores centrais: a simplicidade; a rastreabilidade e transparência; e a participação. Para eles, a simplicidade é observada na necessidade de regate de transações com relacionamentos mais próximos; a rastreabilidade e transparência são percebidas quando o consumidor passa a se preocupar mais com procedência dos produtos que consome, dando mais valor a produtos locais; por fim, a participação denota que os jovens não querem ser passivos em relação às condições atuais de consumo (BOTSMAN E ROGERS, 2011). Além disso, a economia compartilhada tem também se expandido devido a questões como: sustentabilidade, austeridade econômica e consumismo perdulário (BENKLER, 2011).

O consumo colaborativo tem como base quatro princípios fundamentais para seu funcionamento: massa crítica, capacidade ociosa, crença no bem comum e confiança entre estranhos. A massa crítica significa ter o impulso (ou recurso) suficiente em um sistema para torná-lo sustentável; a capacidade ociosa se refere ao potencial não utilizado de itens, como por exemplo os carros e outros bens que não são utilizados frequentemente, ou seja, é a diferença entre a capacidade total de uso e o quanto ele está sendo efetivamente usado; a crença nos bens comuns diz respeito à criação de valor da coletividade, ao se realizar alguma ação levando em consideração o bem da comunidade; e a confiança entre estranhos se refere à confiança e familiaridade entre os usuários de serviços colaborativos (BOTSMAN E ROGERS, 2011).

No mundo digital, a confiança entre desconhecidos se dá, principalmente, por meio da reputação (SCHOR, 2014). Isto é, a reputação tem grande importância nas configurações em rede; ela é o sinal mais visível da confiabilidade de um participante

(POWELL, 1990). Os sistemas de reputação on-line, por exemplo, são responsáveis por determinar a confiabilidade, com base no comportamento on-line do participante (SCHOR, 2014). Assim, informações sobre a reputação de vendedores disponíveis aos compradores, reduzindo os riscos de se transacionar com desconhecidos, são essenciais para o desenvolvimento da economia compartilhada (SCHOR, 2014). Estudos recentes mostram que os consumidores depositam tanta confiança em comentários gerados pelo consumidor on-line, quanto em recomendações de amigos ou familiares (RIFKIN, 2015).

As atividades que constituem a economia compartilhada são classificadas, principalmente, por meio das taxonomias propostas por Schor (2014) e Botsman e Rogers (2011). A categorização das atividades da economia compartilhada sugerida por Botsman e Rogers (2011) propõe a existência de três sistemas distintos: sistema de serviço e produto, mercado de redistribuição, e estilo de vida colaborativo (tabela 3-1).

Tabela 3-1: Exemplos de atividades de economia compartilhada de acordo com a taxonomia de Botsman e Rogers (2011)

Taxonomia	Exemplos de atividades
Sistemas de serviços de produtos	Bike Rio (compartilhamento de bicicletas) B-cycle - EUA (compartilhamento de bicicletas) Zascar (<i>car sharing</i> - B2P) Zipcar – EUA, Street Car – UK (<i>car sharing</i> - B2P) RelayRides – EUA(<i>car sharing</i> - P2P) Netflix (compartilhamento de filmes) Buscalá (aluguel de produtos diversos)
Mercados de redistribuição	TemAçúcar (empréstimos e doação entre vizinhos) Tomaladaca (troca de produtos e serviços) Xcambo (troca de produtos) Trocandolivros (troca de livros) Projeto Gaveta (<i>clothing swap</i> - troca de roupas) Trocacasa (troca de casas entre viajantes pelo mundo)
Estilo de vida colaborativo	The HUB (<i>coworking</i>) Nós (<i>coworking</i>) Couchsurfing (compartilhamento de hospedagem - gratuito) Airbnb (compartilhamento de hospedagem) Zimride – EUA (sistema de caronas) Wegocaronas, ponga.mobi, Tripda (sistema de caronas) KickStarter - EUA (<i>crowdfunding</i>) Catarse (<i>crowdfunding</i>) Wikipedia (<i>crowdsourcing</i>) Bliive (troca de serviço – banco de tempo) Timerepublik (troca de serviço – banco de tempo)

Fonte: Botsman e Rogers (2011).

Enquanto que Schor (2014) propõe uma taxonomia para as iniciativas de economia compartilhada com base em duas dimensões: a orientação da plataforma –

lucrativa ou sem fins lucrativos – e a estrutura de mercado – peer-to-peer (P2P) ou business-to-peer (B2P), conforme ilustra a tabela 3-2.

Tabela 3-2: Exemplos de atividades de economia compartilhada de acordo com a taxonomia de Schor (2014)

Orientação da plataforma	Tipo de provedor	
	P2P	B2P
Sem fim lucrativo	Couchsurfing (compartilhamento de hospedagem) TemAçucar (empréstimos e doação) Bliive (troca de serviço – banco de tempo) Timerepublik (troca de serviço) Tomaladaca (troca de produtos e serviços) Xcambo (troca de produtos) ponga.mobi (caronas) Quintaldetrocas (troca de brinquedos) Tocandolivros (troca de livros) Projeto Gaveta (troca de roupas) Trocacasa (troca de casas entre viajantes)	Olabi (Fab Lab - RJ) We Fab (Fab Lab – SP)
Com fim lucrativo	Airbnb (compartilhamento de hospedagem) Wegocaronas (sistemas de caronas) Tripda (sistemas de caronas) Fletty (aluguel de carros utilitários) Descolaai (troca e venda de produtos) Joanninha (aluguel de brinquedos)	Bike Rio (compartilhamento de bicicletas) Zascar (compartilhamento de carros) The Hub (<i>coworking</i>) Nós (<i>coworking</i>) Estante virtual (revenda de livros)

Fonte: Schor (2014).

Ao se analisar as duas tabelas, percebe-se que a diferença entre as duas taxonomias está no modo em como é vista a atividade. Botsman e Rogers (2011) buscam classificar as atividades econômicas de acordo com as características do serviço, enquanto que Schor (2014) demonstra classificar as atividades de acordo com a interação que o usuário tem com o serviço.

Algumas plataformas da economia compartilhada são modelos de negócio com o objetivo de gerar lucro por meio da maximização dos ativos. A plataforma Airbnb, por exemplo, tem forte apoio de capital de risco e está altamente integrada no sistema econômico existente (SCHOR, 2014). Por outro lado, muitas das iniciativas de compartilhamento ou troca não buscam a maximização das receitas; o objetivo dessas atividades é servir às necessidades da comunidade (SCHOR, 2014).

A próxima seção irá aprofundar o tema da mobilidade compartilhada, uma das primeiras plataformas de sucesso dos modelos de negócio da economia compartilhada. O melhor entendimento desses sistemas e a análise dos seus impactos nas cidades servirão como subsídio para o capítulo posterior na aplicação da metodologia proposta.

3.2. Modelos de Mobilidade Compartilhada

Os programas de compartilhamento em transporte vêm ganhando força desde o início do milênio, apresentando um rápido crescimento nesse período, com novos sistemas sendo implantados em todo o mundo. O princípio desse modo de transporte é bem simples: o usuário dispõe dos serviços de transporte privado, como o carro e a bicicleta, mas sem possuir a responsabilidade e custos relativos à propriedade do ativo (SHAHEEN E COHEN, 2013).

Existem, atualmente, cerca de 1.200 sistemas de bicicleta compartilhada em todo o mundo com a frota total de aproximadamente dois milhões e 300 mil bicicletas, sendo que algumas cidades dispõem de mais de um programa devido à complexidade urbana e as diferentes modalidades de contratação e prestação de serviços (MEDDIN, 2017), sendo que a China possui cerca de 80% do número de bicicletas de todos os sistemas do mundo, como pode ser observado na figura 3-1.

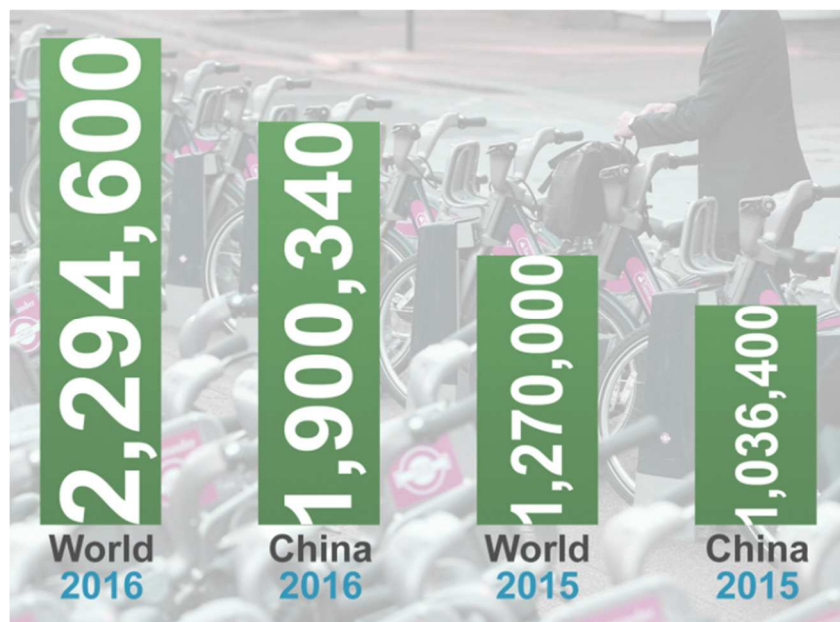


Figura 3-1: Número de bicicletas em sistemas compartilhados em todo mundo.
FONTE: Meddin (2017).

Enquanto que os sistemas tradicionais de carro compartilhado “one-way” e “return”, até 2014, já dispunham de cerca de 100 mil veículos e cinco milhões de usuários, de acordo com Shaheen e Cohen (2015), com alto crescimento desde 2006 ilustrado na Figura 3-2.

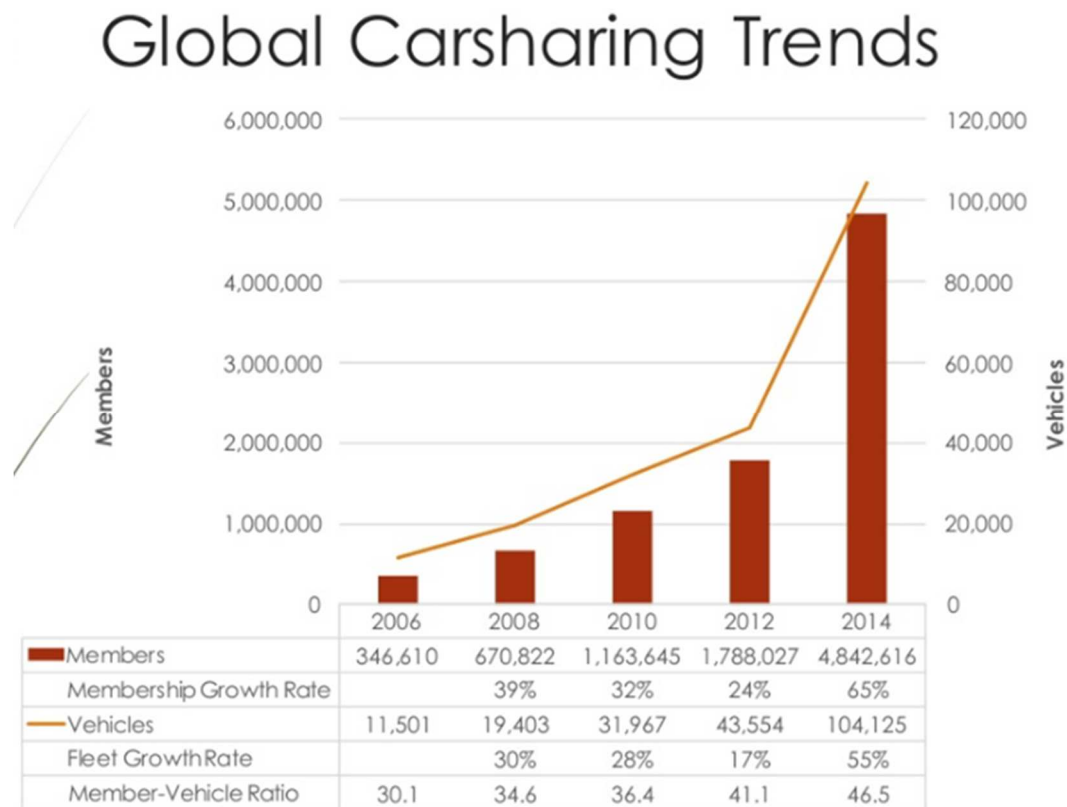


Figura 3-2: Número de usuários e veículos de sistemas de carro compartilhado em todo mundo.
FONTE: Shaheen e Cohen (2015).

Os modelos de compartilhamento podem ser resumidos, conforme proposto Shaheen et al. (2015), em:

- Round-trip (ida e volta): usuário retorna o automóvel para a mesma estação de onde o retirou, e o pagamento é efetuado com base nas horas utilizadas;
- One-way (um trajeto, com fim indeterminado): pode retirar o veículo em uma estação e devolvê-lo em outra. O veículo não tem localização fixa, por mais que seja retornado ao mesmo local após o uso e o pagamento é efetuado com base nos minutos utilizados;
- Peer-to-peer: Os usuários interagem entre si, um prestando o serviço e o outro utilizando o serviço, que é intermediado por algum operador.

Outros autores (GIZ, 2014) classificam em:

- Station-based: O usuário pode retirar e devolver o veículo em estações fixas;
- Free-floating: O usuário pode retirar e devolver o veículo em qualquer estacionamento legal e o pagamento é efetuado com base nos minutos utilizados;
- Peer-to-peer: Os usuários interagem entre si, um prestando o serviço e o outro utilizando o serviço, que é intermediado por algum operador.

O serviço pode apresentar características que variam de acordo com o padrão econômico, tecnológico, sociodemográfico e de urbanização do local em questão. A figura 3-3 ilustra a interação dos sistemas de compartilhamento de carro (SCC) com outros modos de transporte como ilustração da variedade de perfis que podem ser usuários da mobilidade compartilhada.

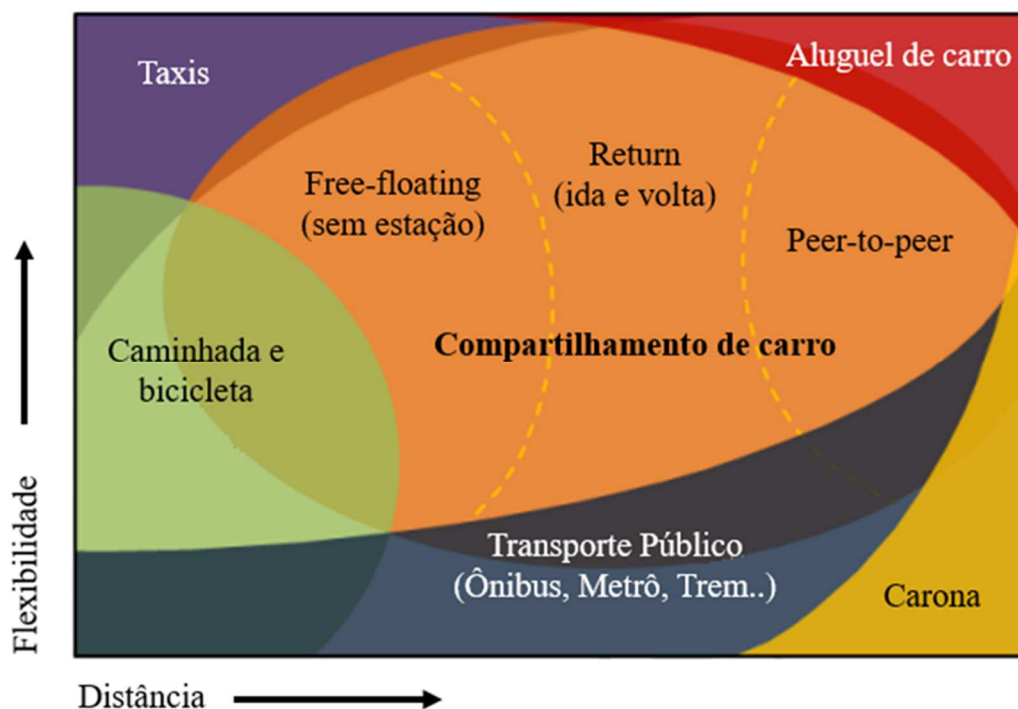


Figura 3-3: Abrangência dos serviços de carro compartilhado para mobilidade urbana.
FONTE: Guyader (2015).

O surgimento recente dos serviços de transporte individual de passageiros baseados em aplicativo (serviços on demand, ou sob demanda, em português) provocou intenso debate em torno dos regulamentos e práticas que ao longo dos anos nortearam os serviços de transporte individual de passageiros. A literatura internacional refere-se a

estes serviços como serviços de ridesourcing (SHAHEEN E COHEN, 2013; SHAHEEN E CHRISTENSEN, 2014; SHAHEEN et al., 2015) ou serviços realizados por transportation network companies (TNC).

No entanto, esse estudo não irá analisar plataformas que têm operado dessa forma, como por exemplo, o Uber. Empresas que prestam serviço particular sob demanda através de aplicativos não disponibilizam seus dados para estudos, limitando assim a eficácia da análise de sistemas de compartilhamento aos serviços que disponibilizam dados, ou locais em que a regulamentação permite o serviço, gerando a possibilidade de se analisar dados do sistema, como acontece em várias cidades nos Estados Unidos e Canadá, que não por acaso, serão os principais países contemplados na próxima seção em que serão analisados os benefícios do compartilhamento na mobilidade urbana.

3.3. Análise dos Benefícios da Mobilidade Compartilhada nas Cidades

A mobilidade compartilhada hoje abrange basicamente sistemas de compartilhamento de bicicletas e de carros. Deste modo, essa seção se divide entre análise do compartilhamento de bicicletas e de carros.

3.3.1. Compartilhamento de Bicicletas

A grande maioria dos estudos de impacto dos sistemas de compartilhamento de bicicleta (SCB) foi feita nos Estados Unidos e na Europa, portanto, os impactos descritos neste trabalho exprimem as características dos sistemas nessas regiões. Os benefícios podem ser divididos em categorias: econômicos, ambientais, saúde do usuário, número de acidentes e impacto no uso do carro e transporte público.

3.3.1.1. Benefícios Econômicos

Os benefícios econômicos dos SCB podem ser observados tanto em macro quanto em micro níveis. Intuitivamente, observa-se que o custo de taxas e de uso das bicicletas públicas é muito mais baixo do que alternativas de transporte como o carro e taxi, por exemplo. E também se pode observar que, em âmbito local, as pessoas tendem a ter mais liberdade para fazer paradas e eventuais compras se estiver de bicicleta, se comparado aos modos motorizados. Estudos americanos indicam que os custos de operação de um veículo privado são aproximadamente de US\$9,122/ano, enquanto que o custo por usuário

de um sistema de bicicleta pública na mesma região geralmente é abaixo de U\$100/ano, e pesquisas com usuários de SBC atestam uma economia de cerca de U\$800 por ano nos custos totais de viagem, e geralmente as viagens de taxi deixam de ser feitas pela substituição da bicicleta (GARDNER E GAEGAUF, 2014).

Outro benefício econômico dos SCB é o aquecimento da economia ao redor das estações dos sistemas de bicicleta. De acordo com Ricci (2015), dois estudos americanos apontam para essa tendência, mostrando que cerca de 25% dos usuários do sistema gastam mais dinheiro no comércio local do que antes, e que 60% dos comerciantes locais veem como benefício ou posição neutra a remoção de estacionamento público para a instalação de estações de bicicleta compartilhada. Outro estudo, também nos Estados Unidos, mostra que quando instalada uma estação do sistema em zonas comerciais, comerciantes experimentaram um aumento total de U\$29.000,00 de abril a novembro em suas vendas (RICCI, 2015).

Dados como esses destacam oportunidades de parcerias entre lojas locais e sistemas de bicicleta pública, através de patrocínio e incentivos. Principalmente para financiamento de novos SCB, que poderiam se iniciar através de iniciativas deste tipo, começando em áreas centrais das cidades, por exemplo (GARDNER E GAEGAUF, 2014).

3.3.1.2. Benefícios Ambientais

A grande maioria dos artigos que tratam do impacto ambiental dos SCB tende a estimar uma grande redução de CO₂ liberado na atmosfera, porém muitos estudos partem do princípio de que toda viagem feita por usuários e toda quilometragem quantificada é um ganho, sem uma análise mais aprofundada dos reais cenários possíveis (RICCI, 2015).

Dentre os artigos sobre o tema, um merece maior atenção, por se aproximar mais ao real impacto ambiental dos SCB em Melbourne, Washington D.C., Minnesota e Londres. Em seu estudo, Fishman et al. (2014) realizaram uma pesquisa entre os usuários para saber a real quantidade dos que migraram do transporte privado de carro para a bicicleta compartilhada. Além disso, foi contabilizada a distância percorrida pelos caminhões de redistribuição das bicicletas no sistema. A redistribuição é feita através de caminhões que levam as bicicletas de estações lotadas para estações vazias. Os seus resultados mostram que dependendo da cidade que o sistema opera, as emissões de CO₂

dos caminhões de redistribuição pode ser maior do que as que deixam de ser emitidas pelos carros que migraram para a bicicleta. Onde já se tem um transporte público com alta taxa de uso e transporte individual motorizado com alta taxa, as emissões aumentaram com a implantação do sistema de bicicleta.

3.3.1.3. Benefícios na Saúde e Segurança

Estudos sobre o impacto na saúde dos usuários de SCB são ainda limitados. Na única referência encontrada nesta revisão, Fishman (2015) identificou que os estudos são focados em obter resultados em relação à atividade física, acidentes e exposição à poluição do ar. Os resultados obtidos mostram diminuição de risco de doenças de coração para homens mais velhos, diminuição de depressão entre as mulheres e em relação à poluição do ar, as taxas nos corredores de bicicleta se mostraram satisfatórios, não havendo impacto nos usuários por conta da poluição.

A partir do grande crescimento dos SCB no mundo, a percepção geral em relação a segurança dos ciclistas era de que esse aumento do uso causaria também um aumento dos incidentes relacionados à bicicleta. Fishman (2015) enfatiza a grande preocupação internacional em relação à segurança dos SCB, e o debate entre a mídia e a academia, que recentemente começou a fazer estudos a respeito. Esse debate ganhou maior relevância com um estudo feito por Graves et al. (2014), nos Estados Unidos, comparando número de ciclistas feridos envolvendo algum tipo de acidente. O autor coletou dados de ferimentos a ciclistas em hospitais de cinco cidades com SCB e cinco cidades sem o sistema, em um período de 24 meses antes da implantação dos sistemas e 12 meses após a implantação do sistema. Os resultados da pesquisa são fornecidos na figura 3-4 como forma de ilustração.

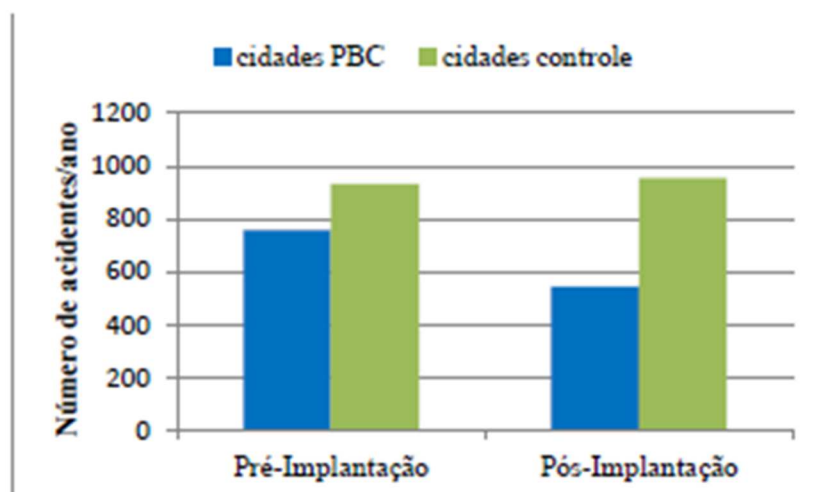


Figura 3-4: Ferimentos de todos os tipos, cidades com SCB e cidades sem SCB (Controle).
FONTE: GRAVES et al. (2014).

Esses dados reportados por Graves et al. (2014) são significativos, considerando que a quantidade de ciclistas nestas cidades sofreu um aumento após a implantação do sistema, mostrando que o aumento de ciclistas não levou ao crescimento de acidentes, muito pelo contrário, foi constatado uma diminuição no número de ciclistas feridos (FISHMAN, 2015).

Na primeira avaliação de segurança ao ciclista comparando diferentes cidades, foram analisados dados de feridos e de quilômetros viajados de 2013, em cidades que possuem SCB dos Estados Unidos, Europa e Austrália. Somente uma morte foi reportada em Londres no uso da bicicleta pública, sendo a taxa baixa demais para se comparar estatísticas. O estudo mostrou que nesse ano, houve 1,9 e 0,3 ferimentos leves e graves por milhão de quilômetro viajado nas bicicletas compartilhadas, números baixos se comparados ao uso da bicicleta privada (FISHMAN, 2015).

Fishman (2015) atribui a baixa taxa de ferimentos aparentemente ao fato que a bicicleta pública não atinge maiores velocidades e possivelmente elas são mais visíveis aos motoristas de veículos motorizados, além da maior percepção de respeito ao ciclista em bicicleta compartilhada.

3.3.1.4. Impactos no Uso do Carro e Transporte Público

Ao se pensar nos SBC como alternativa de transporte urbano, não se pode deixar de se atentar ao impacto que as viagens de bicicleta terão na quantidade das viagens de outros modos e também ao transporte público em geral. Intuitivamente, tende-se a atribuir

imediatamente a redução de viagens de carro com a aparição das bicicletas públicas. Mas estudos recentes mostram que a realidade não é tão linear quanto esse pensamento.

No estudo comparativo entre diferentes cidades do mundo, Fishman et al. (2014) encontraram grandes diferenças na migração do uso do carro para a bicicleta pública. Por exemplo, entre os usuários do SBC, 21% migraram das viagens de carro para bicicleta em Brisbane, enquanto que apenas 2% em Londres. Isso se dá a alta participação do transporte público em Londres se comparado a Brisbane, evidenciando também a grande migração dos usuários de bicicleta compartilhada retirados do transporte público: quase 60% para Londres e pouco mais de 40% em Brisbane (FISHMAN et al., 2014). As maiores taxas de migração para o PBC em todas as cidades foram do transporte público e dos deslocamentos a pé (FISHMAN et al., 2014). O que pode ser interpretado como forma de redução da lotação em transportes públicos e maior comodidade para as pessoas que preferem não viajar através de modos motorizados.

Outro fator a ser levado em consideração quando se analisa a mudança do carro para a bicicleta pública, é a redistribuição da frota de bicicleta entre as estações, necessária para manter a qualidade da operação e a atratividade do sistema. Porém, o reposicionamento da frota é feito através de caminhões que levam as bicicletas de estações lotadas para estações vazias, e isso gera impacto ambiental que deve ser levado em conta na análise de quilômetros rodados pelo sistema. Fishman et al. (2014) compararam a redução que o SCB trouxe pela redução de carros na rua e o aumento das viagens de carros de redistribuição de bicicletas do sistema, para diferentes cidades no mundo. Os resultados podem ser observados na figura 3-5, onde se constata que a estimativa de quilômetros rodados pelos carros de redistribuição é maior do que a estimativa de quilômetros reduzidos pela troca modal a partir do carro, fato ocorrido por Londres ter pouca participação de usuários que trocaram o carro pela bicicleta.

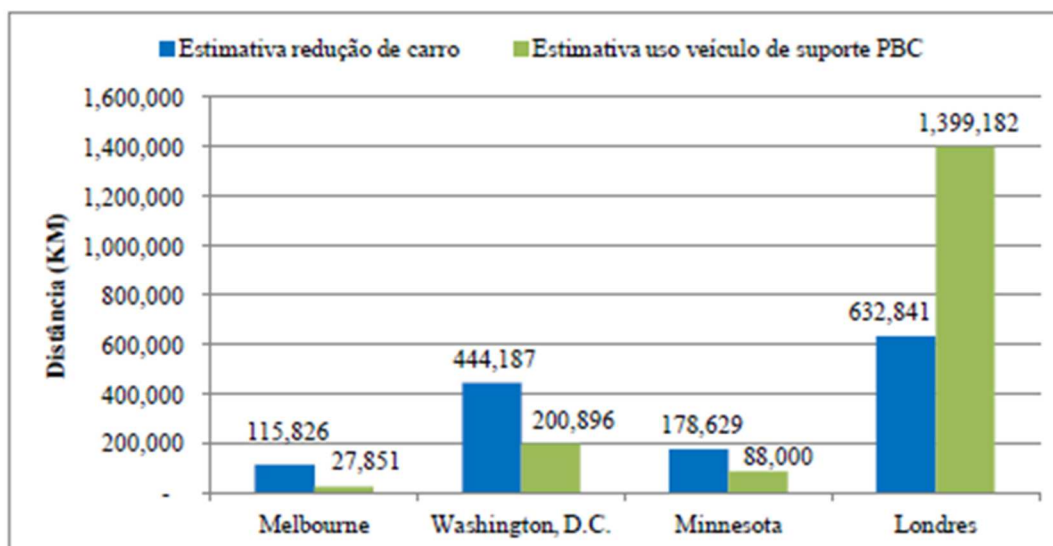


Figura 3-5: Estimativa da redução do uso do carro e uso de veículos para suporte do sistema.
 FONTE: Fishman et al., 2014.

Quanto à conectividade com os transportes públicos, os SCB podem atuar tanto como estimulador como substituto. Os padrões obtidos, em relação ao transporte público, são uma reunião de vários fatores locais urbanos e dos sistemas implantados. Alguns estudos vêm sendo conduzidos na análise desse impacto e Ricci (2015) fez uma análise da relação entre o uso da bicicleta pública e a possível relação de conectividade ou substituição dos transportes de massa.

Nas cidades de Londres, Washington, D.C. e Paris, os estudos indicam números significativamente maiores de viagens em estações de bicicleta próximos às estações de trem e metrô. Os dados devem ser analisados com base na atratividade das estações de bicicleta próximas às de trem e metrô, e na produção de viagens das estações em zonas residenciais. Enquanto que em Dublin e Montreal, usuários reportaram alta taxa de viagens sem conexão com o transporte público, mostrando a variação de resultados para diferentes cidades (Ricci, 2015).

Já Martin e Shaheen (2014) fizeram uma análise das cidades de Washington D.C. e de Minneapolis, e concluem que em regiões pouco favorecidas de transporte de curta distância, mas com ampla rede de trem, tendem a ter mais viagens atraídas por transporte público, conectadas pela bicicleta. Por outro lado, em cidades grandes com ampla rede de metrô e ônibus instalada, os PBC substituem as viagens de transporte público para bicicleta.

Miñano e Dos Santos (2015) reportaram a única publicação no Brasil sobre impacto de bicicleta compartilhada encontrada nessa revisão, a partir de dados da Serttel (operadora dos principais SCB do Brasil), que entre os usuários de bicicleta pública houve uma redução de 23% das viagens de carro e 29% das viagens feitas por transporte público. Nesse estudo é feita a comparação desses dados com os Europeus, porém não se especifica a metodologia empregada.

3.3.2. Compartilhamento de carros

De acordo com Shaheen e Cohen (2013), são muitos os benefícios observados em questões ambientais e sociais relacionados à mobilidade compartilhada, incluindo conveniência, incentivo à multimodalidade e melhorias na acessibilidade dos transportes públicos. A mobilidade compartilhada também pode ampliar a área de captação do transporte público, e tem potencial para desempenhar um papel fundamental na redução de lacunas nas atuais redes de transporte e incentivar a multimodalidade, auxiliando a resolver o problema da primeira e última milha relacionada ao acesso ao transporte público.

Estudos realizados até então sobre compartilhamento de carros mostram que este é um serviço que se prova viável em certas configurações urbanas. Celsor e Millard-Ball (2007) reuniram 13 diferentes SCC nos Estados Unidos e utilizou ferramenta de gerenciamento geográfico para determinar locais candidatos em que o serviço pode ser implantado com um nível de serviço desejável. Como pode ser observado na tabela 3-3, há aspectos demográficos, socioeconômicos e características locais que influenciam no nível de serviço do sistema.

Tabela 3-3: Requisitos mínimos para nível de serviço do compartilhamento de carro.

	Nível de serviço	
	Baixo	Alto
Aspecto demográfico		
% residência com 1 pessoa	30%	40%-50%
Distribuição modal viagens pendulares		
% transporte individual	55%	35%-45%
% caminhada	5%	15%-20%
Frota veículos individuais		
% residência sem veículo	10%-15%	35%-40%
% residência com zero ou 1 veículo	60%	70%-80%
Características locais		
Unidades domiciliares por acre (4.047 m ²)	5	5

FONTE: adaptado de Celsor e Millard-Ball (2007).

De acordo com Martin e Shaheen (2011a), os usuários de SCC são predominantemente pertencentes a grupos de pessoas que não possuía carro antes de utilizar o serviço. De acordo com a pesquisa realizada entre serviços dos Estados Unidos e Canada, 90% das residências de usuários dos sistemas iniciaram o uso do serviço tendo um carro ou menos na família. Este mesmo estudo identificou importantes características demográficas dos usuários de compartilhamento de veículos nos dois países estudados. A tabela 3-4 mostra o resumo dos resultados encontrados.

Tabela 3-4: Características demográficas de membros do compartilhamento de carro

Gênero	Total EUA e Canada
Masculino	43%
Feminino	57%
Categoria de idade	
Menos de 30 anos	40%
Entre 30 e 60 anos	55%
Mais de 60 anos	5%
Educação	
Ensino médio completo	2%
Graduação e similares completa	96%
Outros	2%
Renda (residência, US\$ anual)	
Menos de \$50.000	36%
Entre \$50.000 e \$100.000	34%
Entre \$100.000 e \$150.000	13%
Mais de \$150.000	7%
Sem resposta	10%

Fonte: adaptado de Martin e Shaheen (2011a)

Nota-se que os sistemas são melhor aproveitados em locais com a população em idade ativa, de renda média e baixa, de alta escolaridade e que tenha costumes mais individualistas. Conforme a tabela 3-3 demonstra, bairros com altas porcentagens de domicílios com 1 pessoa e maiores índices de transporte ativo tendem a ser um ambiente propício para o carro compartilhado.

3.3.2.1. Impactos Ambientais

Em estudo europeu sobre impacto de veículos compartilhados, Baptista et al. (2014) exploraram os dados do programa instalado em Lisboa e compararam cenários do sistema com carros convencionais, carros híbridos e carros elétricos. Foi constatada uma redução de até 0,6 kg de CO₂ por quilômetro rodado pelos carros do sistema nos cenários

de carros híbridos e elétricos, o que significa uma redução de 35% para carros híbridos e 65% para carros elétricos. Os autores ressaltam que o custo inicial do programa se encarece pelo fato dos carros híbridos e elétricos custarem 82% e 150% a mais que carros convencionais, respectivamente.

Nos Estados Unidos e Canadá, estudos indicam que as emissões de gases do efeito estufa (GEE) sofrem uma diminuição entre a população que utiliza sistemas de carro compartilhado, resultado obtido a partir do aumento de emissões dos usuários que não possuem carro, somando-se à diminuição das emissões dos que possuem carro (MARTIN e SHAHEEN, 2011b). Apesar da população que não possui carro ser metade do total de usuários, a minoria que possui carro e trocou pelo compartilhamento consegue balancear o cenário, resultando nesse efeito positivo.

Martin e Shaheen (2011b) concluíram que dentre os 378 mil usuários registrados dos SCC estudados, foram evitados entre 158 mil e 224 mil t GEE/ano. A variação se deve ao fato de que há certa dependência do resultado em relação ao número de usuários que são ativos quanto ao uso do sistema. Não é possível estimar o número exato de usuários que são inscritos, mas não inativos, pois estes não responderam os questionários para a elaboração da pesquisa, e então foram estimados entre 15% a 40%, de acordo com a experiência dos provedores dos sistemas.

Tabela 3-5: Redução da emissão de acordo com parcela inativa dos usuários

Parcela inativa	Total de usuários ativos	Emissão anual (t GEE/ano)
15%	267232	-224000
20%	251512	-211000
25%	235793	-198000
30%	220073	-185000
35%	204354	-172000
40%	188634	-158000

Fonte: adaptado de Martin e Shaheen (2011b)

Namazu e Dowlatabadi (2015) abordam outro fator interessante na redução dos GEE devido aos SCC. Seus estudos indicam que um terço das emissões é evitado apenas pelo fato de veículos compartilhados serem mais novos e modernos do que os veículos privados, independente da troca modal e mudança de comportamento dos usuários.

3.3.2.2. Impactos no Uso do Carro e Transporte Público

Dentre as principais referências, a análise de “Vehicle’s Kilometers Traveled” (VKT), ou Quilômetros Viajados pelo Veículo, em português, se mostra unânime para a avaliação dos impactos dos SCC na malha urbana.

No estudo dos impactos do sistema de Quebec, Trépanier et al. (2013) obtiveram resultados interessantes em relação ao uso do táxi, veículo privado e a posse de veículo privado. Foi observada maior motivação para o uso de transporte ativo e público, redução no uso de táxi e aluguel de veículo tradicional e estima-se que cada carro da frota do sistema substituiu 18 veículos privados. E no balanço entre o aumento de VKT de quem não possuía um antes da implantação do sistema com a diminuição de VKT das pessoas que passaram a usar menos o modal do veículo privado, observou-se a diminuição de 2.347.450 VKT no ano de 2010.

Outro estudo que levou em conta o VKT foi conduzido nos Estados Unidos e Canadá, onde se observou uma redução do índice em regiões com densidade populacional abaixo de 10.000 pessoas por quilômetro quadrado, demonstrando bons resultados para áreas pouco densas, enquanto que para áreas mais densas, outros fatores podem influenciar na análise. Em geral, se observou uma diminuição no uso do automóvel privado em torno de 30% entre os usuários, aumentando o uso da bicicleta, deslocamentos a pé e transporte público, caracterizando um novo padrão de viagens à parcela da população atendida pelo SCC (MARTIN e SHAHEEN, 2011a).

A tabela 3-6 mostra o resumo de variação de VKT em relação a população de usuários de carro compartilhado neste estudo realizado no Estados Unidos e Canadá. Pode-se observar os diversos efeitos que um SCC tem sobre a opção de viagem das pessoas em meio urbano, além da importância de se considerar todos aspectos no estudo de impacto dos serviços de mobilidade.

Tabela 3-6: Impacto do carro compartilhado na mobilidade local

Impacto da mudança do uso de transporte público e não motorizado	
Tipo de mudança	Impacto observado (VKT/ano/residência)
Aumento do uso de transporte público e não motorizado	-8.070
Balanço entre aumento e diminuição do uso de transporte público e não motorizado	-2.753
Diminuição do uso de transporte público e não motorizado	705
Sem mudança no uso de transporte público e não motorizado	-291
Impacto da mudança do uso de transporte individual motorizado em viagens a trabalho	
Tipo de mudança	Impacto observado (VKT/ano/residência)
Diminuição de viagens	-8.590
Sem mudança	-612
Aumento de viagens	2.188

Fonte: adaptado de Martin e Shaheen (2011a)

O último estudo identificado nos impactos de padrão de mobilidade foi realizado em Ithaca, Nova York. Stasko et al. (2013) identificaram que houve uma redução local de 15,3 veículos privados para cada carro compartilhado do sistema. Essa redução de veículos levou também à observação da redução da necessidade de estacionamento perto de residências e polos geradores de viagens, com exceção ao comércio. Nessa mesma pesquisa, os autores constataram que o padrão de uso do carro compartilhado de estudantes universitários que moram fora do campus é similar ao uso dos demais usuários, assim como demais regiões dos Estados Unidos.

3.4. Considerações Finais do Capítulo

O capítulo 3 apresenta conceitos da economia compartilhada e se aprofunda na mobilidade compartilhada. Este tema se mostra de grande importância para a elaboração do estudo de caso, que utiliza o compartilhamento de carros para seu desenvolvimento, e que aproveita conceitos e informações desenvolvidas nesse capítulo. Os principais pontos abordados no capítulo são destacados a seguir:

- A distinção entre economia comercial e economia compartilhada pode ser feita da seguinte maneira; a economia comercial baseia-se em produtos e serviços com um valor econômico tangível, enquanto que a economia compartilhada sai do sistema monetário para se concentrar nas relações de compartilhamento.

- A mobilidade compartilhada apresenta grande crescimento globalmente, sendo que os sistemas de bicicleta e carro compartilhados são as principais tendências em evidência. E são diversos os modelos de compartilhamento propostos, que podem ser escolhidos de acordo com as particularidades do local.

- A literatura científica já dispõe de trabalhos que identifiquem os impactos da mobilidade compartilhada nas cidades em que atuam, principalmente na Europa, Estados Unidos, Canadá, Ásia e Austrália. Dados e conclusões desses estudos têm extrema relevância no desenvolvimento do estudo de caso de compartilhamento de carros na cidade do Rio de Janeiro.

4. Desenvolvimento da Metodologia Proposta e Aplicação na Cidade do Rio de Janeiro

Esse capítulo desenvolve uma metodologia que consiste em avaliar uma nova alternativa de transporte no contexto das cidades brasileiras. Será feita uma aplicação para o caso do compartilhamento de carros na cidade do Rio de Janeiro.

4.1. Abordagem e Considerações da Metodologia

O Planejamento de Transportes é uma área de estudo que tem como objetivo adequar as necessidades de transporte de uma região ao seu desenvolvimento de acordo com suas características estruturais, e isto significa implantar novos sistemas ou melhorar os existentes (CAMPOS, 2013). Quando se faz o plano de mobilidade de uma região, geralmente se utiliza o modelo de 4 etapas, que permite a análise e previsão da demanda por transporte do local, compatibilizando essa demanda com a oferta de transporte, alocando essas estimativas de fluxo para diferentes modos de transporte na rede de transporte da região (CAMPOS, 2013).

Entretanto, o setor de transporte vem passando recentemente por profundas transformações, como pôde ser verificado no capítulo 2. Novos modelos de negócio impulsionados por avanços tecnológicos recentes têm permitido um rápido crescimento de novas alternativas de transportes, que não são contemplados nos modelos de planejamento. A empresa Uber (plataforma de mobilidade sob demanda que gerencia viagens peer-to-peer através de aplicativo de celular), por exemplo, surgiu em 2009 e entrou no mercado em 2010, causando uma ruptura no serviço de transporte privado individual em todo o mundo. Em meados de 2014, a empresa já tinha uma presença em mais de 30 países. Com apenas 550 funcionários, a empresa gerou receitas de cerca de 160 milhões de euros no ano fiscal de 2013, duplicando a cada seis meses (ROLAND BERGER, 2014). Apesar de ainda não ser regulamentado em muitos dos locais em que atua, o serviço continua atuando em várias cidades com permissão judicial.

As etapas percorridas no modelo de 4 etapas dependem de uma pesquisa bem elaborada, que geram dados sobre o padrão de viagens e uso do solo na área de estudo, além de um diagnóstico sobre o sistema de transporte existente. A partir disso, são percorridas as etapas: Geração de Viagens, Distribuição de Viagens, Divisão Modal e Alocação de Viagens.

Porém, esses estudos geralmente são elaborados em intervalos de tempo longos, visando alcançar resultados a médio e longo prazo. No caso do Rio de Janeiro, o plano de mobilidade da Região Metropolitana é feito a cada 10 anos (RIO DE JANEIRO, 2016). Por outro lado, novas alternativas de transporte penetram nas cidades sem aviso, em períodos de tempo muito mais curtos, gerando a necessidade de adaptação por parte dos tomadores de decisão e planejadores de transporte.

4.2. Desenvolvimento da Metodologia

A metodologia apresenta 3 passos ao longo de sua aplicação, começando pela caracterização da área de estudo, passando pelo uso de ferramenta de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para processamento dos dados, e terminando com a análise dos resultados e recomendações para a tomada de decisão. A figura 4-1 apresenta todos os passos em forma de fluxograma.

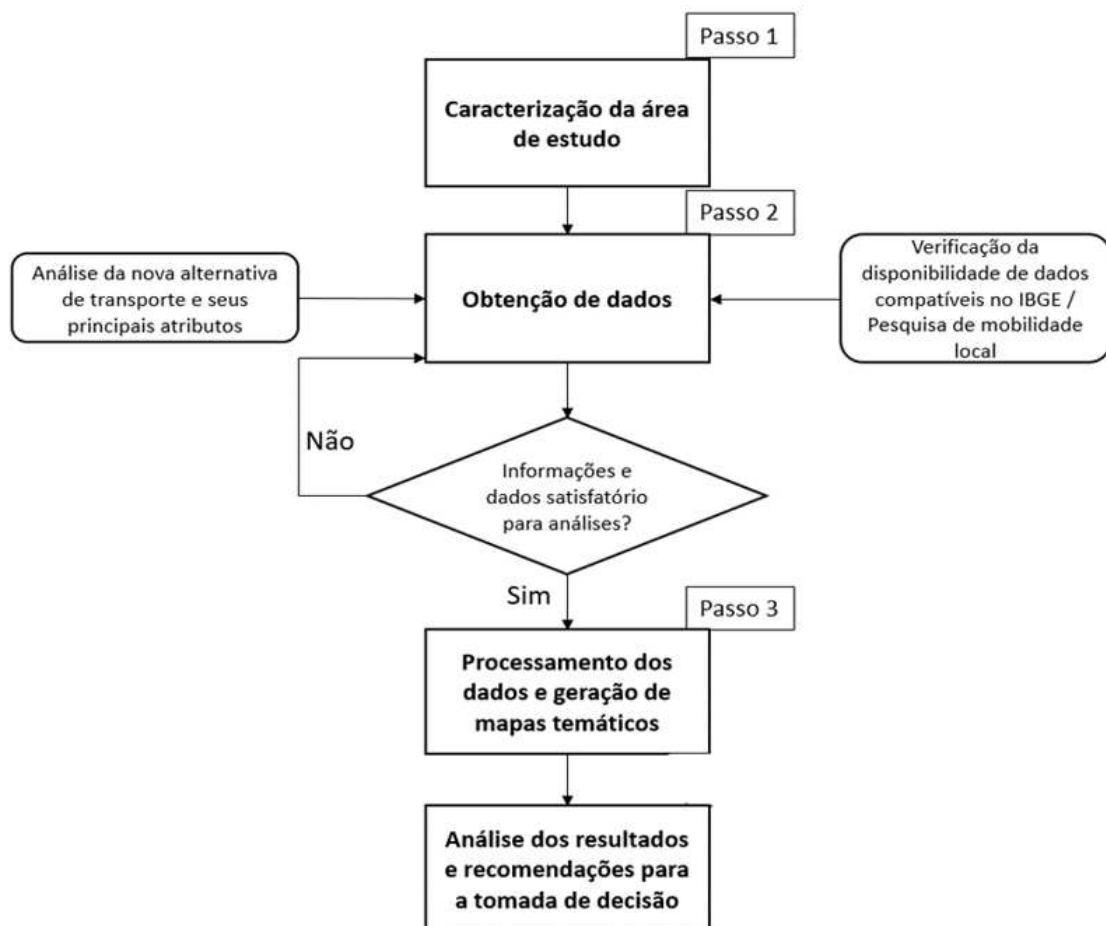


Figura 4-1: Sequência dos passos da proposta metodológica.
FONTE: Elaboração Própria.

4.2.1. Passo 1: Caracterização da Área de estudo

A etapa de caracterização inclui a delimitação da área de estudo e o levantamento de informações relevantes para entender a situação atual da área em relação a aspectos gerais demográficos e padrões de mobilidade.

As informações aqui colhidas formam parte do referencial que se deseja obter para subsidiar as análises feitas ao final da aplicação da metodologia. O quadro 4-1 apresenta as principais informações básicas necessárias para caracterizar a área de estudo.

Quadro 4-1: Informações para caracterização da região de estudo

Atributo	Característica	Fonte
População	Sociodemográfico	Dados censitários
Renda média ou PIB		
População economicamente ativa		
IDH		Organizações independentes / Governo
Matriz OD	Mobilidade	Plano de mobilidade urbana / Pesquisa domiciliar disponível
Modos de transporte disponíveis		
Divisão modal		
Tempos de viagem		

FONTE: Elaboração Própria.

Dependendo da natureza do serviço e do modo de transporte, pode ser que outras informações sejam necessárias para melhor contextualização da área de estudo e caracterização da população afetada. O especialista responsável pelo estudo deverá analisar cada situação e escolher por coletar (ou não) informações sobre outros atributos.

4.2.2. Passo 2: Obtenção de Dados

Como pode ser observado a partir da figura 4-2, essa etapa consiste em dois momentos diferentes: Captação dos principais atributos da nova alternativa de transporte em estudo (em forma de indicadores na literatura) e a verificação da disponibilidade de dados compatíveis a esses atributos no banco de dados do IBGE ou estudos de mobilidade do local de estudo.

Campos (2013) reforça que, muitas vezes, etapas do plano de mobilidade são limitadas pelo tipo, quantidade e qualidade das informações disponíveis de calibração; e ainda ressalta que o elemento mais restritivo é a necessidade de se obter dados com os

quais se possa fazer projeções consistentes. Ou seja, é de grande importância que se utilize ferramentas que visam simplificar ao máximo a obtenção de dados para avaliação de uma alternativa de transporte para determinado local.

A primeira etapa desse passo é, talvez, o mais importante. Uma revisão detalhada da literatura fornece subsidio de dados e informações que irão apoiar o especialista no trabalho com os dados, e também na etapa de análise da alternativa de transporte para o local e suas particularidades.

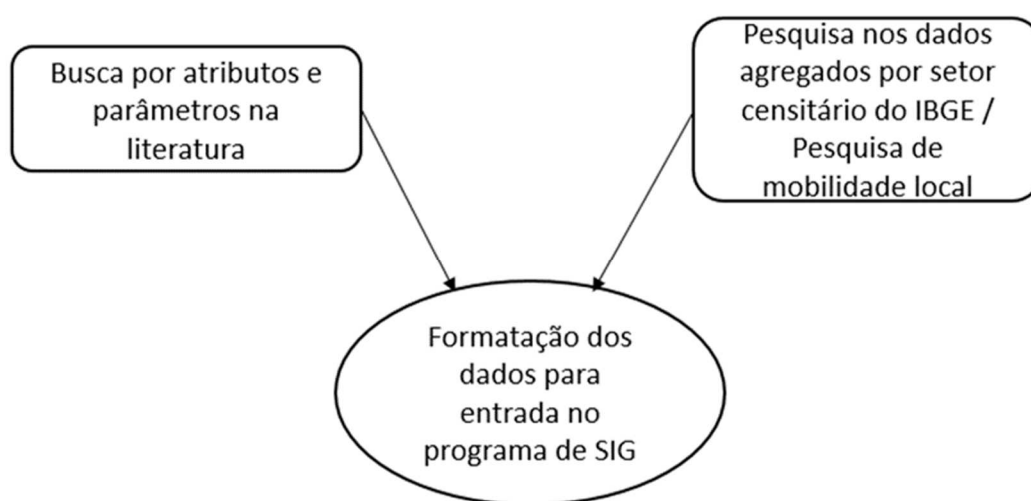


Figura 4-2: Etapas da obtenção de dados.
FONTE: Elaboração Própria.

Alguns serviços de mobilidade e novos modelos de negócios podem não ter dados publicados e disponíveis ao público, pois os operadores de serviços ainda não regulamentados não são obrigados a tornar públicos seus dados. Isso se dá pela alta velocidade com que os novos serviços de mobilidade estão penetrando no mercado, enquanto que a regulamentação desses serviços tem que respeitar ritos burocráticos e lentos, que garantam ampla discussão do tema pela sociedade.

A princípio, a literatura científica deverá ser priorizada para a obtenção desses dados dos atributos e parâmetros do serviço de transporte. Porém, quando se deparar com esse cenário de escassez de dados, o especialista responsável pela pesquisa deverá buscar diversas fontes para basear o estudo, incluindo relatórios governamentais, de instituições internacionais e relatórios de consultorias acreditadas pelo mercado, além da literatura científica.

Geralmente a literatura organiza os dados em forma de indicadores sociodemográficos, de forma a padronizar a representação dos dados de diferentes estudos sobre as novas alternativas de transporte, em diferentes lugares. A seguir serão listados exemplos de possíveis indicadores que podem ser utilizados no estudo (tabela 4-1), ou seja, indicadores que descrevam características sociodemográficas que possam ser identificadas espacialmente nas cidades.

Tabela 4-1: Exemplos de indicadores aplicáveis ao estudo.

Indicador	Explicação em relação às novas alternativas de transporte
Gênero	Dependendo do modo de transporte, há diferença do padrão de viagem entre os gêneros ligados a outros fatores, ex: sensação de segurança
Idade	Diferentes faixas de idade apresentam diferentes comportamentos nas viagens
Educação	Grau de escolaridade dos usuários pode influenciar no uso de novas alternativas de transporte
Renda	Faixas de renda compatíveis com a nova alternativa de transporte em termos econômicos
% residência com 1 pessoa	Algumas novas alternativas de transporte apresentam forte relação com certas características domiciliares, esse indicador é uma delas
% de viagens de modos de transporte	Quando surge uma nova alternativa de transporte há migração dos outros modos, e esse indicador pode verificar usuários que mais aceitariam novas alternativas
Posse de veículos privados	Muitas vezes a posse de veículos privados determinam padrões de viagens das pessoas num determinado domicílio
Densidade domiciliar	Cada vez mais a densidade domiciliar está influenciando nas características da mobilidade urbana, no planejamento urbano e nos padrões de viagens das pessoas

FONTE: Elaboração Própria.

A segunda etapa na obtenção de dados é a pesquisa dos dados de duas possíveis fontes: dados agregados por setor censitário do IBGE, que estão disponíveis no site da instituição; e dados da matriz OD do local de estudo (se existir). A partir dos dados disponíveis, há a necessidade da verificação da compatibilidade entre os dados da literatura e os dados obtidos do local estudado.

Uma vez identificados os dados que estão disponíveis e que são compatíveis, o pesquisador deve separá-los dos dados que não serão utilizados, ou por não ter

compatibilidade, ou por não ter relevância para o estudo. Além disso, deve-se obter também a base geográfica em formato .shp para a geração dos mapas no próximo passo (arquivos disponíveis no IBGE ou na base de dados governamentais). Desta forma, o passo 2 termina com todos os dados organizados, podendo estar em formato .csv ou .xls, para posteriormente serem trabalhados com os softwares que serão descritos no passo 3.

4.2.3. Passo 3: Processamento dos Dados e Geração de Mapas Temáticos

Após a obtenção dos dados através de revisão da literatura e da verificação de dados compatíveis do IBGE para o município em questão, o passo 3 consiste em processar os dados em software de Sistema de Informação Geográfica (SIG), de modo a realizar um cruzamento desses dados obtidos em diferentes fontes, e organizá-los na base cartográfica do município para a geração dos mapas que irão nortear a análise dos resultados.

O cruzamento de dados sociodemográficos tem como base a metodologia de Prskawetz et al. (2002), na qual os autores combinam dados sobre o uso do carro com dados de pesquisa domiciliar na Áustria, realizando um cruzamento de dados e uma análise em cima dos resultados obtidos. A pesquisa domiciliar utilizada pelos autores abrange 1% os domicílios do país e é feita quatro vezes por ano. O estudo compila um ano de dados sociodemográficos (idade do chefe(s) do domicílio, idade e sexo do chefe do domicílio, número de moradores no domicílio e número de adultos no domicílio) para o cruzamento com dados de uso do carro (posse de um ou dois carros e quantos quilômetros rodados pelo carro). Sendo que os dados de uso de carro foram obtidos por um micro censo onde foi perguntado aos moradores sobre pose de carro, quilometragem de uso do carro, e também uso de segundo carro, se aplicável. Para esses dados o intervalo de tempo considerado também foi de um ano.

Esse estudo teve êxito em traçar uma composição de uso do carro na Áustria de acordo com os dados sociodemográficos, de maneira que realiza também a projeção de uso ao longo do tempo. Porém, Prskawetz et al. (2002) não apresentam resultados com georreferenciamento, e ao projetar uma demanda por carro no futuro, eles ignoram as possíveis mudanças comportamentais e econômicas do local de estudo.

Tendo isso em mente, a metodologia proposta nesse trabalho não realiza projeções futuras, e diferente do artigo de referência metodológica, tem como base forte

georreferenciamento para representar o cruzamento de dados de cada variável, uma vez que o objetivo da dissertação é criar uma ferramenta ágil e de fácil visualização para o tomador de decisão ao se deparar com uma nova alternativa de mobilidade urbana.

Deste modo, os dados em formato .csv ou .xls obtidos na base do IBGE são filtrados e cruzados com parâmetros da literatura com auxílio do software livre Quantum GIS de georreferenciamento, que permite o tratamento dos dados e posteriormente a criação de mapas temáticos com a base cartográfica do município de estudo, sendo que cada variável será representada em um mapa único, de forma que não se confunda na análise possíveis interações entre as variáveis, deixando para o pesquisador realizar essa análise nos resultados do estudo.

Geralmente os dados serão disponibilizados pelo IBGE agregados por setores censitários, e alguns dados eventuais de outros estudos agregados por bairros ou zonas de estudo do plano de mobilidade. Diante das possibilidades, o nível de agregação estipulado nesse estudo será o de bairros, para que também seja a forma mais simples de entendimento entre os tomadores de decisão. Os mapas temáticos deverão seguir então a orientação de se agregar por bairros e a partir daí se criar um gradiente de cores na qual se identifiquem as diferenças das variáveis entre os bairros.

4.3. Análise dos Resultados e Recomendações Para a Tomada de Decisão

A partir do resultado da utilização da ferramenta metodológica, as análises e recomendações consistem na interpretação dos mapas temáticos, e talvez seja o mais importante em relação à tomada de decisão, pois sumariamente descreve os resultados e dá recomendações com embasamento técnico ao tomador de decisão. É aqui que o especialista deverá traduzir de forma qualitativa todo o trabalho que até então utilizou dados quantitativos.

No sentido de melhor compreender os resultados obtidos da aplicação da metodologia, esse passo pode ser dividido em 2 etapas: Análise individual de cada mapa gerado de cada variável; e análise levando em conta os resultados de todos os mapas de forma agregada ao final. Importante observar que em todas as análises devem ser respeitadas as diferenças do local de estudo e do local de onde os parâmetros foram obtidos da literatura. Por exemplo, a diferença de renda per capita entre o local onde foi

retirado o parâmetro e onde será feito o estudo pode ser tão grande que uma alternativa de mobilidade urbana pode migrar de classe social, a ser analisado pelo pesquisador.

A análise individual de cada variável deve percorrer os detalhes das possíveis diferenças, em que aspectos sociais podem diferir de um local para outro, justificando de forma simples as interpretações dadas aos mapas. A análise agregada já abrange a análise qualitativa de cada mapa e traz recomendações mais abrangentes ao tomador de decisão, de forma direta e simples.

Desta forma, o estudo tem o desfecho que se espera, no qual planejadores de transporte têm a chance de fazer a primeira avaliação sobre novas alternativas de mobilidade urbana de forma ágil, sem precisar mobilizar grandes equipes e grandes quantias monetárias. E o tomador de decisão tem um material com suficientes subsídios de informações para executar suas primeiras ações.

4.4. Aplicação da Metodologia: Estudo de Caso do Rio de Janeiro

A presente seção tem o objetivo de verificar a exequibilidade do procedimento metodológico proposto nesta dissertação, assim como sua eficácia. Além disso, o estudo de caso pode fornecer informações para aprimorar a metodologia nos pontos que forem necessários. Será desenvolvido nesta dissertação o estudo de caso de compartilhamento de carros no Rio de Janeiro, cidade que já demonstrou interesse em implantar tal sistema com veículos elétricos, através de licitação pública no ano de 2016 (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016).

A caracterização da área de estudo será feita principalmente observando dados dos Planos Diretores de Transporte Urbano (PDTU) de 2003 e 2012, onde podem ser feitas algumas comparações para análise da qualidade da mobilidade urbana na cidade e na região metropolitana do Rio de Janeiro.

4.4.1. Passo 1: Caracterização da Cidade do Rio de Janeiro

O município do Rio de Janeiro se encontra no centro da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), sendo considerado o município polo da RMRJ (figura 4-3). Sua população em 2017 é projetada pelo IBGE em aproximadamente 6,5 milhões de

habitantes, com uma densidade demográfica de 5.432 hab/km². Em termos populacionais, o município é o segundo mais populoso do Brasil. Ainda de acordo com o IBGE, o PIB per capita do município em 2015 foi de US\$12.798,00, acima do PIB per capita brasileiro no mesmo ano (US\$8.670,00) de acordo com o Fundo Monetário Internacional.

De acordo com o Atlas de Desenvolvimento Humano (Atlas Brasil, 2017), a população economicamente ativa e ocupada representa 64,5% da população total e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) era de 0,799 em 2010, colocando o Rio de Janeiro entre os que tem alta pontuação. As dimensões em destaque que contribuem para o índice são a longevidade, seguida de renda e educação.



Figura 4-3: Localização do município do Rio de Janeiro em meio à RMRJ.

FONTE: Estado do Rio de Janeiro (2016).

Em relação aos atributos de mobilidade, os PDTUs de 2003 e de 2012 fornecem uma base de informações para entender como funciona e quais as características da mobilidade na cidade e na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Nota-se que na comparação entre 2003 e 2012, houve um acréscimo nas viagens motorizadas, principalmente de veículos privados, ocupando mais espaço nas vias e necessidade de estacionamentos (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016). O quadro 4-2 traz os dados da divisão modal das viagens realizadas na região metropolitana nos dois estudos.

Quadro 4-2: Divisão modal na região metropolitana do Rio de Janeiro.

MODO DE TRANSPORTE		viagens realizadas em milhares		% do total geral		Taxa de crescimento ao ano (%)
		2003	2012	2003	2012	
Motorizado	transporte coletivo	9.291	11.016	46,7	48,8	1,91
	transporte individual	3.239	4.398	16,3	19,5	3,46
	TOTAL	12.530	15.414	62,9	68,2	2,33
Não motorizado	a pé	6.740	6.634	33,8	29,4	-0,18
	bicicleta	646	546	3,2	2,4	-1,85
	TOTAL	7.386	7.180	37,1	31,8	-0,31
TOTAL GERAL		19.916	22.594	100	100	1,41

FONTE: Estado do Rio de Janeiro (2016).

Diante do quadro de aumento das viagens feitas por veículos privados mostra a necessidade de intervenção para a melhoria da qualidade de vida da população, e que apesar da criação de corredores de BRS (faixa exclusiva de ônibus em determinados horários) até a data do estudo do segundo plano, as viagens motorizadas por transporte individual continuaram crescendo. Esse fato demonstra a necessidade de novas alternativas de mobilidade urbana entrarem em operação, em conjunto com soluções de transporte público coletivo para o auxílio às políticas de transporte. Como pôde ser observado na revisão da literatura sobre compartilhamento de carros, a posse de veículos privados e a necessidade de estacionamento podem ser reduzidos; os principais benefícios identificados.

A escolha modal das viagens também pode ser classificada de acordo com a tipologia de renda, conforme a figura 4-4. Pode-se observar que quanto maior a renda, maior a aptidão pelo uso do transporte individual pela população. Esse atributo sugere que diferente do que acontece em países desenvolvidos, os sistemas de carros compartilhados podem ser mais eficientes no Brasil em locais de domicílios de média e média-alta renda, a não ser que o sistema seja subsidiado pelo governo local. Essa informação interage com uma das variáveis que poderá ser utilizada posteriormente no decorrer da metodologia, pois já pôde ser observada na literatura do capítulo 3 que o uso de carros compartilhados aparece mais em certas faixas de renda domiciliar.

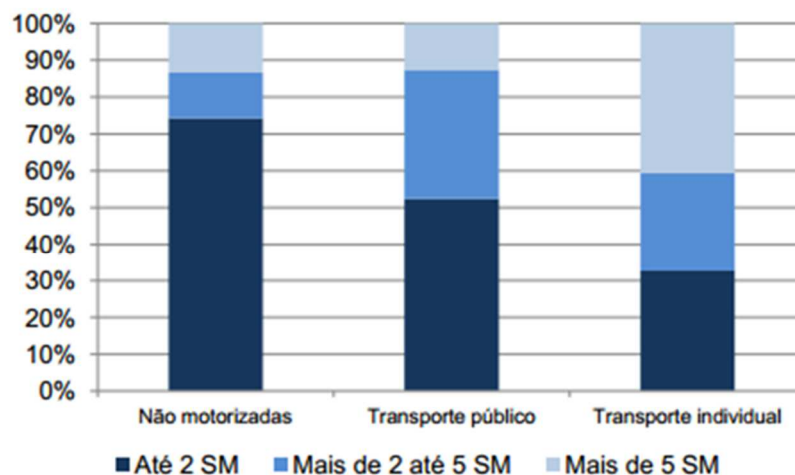


Figura 4-4: Tipologia de renda por modo de transporte agregado.
 FONTE: Estado do Rio de Janeiro (2016).

Ainda em relação à RMRJ, o tempo médio das viagens de transporte coletivo é consideravelmente maior do que das viagens com transporte individual, conforme se verifica no quadro 4-3. As viagens realizadas por modo não motorizado têm menor tempo de viagem pela proximidade dos destinos. O fato de utilizar o veículo individual sem a necessidade da posse pode fazer com que usuários de transporte coletivo migrem para o compartilhamento de carros, fato que já pôde ser observado na literatura. Porém quando se faz um balanço entre esses usuários e as pessoas que deixam de ter carro privado, a literatura até então mostra que os resultados são benéficos para a mobilidade local com a diminuição de uso do carro.

Quadro 4-3: Tempos médios de viagem por modo na Região Metropolitana do Rio de Janeiro.

Modo	Tempo médio de viagem (min)
A pé	15,1
Bicicleta/Ciclomotor	6,7
Condutor de auto	36,6
Passageiro de auto	31,1
Motocicleta	20,7
Moto-táxi	10,8
Táxi	20,0
Transp. Escolar	22,8
Transp. Fretado	67,5
Ônibus executivo	85,4
Ônibus Intermunicipal	57,9
Ônibus municipal	39,8
Ônibus pirata	47,0
Metrô	27,3
Trem	47,4
Barcas	22,8
Van	36,1
Outros	32,4

FONTE: Estado do Rio de Janeiro (2016).

Entrando nas características somente do Município, na divisão modal em 2012 se verificou que 51,1% das viagens são realizadas por transporte coletivo, 22,8% por transporte individual e 26,1% das viagens são feitas por modos não motorizados (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016). Ou seja, em relação à região metropolitana o município tem menos viagens não motorizadas, e quase 6% a mais de viagens motorizadas, distribuídas quase que igualmente entre modos coletivos e modos individuais. Enquanto que a taxa de crescimento das viagens entre 2003 e 2012 segue a tendência da região metropolitana, de crescimento dos modos motorizados e diminuição dos modos não motorizados (ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016).

Para manter um padrão com objetivo de facilitar a visualização dos mapas na análise dos resultados, será descrito um breve resumo da localização geográfica das regiões da cidade. Para melhor visualização dos resultados, o Rio de Janeiro será dividido no estudo basicamente entre as seguintes regiões, conforme a figura 4-5: Centro (1A), Zona Sul (1B), Barra da Tijuca e Jacarepaguá (1C), Zona Norte (1D) e Zona Oeste (1E). O centro comercial e histórico da cidade na verdade não é o centro geográfico, pois fica no extremo leste do limite do município. A zona sul compreende geograficamente à

região ao sul-sudeste do município, enquanto que barra e jacarepaguá se localizam no centro-sul do município. Os bairros da zona oeste e zona norte englobam toda a região geograficamente posicionada a oeste e centro-norte dos limites do município.

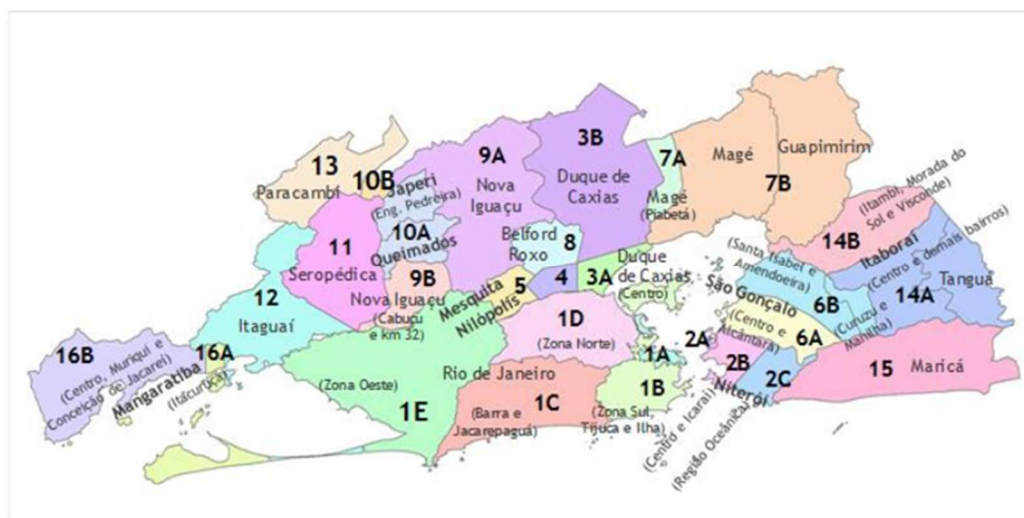


Figura 4-5: Divisão de macrozonas feita para o PDTU 2012.
FONTE: Estado do Rio de Janeiro (2016).

Desta forma, a região metropolitana à qual pertence o município do Rio de Janeiro em si, estão caracterizados de modo que as informações aqui coletadas irão contribuir para a análise dos resultados e nas recomendações para os tomadores de decisão em relação ao compartilhamento de carro, a partir da aplicação da metodologia.

4.4.2. Passo 2: Obtenção dos Dados de Compartilhamento na Literatura e Dados Domiciliares do IBGE

No passo 2 deve ser realizada a revisão da literatura a fim de encontrar dado e parâmetros sociodemográficos da alternativa de transporte em questão. No caso desse estudo, a revisão sobre o compartilhamento de carro já foi realizada no capítulo 3 da dissertação, e as informações necessárias para a aplicação da metodologia podem ser encontradas nas tabelas 3-3 e 3-4. Porém, nem todos os dados estão disponíveis para as cidades brasileiras, então serão listados na tabela 4-2 todos as variáveis que possuem compatibilidade de dados com a realidade brasileira e seus parâmetros de níveis de serviço para o compartilhamento de carros.

Tabela 4-2: Requisitos mínimos para nível de serviço do compartilhamento de carro que serão utilizados no estudo.

	Nível de serviço	
	Baixo	Alto
Aspecto demográfico		
% residência com 1 pessoa	30%	40%-50%
Características locais		
Unidades domiciliares por acre (4.047 m²)	5	5

FONTE: adaptado de Celsor e Millard-Ball (2007).

E na tabela 4-3 as características sociodemográficas predominantes entre os usuários de sistemas de carros compartilhados.

Tabela 4-3: Características sociodemográficas de membros do compartilhamento de carro que serão utilizadas no estudo.

	Total EUA e Canada
Categoria de idade	
Menos de 30 anos	40%
Entre 30 e 60 anos	55%
Mais de 60 anos	5%
Renda (residência, US\$ anual)	
Menos de \$50.000	36%
Entre \$50.000 e \$100.000	34%
Entre \$100.000 e \$150.000	13%
Mais de \$150.000	7%
Sem resposta	10%

FONTE: adaptado de Martin e Shaheen (2011a)

Desta forma, a obtenção de 4 variáveis que apresentam dados compatíveis no IBGE irá produzir 4 mapas temáticos: % de residências com 1 pessoa; Densidade domiciliar; Categoria de idade; e Faixas de renda. Os dados obtidos através do site do IBGE são aqueles relacionados ao censo de 2010, disponíveis em planilhas de formato .csv ou .xls, com informações dos domicílios agregadas por setores censitários.

Foi utilizado o software Microsoft Excel para trabalhar os dados censitários de forma que os arquivos ficassem mais leves para dar entrada no software QGIS. Por exemplo, a informação de pessoas que moram nos domicílios se encontra em uma planilha com quase 200 colunas, no entanto, somente as colunas de domicílios totais e a de domicílios que moram uma pessoa nos interessa. Também é desejável que haja um filtro nas linhas dessas planilhas, pois o IBGE disponibiliza dados agregados por setor censitário de todo o estado em um mesmo arquivo. Também foi analisado se há compatibilidade entre características de mobilidade encontradas na literatura (posse de

veículos privados, padrões de viagens...), dados do PDTU e das pesquisas domiciliares do IBGE, porém verificou-se que esses dados não estão disponíveis. A figura 4-6 a seguir ilustra o resultado final de uma planilha trabalhada (apenas para as primeiras linhas, pois somente no município do Rio de Janeiro existem 10.159 setores censitários, ou seja, as planilhas contêm 10.159 linhas).

Cod_setor	% domicílios com 1 morador
330455705060001	0,19
330455705060002	0,09
330455705060003	0,13
330455705060004	0,14
330455705060005	0,09
330455705060006	0,09
330455705060008	0,03
330455705060009	0,13
330455705060010	0,20
330455705060011	0,14
330455705060012	0,15
330455705060013	0,14
330455705060014	0,14
330455705060015	0,20
330455705060016	0,19
330455705060017	0,14

Figura 4-6: Exemplo de planilha com dados trabalhados.

FONTE: Elaboração Própria.

Uma vez identificadas as variáveis na literatura, compatibilidade de dados do local de estudo, e organizados os dados na forma correta para trabalhar no QGIS, falta somente buscar uma base geográfica para trabalhar, em formato .shp, que também se encontra disponível no site do IBGE, bastando encontrar a base geográfica do Rio de Janeiro para o caso desse estudo.

4.4.3. Passo 3: Processamento dos Dados e Geração de Mapas Temáticos

O passo 3 se realiza em ambiente do software QGIS, que realiza as funções de representar os dados trabalhados na base geográfica do município do Rio de Janeiro. Para cada variável que se encontrou parâmetros e dados compatíveis no local de estudo para trabalhar, será gerado um mapa temático. No caso desse estudo, serão gerados 4 mapas temáticos representando as 4 variáveis em que os dados foram obtidos.

Para a agregação dos dados que estavam agrupados por setores censitários, é preciso agregá-los através do software QGIS, com a função de Dissolver, de forma que a representação final será dada em nível agregado de bairros. A seguir serão gerados os mapas e uma breve descrição do resultado de cada variável.

A variável % residência com um morador traz uma informação importante sobre os domicílios da área de estudo, pois regiões que apresentam maior valor apresentam

melhor nível de serviço do sistema de compartilhamento. De acordo com a Figura 4-7 é possível observar maior vocação para o compartilhamento de carro nos bairros centrais e da zona sul da cidade. O restante da cidade apresenta baixo nível de serviço de acordo com essa variável, com apenas alguns bairros isolados da zona norte chegando a números próximos de nível de serviço desejável, como pode ser observado no mapa.

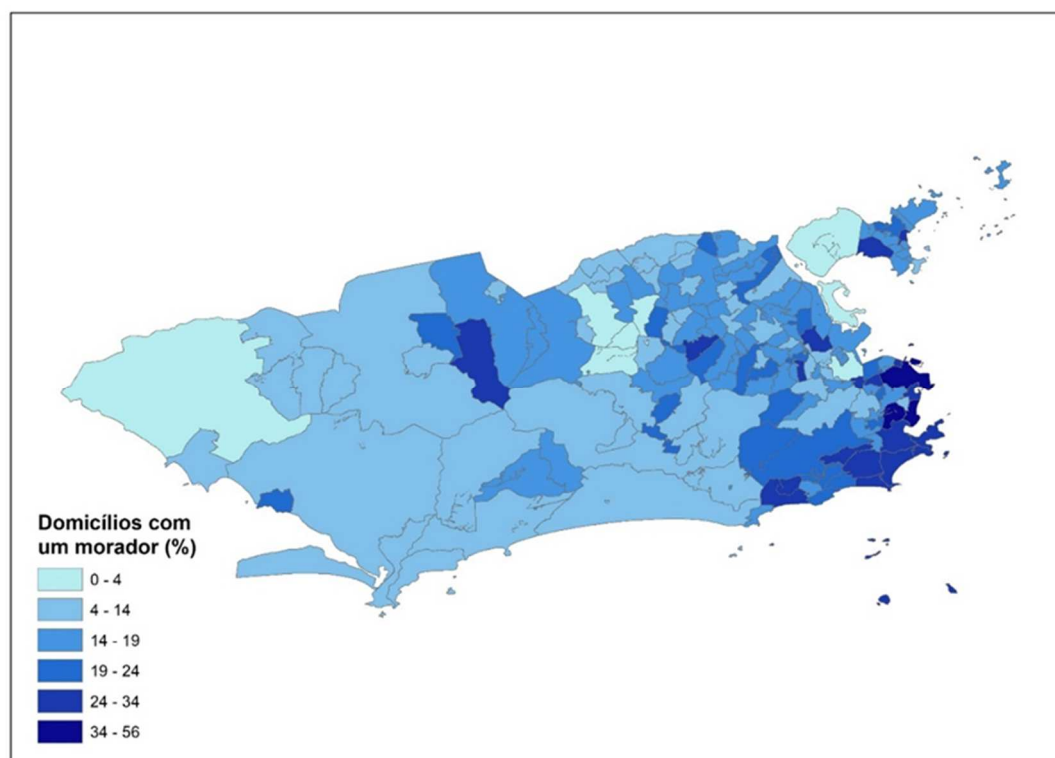


Figura 4-7 – % domicílios com um morador no Rio de Janeiro.

FONTE: Elaboração Própria.

A variável de densidade domiciliar especificada na literatura internacional determina que a partir de 5 domicílios por acre o nível de serviço seria considerado alto. Entretanto, há de se observar a diferença entre cidades da América do Norte e do Brasil, pois as cidades contempladas no estudo de Celsor e Millard-Ball (2007) ficam nos Estados Unidos, onde as cidades têm em sua maioria a característica de espraiamento urbano e muito frequentemente os domicílios são organizados em casas. O Rio de Janeiro tem muitas regiões que apresentam alta densidade, com domicílios organizados em condomínios prediais que aumentam muito a densidade de domicílios comparado à muitas cidades americanas. Entretanto, se considerado o mesmo parâmetro, quase todos os bairros da cidade estariam aptos a receber SCC, e os bairros de maior densidade domiciliar se encontram na zona sul, centro e zona norte da cidade, como pode ser observado na Figura 4-8. Conceitos desenvolvidos no segundo capítulo mostram que a

maior densidade domiciliar tende a tornar mais eficiente a mobilidade das pessoas nas cidades.

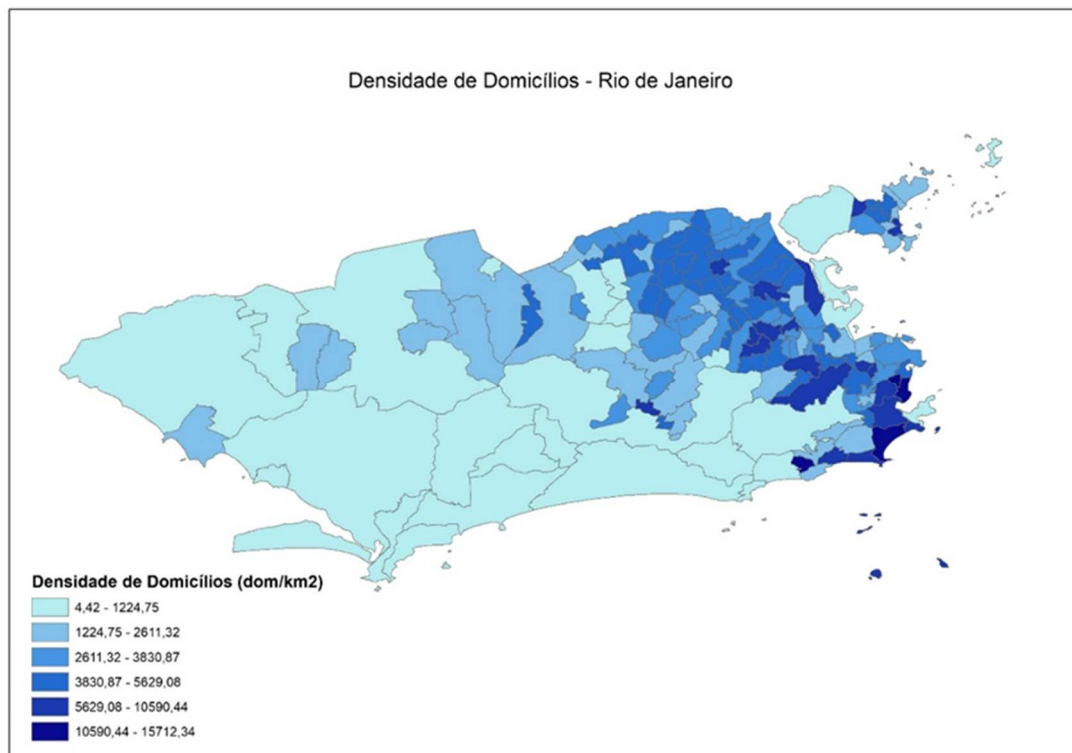


Figura 4-8 – Densidade domiciliar.
FONTE: Elaboração Própria.

A terceira variável abordada aqui (% de pessoas entre 18 e 60 anos) identifica os locais da cidade em que mais se concentram pessoas na faixa de idade entre 18 e 60 anos. A idade mínima se limita aos 18 anos pelo fato de que somente nessa idade as pessoas são aptas a se tornar condutoras de veículos, e os 60 anos como idade máxima, pois a faixa acima dessa idade representa apenas 5% da demanda por carro compartilhado dos sistemas identificados na literatura. Através da visualização do mapa (figura 4-9) é possível destacar os bairros do centro e zona oeste como as mais aptas a receber o sistema de acordo com essa variável, e alguns bairros da zona norte com maiores percentuais de pessoas na faixa de idade, porém, os dois principais que têm o maior percentual da zona norte são a ilha do fundão e a vila militar em Deodoro. Ambos são situações que fogem do padrão da cidade, por se tratar de área universitária e militar.

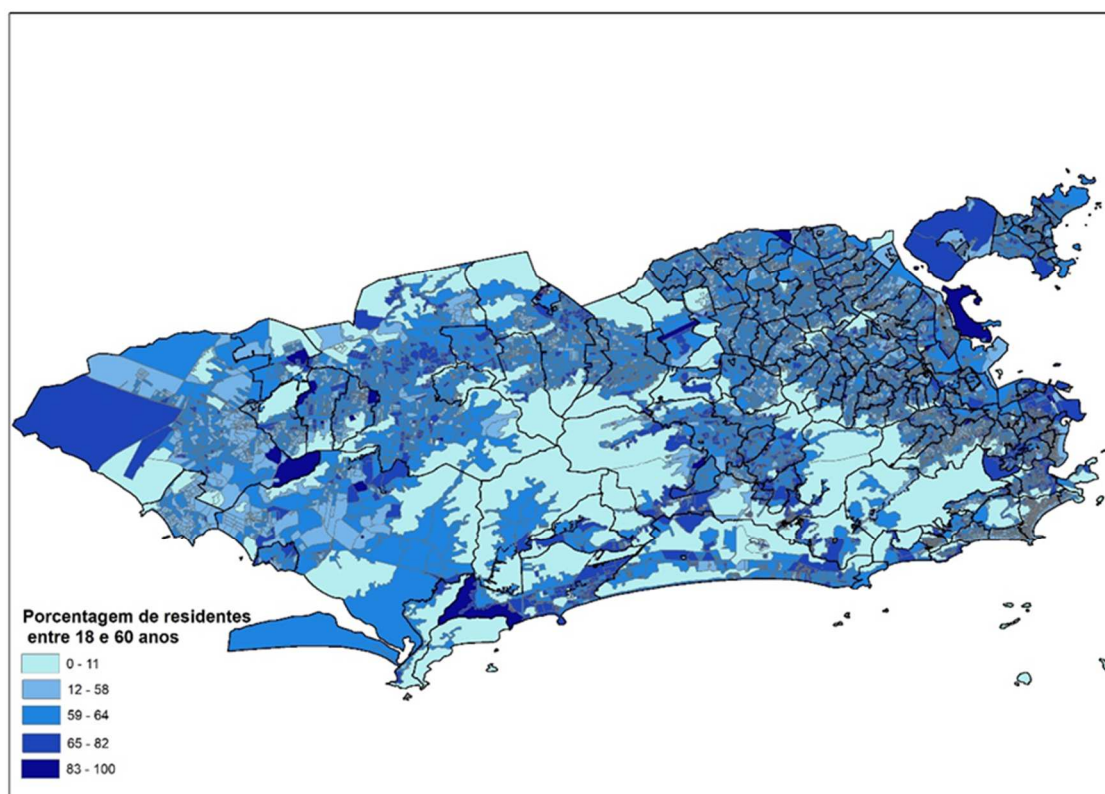


Figura 4-9 – % de pessoas entre 18 e 60 anos.
FONTE: Elaboração Própria.

A última variável analisada é a renda mensal dos domicílios. Há de se atentar que a análise desta variável envolve premissas econômicas e culturais diferentes entre os locais estudados na literatura e o estudo de caso. Nos Estados Unidos e Canadá a grande maioria dos usuários dos Sistemas de Compartilhamento de Carro (SCC) se enquadram entre classe baixa e média de renda, porém em uma sociedade de maiores recursos financeiros e poder de consumo do que o Brasil. Como foi descrito na caracterização do local, o PIB per capita no Brasil em 2015 foi de US\$8.670,00, enquanto que nos Estados Unidos o PIB per capita é de US\$55.805,00 de acordo com o Fundo Monetário Internacional.

O modelo de negócios do carro compartilhado se dá pelo consumo de mobilidade com um custo relativo ao uso, e que geralmente é mais caro do que os modos de transporte coletivos. Portanto, essa variável deve ser interpretada de forma diferente no estudo de caso. Sem nenhuma intervenção governamental através de subsidio ou novos modelos de negócios e tecnologias capazes de diminuir os custos do uso de carro compartilhado, aqueles com condição financeira para utilizar os sistemas com maior frequência são de classes de renda mais alta. Analisando a Figura 4-10 é possível visualizar que bairros da

zona sul e da barra apresentam maiores níveis de renda e com isso se mostram as mais indicadas para implantação de SCC de acordo com essa variável.

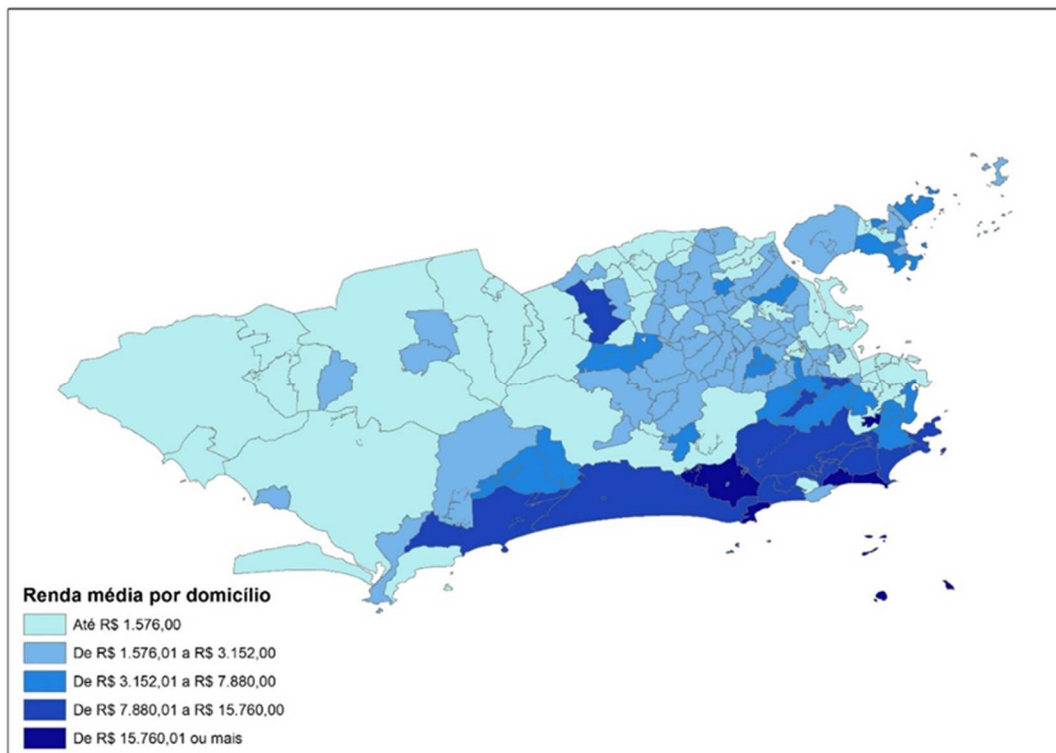


Figura 4 -10 – Renda média por domicílio.
FONTE: Elaboração Própria.

4.4.4. Análise dos Resultados e Recomendações Para a Tomada de Decisão

A partir do passo 3 é possível fazer a análise dos resultados do estudo e as consequentes recomendações para a tomada de decisão, de forma que se faça uma síntese de fácil entendimento para pessoas de diferentes formações.

O mapa gerado de cada variável oferece uma análise simples e direta dos dados georreferenciados, porém o planejador de transporte tem, dentre outras, a função de observar as características locais para interpretar de forma coerente os resultados. As Figuras 4-7 a 4-10 possibilitam identificar bairros do centro e zona sul com os melhores níveis de serviço e eficiência do sistema no geral, seguido de alguns bairros da zona norte e barra da tijuca. Essa é uma ferramenta que pode auxiliar à formação de política de mobilidade urbana, que para uma cidade das dimensões e complexidades do Rio de Janeiro, deve ser pensada de forma integrada com outros modos de transporte e políticas de transporte (LITMAN, 2013; CASS E FAULCONBRIDGE, 2016).

Devido a inovação no modelo de negócios e de ter novas tecnologias atreladas aos SCC, é importante levar em consideração a necessidade de mudança cultural no local que se deseja implantar o sistema. Uma forma de realizar essa adaptação é o planejamento de crescimento gradual do sistema, começando com sistemas de menor tamanho e menor penetração. Os resultados obtidos através da metodologia proposta fornecem rápida visualização dos locais com melhor potencial para a introdução do sistema seguida do crescimento gradual.

Os bairros do centro e zona sul seriam, a princípio, locais contemplados pelo sistema na primeira etapa, pois além da constatação de que as características de lá atendem níveis de serviço elevado de acordo com quase todas variáveis, existe o fato de que lá se tem grande parte do comércio e dos postos de trabalho da cidade, além de diversas atrações culturais e turísticas. Somando-se a isso, políticas de restrição de estacionamento na região central tendem a estimular o uso de carro compartilhado com vagas exclusivas para o sistema. Alguns bairros da zona norte e a barra da tijuca também se destacaram pelo nível de serviço alto em um menor número de variáveis estudadas. São bairros que apresentam características propícias a receber o compartilhamento em uma segunda etapa, que seria de acréscimo do sistema.

Como pôde ser verificado na literatura, um SCC poderia diminuir a posse e uso de carro, demanda por estacionamento e se mostrar como um modo de transporte confortável e flexível, principalmente para substituir viagens pendulares de carro ao centro, vindas das regiões com potencial anteriormente citadas.

5. Conclusões e Recomendações

As cidades cada vez mais vêm se tornando ambientes complexos, principalmente por conta do crescimento populacional em meio urbano. A mobilidade nas grandes cidades chegou a níveis críticos de volumes de tráfego, acarretando em grandes tempos de viagens nos deslocamentos, grande consumo de combustíveis fósseis, aumento da poluição sonora e do ar, e consequentemente, afetando a qualidade de vida daqueles que nelas vivem.

O planejamento de transporte se insere nesse contexto com o grande desafio de atenuar as dificuldades encontradas, incorporando aspectos multidisciplinares por conta da complexidade do problema. Visões de infraestrutura, circulação e transporte público associados às questões de uso do solo, meio ambiente e sociais já fazem parte da agenda de todos profissionais que trabalham com a mobilidade urbana. Ou seja, a mobilidade urbana tem uma forte interação com o planejamento urbano.

A mobilidade urbana sustentável aparece então com grande força, como um conceito que enquadra a oferta de transporte de acordo com o contexto socioeconômico e a qualidade ambiental. O primeiro contexto permite que as cidades se desenvolvam economicamente de forma a gerar oportunidades iguais para seus habitantes; e a qualidade ambiental melhora a qualidade de vida local reduzindo a poluição do ar e se preocupa também com as próximas gerações, ao combater as emissões de gases do efeito estufa, que em crescente concentração na atmosfera vem acelerando o fenômeno climático do aquecimento global.

Ao mesmo tempo em que evoluem os conceitos de planejamento de transporte e mobilidade urbana sustentável, o avanço das tecnologias veiculares permite novas configurações de mobilidade e acessibilidade. Os veículos elétricos, as TIC e a automação vêm criando uma ruptura no setor de transporte, acelerando a criação de novas formas de se deslocar nas cidades e criando ambientes urbanos inteligentes, evidenciando mais ainda a necessidade de tratar as novas alternativas de mobilidade urbana junto aos tomadores de decisões.

Surgem então novas alternativas de mobilidade urbana, que na literatura científica podem ser encontradas na forma de ferramentas de políticas de transportes, que aliadas a novos modelos de negócios advindos da economia compartilhada, têm o potencial de

criação de novos negócios nas cidades em curto e médio prazo, dependendo do nível de desenvolvimento local. Pôde ser observado que a mobilidade compartilhada apresenta grande crescimento globalmente, sendo que os sistemas de bicicleta e carro compartilhados são as principais tendências em evidência.

Desta forma, esse trabalho teve como objetivo propor uma metodologia que auxilie no planejamento de transporte das cidades brasileiras, na qual novas alternativas de transporte (como por exemplo, sistemas compartilhados ou mobilidade sob demanda por aplicativo) penetram o mercado com uma velocidade tão alta que os planos de mobilidade não têm condições de acompanhar. Os Planos de Mobilidade Urbana do Rio de Janeiro e de São Paulo são feitos a cada 10 anos, enquanto que outras cidades só fizeram uma vez, e muitas outras sequer apresentaram nenhum plano até hoje.

Como foi exposto anteriormente, os planos de mobilidade são, em geral, elaborados com a aplicação do modelo de 4 etapas, que também pode ser descrito como processo de previsão de demanda em 4 etapas, utilizado desde a metade do século XX. A metodologia aqui proposta complementa o modelo dentro do plano de mobilidade urbana em relação às novas alternativas, de forma que a obtenção dos dados e sua execução não geram custos extras para o processo, e de maneira simplificada e ágil.

A metodologia tem suas limitações, tendo em vista que essa é uma análise simples e preliminar sobre a adoção de novas alternativas de mobilidade urbana para as cidades brasileiras. Mas apesar da simplicidade, há uma demanda nas políticas públicas de ferramentas como essa para auxiliar a tomada de decisão de forma técnica e simplificada. As grandes vantagens dessa análise preliminar são a velocidade com que a pesquisa é feita e a facilidade de visualização pelos tomadores de decisão.

Outro ponto vantajoso da metodologia proposta está no passo de obtenção dos dados. Muitos pesquisadores relatam dificuldades para se obter dados para realizar estudos de mobilidade urbana no Brasil, por diversos motivos que não cabe aqui os expor. O estudo de caso demonstrou que apenas com dados disponíveis do IBGE já se pôde fazer uma análise preliminar sobre a implantação de Sistema de Compartilhamento de Carros na cidade do Rio de Janeiro.

Os resultados do estudo de caso demonstraram que os bairros do centro e zona sul seriam os locais de implantação com maior eficiência para o SCC, atendendo altos níveis

de serviço. Essas regiões da cidade se apresentam como candidatas a receber uma primeira etapa do sistema, seguidas da Barra da Tijuca e alguns bairros da zona norte, que seriam regiões identificadas como candidatas para expansão do sistema. Escassez de estacionamento, políticas de restrição de uso do veículo privado e a destinação de vagas públicas para carros do sistema poderiam se destacar entre os principais fatores e medidas públicas para o sucesso do sistema. Destaca-se também a aplicabilidade em outras cidades brasileiras, que dispõem dos mesmos dados do IBGE sobre o município.

Por fim, a dissertação percorreu assuntos diversos na busca por entender melhor a dinâmica urbana atual, num mundo onde a informação e digitalização altera conceitos e formas de relacionamento na sociedade, e principalmente, na mobilidade urbana. Por se tratar de uma metodologia simples, falta uma análise mais profunda em relação aos impactos quantitativos que a nova alternativa poderia causar na cidade, tanto em aspectos sociais, de mobilidade e ambientais. Essa lacuna pode ser preenchida com futuros estudos mais aprofundados levando em consideração dados de mobilidade da cidade de estudo, ou até estudando-se os dados do sistema após a implantação da primeira etapa.

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA SENADO. Comissões vão debater regulamentação de aplicativos de transporte, 2017. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias>>. Acesso em: 15 out. 2017.

ALEXANDRE, R. W. C. **PREFERÊNCIAS DOS CLIENTES DE SERVIÇOS ESPECIAIS DE TRANSPORTE URBANO POR ÔNIBUS**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

ALEXANDRE, R. W. C. **BUS RAPID TRANSIT (BRT) E MOBILIDADE URBANA NO RIO DE JANEIRO**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

ANTP. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2014. ANTP - Associação Nacional de Transportes Públicos, 2016. Disponível em: <http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--geral_2014.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2016.

ARB. Automated vehicles climate. California Air Resources Board, 2014. Disponível em: <https://www.arb.ca.gov/research/sustainable/automated_vehicles_climate_july2014_final1.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2017.

ARDIS, L.; FERNANDEZ-LOZADA, S.; SCHMIDT, T.; TIZE, A. Promoting Innovation in Vancouver's Sharing Economy. A Report for the City of Vancouver. Jan. 17, 2013.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS – ANTP. Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2014. São Paulo, jul. 2016. 96 p.

ATKINS. Journeys of the Future: Introducing Mobility as a Service, 2014. Disponível em: <<http://www.atkinsglobal.com/en-gb/uk-and-europe/about-us/reports/journeys-of-the-future>>. Acesso em: 20 set. 2017.

- AZEVEDO FILHO, M. A. N. DE; RODRIGUES DA SILVA, A. N. Uma Avaliação Retrospectiva de Belém do Pará sob a Ótica da Mobilidade Sustentável. *Transportes*, v. 21, n. 2, p. 13, 2013. Doi: 10.4237/transportes.v21i2.687.
- BANISTER, D. The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, v. 15, n. 2, p. 73–80, 2008. Doi: 10.1016/j.tranpol.2007.10.005.
- BAPTISTA, P.; MELO, S.; ROLIM, C. Energy, Environmental and Mobility Impacts of Car-sharing Systems. Empirical Results from Lisbon, Portugal. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v.111, p. 28–37, 2014. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.035.
- BENKLER, Y. The wealth of networks: How social production transforms markets and freedom. New Haven: Yale University Press, 2006.
- BERGEN, M. Alphabet Wants to Fix Renewable Energy’s Storage Problem — With Salt. *Bloomberg Technology*, 2017. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-07-31/alphabet-wants-to-fix-renewable-energy-s-storage-problem-with-salt>>. Acesso em: 18 ago. 2017.
- BERTUSSI, G.; ELLERY JR, R. E. Infraestrutura de transporte e crescimento econômico no Brasil. *Journal of Transport Literature*, v. 6, p. 101–132, 2012. ISSN: 2238-1031.
- BOTSMAN, R; ROGERS, R. O que é meu é seu: Como o consumo coletivo está mudando o nosso mundo. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- BRADLEY, R. Tesla Autopilot: The electric-vehicle maker sent its cars a software update that suddenly made autonomous driving a reality. *MIT Technology Review*, 2016. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/600772/10-breakthrough-technologies-2016-tesla-autopilot/#comments>>. Acesso em: 24 ago. 2017.
- BRASIL. LEI Nº 12.587, DE 3 DE JANEIRO DE 2012. Lei Federal. Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, 2012.
- BRASIL. EMENDA CONSTITUCIONAL Nº 90. Emenda a Constituição. Mesas da Câmara dos Deputados e do Senado Federal, Brasília, 2015.

BRUCE, P. G.; FREUNBERGER, S. A.; HARDWICK, L. J.; TARASCON, J. 2012. Li–O₂ and Li–S batteries with high energy storage. *Nature Materials*, v. 11, p. 19-29, 2012. doi: 10.1038/NMAT3191.

CAIRNS, S.; SLOMAN, L.; NEWSON, C.; ANABLE, J.; KIRKBRIDE, A.; GOODWIN, P. Smarter choices: Changing the way we travel. Final report to the UK Department for Transport, London, United Kingdom, 2004. Disponível em: <<http://www.dft.gov.uk/pgr/sustainable/smarterchoices/ctwwt/>>. Acesso em: 25 set. 2017.

CAMPOS, V. B. G. PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES: CONCEITOS E MODELOS DE ANÁLISE. Ed. Interciência, 2013.

CARBON TRACKER E GRANTHAM INSTITUTE AT ICL. Expect the Unexpected; the disruptive Power of low carbon technology. Carbon Tracker Initiative, 2017. Disponível em: <carbontracker.org>. Acesso em: 15 mar. 2017.

CARSE, A. Assessment of transport quality of life as an alternative transport appraisal technique. *Journal of Transport Geography*, v. 19, n. 5, p. 1037–1045, 2011. Doi: 10.1016/j.jtrangeo.2010.10.009.

CASS, N.; FAULCONBRIDGE, J. Commuting practices: New insights into modal shift from theories of social practice. *Transport Policy*, v. 45, p. 1–14, 2016. Doi: 10.1016/j.tranpol.2015.08.002.

CELSOR, C., e MILLARD-BALL, A. Where Does Car-Sharing Work? Using Gis To Assess Market Potential. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 86TH ANNUAL MEETING, jan. 2007. 1 CD.

CERVERO, R. B. Transport Infrastructure and the Environment: Sustainable Mobility and Urbanism. Institute of Urban and Regional Development, University of California, Berkeley, 2013. Disponível em: <<http://iurd.berkeley.edu/wp/2013-03.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2016.

COSTA, M. DA S. Um índice de mobilidade urbana sustentável. Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

DALKMAN, H.; BRANNIGAN, C. Urban Transport and Climate Change. Eschborn: GTZ, 2007.

DEFRANCISCO, J.; HARB, R.; RADWAN, E. Evaluation of a Carpooling Program in a University Setting Using a Stated Preference Survey. Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, 12–16 January 2014, Washington DC, United States of America.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL: ano base 2015, 2016a. Obtido em: < <http://www.epe.gov.br/Estudos>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Relatório 13 Síntese do PDTU. Secretaria de Estado de Transportes. Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, 2016.

EUROPEAN COMMUNITIES. Integration of Environment Into Transport Policy - from strategies to good practice. Bruxelas, 2003.

FAGNANT, J. KOCKELMAN, K. M. The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. Transportation Research Part C, v. 40, p.1–13, 2014. Doi: 10.1016/j.trc.2013.12.001.

FGV. Recursos Energéticos Distribuídos. 7. ed. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2016.

FISHMAN, E. Bikeshare: A Review of Recent Literature. Transport Reviews, v. 36, n. 1, p. 92–113, 2015. doi: 10.1080/01441647.2015.1033036.

FISHMAN, E.; WASHINGTON, S.; HAWORTH, N. Bike share's impact on car use: Evidence from the United States, Great Britain, and Australia. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 31, p. 13–20, 2014. Doi: 10.1016/j.trd.2014.05.013.

FISHMAN, T. Digital-Age Transportation: The Future of Urban Mobility. Deloitte University Press, 2012.

FREESE, C.; SCHÖNBERG, T. Shared mobility: How new businesses are rewriting the rules of the private transportation game. Think Act. Munich, 2014. Disponível em: <http://www.rolandberger.com/media/pdf/Roland_Berger_TAB_Shared_Mobility_20140716.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2016.

FUJII, S.; GAERLING, T. Role and acquisition of car-use habit. In Threats to the quality of urban life from car traffic: Problems, causes, and solutions; Gaerling, T.; Steg, L., Eds.; Emerald: Amsterdam, Holanda, 2007; pp.235-250; ISBN: 978-0-08-044853-4.

FUJII, S.; TANIGUCHI, A. Determinants of the effectiveness of travel feedback programs-a review of communicative mobility management measures for changing travel behavior in Japan. *Transport Policy*, v. 13, n. 5, p. 339–348, 2006. Doi: 10.1016/j.tranpol.2005.12.007.

GARDNER, C.; GAEGAUF, T. The Impact of Bikesharing: White Paper on the Social, Environmental and Economic Effects of Bikesharing. A2B Bikeshare, 2014. Disponível em: <https://www.academia.edu/7934412/The_Impact_of_Bikesharing_White_Paper_on_the_Social_Environmental_and_Economic_Effects_of_Bikesharing>. Acesso em: 15 dez. 2017.

GIZ (2014). Carsharing Services in Emerging Economies: Sustainable Urban Transport Document #12. Disponível em http://www.sutp.org/files/contents/documents/resources/B_TechnicalDocuments/GIZ_SUTP_TD12_Carsharing-Services-in-Emerging-Economies_EN.pdf

GONZALEZ, C. A. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA A APLICAÇÃO DO TOD EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GRAVES, J. M. et al. Public bicycle share programs and head injuries. *American Journal of Public Health*, v. 104, n. 8, p. 106–111, 2014.doi: 10.2105/AJPH.2014.302012.

GREENBLATT, B.; SAXENA, S. Autonomous taxis could greatly reduce greenhouse-gas emissions of US light-duty vehicles. *Nature Climate Change*, v. 5, p. 860–863, 2015. Doi: 10.1038/nclimate2685.

- GUIZZO, E. How Google's Self-Driving Car Works, 2011. Disponível em: <<http://spectrum.ieee.org/autoton/robotics/artificial-intelligence/how-google-self-driving-car-works>>. Acesso em: 18 ago. 2017.
- GUYADER, H. Carsharing, Ridesharing, Carpooling and all. Slide Share, 2015. disponível em <<http://pt.slideshare.net/guyaderhugo>>. Acesso em: 20 set. 2016.
- GWILLIAM, K. Urban transport in developing countries. *Transport Reviews*, v. 23, n. 2, p. 197–216, 2003. Doi: 10.1080/0144164032000068939.
- HENSHER, D. A. Future bus transport contracts under a mobility as a service (MaaS) regime in the digital age: Are they likely to change? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 98, p. 86–96, 2017. Doi: 10.1016/j.tra.2017.02.006.
- HULL, A. Policy integration: What will it take to achieve more sustainable transport solutions in cities? *Transport Policy*, v. 15, p. 94–103, 2008. Doi: 10.1016/j.tranpol.2007.10.004.
- IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: despesas, rendimentos e condições de vida / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. IBGE. Coordenação de Trabalho e Rendimento, 2010. ISBN: 9788524041310.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, 2014.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. A Tale of Renewed Cities: A policy guide on how to transform cities by improving energy efficiency in urban transport systems. The IEA Policy Pathway series, 2013. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/renewed_cities_web.pdf> . Acesso em: 09 dez. 2016.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Energy Technology Perspectives 2014: Harnessing Electricity's Potential. ETP Series, 2014. Disponível em: <<http://www.iea.org/etp/>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Key world energy statistics, 2016. Disponível em: < <http://www.iea.org/statistics/>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

KAHN RIBEIRO, S.; LIMA, E. Mobilidade Compartilhada. In Cultura, “Favela é Cidade” e o futuro das nossas cidades. Coordenação: João Paulo dos Reis Velloso. Texto apresentado no Fórum Nacional, Rio de Janeiro, 2014.

KAMARGIANNI, M. et al. Feasibility Study for “Mobility as a Service” concept in London. London, 2015.

KAMARGIANNI, M. et al. A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport. Transportation Research Procedia, v. 14, n. 0, p. 3294–3303, 2016. Doi: 10.1016/j.trpro.2016.05.277

KAWABATA, M. A Gis-Based Analysis of Jobs, Workers, and Job Access in Tokyo. University of Tokyo. Tokyo, 2003.

LACY, S. Amid the Mania to Quantify the Sharing Economy, Do Sharers Want to Be Counted? Pando Daily, 2013.

LESSIG, L. Remix: Making art and commerce thrive in the hybrid economy. New York: Penguin Press, 2008.

LITMAN, T. Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, v. 2017, p. 10–15, 2007. Doi: 10.3141/2017-02.

LITMAN, T. A. Measuring Transportation. Victoria Transport Policy Institute, 2011.

LITMAN, T. Comprehensive evaluation of energy conservation and emission reduction policies. Transportation Research Part A, v. 47, p. 153–166, 2013. Doi: 10.1016/j.tra.2012.10.022.

LITMAN, T. Parking Management Strategies, Evaluation and Planning. Victoria Transport Policy Institute, 2016.

LITMAN, T.; BRENMAN, M. A New Social Equity Agenda for Sustainable Transportation. Transportation Research Board Annual Meeting, 2012.

MA, H. et al. A new comparison between the life cycle greenhouse gas emissions of battery electric vehicles and internal combustion vehicles. *Energy Policy*, v. 44, p. 160–173, 2012. Doi: 10.1016/j.enpol.2012.01.034.

MACHADO, L. ÍNDICE DE MOBILIDADE SUSTENTÁVEL PARA AVALIAR A QUALIDADE DE VIDA URBANA Estudo de caso Região Metropolitana de Porto Alegre - RMPA Dissertação de Mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

MAGAGNIN, R. C.; SILVA, A. N. R. DA. A percepção do especialista sobre o tema mobilidade urbana. *Transportes*, v. 16, n. 1, p. 25–35, 2008.

MANYIKA, J. et al. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. McKinsey & Company, 2031. Disponível em: <http://www.mckinsey.com/insights/business_technology/disruptive_technologies%5Cnhttp://www.chrysalixevc.com/pdfs/mckinsey_may2013.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2017.

MARTIN, E.; SHAHEEN, S. The Impact of Carsharing on Public Transit and Non-Motorized Travel: An Exploration of North American Carsharing Survey Data. *Energies*, v. 4, p. 2094–2114, 2011a. doi:10.3390/en4112094.

MARTIN, E.; SHAHEEN, S. Greenhouse gas emissions impacts of carsharing in North America. *Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 12, n. 4, p. 1074–1086, 2011b. doi:10.1109/TITS.2011.2158539.

MARTIN, E. W.; SHAHEEN, S. A. Evaluating public transit modal shift dynamics in response to bikesharing: A tale of two U.S. cities. *Journal of Transport Geography*, v. 41, p. 315–324, 2014. Doi: 10.1016/j.jtrangeo.2014.06.026.

MAURER, A.; FIGUEIRO, P.; CAMPOS, A.; SILVA, V.; BASCELLOS, M. Yes, We also Can! O Desenvolvimento de Iniciativas de Consumo Colaborativo no Brasil. XXXVI Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro, 2012.

MCKINSEY & COMPANY E BLOOMBERG NEW ENERGY FINANCE. An integrated perspective on the future of mobility, 2016. Disponível em: <<http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource->

productivity/our-insights/an-integrated-perspective-on-the-future-of-mobility>. Acesso em 21 mar. 2017.

MEDDIN, R. The Bike-sharing World - Year End Data 2016. The Bike-sharing Blog, 2017. Disponível em: <<http://bike-sharing.blogspot.com.br/2017/01/the-bike-sharing-world-at-end-of-2016.html>>. Acesso em: 02 mai. 2017.

MELLO, A. A ACESSIBILIDADE AO EMPREGO E SUA RELAÇÃO COM A MOBILIDADE E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEIS: O CASO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MERCIER, J. et al. Policy tools for sustainable transport in three cities of the Americas: Seattle, Montreal and Curitiba. *Transport Policy*, v. 50, p. 95–105, 2016. Doi: 10.1016/j.tranpol.2016.06.005.

METZ, D. H. Mobility of older people and their quality of life. *Transport Policy*, v. 7, n. 2, p. 149–152, 2000.

MIÑANO, M. P.; SANTOS, A. Contribuição dos serviços de bicicleta compartilhada na mobilidade sustentável no Brasil. *Anais do 20o Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, 2015. Disponível em: <http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2015/06/17/7E375856-BFA8-4AB0-9AEE-44E146DE6660.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

MINGARDO, G.; WEE, B. VAN; RYE, T. Urban parking policy in Europe: A conceptualization of past and possible future trends. *Transportation Research Part A*, v. 74, p. 268–281, 2015. Doi: 10.1016/j.tra.2015.02.005.

MIRANDA, H. DE F.; DA SILVA, A. N. Benchmarking sustainable urban mobility: The case of Curitiba, Brazil. *Transport Policy*, v. 21, p. 141–151, 2012. Doi: 10.1016/j.tranpol.2012.03.009.

MODARRES, A. ScienceDirect Commuting, energy consumption, and the challenge of sustainable urban development. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 25, p. 1–7, 2017. Doi: 10.1016/j.cosust.2017.01.011.

MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. Secretaria Especial de Concessões e Parcerias Público-Privadas. Edital de Concorrência de concessão para gestão e exploração do sistema de compartilhamento de veículos elétricos, incluindo a implantação, manutenção e operação do sistema no município do Rio de Janeiro- RJ. Edital de Concorrência: CEL/PRÓPRIOS/CN-05/2016, 2016.

NAMAZU, M.; DOWLATABADI, H. Characterizing the GHG emission impacts of carsharing: a case of Vancouver. *Environmental Research Letters*, v. 10, n. 12, p. 1–10, 2015. doi:10.1088/1748-9326/10/12/124017.

NASCIMENTO, E. P. DO. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, v. 26, n. 74, p. 51–64, 2012.

NEW CLIMATE ECONOMY. Seizing the global opportunity partnerships for better growth and a better climate. The 2015 New Climate Economy Report, London and Washington, DC, 2015. Disponível em: <<http://newclimateeconomy.report/2015/>> Acesso em: 05dez.2016.

NYKVIST, B.; NILSSON, M. Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature Climate Change*, v. 5, p. 329–332, 2015. doi:10.1038/nclimate2564.

OECD. Policy Instruments for Achieving Environmentally Sustainable Transport. Paris, 2002.

OLIVEIRA, L. A. de, PEREIRA, A. P. B., CRUZ, S. N., KNEIB, E. C. Análise das relações espaciais do centro e subcentros de Palmas -TO com a mobilidade urbana sustentável. In: XXVI ANPET, Santa Catarina, 2012.

POWELL, W.W. Neither market nor hierarchy: Networks form of organization. *Research in Organizational Behavior*, v. 12, p. 295-336, 1990.

PRESTON, J. Public transport subsidisation. In S. Ison, & T. Rye (Eds.), *The implementation and effectiveness of transport demand management measures: An international perspective* (p. 189-211), Ashgate, 2008.

PRSKAWETZ, A.; LEIWEN, J.; O'NEILL, B.C. Demographic composition and projections of car use in Austria. Max Planck Institute for Demographic Research. Working Paper WP-2002-034, (45p), 2002. Rostock, Alemanha.

RICCI, M. Bike sharing: A review of evidence on impacts and processes of implementation and operation. *Research in Transportation Business and Management*, v. 15, p. 28–38, 2015. doi: 10.1016/j.rtbm.2015.03.003.

RIFKIN, J. The age of access: The new culture of hypercapitalism, where all of life is a paid-for experience. Pensilvânia: Wharton School Executive Education, 2001.

RITSEMA VAN ECK, J.; BURGHOUWT, G.; DIJST, M. Lifestyles, spatial configurations and quality of life in daily travel: An explorative simulation study. *Journal of Transport Geography*, v. 13, n. 2, p. 123–134, 2005. Doi: 10.1016/j.jtrangeo.2004.04.013.

SAE INTERNATIONAL, 2014. Automated driving levels of driving automation are defined in new SAE INTERNATIONAL STANDARD J3016. Disponível em: https://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf (acessado em: 20/02/2017).

SANTOS, G.; BEHRENDT, H.; TEYTELBOYM, A. Research in Transportation Economics Part II : Policy instruments for sustainable road transport q. *Research in Transportation Economics*, v. 28, p. 46–91, 2010. Doi: 10.1016/j.retrec.2010.03.002.

SCHOR, J. Debating the sharing economy. Great Transition Initiative, 2014. Disponível em: <http://greattransition.org/publication/debating-the-sharing-economy>. Acesso em: 24 Fev. 2015.

SHAHEEN, S.; CHAN, N.; BANSAL, A.; COHEN, A. Shared Mobility: Definitions, Industry Developments and Early Understanding. Transportation Sustainability Research Center, 2015.

SHAHEEN, S.; CHRISTENSEN, M. Shared-Use Mobility Summit: Retrospective of North America's First Gathering on Shared-Use Mobility. Transportation Sustainability Research Center, 2014.

SHAHEEN, S.; COHEN, A. Carsharing and Personal Vehicle Services: Worldwide Market Developments and Emerging Trends. *International Journal of Sustainable Transportation*, v. 7, n. 1, p. 5–34, 2013. doi:10.1080/15568318.2012.660103.

SHAHEEN, S.; COHEN, A. Innovative Mobility Carsharing Outlook. Transportation Sustainability Research Center, 2015.

- SHIRKY, C. Lá vem todo mundo: o poder de organizar sem organizações. South Carolina, North Charleston: Create Space Independent Publishing Platform, 2008.
- SPINNEY, J. E. L.; SCOTT, D. M.; NEWBOLD, K. B. Transport mobility benefits and quality of life: A time-use perspective of elderly Canadians. *Transport Policy*, v. 16, n. 1, p. 1–11, 2009. Doi: 10.1016/j.tranpol.2009.01.002.
- STASKO, T. H.; BUCK, A. B.; OLIVER GAO, H. Carsharing in a University setting: Impacts on vehicle ownership, parking demand, and mobility in Ithaca, NY. *Transport Policy*, v.30, p. 262–268, 2013. doi: 10.1016/j.tranpol.2013.09.018.
- STEG, L.; GIFFORD, R. Sustainable transportation and quality of life. *Journal of Transport Geography*, v. 13, n. 1 SPEC. ISS., p. 59–69, 2005. Doi: 10.1016/j.jtrangeo.2004.11.003.
- STRAATEMEIER, T. How to plan for regional accessibility? *Transport Policy*, v. 15, n. 2, p. 127–137, 2008. Doi: 10.1016/j.tranpol.2007.10.002.
- SUZUKI, H.; CERVERO, R.; IUCHI, K. Transforming Cities with Transit. The World Bank, 2013.
- TESLA. Autopilot. Website Tesla, 2017. Disponível em: <<https://www.tesla.com/autopilot>>. Acesso em: 24 ago. 2017.
- TRANSPORT SYSTEMS CATAPULT. Mobility As a Service: Exploring the Opportunity for Mobility As a Service in the UK, 2016.
- TRÉPANIÉ, M. et al. Impacts of carsharing on urban mobility: environmental and behavioural evidences. In 13th WORLD CONFERENCE ON TRANSPORT RESEARCH, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.wctrs.leeds.ac.uk/wp/wp-content/uploads/abstracts/rio/general/1952.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2016.
- UNITED NATIONS – UN. Mobilizing Sustainable Transport for Development: Analysis and Policy Recommendations. United Nations Secretary-General’s High-Level Advisory Group on Sustainable Transport. New York, out. 2016. Obtido em: <<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2375Mobilizing%20Sustainable%20Transport.pdf>>. Acesso em 06 dez. 2016.

VELODYNE. Product HDL-64E, 2017. Disponível em: <<http://velodynelidar.com/hdl-64e.html>>. Acesso em: 22 fev. 2017.

WADUD, Z.; MACKENZIE, D.; LEIBY, P. Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A* v. 86, p. 1–18., 2016. Doi: 10.1016/j.tra.2015.12.001.

WELCH, T. F. Equity in transport: The distribution of transit access and connectivity among affordable housing units. *Transport Policy*, v. 30, p. 283–293, 2013. Doi: 10.1016/j.tranpol.2013.09.020.

WIKIPÉDIA. Uber (Empresa), 2017. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Uber_\(empresa\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Uber_(empresa))>. Acesso em: 8 dez. 2017.

WORLD ECONOMIC FORUM. Connected World: Hyperconnected Travel and Transportation in Action Industry Agenda. 2014.

WRIGHT, L.; FULTON, L. Climate Change Mitigation and Transport in Developing Nations. *Transport Reviews*, v. 25, n. 6, p. 691–717, 2005. Doi: 10.1080/01441640500360951.

YONG, J. Y. et al. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 49, p. 365–385, 2015. Doi: 10.1016/j.rser.2015.04.130.

ZEGRAS, P. Sustainable Urban Mobility: Exploring the Role of the Built Environment. Tese de Doutorado apresentada ao Department of Urban Studies and Planning, da MIT, Massachusetts, 2006.

ZHAN, G. et al. Using hierarchical tree-based regression model to examine university student travel frequency and mode choice patterns in China. *Transport Policy*, v. 45, p. 55–65, 2016. Doi: 10.1016/j.tranpol.2015.09.006.

ZHANG, L. et al. How built environment affects travel behavior: A comparative analysis of the connections between land use and vehicle miles traveled in US cities. *Journal of Transport and Land Use*, v. 5, n. 3, p. 40–52, 2012. Doi: 10.5198/jtlu.v5i3.266.