



MOBILIDADE URBANA E DEMANDA ENERGÉTICA NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: UMA ANÁLISE POR CLASSES DE RENDA

Luiza Di Beo Oliveira

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

Orientador: Amaro Olímpio Pereira Júnior

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2019

MOBILIDADE URBANA E DEMANDA ENERGÉTICA NA REGIÃO
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: UMA ANÁLISE POR CLASSES DE
RENDA

Luiza Di Beo Oliveira

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 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

Prof. Amaro Olímpio Pereira Júnior, D.Sc.

Prof. André Frossard Pereira de Lucena, D.Sc.

Prof. Claude Adélia Moema Jeanne Cohen, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
FEVEREIRO DE 2019

Oliveira, Luiza Di Beo

Mobilidade Urbana e Demanda Energética na Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Uma Análise por Classes de Renda/ Luiza Di Beo Oliveira. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

XIII, 59 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Amaro Olímpio Pereira Júnior

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 57-59.

1. Mobilidade urbana. 2. Demanda energética. 3. Velocidade generalizada. I. Pereira Júnior, Amaro Olímpio. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

Dedico este trabalho à minha
vó Dora, que colocou o meu
nome na santinha.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe eu teria milhões de motivos para agradecer, poderia agradecer pelo abraço que viajou mais de 400km no momento em que eu mais precisei, poderia agradecer pelas ligações diárias ou pela revisão desta dissertação. Mas este espaço será reservado para agradecer por ela nunca me deixar esquecer que, como disse Ferreira Gullar: *“só é justo cantar se o nosso canto carrega consigo as pessoas e coisas que não tem voz”*.

Ao meu pai pelo apoio incondicional, pelo carinho, pelo orgulho, por falar para eu não voltar para o Rio toda a vez que eu vou para São Paulo e, neste caso em especial, pelos livros do Milton Santos na estante.

À Camila pelo aconchego.

Ao meu orientador por me ensinar que é importante saber falar do que se trata a dissertação em 30 segundos. Obrigada pela confiança na orientação e nos projetos e muito obrigada pela paciência.

Ao professor André Lucena e à Professora Claude Cohen por aceitarem fazer parte da banca.

Às pessoas iluminadas que atravessaram a minha vida acadêmica. Ao Luan Santos, que há 5 anos me acompanha de perto, sempre comemorando as minhas conquistas. Ao Daniel Schmitz, que me ensinou tanto sobre transporte durante graduação e que sempre se prontificou a me passar todos os dados que eu precisei. E à Carol Grottera, que salvou a minha pele nos 45 minutos do segundo tempo.

Aos amigos que ganhei no mestrado, em especial à Rebeca, Adriano e Marcella por dividirem comigo os desesperos, as angústias e os sambas.

À Nona, pela mulher forte que foi.

Ao Victor, Letícia, Ivan, Rebecca e Sofia, que, cada um ao seu tempo e da sua maneira, me mostram que ninguém vai soltar a mão de ninguém.

A toda minha família pelo acolhimento tão forte que eu sinto de longe.

À Dani, ao Marcel e à Roberta por serem meu porto seguro há 14 anos.

Ao carnaval (infinito) do Rio por me fazer criar laços, por ser onde eu depositei cada dor e comemorei cada conquista.

A todos os professores que passaram pela minha trajetória, que me inspiram a seguir essa profissão.

Aos funcionários e funcionárias da UFRJ.

Ao apoio financeiro do CNPQ.

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

MOBILIDADE URBANA E DEMANDA ENERGÉTICA NA REGIÃO
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO: UMA ANÁLISE POR CLASSES DE
RENDA

Luiza Di Beo Oliveira

Fevereiro/2019

Orientador: Amaro Olímpio Pereira Júnior

Programa: Planejamento Energético

O objetivo deste trabalho é analisar a demanda energética e o nível de atividade do transporte de passageiros na região metropolitana do Rio de Janeiro buscando compreender como cada classe de renda é afetada pela mobilidade urbana. Para tal, utilizou-se os dados de gastos com transporte e tempo de deslocamento da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) e da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), ambas do IBGE, para criar matrizes modal desagregadas por renda para os anos de 2002 e 2008. Posteriormente, foi analisado um cenário no qual considerou-se a entrada do Bus Rapid Transit (BRT) no período de análise, de forma a avaliar os impactos não apenas no tempo de deslocamento, mas também no tempo de trabalho necessário para que cada classe pagasse tal deslocamento (variáveis da velocidade generalizada). Como resultado, obteve-se um aumento de 4% na velocidade generalizada das famílias com menor renda. Sendo assim, mostrou-se que políticas de mobilidade urbana com foco em veículos automotores privados agrava as desigualdades sociais, sendo necessárias a proposição de medidas de transporte público que impactem especialmente as classes mais baixas.

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

URBAN MOBILITY AND ENERGY DEMAND IN METROPOLITAN REGION OF
RIO DE JANEIRO: AN ANALYS BY INCOME CLASS

Luiza Di Beo Oliveira

February/2019

Advisor: Amaro Olímpio Pereira Júnior

Department: Energy Planning

The objective of this study is to analyze the energy demand and level of activity of passenger transportation in the metropolitan region of Rio de Janeiro, seeking to understand how each income class is affected by urban mobility. To do this, it was used the transport and travel time data of the Household Budget Survey (POF) and National Household Sample Survey (PNAD), both from IBGE, to create modal matrices disaggregated by income class for the years 2002 and 2008. Afterwards, a hypothetical scenario was analyzed, in which the Bus Rapid Transit (BRT) was considered in the analysis period, in order to analyze the impacts not only in the time of displacement but also in the working time required for each income class to pay for such displacement (generalized speed variables). As a result, there was a 4% increase in the generalized speed of the lower income families. Thus, it has been shown that urban mobility policies focusing on private vehicles aggravate social inequalities, so it is necessary to propose measures of public transportation that impact especially the lower classes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.2. OBJETIVO	3
1.2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3. METODOLOGIA	4
1.4. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DAS GRANDES CIDADES DO PONTO DE VISTA DA MOBILIDADE URBANA	7
2.2. MOBILIDADE URBANA, EVOLUÇÃO DA RENDA DAS FAMÍLIAS E ECONOMIA DE TRANSPORTE.....	9
2.3. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL	12
2.4. DEMANDA ENERGÉTICA E MOBILIDADE URBANA	14
3. DEMANDA ENERGÉTICA E NÍVEL DE ATIVIDADE NO SETOR DE TRANSPORTES	16
3.1. DEMANDA AGREGADA – DADOS E METODOLOGIA	16
3.1.1. MODO RODOVIÁRIO.....	18
3.1.2. MODO AQUAVIÁRIO	29
3.1.3. MODO FERROVIÁRIO	30
3.2. DEMANDA AGREGADA - RESULTADOS.....	31
3.3. DEMANDA DESAGREGADA POR CLASSE DE RENDA – DADOS E METODOLOGIA.....	36
3.3.1. TRANSPORTE PRIVADO.....	38
3.3.2. TRANSPORTE PÚBLICO	41

3.4. DEMANDA DESAGREGADA POR CLASSE DE RENDA – RESULTADOS	42
4. VARIAÇÕES NA VELOCIDADE GENERALIZADA	47
4.1. DADOS E METODOLOGIA	47
4.2. PROPOSTA DE MELHORIA DE MOBILIDADE URBANA	49
4.3. RESULTADOS	50
5. CONCLUSÕES	53
5.1. SUGESTÕES E PROPOSTAS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3-1 Histórico de vendas	20
Gráfico 3-2 Vendas desagregadas - Automóveis.....	21
Gráfico 3-3 Vendas desagregadas - Veículos Comerciais Leves	22
Gráfico 3-4 Curvas de Sucateamento	23
Gráfico 3-5 Intensidade de Uso.....	25
Gráfico 3-6 Demanda energética por modo de transporte	33
Gráfico 3-7 Matriz Modal 2002	34
Gráfico 3-8 Matriz Modal 2008	35
Gráfico 3-9 Frota veículos privados.....	36
Gráfico 3-10 Evolução da demanda de combustível por classes de renda	39
Gráfico 3-11 Vendas de veículos privados por classe.....	39
Gráfico 3-12 Posse de veículos por classe de renda	40
Gráfico 3-13 Nível de atividade por classe	41
Gráfico 3-14 Demanda energética por modo de transporte - Classe 1	42
Gráfico 3-15 Demanda energética por modo de transporte - Classe 2	43
Gráfico 3-16 Demanda energética por modo de transporte - Classe 3	43
Gráfico 3-17 Matriz modal desagregada.....	44
Gráfico 3-18 Participação dos combustíveis renováveis na demanda energética das classes de renda	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 Árvore - modelagem.....	17
Tabela 3-2 Participação da frota RMRJ na frota estadual	20
Tabela 3-3 Escolha Flex Fuel	24
Tabela 3-4 Eficiências energéticas ponderadas (km/l).....	26
Tabela 3-5 Participação dos biocombustíveis.....	26
Tabela 3-6 Frota Circulante – modo Rodoviário.....	27
Tabela 3-7 Distância percorrida – modo Rodoviário.....	28
Tabela 3-8 Intensidade Energética – Modo Rodoviário	28
Tabela 3-9 Fator de Ocupação médio – Modo Rodoviário	29
Tabela 3-10 Passageiros transportados – modo aquaviário	29
Tabela 3-11 Quilometragem percorrida – modo aquaviário	30
Tabela 3-12 Intensidade Energética – modo aquaviário.....	30
Tabela 3-13 Modo ferroviário	31
Tabela 3-14 Intensidade energética - Modo ferroviário.....	31
Tabela 3-15 Demanda energética (ktep)	32
Tabela 3-16 Intensidade energética global	34
Tabela 3-17 Despesas com transporte por decil de renda – 2002 (R\$ 2002)...	37
Tabela 3-18 Despesas com transporte por decil de renda – 2008 (R\$ 2008)...	37
Tabela 3-19 Despesas das famílias com transporte.....	38
Tabela 4-1 Tempo de deslocamento casa-trabalho.....	48
Tabela 4-2 Renda média	48
Tabela 4-3 Migração modal (% pass.km)	50
Tabela 4-4 Resultados consolidados 2002 (h/mês).....	50
Tabela 4-5 Resultados consolidados 2008 (h/mês).....	51
Tabela 4-6 Variação da velocidade generalizada	51

GLOSSÁRIO

BEERJ - Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro

BEN - Balanço Energético Nacional

BRT - Bus Rapid Transit

LEAP - *Long-range Energy Alternatives Planning*

MEERJ - Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro

NTU - Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano

POF - Pesquisas de Orçamento Familiar

PNMU - Política Nacional de Mobilidade Urbana

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

RMRJ - Região Metropolitana do Rio de Janeiro

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Entre os anos de 2002 e 2008, houve um aumento significativo na renda das famílias, em especial daquelas de classes mais baixas, que passaram a ter maior poder de compra de bens duráveis (CARVALHO, 2016). Porém, este aumento da renda não foi acompanhado por melhorias significativas nos transportes públicos (PINHEIRO, 2015; SILVEIRA e COCCO, 2013), que já apresentava um histórico de baixos investimentos (DE MORAES, 2008) e fez com que a venda de veículos leves crescesse exponencialmente (ANFAVEA, 2017).

A escolha do comprometimento de parte da renda mensal com a aquisição de veículos automotores ocorreu, também, por conta do aumento da facilidade de crédito para a compra, assim como, da redução nos preços destes bens. Esta última, causada pelos incentivos fiscais às indústrias automobilísticas (CARVALHO, 2016).

Tais incentivos são parte de um modelo de investimento adotado por formuladores de políticas públicas que consideram que os veículos automotores privados são desejo final de todos os usuários de transporte público (BOARETO, 2008), quando na verdade, este modelo gera contraprodutividade, ou seja, o aumento da posse destes veículos, ao contrário do que é esperado, gera imobilidade (DUPUY, 1971).

De fato, este quadro não resultou em melhorias na mobilidade urbana, visto que, segundo PEREIRA e SCHWANEN (2013), os tempos de deslocamento casa-trabalho aumentaram neste período para todos os decis de renda. A proporção de viagens com mais de uma hora de duração também apresentou aumento, chegando a aproximadamente 20% dos deslocamentos do primeiro decil (PEREIRA e SCHWANEN, 2013).

As relações entre mobilidade urbana e desigualdade social são de importante discussão, na medida em que, as pessoas de maior poder aquisitivo, utilizam mais transporte individual. Desta forma contribuem para a piora da qualidade de vida nas cidades, pois se apropriam de mais espaço público, consomem mais combustível e agregam uma maior ineficiência energética ao sistema (BOARETO, 2008).

Neste sentido, observa-se que a urbanização das cidades, no que diz respeito ao uso do solo tem promovido bairros residenciais cada vez mais distantes dos locais de trabalho e lazer, além de uma segregação sócio espacial que tem afastado as populações de baixa renda para as periferias (BOARETO, 2008).

Além desse processo de urbanização que deslocou a população para as periferias, as elevadas tarifas do transporte público também são responsáveis pela segregação socioespacial. Neste sentido, cabe destacar que as elevadas tarifas motivaram manifestações populares que se espalharam por todo o país em 2013 (SILVEIRA e COCCO, 2013).

Sendo assim, o conceito de mobilidade urbana deve ser compreendido no contexto do desenvolvimento das cidades, em geral, e na perspectiva da redução das desigualdades socioespaciais em particular, uma vez que, segundo SILVA (2014), é um componente básico na qualidade de vida da população. Além disso, segundo SILVEIRA e COCCO (2013) é elemento fundamental para garantir o acesso universal às oportunidades, em especial em países com desigualdades sociais acentuadas, como o Brasil.

A urbanização das grandes cidades como o Rio de Janeiro foi promovida de forma desordenada, sem os devidos investimentos em transporte de massa, tal fato faz do trânsito, um problema de saúde pública (DAVIS, 2006), sendo assim, deve-se ter como norte modelos de mobilidade urbana associado a novas visões de cidades (BOARETO, 2008).

A mobilidade urbana também deve ser pensada com o objetivo de busca por cidades sustentáveis, mostrando que os problemas ambientais urbanos são indicativos de conflitos sociais já destacados, como segregação espacial (BOARETO, 2008).

Além dos atrasos e congestionamentos, o planejamento das cidades com o foco em veículos individuais motorizados gera externalidades negativas, tais como, o esgotamento dos recursos não-renováveis, a poluição atmosférica e sonora, além dos acidentes com vítimas (DUPUY, 1971; SENNA, 2014).

Nesse sentido, a Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU, aprovada pela Lei Federal nº 12.587 de 2012, prevê em seus princípios a mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos nas cidades. BOARETO (2008) destaca a importância das políticas públicas voltadas para a mobilidade urbana, visto que por muitas vezes, a solução da mobilidade urbana foi deixada a cargo da esfera privada, através da escolha individual pelo modo de transporte a ser utilizado de acordo com a renda de cada pessoa.

Assim, o foco deste trabalho é a análise da mobilidade urbana na RMRJ, à luz da questão do consumo energético do transporte de passageiros, visto que o setor de transporte é responsável pela segunda maior demanda energética no estado desde 1980 e é o principal responsável pela poluição urbana (SEDEIS, 2018a).

Para tal, será utilizado o conceito de Velocidade Generalizada, proposto por DUPUY (1971), que analisa a velocidade não apenas a partir do tempo gasto no

deslocamento, mas também com relação ao tempo de trabalho necessário para pagar tal deslocamento.

A política nacional de mobilidade urbana também tem como princípio priorizar projetos de transporte público coletivo e tem como objetivos reduzir as desigualdades e promover a integração social. Na contramão destas ideias, em 2018 o governo federal aprovou incentivos fiscais à indústria automobilística que chegarão a R\$7,2 bilhões em 2019, investimento suficiente para a construção de 4 projetos de BRT Transcarioca (ÉPOCA NEGÓCIO, 2018; BRASIL, 2014).

Nota-se, portanto, que propostas de melhoria da mobilidade urbana, cujos resultados atinjam sobretudo a população mais pobre, são imprescindíveis, pois visam à redução dos impactos causados pelo excesso de incentivos ao transporte motorizado privado. Com isso, busca-se promover a melhoria nas condições de acesso aos bens e serviços, reduzindo as desigualdades econômicas, sociais e espaciais.

1.2. OBJETIVO

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo analisar o nível de atividade do transporte de passageiros e a demanda energética na região metropolitana do Rio de Janeiro, buscando compreender como a mobilidade urbana impactou a qualidade de vida da população, por classe de renda, no período de aplicação das últimas Pesquisas de Orçamento Familiar – POF (2002 a 2008) do IBGE, propondo, então, uma medida que reduza suas externalidades negativas e torne a velocidade generalizada menos discrepante entre as classes.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Modelar o nível de atividade e a demanda energética no setor de transporte de passageiros por modo, tipo de transporte e classe de renda, entre os anos de 2002 e 2008;
- b) Calcular a evolução dos gastos com transporte e do tempo de deslocamento casa-trabalho em cada classe de renda, entre 2002 e 2008;
- c) Calcular a velocidade generalizada em cada classe de renda;
- d) Propor uma medida que torne a velocidade generalizada menos discrepante entre as classes;
- e) Modelar um cenário alternativo que contemple tais medidas.

1.3. METODOLOGIA

Para calcular a demanda energética e os níveis de atividade, este trabalho aplicou abordagens *top-down* e/ou *bottom-up* para cada modo de transporte. A primeira, calcula a demanda energética de forma agregada, com informações de nível de atividade (pass.km) e intensidade energética (KJ/pass.km) por modo de transporte. Por sua vez, a abordagem *bottom-up* calcula os consumos de combustível por tipo de tecnologia, tornando possível observar como o aumento ou a redução nas vendas, afetam o consumo de combustível ou, ainda, o nível de atividade do setor em determinado ano.

A modelagem dos modos ferroviário e aquaviário foi realizada com base apenas na abordagem *top-down*, assim como proposto em SEDEIS (2018b), visto que informações de frota e eficiências energéticas desagregadas não estão disponíveis para estes casos.

No que diz respeito ao modo rodoviário, existem dados desagregados de vendas, curvas de sucateamento e eficiência energética, portanto é possível aplicar a abordagem *bottom-up*, assim como proposto por MMA (2013). De forma a garantir consistência dos dados e seguindo parte da metodologia proposta por Ministério das Cidades/PET/GIZ, também foi aplicada a metodologia *top-down*. Estas informações encontram-se mais detalhadas no item 3.1.

Esta modelagem foi realizada fazendo o uso do *software* LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning*), desenvolvido pelo Stockholm Environment Institute (SEI-Boston). O LEAP é uma ferramenta de análise de demanda energética que permite a realização das duas abordagens citadas em uma mesma modelagem, além de possibilitar a criação de diferentes cenários.

Posteriormente foi realizada a desagregação em classes de renda dos níveis de atividade de cada modo. Cabe ressaltar que para os modos aquaviário e ferroviário, a desagregação se deu diretamente no nível de atividade, já para o modo rodoviário, a desagregação foi realizada nos dados de venda por tipo de veículo.

Utilizou-se nesta segunda etapa os dados da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) (IBGE, 2003 e IBGE, 2009). A POF é uma pesquisa realizada pelo IBGE que tem como objetivo traçar um perfil da qualidade de vida da população brasileira através dos dados de consumo das famílias.

Os dados relativos a gastos com transporte por decil de renda, nos anos 2002 e 2008, foram utilizados para criar modelos de demanda energética e nível de atividade referentes à Classe 1 (decis 1, 2, 3 e 4), Classe 2 (decis 5, 6, 7 e 8) e Classe 3 (decis 9 e 10).

Esta divisão foi realizada tendo como base os resultados do estudo feito por Uchoa *et. al.*(2015), que buscou responder se existem semelhanças entre os decis de renda em termos de consumo energético, de forma a agrupá-los e facilitar as modelagens. Estes cálculos estão detalhados no item 3.3.

Em seguida, foi calculada a velocidade generalizada, conceito apresentado por DUPUY (1971) e que pode ser entendida como uma maneira de calcular a velocidade dos deslocamentos, envolvendo não apenas o tempo para realizar este deslocamento, mas também o tempo de trabalho necessário para pagá-lo.

Para este cálculo foram utilizados os dados de tempo de deslocamento casa-trabalho por decil de renda disponíveis na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) e consolidados por PEREIRA; SCHWANEN (2013).

Por fim, buscou-se modelar um cenário de mitigação, com medidas possíveis de serem implementadas entre os anos das POFs em que fosse possível identificar direcionamentos para a promoção de uma mobilidade urbana sustentável.

Desta forma, optou-se por avaliar os impactos do BRT nas velocidades generalizadas das Classes 1 e 2. Os procedimentos detalhados para esse cálculo, assim como os dados utilizados serão apresentados no capítulo 4.

1.4. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é composto por 5 capítulos ao longo dos quais se pretende analisar como a mobilidade urbana impacta a qualidade de vida da população mais pobre na Região Metropolitana do Rio de Janeiro – RMRJ.

O primeiro capítulo traz as considerações iniciais, apresentando as motivações que levaram a realização desta pesquisa, além dos seus objetivos geral e específicos.

O segundo capítulo traz o levantamento bibliográfico relacionado à mobilidade urbana e é dividido em três subitens. No primeiro a mobilidade urbana é inserida no contexto de desenvolvimento urbano das grandes cidades. No segundo subitem, a análise deste conceito é feita através do ponto de vista econômico, buscando entender o impacto da evolução da renda das famílias nos deslocamentos nas cidades. Por fim, o terceiro subitem apresenta a mobilidade urbana sob a ótica do desenvolvimento sustentável.

O terceiro capítulo apresenta como foi realizada a modelagem da demanda energética agregada e como foram realizadas as desagregações em classes de renda, indicando a metodologia e os dados utilizados, além dos resultados obtidos.

O quarto capítulo mostra como foram calculadas as velocidades generalizadas em cada classe de renda, e como foi modelada a medida de melhoria na mobilidade

urbana. Assim como no capítulo anterior, o capítulo 4 também apresenta a metodologia e os dados utilizados, bem como os resultados obtidos.

Por fim, o capítulo 5 traz as principais conclusões desta pesquisa, a partir da análise dos resultados encontrados nos capítulos anteriores. Neste capítulo também são apresentadas sugestões e propostas para a continuidade deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PROCESSO DE URBANIZAÇÃO DAS GRANDES CIDADES DO PONTO DE VISTA DA MOBILIDADE URBANA

A urbanização de forma desordenada das grandes cidades gerou e continua agravando a fragmentação do espaço urbano (BOARETO, 2008). Sem um uso do solo planejado, começam a surgir, ao mesmo tempo, vazios urbanos e áreas extremamente adensadas, produzindo a necessidade de infraestrutura cada vez maior tanto para a circulação de automóveis quanto para o transporte público (BOARETO, 2008).

Este processo de urbanização também promoveu uma segregação socioespacial nas grandes cidades, fazendo com que a população mais pobre tenha que se deslocar para áreas periféricas, resultando em um aumento do tempo gasto com transporte na medida em que torna os custos sociais, ambientais e econômicos mais elevados (PERO; MIHESSEN, 2013 e GOMIDE, 2008). Neste mesmo sentido, SANTOS (2010) ressalta que tanto as desigualdades, quanto a falta de continuidade nas redes de transporte são características em países subdesenvolvidos, colocando tal questão como um dos problemas do crescimento urbano, em especial, em países da América Latina.

Ainda sob a perspectiva da segregação socioespacial, vale destacar que em cidades como Rio de Janeiro e São Paulo, tal segregação foi rebatida pela favelização dos centros e ocupação de cortiços, por aqueles que não possuíam condições de pagar pelo progresso, tampouco pelas melhorias dos espaços urbanos (KOWARICK, 1993).

Sobre o processo de favelização, KOWARICK (1993) explica que em sua origem, além de fatores históricos, encontra-se, também a redução de salários – resultado da exploração do trabalho –, assim como, a especulação imobiliária, que se apropria dos espaços valorizados pelo poder público, na perspectiva de usufruir economicamente da acelerada elevação do preço da terra urbana.

De acordo com GOMIDE, (2008), a questão socioespacial é agravada pela forma como a mobilidade urbana é promovida nas cidades, isto é, com o foco em transporte rodoviário individual e falta de investimento em infraestrutura de transporte público. Em bairros de baixa renda, a questão do transporte é apontada como um dos principais problemas urbanos (ITRANS, 2004).

Sob a ótica do transporte rodoviário individual, desde o início da década de 1990, observa-se um aumento da renda domiciliar *per capita* média das famílias que, acompanhado de um aquecimento da economia, facilidade no acesso ao crédito e

incentivos fiscais à indústria automobilística, resultou em um aumento expressivo nas vendas de veículos leves no país (BALBIM; PEREIRA, 2009 e ANFAVEA, 2017)

Este momento, porém, não foi acompanhado por melhorias significativas nas infraestruturas de transporte, em especial do transporte público, que já sofria com a precarização e a falta de segurança (BALBIM; PEREIRA, 2009), além da falta de confiabilidade e dos custos elevados (ONU, 2019). Os fatos destacados geraram um aumento do congestionamento nas regiões metropolitanas, sendo que as consequências foram mais expressivas nas classes de renda mais baixas, que já sofriam com tempos maiores de deslocamento casa-trabalho (PEREIRA; SCHWANEN, 2013).

VILLAÇA (2011) e BOARETO (2008) advertem que os governantes atribuem elevada prioridade às obras direcionadas ao transporte privado individual, em detrimento do transporte coletivo, pois os formadores de políticas públicas consideram que é desejo final de todo o usuário de transporte público, os veículos automotores. Este modelo de desenvolvimento já era criticado por DUPUY (1971), que destacou que o conceito de contraprodutividade proposto por Ivan Illich, poderia ser aplicado a questão da mobilidade urbana, ou seja, ao invés de trazer melhorias nos deslocamentos, colocar mais um automóvel em circulação com um sistema de transporte já saturado, gera imobilidade.

Ademais, quando os investimentos se direcionam ao transporte coletivo, nota-se que também possuem foco nas populações mais ricas. Exemplo disso é o fato de que no Rio de Janeiro, no período estudado por VILLAÇA (2011), enquanto 90% da população era atendida por serviços precários de trens e ônibus, já se anunciava que o metrô, cuja linha 1 que chegara a Ipanema, em breve, se estenderia através da linha 4 para Leblon e Barra da Tijuca, ao contrário de se estender para regiões periféricas, o que ocorreu de fato em 2016.

Estes fatos vão de encontro com o que é estabelecido na Política Nacional de Mobilidade Urbana, instituída pela Lei Federal nº 12.587 de 2012, que estabelece que a mobilidade urbana deva contribuir para o acesso universal à cidade (BRASIL, 2012).

Para SANTOS (2010), a análise do desenvolvimento urbano em países como o Brasil, deve ir além das questões econômicas, trazendo à discussão, uma análise histórica e sociológica. Neste sentido, quando o foco é transporte, deve-se analisar a mobilidade urbana não apenas como consequência, mas também como parte do que mantém o *status quo* da desigualdade social nas grandes cidades (DUPUY, 1971). Maiores tempos de deslocamento resultam em redução do tempo de lazer, estudos, trabalho, e conseqüentemente, da renda e qualidade de vida da população.

Desta forma, o planejamento da mobilidade urbana de maneira integradora deve ser utilizado como forma de garantir o acesso à cidade para toda a população,

gerando uma maior integração dos espaços e promovendo melhorias, também, nas condições de habitação a fim de que não seja necessário que todos habitem as regiões centrais.

2.2. MOBILIDADE URBANA, EVOLUÇÃO DA RENDA DAS FAMÍLIAS E ECONOMIA DE TRANSPORTE

A mobilidade é um tema de grande relevância no que diz respeito ao desenvolvimento urbano. Considerado uma das chaves da urbanização e componente básico na qualidade de vida da população, além de ser um dos indicadores do grau de desenvolvimento de uma cidade (ONU, 2019 e PINHEIRO; FRISCHTAK, 2015).

Em sua essência, mobilidade é a movimentação de pessoal de forma a promover acesso a destinos, bens e serviços (UN-HABITAT, 2014). Nesse sentido, é importante ressaltar que o transporte pode ser entendido como uma indústria, e como tal, existe um campo da economia que se encarrega de estudar como deve ser realizada a alocação de recursos para a movimentação de cargas e passageiros de forma a garantir o máximo bem-estar (SENNA, 2014).

Quando o foco da abordagem é a melhoria da mobilidade urbana através do transporte de passageiros, é necessário compreender quais são os fatores motivacionais que levam as famílias a optarem pelo uso de veículos privados ou pelo uso de transporte público, para que medidas sejam propostas tendo em vista esses fatores.

Segundo DE NEGRINI (1998), a demanda por veículos leves pode ser explicada através de dois modelos: O modelo agregado mostra que a união da elasticidade-preço¹ com a elasticidade-renda da demanda² explica a procura por veículos. Já o modelo desagregado toma como unidade de análise o consumidor individual, e utiliza variáveis que estimam o número de automóveis que esse consumidor individual deseja possuir, tais como o custo de posse, a disponibilidade de transporte público, a renda da família e o número de trabalhadores na família.

Comparando os dados históricos de renda domiciliar *per capita* e de venda de veículos leves, nota-se que o crescimento da renda foi acompanhado de um aumento nas vendas de veículos privados, ainda que não tão acelerado. Enquanto a renda apresentou elevação de aproximadamente quatro vezes no período de 1974 a 2014, a

¹ Elasticidade-preço da demanda pode ser definida como a mudança proporcional na quantidade demandada de um bem ou serviço gerada por uma alteração no preço deste mesmo bem ou serviço.

² Elasticidade-renda da demanda pode ser definida como a mudança proporcional na quantidade demandada de um bem ou serviço gerada por uma alteração da renda das famílias.

venda de veículos apresentou um crescimento de aproximadamente duas vezes neste mesmo período (IPEA, 2017 e ANFAVEA, 2017).

De fato, estudos mostram que a demanda por automóveis é menos sensível à variação de renda do que à variação de preços, mas ainda assim apresenta variação (DE MORAES; DA SILVEIRA, 2005).

Enquanto se observa as evidências da elasticidade renda através dos dados econômicos de IPEA (2017), a análise da elasticidade preço pode ser obtida através do histórico de fatores que contribuíram para o crescimento da indústria automobilística a partir da década de 90, particularmente a redução da carga tributária (SANTOS; SOUZA; COSTA, 1995), promovendo a queda nos preços dos automóveis e o conseqüente aumento das vendas.

No que diz respeito às evidências do modelo desagregado citado anteriormente, pode-se destacar a Pesquisa Mobilidade da População Urbana, realizada pela Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (NTU, 2017). Seus dados revelam que o elevado custo da passagem (31,3%), seguido pela falta de flexibilidade (oferta restrita de trajetos e horários) (26%), foram os principais motivos que levaram, as classes D e E, à substituição do uso dos ônibus por outros modos de transporte.

Estas deficiências nos serviços, associadas também à falta de segurança e altas tarifas dificultam o acesso da população de baixa renda a estes serviços, e podem ser colocadas como obstáculos à superação da pobreza e exclusão social (ITRANS, 2004).

De fato, os preços das passagens nas regiões metropolitanas brasileiras tanto dos ônibus quanto do metrô tiveram um crescimento acima da inflação no período de 1995 a 2008 (CARVALHO; PEREIRA, 2012). Ainda que os insumos necessários para a promoção desse tipo de transporte tenham encarecido, ou ainda, as exigências impostas às montadoras em termos de acessibilidade, segurança e nível de emissões de poluentes tenham aumentado, é necessário que a tarifa seja calculada observando a capacidade de pagamento da população, ou seja, uma tarifa que permita a locomoção, mas não restrinja financeiramente a capacidade de realizar outras atividades de importância.

Outra evidência do elevado custo das tarifas é levantada por SILVEIRA e COCCO (2013), autores que ressaltaram como as manifestações populares de 2013, iniciadas por conta do aumento da passagem dos ônibus, iniciaram uma discussão sobre o preço da tarifa de transporte público e a precariedade do serviço.

Portanto, não é unicamente o aumento de renda ou a redução dos preços dos automóveis que promove o aumento das vendas, mas também os elevados custos do transporte público associados à baixa qualidade do serviço.

Também é importante destacar que, neste mesmo período ocorreu um aumento na proporção das viagens casa-trabalho com mais de uma hora de duração em todo o Brasil, e destaca-se que em áreas metropolitanas essa proporção é quase três vezes maior do que em regiões não-metropolitanas (PEREIRA; SCHWANEN, 2013). Quando se analisa o tempo gasto nas viagens casa-trabalho, nota-se também que a população mais pobre gasta 20% a mais de tempo do que a população mais rica.

O tempo gasto no congestionamento é uma das externalidades do setor de transporte, destacadas por DUPUY (1971), que se refere a esta como absorção do tempo de vida. Outras externalidades explicitadas pelo autor são: Morte brutal, esgotamento dos recursos não renováveis, destruição da biosfera, ruído, destruição do espaço vital e poluição das dependências.

Tal externalidade também foi objeto de estudo de outros autores. Cita-se YOUNG *et al.* (2013) que propôs uma metodologia para o cálculo das perdas econômicas associadas ao tempo de deslocamento casa-trabalho no Estado do Rio de Janeiro, e teve como resultado um valor de perda entre 1,9% e 3,8% do valor do PIB estadual.

Em outro estudo relacionado à absorção do tempo de vida pelo transporte, PEREIRA E SCHWANEN (2013) observaram, através da análise dos microdados da PNAD, que o aumento do tempo de viagem não se deu da mesma maneira em todas as faixas de renda, mostrando ainda que as pessoas extremamente pobres (1º decil) e as mais ricas (a partir do 6º decil) foram as mais afetadas entre 1992 e 2008.

No entanto, se for utilizada nesta análise, a velocidade generalizada proposta por DUPUY (1971), ou seja, a velocidade calculada através da razão entre o espaço percorrido e a soma do tempo gasto no deslocamento e o tempo de trabalho necessário para pagá-lo, e que será detalhada no Capítulo 4 deste trabalho, pode-se supor que o impacto será maior nos decis de renda mais baixa. Em outros termos, dado que o custo de deslocamento através de veículos privados é maior do que com transporte público, a população de renda mais baixa precisará de mais horas de trabalho para pagá-lo, aumentando seu tempo total de deslocamento. Tal metodologia é eficiente para captar diferenças na mobilidade urbana entre classe de renda.

Porém DUPUY (1971) destaca a questão do tempo, mas não se aprofunda na questão do espaço percorrido nos deslocamentos, sendo assim, políticas de uso mais eficiente do solo, são menos sensíveis na análise. Um planejamento eficiente do uso do solo que reduza o espaço percorrido ao passo que reduz o tempo de deslocamento, irá reduzir tanto o numerador quanto o denominador da razão, apresentando mudanças pouco significativas na velocidade generalizada, apesar de impactarem consideravelmente a mobilidade urbana nas cidades.

De 1950 a 2005, a capacidade de produção da indústria automobilística triplicou, gerando a necessidade de políticas de incentivo às vendas de veículo privados (CARVALHO, 2016).

A opção de investimentos em transporte privado rodoviário em detrimento do público agrava tais externalidades, visto que enquanto a taxa de motorização na RMRJ cresceu 75% no período de 2004 a 2014, o tempo médio de deslocamento cresceu 22% no mesmo período, confirmando assim a piora na mobilidade urbana nas últimas décadas (LINKE, 2018).

Cabe ressaltar que, se for considerado o bem-estar individual, os incentivos econômicos foram bem aplicados, visto que ampliaram o acesso à aquisição de bens duráveis para classes mais baixas, gerando ainda impactos positivos na economia. Porém, o planejamento urbano não pode ser focado em modelos individualistas, visto que as externalidades negativas afetam toda a população (CARVALHO 2016)

A questão dos empregos e do desenvolvimento econômico regional gerados por esse tipo de indústria é argumento, aparentemente irrefutável, para o uso de tais incentivos. De fato, a indústria automobilística possui um grande efeito multiplicador em termos de produção e emprego (CARVALHO 2016).

Entretanto, para aumentarem sua competitividade a fim de manterem-se no mercado, as indústrias tornam seus processos de produção cada vez mais automatizados, diminuindo, assim, o número de empregos gerados. Exemplo disso é o fato de que em 1999, as plantas possuíam uma relação de 20 veículos por trabalhador, atualmente essa relação mais que dobrou, chegando a 50 veículos por trabalhador (MICAELLO, 2004).

Neste contexto, deve-se compreender que as decisões de planejamento urbano são construídas com base em heranças fiscais, institucionais e culturais. (SILVA, 2014). Sendo assim, projetar uma mobilidade urbana eficiente passará pela análise das questões históricas, pois desta forma será possível romper com antigos modelos de desenvolvimento e atingir uma mobilidade urbana sustentável.

2.3. MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

Ao tratar-se de mobilidade urbana do ponto de vista da sustentabilidade é necessário que os deslocamentos produzam o mínimo de externalidades negativas (poluição atmosférica e sonora, congestionamentos, entre outros), atendam toda a população, e agreguem ao planejamento questões sociais, econômicas, políticas e físicas (ONU, 2019).

Segundo BOTELHO (2008), a questão da sustentabilidade urbana deve necessariamente englobar aspectos de desigualdades sociais, visto que, além de

indicar conflitos sociais, os problemas ambientais também são mais sentidos por populações de baixa renda, que muitas vezes ocupam áreas de riscos.

Desta forma, faz-se necessário planejar a mobilidade de forma sistêmica e holística (PINHEIRO E FRISCHTAK, 2015), ou seja, integrando diversos aspectos da vida urbana. Sendo assim, a mobilidade urbana sustentável só será alcançada através de uma quebra de paradigmas (ONU, 2019). Em outras palavras, não basta construir mais infraestrutura de transporte, é necessário repensar as necessidades de deslocamentos, através de uma ocupação eficiente das cidades e de novas formas de trabalho.

Nota-se, porém, que o modelo de mobilidade urbana aplicado desde o século XX, como foco prioritário em veículos automotores privados, gerou um sistema de transporte ineficiente do ponto de vista energético e social (MARX *et al.*, 2015), ou seja, além de apresentar um consumo energético elevado e ser inacessível para grande parte da população, gera consequências como poluição e congestionamentos que impactam todo o espaço urbano.

É certo que deve haver uma mudança de paradigmas, porém, como visto no item anterior, o Rio de Janeiro tem um déficit de serviços de transporte público que precisa ser sanado através de uma política de mobilidade urbana, cujo foco deve ser, também, o transporte público com integração modal, ou seja, fazendo o uso de diversas combinações de transportes, motorizados e não motorizados de forma a garantir maior acesso à cidade. (ONU, 2019)

Quanto ao planejamento socioespacial, já foi destacado que deve ser considerado a partir da integração do uso do solo com os modos de transporte promovendo o acesso a bens e serviços de forma rápida, confortável e segura para toda a população (ONU, 2019).

Por outro lado, do ponto de vista ambiental, cabe voltar as externalidades do setor de transporte destacadas por DUPUY (1971), que envolvem as questões de esgotamento dos recursos não renováveis e destruição da biosfera.

É fato que ambos os contextos estão interligados, conforme explicita o próprio conceito de desenvolvimento sustentável³. Sendo assim, elementos que busquem atingir a mobilidade em um dos contextos impactam positivamente o outro.

Cita-se como exemplo, o fato de que um planejamento do uso do solo eficiente, que propicie oportunidades de emprego em diversas regiões que não apenas a central, torna os deslocamentos mais curtos, e consequentemente, reduz o uso de

³ O termo desenvolvimento sustentável foi definido no relatório “Nosso Futuro Comum” elaborado em 1987 pela ONU como aquele que atende as necessidades das gerações atuais, sem comprometer as gerações futuras. No mesmo relatório, os caminhos apresentados para que o desenvolvimento sustentável fosse atingido envolviam questões de redução da pobreza e desigualdades sociais. (ONU, 2019b)

combustível e as emissões de poluentes atmosféricos. De outro lado, reduzir a poluição atmosférica e sonora através de veículos mais eficientes, impacta positivamente a qualidade de vida da população.

Portanto, para atingir a mudança sistêmica, tal como proposta por ONU (2019) faz-se necessário que a mobilidade urbana seja analisada, também, sob o ponto de vista energético-ambiental.

2.4. DEMANDA ENERGÉTICA E MOBILIDADE URBANA

Tendo em vista que a mobilidade urbana sustentável visa, também, o consumo mais eficiente dos recursos energéticos no setor de transporte, modelar a demanda energética deste setor faz-se necessário de forma a identificar responsáveis pelo aumento do consumo e, a partir dos dados revelados nesse estudo, estimular o desenvolvimento de políticas públicas eficazes, reduzindo poluição local e global, (MCTI, 2015).

Tais políticas podem ser observadas em SEDEIS (2018b), no qual a modelagem do cenário alternativo contempla medidas que envolvem a implantação de faixas exclusivas para ônibus, expansão da malha ferroviária e construção de ciclovias e serviços de compartilhamento (*Bike Sharing*). Medidas como essas possibilitam a redução da intensidade energética, no caso dos ônibus, assim como, estimulam o uso da eletricidade, para atendimento da demanda por transporte, no caso das ferrovias.

Nota-se que todas as medidas expostas acima têm como objetivo reduzir o consumo do modo rodoviário de passageiros, e acabam por afetar no tempo e na qualidade do deslocamento.

De fato existem medidas de mitigação de consumo de combustível e poluição atmosférica para o setor de transporte que em nada impactam a mobilidade urbana, por exemplo, a eletrificação da frota de veículos automotores e as melhorias na eficiência energética, aplicadas em estudos de cenarização deste setor (SEDEIS, 2018b; D'AGOSTO, M. A., SCHMITZ, D.N e GOES, G., V., 2018).

Porém, como proposto no Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Para a Mitigação e Adaptação à Mudança do Clima (PSTM) (MCIDADES e MTPA, 2013), as medidas de mitigação do transporte de passageiros devem ser pensadas com o objetivo de, além de melhorar a mobilidade urbana e a acessibilidade das pessoas aos espaços das cidades, contribuir na redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Cita-se também como exemplo, a pesquisa realizada por FONTORA, CHAVES e RIBEIRO (2019) que buscou observar quais os impactos da Política Nacional de Mobilidade Urbana nos sistemas de transporte de São Paulo, através da análise por

sistemas dinâmicos, que permitem identificar como fatores poluição, emissões, economia, transporte público e privado, demanda por viagens e congestionamento promovem impactos entre si.

De fato, percebe-se que de maneira geral, estudos cujo foco é a mobilidade urbana apresentam uma abordagem mais integrada, ou seja, envolvem não apenas a questão do tempo de deslocamento, mas também, como são promovidos e quais impactos ambientais são gerados. Ressalta-se também que as medidas de melhoria na mobilidade urbana, em sua maioria são projetos do tipo “ganha-ganha”, ou seja, melhorar a mobilidade urbana, traz benefícios para a redução do consumo de combustível e poluição atmosférica.

Sendo assim, entende-se que a modelagem energética do setor de transporte se faz necessária, pois a partir dela é possível propor medidas que aumentem a eficiência energética e ambiental do setor de transportes, por meio da melhoria na mobilidade urbana da população.

3. DEMANDA ENERGÉTICA E NÍVEL DE ATIVIDADE NO SETOR DE TRANSPORTES

3.1. DEMANDA AGREGADA – DADOS E METODOLOGIA

Como destacado no item 2.3, é importante identificar os principais responsáveis pelo consumo energético a fim de entender como a demanda por transporte de passageiros (pass.km) é atendida e, então, propor melhorias para a mobilidade urbana do ponto de vista da sustentabilidade.

Sendo assim, para alcançar os objetivos deste trabalho, realizou-se a modelagem da demanda energética, bem como, do nível da atividade, da forma mais desagregada possível. Isto é, levando-se em conta modos de transporte, tipo de veículo, tecnologia e combustível consumido, à luz dos dados disponíveis.

Para tal, a modelagem do nível de atividade, assim como da demanda energética do setor de transporte de passageiro foi realizada através do *software* LEAP seguindo uma abordagem *Bottom-up* para o caso do modo rodoviário e uma abordagem *Top-down* para todos os outros modos. A árvore utilizada na modelagem está representada na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 Árvore - modelagem

		Veículos	Tecnologia	Combustível
Privado	Rodoviário	Automóveis	Gasolina - Dedicado	Gasolina Automotiva Etanol Anidro
			Etanol - Dedicado	Etanol Hidratado
			Flex Fuel	Gasolina Automotiva Etanol Anidro
				Etanol Hidratado
				GNV
		Veículos Comerciais Leves	Gasolina - Dedicado	Gasolina Automotiva Etanol Anidro
			Etanol - Dedicado	Etanol Hidratado
			Flex Fuel	Gasolina Automotiva Etanol Anidro
				Etanol Hidratado
				GNV
		Motocicleta	Gasolina - Dedicado	Gasolina Automotiva Etanol Anidro
		Ônibus	Diesel	Diesel Mineral Biodiesel
Público	Ferroviário	Trem	Eletricidade	
		Metrô	Eletricidade	
	Aquaviário	Barcas	Diesel	

Fonte: Elaboração própria

A árvore de modelagem apresentada na Tabela 3-1 indica as formas de deslocamento motorizado consideradas na modelagem, desagregando por modo, tipo de veículo, tecnologia, combustível e natureza pública ou privada do deslocamento. Esta última desagregação será importante na desagregação por classe de renda conforme abordada no item 3.3.

O período de análise corresponde ao intervalo entre as publicações das duas últimas POFs, ou seja, tem início no ano de 2002 e finda em 2008. Porém, para que fosse possível garantir resultados consistentes, os dados utilizados correspondem a períodos anteriores, em particular, dados de venda de vendas de veículos desde 1957, como será explicado nos próximos tópicos.

Cabe ressaltar que, durante o período de estudo, os automóveis e veículos comerciais leves elétricos não apresentaram participação significativa nas vendas,

dado que sua comercialização teve início em 2006 atingindo um total de apenas 9 veículos licenciados no último ano de análise (ANFAVEA, 2017). O mesmo ocorreu com as motocicletas *flex fuel* que também não foram listadas na Tabela 3-1, visto que suas vendas tiveram início em 2009 (ABRACICLO, 2017).

A metodologia para o cálculo do nível de atividade e consumo de combustível para cada modo de transporte exposto na Tabela 3-1, bem como, os dados utilizados na modelagem estão detalhados nos tópicos a seguir.

3.1.1. MODO RODOVIÁRIO

A metodologia utilizada para a determinação do consumo de combustível do modo rodoviário foi a mesma adotada no 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores (MMA, 2013). Porém, neste trabalho, também foi aplicada parte da metodologia apresentada por Ministério da Cidades/PET/GIZ, cuja proposta é que a modelagem *top-down* também seja realizada e que os resultados de ambas sejam comparados de forma a garantir a consistência.

Fez-se necessário utilizar essa metodologia visto que não existem dados oficiais do consumo de combustível do setor de transporte de passageiros na RMRJ. Além disso, o Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro – BEERJ não apresenta tais dados desagregados por região, impossibilitando a calibragem dos resultados como realizada por MMA (2013), na qual os dados obtidos na modelagem foram comparados com os dados oficiais do Balanço Energético Nacional - BEN

Isto posto, a modelagem *bottom-up*, realizada através do *software* LEAP, pode ser descrita pela Equação 1 a seguir.

Equação 1

$$C = \frac{F \times IU}{EE}$$

Em que:

- C= consumo de combustível
- F: frota circulante
- IU: intensidade de uso, expressa em quilometragem anual percorrida (km/ano)
- EE: eficiência energética do veículo (km/L)

Tratando-se de uma modelagem *bottom-up*, as variáveis da equação acima são determinadas através de elementos mais desagregados como, por exemplo, dados

históricos de vendas de veículos automotores e eficiência energética, como descrito a seguir.

Frota circulante

A frota circulante em cada ano de análise é calculada através do *software* LEAP, utilizando como dados de entrada o histórico de vendas de cada tipo de veículo e tecnologia extraídos do anuário estatístico da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e da Associação Brasileira de Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares (ABRACICLO).

Também são *inputs* do software as curvas de sucateamento por tipo de veículo, ou seja, as curvas que representam com qual idade os veículos deixam de ser utilizados. Estes dados foram extraídos do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários produzido pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA, 2013),

Por fim, foram utilizados os dados de escolha *flex* dos consumidores, que indicam qual a porcentagem dos usuários de automóveis *flex fuel* que optaram por abastecer seus veículos com Gasolina C ou com Etanol hidratado. Tais dados também foram extraído de MMA (2013).

Os dados citados nos parágrafos acima são nacionais, porém apenas as curvas de sucateamento e de escolha *flex* podem ser utilizadas como *proxy* para os dados da RMRJ, como realizado por SEDEIS (2018).

Sendo assim, os dados de vendas na região metropolitana foram estimados com base naqueles utilizados na Matriz Energética Estadual do Rio de Janeiro, desde 1957 até 2015, divididos por tipo de veículo e tecnologia.

Faz-se necessário utilizar dados de venda de anos anteriores ao período de modelagem, pois, ainda que pequena, existe uma parcela dos automóveis que leva mais de quarenta anos para ser sucateado.

Também foram utilizados os dados de frota por município, extraídos do DETRAN (2018). Desta forma, a média da porcentagem da frota da RMRJ na frota estadual, entre os anos de 2013 e 2017, foi aplicada nas vendas estaduais de forma a obter os dados necessários. Os dados de participação na frota estão apresentados na Tabela 3-2.

Tabela 3-2 Participação da frota RMRJ na frota estadual

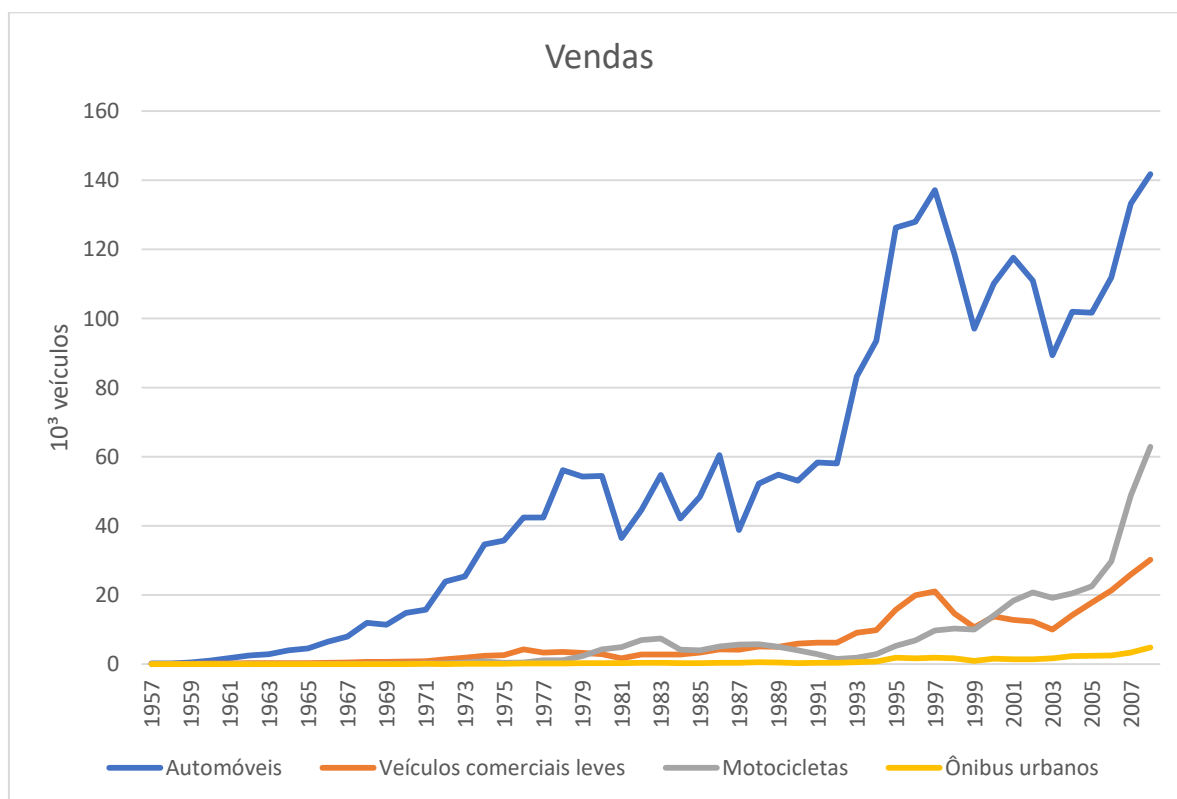
	Automóveis	Comerciais leves	Motocicletas	Ônibus
2013	73,7%	70,8%	58,1%	77,7%
2014	73,4%	70,8%	58,8%	77,0%
2015	73,2%	70,9%	59,1%	76,7%
2016	73,2%	70,9%	59,1%	76,8%
2017	73,2%	70,7%	59,3%	76,3%
MÉDIA	73,4%	70,8%	58,9%	76,9%

Fonte: Elaboração própria com base em DETRAN (2018)

Pode-se notar pela Tabela 3-2 que a variação entre os anos é pouco representativa, desta forma foi possível utilizar estas porcentagens sem perdas significativas na consistência dos dados.

As vendas por tipo de veículo estão apresentadas no Gráfico 3-1 a seguir.

Gráfico 3-1 Histórico de vendas



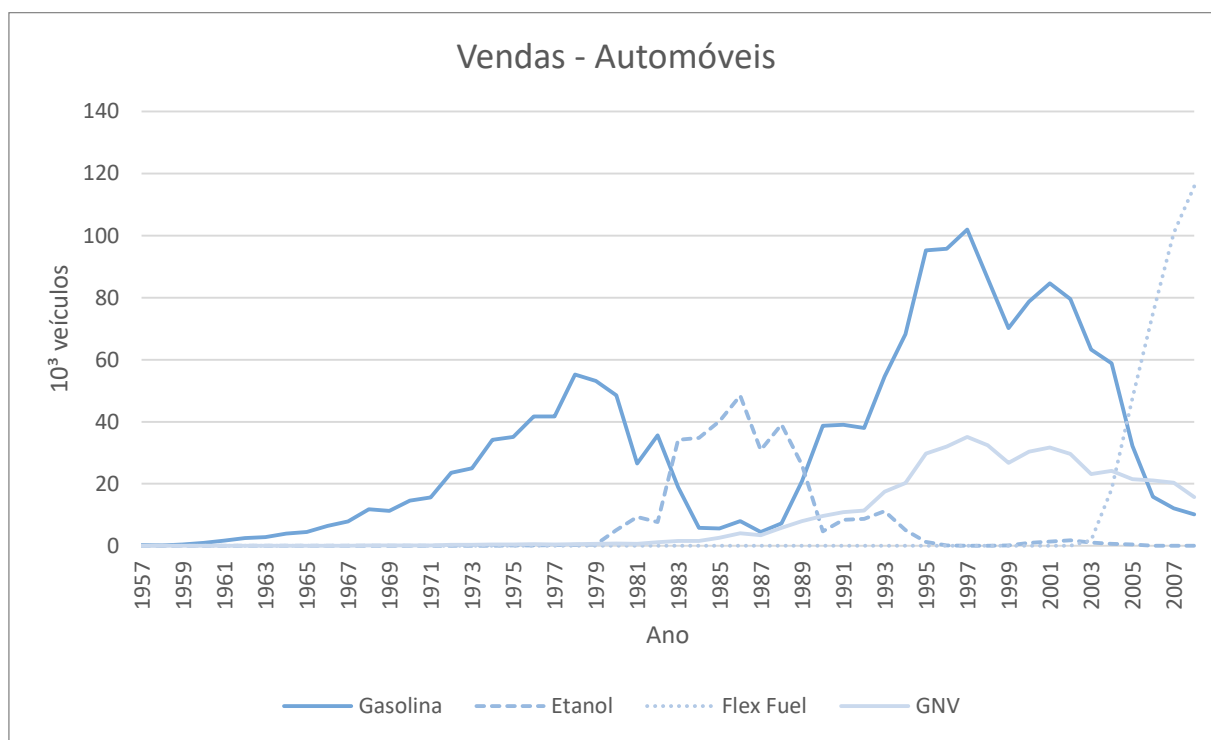
Fonte: Elaboração própria com base em ANFAVEA (2017), ABRACICLO (2017) e DETRAN (2018)

O Gráfico 3-1 mostra a evolução das vendas de veículos automotores desde 1957, ano de fabricação do veículo mais antigo rodando em 2002, segundo as curvas de sucateamento explicadas no próximo item.

Nota-se pelo Gráfico 3-1 que as vendas de todos os tipos de veículos cresceram desde o início do período, ainda que apresentando períodos de queda, as vendas de veículos leves tiveram o crescimento mais significativo do período, chegando em 2008 a mais de seiscentas vezes o valor de 1957. Cabe destacar ainda, o importante crescimento nas vendas no período entre as POFs (2002-2008), como já destacado no item 2.2, resultado do aumento de renda das famílias e dos incentivos às vendas de veículos leves.

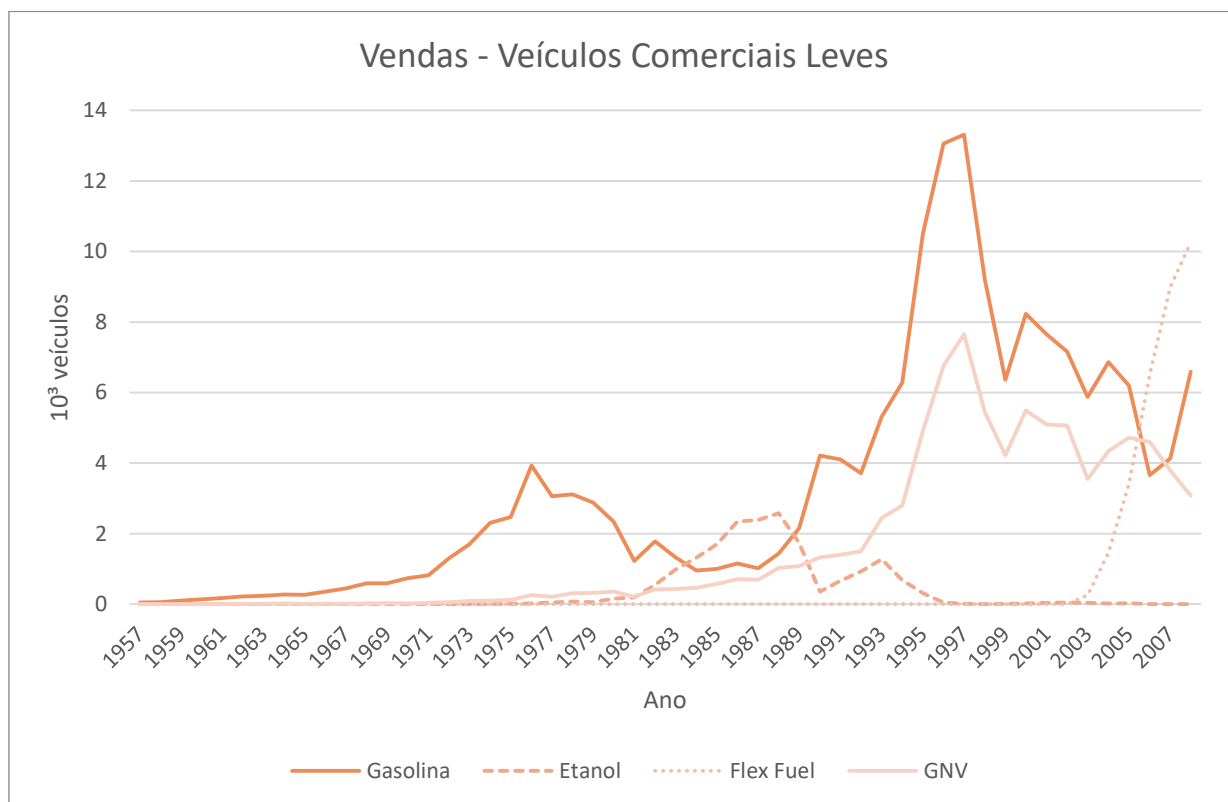
O Gráfico 3-2 e o Gráfico 3-3 referem-se aos dados de vendas desagregados de automóveis e veículos comerciais leves, visto que apenas estes possuíam mais de um tipo de tecnologia no período estudado.

Gráfico 3-2 Vendas desagregadas - Automóveis



Fonte: Elaboração própria com base em ANFAVEA (2017), ABRACICLO (2017) e DETRAN (2018)

Gráfico 3-3 Vendas desagregadas - Veículos Comerciais Leves



Fonte: Elaboração própria com base em ANFAVEA (2017), ABRACICLO (2017) e DETRAN (2018)

Através do gráfico 3.2 e, também, do gráfico 3.3 nota-se a expansão dos veículos de tecnologia flex fuel a partir de 2003, ano de início de comercialização, em substituição aos veículos dedicados a gasolina e etanol.

Também cabe destacar que o aumento dos veículos convertido para o uso de GNV foi considerável no RJ, visto que, desde 1999 o Estado garante incentivos como redução de IPVA à veículos que utilizem GNV (ANP, 2003).

Seguindo nos dados de entrada da modelagem, as curvas de sucateamento dos veículos foram extraídas de MMA (2013) e estão representadas pelas equações 2 e 3 e pelo Gráfico 3-4

- Veículos leves e comerciais leves Ciclo Otto:

Equação 2
$$S(t) = 1 - \exp(-\exp(a + b(t)))$$

- Veículos leves:
 - $a = 1,798$
 - $b = -0,137$
- Veículos comerciais leves:
 - $a = 1,618$

- $b = -0,141$

- Ônibus:

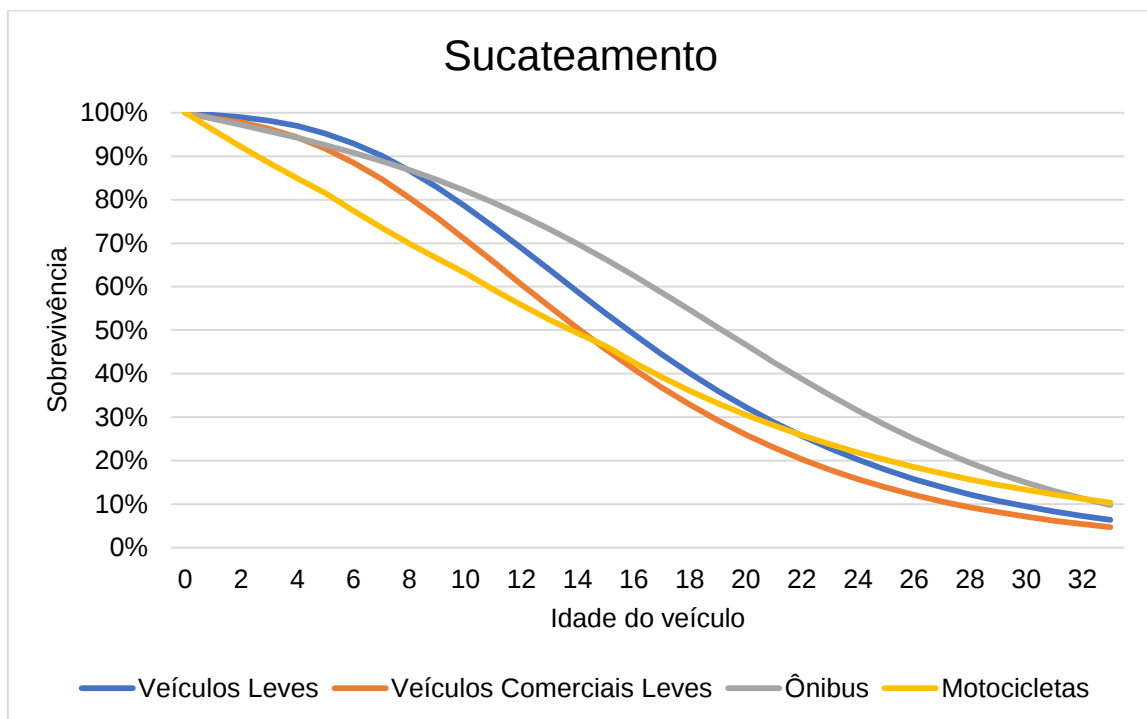
Equação 3
$$s(t) = \frac{1}{(1+\exp(a(t-t_0)))} + \frac{1}{(1+\exp(a(t+t_0)))}$$

- $t_0 = 19,1$
- $a = 0,16$

- Motocicletas

- 4% nos primeiros 5 anos;
- 5% do 6º ao 10º ano;
- 6% do 11º ao 15º ano;
- 8% do 16º ano em diante.

Gráfico 3-4 Curvas de Sucateamento



Fonte: Elaboração própria com base em MMA (2013)

As equações, assim como o Gráfico 3-4 mostram a sobrevivência dos veículos de um determinado ano modelo, ou seja, quantos por cento de uma determinada frota segue rodando com cada idade.

A escolha *flex*, ou seja, a opção da população pelo abastecimento dos veículos *flex fuel* ou híbridos com gasolina C ou etanol hidratado foi extraída também a partir de MMA (2013) e está representada na Tabela 3-3

Tabela 3-3 Escolha Flex Fuel

Ano	Fração Flex utilizando Gasolina C	Fração Flex utilizando Etanol Hidratado
2003	50%	50%
2004	0%	100%
2005	0%	100%
2006	8,5%	91,5%
2007	6%	84%
2008	20%	80%

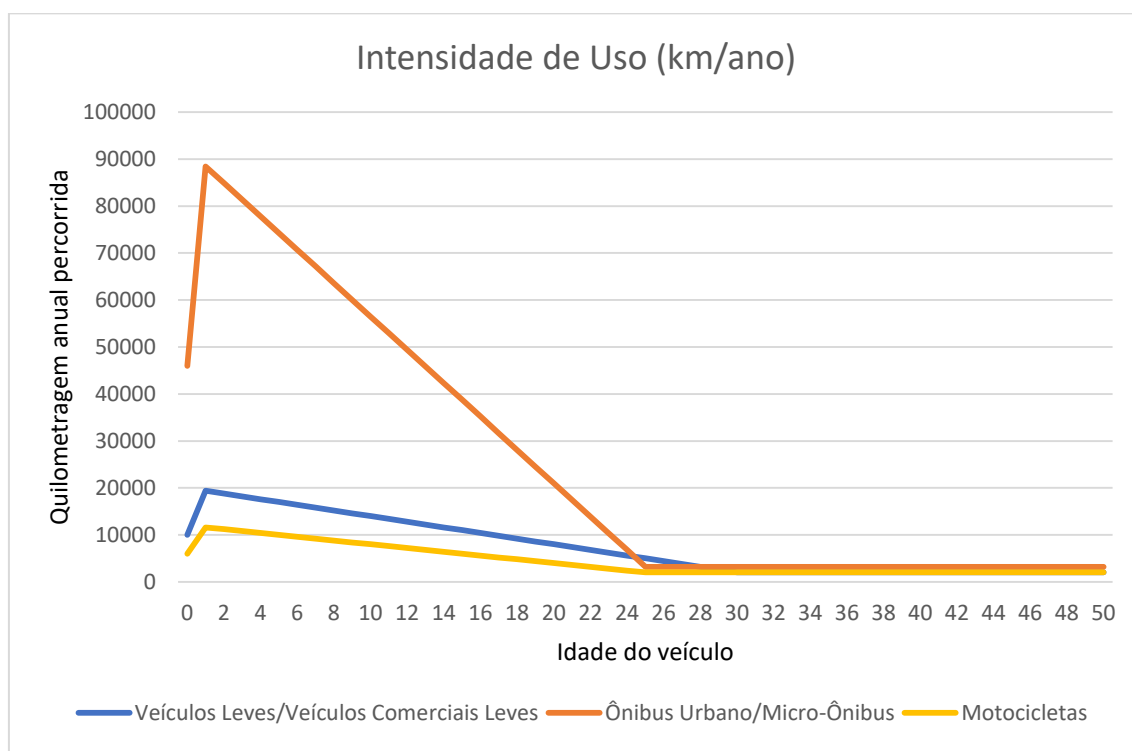
Fonte: Elaboração própria com base em MMA (2013)

O modelo gera como saída uma matriz triangular com o número de veículos de cada ano-modelo que constitui a frota de cada ano de estudo.

Intensidade de uso

É o valor da quilometragem média percorrida por automóveis de uma determinada idade. Os dados utilizados são os de MMA (2013) e estão representados no Gráfico 3-5. Essas curvas foram inseridas no LEAP como uma “degradação da quilometragem”, ou seja, no primeiro ano era imputado o valor e os demais anos eram calculados através de reduções percentuais da quilometragem percorrida, de acordo com o envelhecimento dos veículos.

Gráfico 3-5 Intensidade de Uso



Fonte: Elaboração própria com base em MMA (2013)

Cabe destacar que o gráfico começa no ano zero com 50% do valor de quilometragem percorrida pelos veículos do ano um. Isto ocorre, pois se considera que todos os veículos são adquiridos no meio do ano, e por isso, na média, rodam apenas a metade do que rodam no primeiro ano.

Eficiência Energética

Os dados de eficiência energética por ano/modelo foram retirados do Relatório de Emissões Veiculares no Estado de São Paulo CETESB (2017). No LEAP, só é possível inserir um dado de eficiência energética por tipo veículo, dessa forma foi realizada a ponderação dos dados através da matriz triangular da frota de cada ano modelo, compondo os anos de estudo citada acima, a partir da equação 4.

Equação 4

$$EE^y = \frac{\sum_{x=1957, y=2008}^{x=2012, y=2012} (EE_x \times F_x^y)}{F^y}$$

Em que:

- EE^y : Eficiência Energética ponderada do ano de estudo y;
- EE_x : Eficiência Energética do veículo ano/modelo x;
- F_x^y : Frota do ano/modelo x sobrevivente no ano de estudo y;

- F^y : Frota do ano de estudo y.

As eficiências energéticas ponderadas estão apresentadas na Tabela 3-4.

Tabela 3-4 Eficiências energéticas ponderadas (km/l)

Ano	Automóveis				Motocicletas
	Gasolina	Etanol	Flex		Gasolina
			Etanol	Gasolina	
2002	11,07	7,92	0,00	0,00	38,50
2003	11,10	7,93	10,30	6,90	38,50
2004	11,13	7,93	10,76	7,28	38,50
2005	11,15	7,94	11,28	7,58	38,50
2006	11,17	7,94	11,33	7,69	38,50
2007	11,18	7,94	11,41	7,73	38,50
2008	11,18	7,95	11,41	7,72	38,50
Ano	Veículos Comerciais Leves				Ônibus
	Gasolina	Etanol	Flex		Diesel
			Etanol	Gasolina	
2002	7,64	7,06	0,00	0,00	2,30
2003	7,64	7,05	8,75	6,42	2,30
2004	7,65	7,04	10,12	7,02	2,30
2005	7,66	7,03	10,30	7,39	2,30
2006	7,66	7,03	10,25	7,27	2,28
2007	7,66	7,02	10,14	7,22	2,25
2008	7,66	7,01	9,68	6,97	2,23

Fonte: Elaboraões própria com base em CETESB (2017)

O cálculo do consumo de combustível teve, ainda, como variável de entrada do modelo, o percentual de etanol anidro inserido na gasolina C e de biodiesel adicionado ao diesel mineral, apresentados na Tabela 3-5.

Tabela 3-5 Participação dos biocombustíveis

Ano	Gasolina C		Diesel	
	Gasolina A	Etanol Anidro	Diesel Mineral	Biodiesel
2002	81%	19%	100%	0%
2003	81%	19%	100%	0%
2004	81%	19%	100%	0%
2005	85%	15%	100%	0%
2006	85%	15%	100%	0%
2007	81%	19%	100%	0%
2008	81%	19%	97%	3%

Fonte: Elaboração própria com base em Ministério da Agricultura (2018) e MMA (2013)

Depois de calculado o consumo de combustível através da metodologia *bottom-up*, foi realizada a modelagem *top-down*, descrita através das equações 5 e 6.

Equação 5
$$C = NA \times IE$$

Equação 6
$$NA = FO \times IU$$

Em que:

- C: consumo de combustível (KJ/ano);
- NA: Nível de atividade (pass.km/ano);
- IE: Intensidade energética (KJ/pass.km)
- FO: Fator de ocupação (pass/veículo)
- DP: distância percorrida (veículo-km/ano)

Tanto a frota circulante quanto a distância percorrida pelos veículos em cada ano são dados de saídas da modelagem anterior que foram utilizadas como variáveis de entrada nesta abordagem. Tais informações estão apresentadas nas Tabela 3-6 e Tabela 3-7.

Tabela 3-6 Frota Circulante – modo Rodoviário

Ano	Frota Circulante - LEAP (10 ³ veículos)			
	Automóveis	Veículos Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Motocicleta
2002	1.124,8	153,9	29,0	272,2
2003	1.143,3	157,1	31,9	291,9
2004	1.188,6	164,1	33,3	322,6
2005	1.263,3	174,1	34,8	354,2
2006	1.298,4	180,5	36,5	377,5
2007	1.353,2	188,5	37,8	402,7
2008	1.418,7	199,0	38,5	431,1

Fonte: Elaboração própria com base em LEAP

A Tabela 3-6 mostra que a frota de veículos privados teve um crescimento de 32,1% no período entre 2002 e 2008, aumento expressivo se for considerado que a população da RMRJ cresceu 6,2% (SES, 2018) no mesmo período.

Tabela 3-7 Distância percorrida – modo Rodoviário

Ano	Distância Percorrida - LEAP (10 ⁹ km)			
	Automóveis	Veículos Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Motocicleta
2002	16,2	2,4	1,0	1,6
2003	16,5	2,4	1,1	1,9
2004	16,9	2,5	1,2	2,1
2005	17,8	2,6	1,3	2,3
2006	18,6	2,7	1,4	2,6
2007	19,3	2,8	1,6	3,2
2008	20,2	2,9	1,8	4,0

Fonte: Elaboração própria com base em LEAP

Os dados de intensidade energética e fator de ocupação foram extraídos de SEDEIS (2016) e estão apresentadas na Tabela 3-8 e Tabela 3-9

Tabela 3-8 Intensidade Energética – Modo Rodoviário

Ano	Intensidade Energética (MJ/pass.km)			
	Automóveis	Veículos Comerciais Leves	Ônibus Urbano	Motocicleta
2002	2,97	2,94	0,33	0,85
2003	2,71	2,96	0,31	0,85
2004	2,7	2,73	0,31	0,85
2005	2,63	2,69	0,29	0,85
2006	2,32	2,84	0,29	0,85
2007	2,29	2,84	0,28	0,86
2008	2,34	2,99	0,27	0,85

Fonte: Elaboração própria com base em SEDEIS (2018b)

É interessante perceber que os ônibus apresentam, ao mesmo tempo, uma eficiência e uma intensidade energética reduzida apesar desses parâmetros serem inversos, ou seja, eficiência energética representa quantos quilômetros é possível percorrer com uma quantidade determinada de energia, enquanto a intensidade energética apresenta a quantidade de energia necessária para transportar uma determinada quantidade de pass-km.

Isto ocorre por conta da quantidade de passageiros transportados pelo ônibus, apresentada na Tabela 3-7. Sendo assim, apesar de possuir uma eficiência baixa em termos de consumo de combustível, quando a análise é feita por nível de atividade, seu consumo é baixo para a quantidade de pass-km transportado.

Tabela 3-9 Fator de Ocupação médio – Modo Rodoviário

Veículo	Fator de ocupação (Pass/veículo)
Automóveis	1,1
Taxi	1,5
Motocicletas	1
Ônibus Urbano	53

Fonte: Elaboração própria com base em SEDEIS (2018b)

Cabe ressaltar que todos os veículos convertidos para o uso de GNV foram enquadrados na categoria taxi, visto que a frota de veículos com conversores GNV no Rio de Janeiro é composta especialmente por taxis (ANP, 2003) conforme exposta na Tabela 3-9

.Com as duas modelagens finalizadas, os resultados foram comparados. Quando apresentavam uma discrepância maior do que 5% foram realizados ajustes na intensidade energética e nos fatores de ocupação, visto que estas eram as variáveis mais incertas do modelo, como utilizado em SEDEIS (2018b).

3.1.2. MODO AQUAVIÁRIO

A modelagem do modo aquaviário foi realizada de forma *top-down* tendo como base os dados da CCR barcas para as linhas que englobam a RMRJ, ou seja: Niterói, Paqueta, Ilha do Governador e Charitas. Ressalta-se que as barcas também realizam o transporte na região da Costa Verde do estado, através da linha Angra dos Reis – Abraão, porém esta região está fora da área de análise e, desta forma, os dados não foram contabilizados.

As informações obtidas incluíam dados históricos de 1980 até 2014, relativos ao número de passageiros transportados, quilometragem de cada linha e consumo de combustível em litros. As duas primeiras informações estão apresentadas na

Tabela 3-10 e Tabela 3-11. Já o consumo de combustível será apresentado na seção 3.2, junto aos resultados consolidados.

Tabela 3-10 Passageiros transportados – modo aquaviário

Passageiros transportados (10 ⁶ pass)					
Ano/Linha	Niterói	Paquetá	Ilha Gov	Charitas	Total
2002	13,34	0,83	0,52	-	14,69
2003	13,38	0,64	0,42	-	14,44
2004	14,35	0,70	0,39	-	15,43
2005	12,76	0,67	0,41	1,02	14,86
2006	15,76	1,17	0,47	1,50	18,90
2007	19,12	1,06	0,58	1,86	22,62
2008	21,21	0,92	0,45	1,56	24,14

Fonte: Elaboração própria com base em SEDEIS (2018b)

Tabela 3-11 Quilometragem percorrida – modo aquaviário

Linha	Niterói	Paquetá	Ilha Gov	Charitas
Quilometragem (km)	4,34	17,22	11,91	7,08

Fonte: Elaboração própria com base em CCR (2018)

Assim, os níveis de atividade do modo aquaviário resultaram do produto entre o número de passageiros transportados e a quilometragem percorrida em cada uma das linhas.

Já, os dados de intensidade energética do modo aquaviário (Tabela 3-12), diferentemente dos dados relativos ao modo rodoviário, foram calculados a partir da divisão do consumo de combustível pelo nível de atividade.

Tabela 3-12 Intensidade Energética – modo aquaviário

Intensidade Energética Calculada (KJ/pass.km)					
Ano/Linha	Niterói	Paquetá	Ilha Gov	Charitas	Média
2002	2.306	7.953	8.301	-	3.802
2003	2.306	7.953	8.301	-	4.475
2004	2.059	7.276	8.922	-	4.147
2005	2.450	7.639	8.472	10.254	4.289
2006	1.975	4.345	7.577	7.159	3.255
2007	1.608	4.801	6.105	5.817	2.800
2008	1.454	5.467	7.914	6.199	2.665

Fonte: Elaboração própria com base em SEDEIS (2018b)

3.1.3. MODO FERROVIÁRIO

O consumo do modo ferroviário foi obtido através dos dados do Balanço Energético Estadual do Rio de Janeiro (SEDEIS, 2018a). Neste caso, foram utilizados os valores totais de consumo de combustível visto que a malha ferroviária de passageiros engloba apenas parte da capital e algumas cidades da região metropolitana. Além disso, no período estudado, o único modo de transporte que possuía eletricidade como combustível era o ferroviário de passageiro. O nível de atividade foi extraído do EPE (2012) que apresenta dados de 1996 até 2010. Estes dados estão apresentados na Tabela 3-13.

Tabela 3-13 Modo ferroviário

Ano/Linha	Nível de Atividade (10 ⁹ pass.km)	Consumo de Combustível (10 ³ ktep)
2002	3,10	20,25
2003	3,32	21,57
2004	3,73	22,84
2005	3,90	25,45
2006	4,18	26,86
2007	4,72	28,67
2008	4,99	22,84

Fonte: Elaboração própria com base em EPE (2012) e EPE (2017)

Assim como no modo ferroviário, a intensidade energética foi calculada através da divisão do consumo de combustível pelo nível de atividade apresentados acima, e estão representados na Tabela 3-14.

Tabela 3-14 Intensidade energética - Modo ferroviário

Ano/Linha	Intensidade energética (KJ/ pass.km)
2002	273,51
2003	272,17
2004	256,74
2005	273,09
2006	269,16
2007	254,35
2008	191,59

Fonte: Elaboração própria com base em EPE (2012) e EPE (2017)

3.2. DEMANDA AGREGADA - RESULTADOS

Os resultados consolidados da demanda por modo, tipo de veículo, tecnologia e combustível encontram-se descritos na Tabela 3-15.

Tabela 3-15 Demanda energética (ktep)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Automóveis - Gasolina	1.002,4	1.018,8	1.018,2	994,5	941,8	876,0	807,7
Automóveis - Flex Fuel - Gasolina	-	1,3	15,1	58,0	91,5	106,4	133,3
Automóveis - Flex Fuel - Etanol	-	-	14,0	60,6	135,9	227,2	326,0
Automóveis - Etanol	76,3	67,5	59,1	51,3	44,1	37,5	31,8
Automóveis - GNV	13,0	13,6	14,0	14,3	14,4	14,4	14,2
AUTOMÓVEIS - TOTAL	1.091,7	1.101,2	1.120,3	1.178,7	1.227,7	1.261,6	1.313,0
Veículos Comerciais Leves - Gasolina	144,4	146,1	146,9	147,6	144,8	139,8	137,5
Veículos Comerciais Leves - Flex Fuel - Gasolina	-	1,2	4,8	7,5	9,1	11,9	16,3
Veículos Comerciais Leves - Flex Fuel - Etanol	-	1,1	4,6	10,8	19,0	28,3	37,5
Veículos Comerciais Leves - Etanol	6,2	5,4	4,7	4,1	3,6	3,0	2,6
Veículos Comerciais Leves - GNV	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,6
VEÍCULOS COMERCIAIS LEVES - TOTAL	152,8	156,2	163,5	172,5	179,1	185,6	196,4
Ônibus Urbano	391,0	416,1	456,6	506,7	556,7	620,9	722,9
Motocicleta - Gasolina	31,2	35,9	40,3	44,9	51,0	61,5	77,2
Aquaviário - Diesel	7,09	7,89	7,80	8,07	8,12	8,09	7,89
Ferrovário - Eletricidade	20,2	21,6	22,8	25,5	26,9	28,7	22,8
Total	1.694,0	1.738,9	1.811,3	1.936,3	2.049,5	2.166,4	2.340,2

Fonte: Elaboração própria

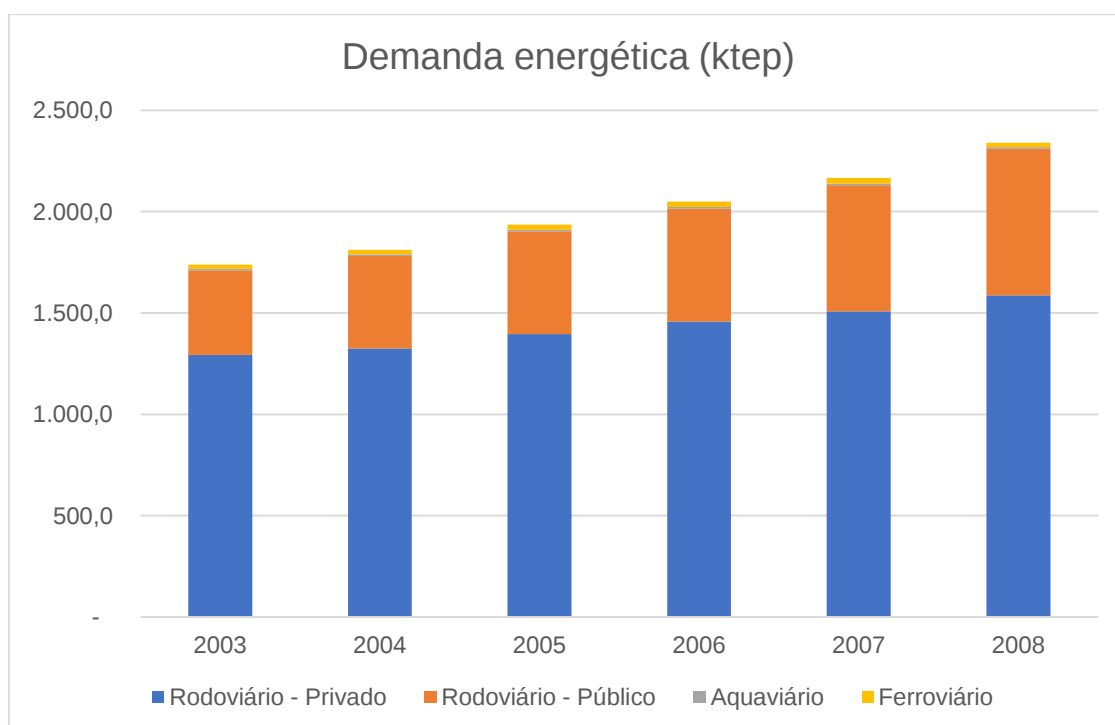
A partir da análise dos dados apresentados na Tabela 3-15 infere-se que os automóveis são os principais responsáveis pelo consumo de combustível da RMRJ, chegando a uma participação de 56% do total no último ano de estudo.

Nota-se, também, pela Tabela 3-15 que, apesar da demanda energética total dos automóveis e veículos comerciais leves apresentarem um crescimento constante, estes veículos dedicados tanto a gasolina quanto a etanol apresentaram consumo

decrecente pois, a entrada de veículos com tecnologia *flex fuel* no mercado fez a venda desses veículos caírem, como apresentado no Gráfico 3-2 e Gráfico 3-3

Se a análise for realizada em termos de transporte público e privado (Gráfico 3-6), nota-se que o consumo de combustível dos veículos privados teve um aumento de 24% no período de análise, passando de 2.367,3 ktep em 2002 para 2.899,6 ktep em 2008 enquanto o consumo do transporte público cresceu 80%, passando de 418,4 ktep para 753,6 ktep, no período citado.

Gráfico 3-6 Demanda energética por modo de transporte



Fonte: Elaboração própria

De fato, houve um aumento do nível de atividade do transporte público que passou de $53,1 \times 10^9$ pass.km para $111,3 \times 10^9$ pass.km. Porém, cabe ressaltar, que os ganhos de eficiência energética do transporte público foram menores do que os do transporte privado, como exposto na Tabela 3-16. Estes dados explicam o crescimento maior do transporte público quando comparado com o transporte privado.

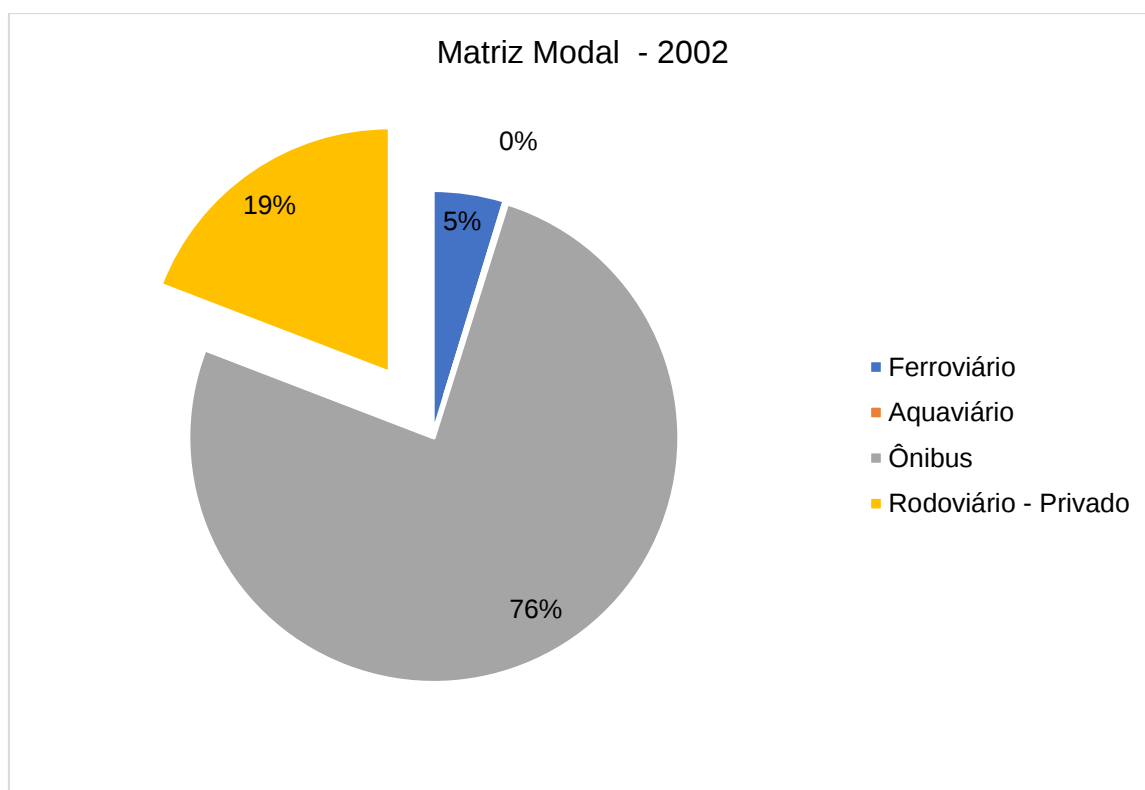
Tabela 3-16 Intensidade energética global

Intensidade Energética (KJ/pass.km)		
Ano	Transporte Privado	Transporte Público
2002	4243,5	329,8
2003	4147,6	318,1
2004	4087,0	316,6
2005	4024,1	301,0
2006	3728,0	300,6
2007	3432,5	300,1
2008	3192,7	283,5
Variação 2002-2008	-24,8%	-14,1%

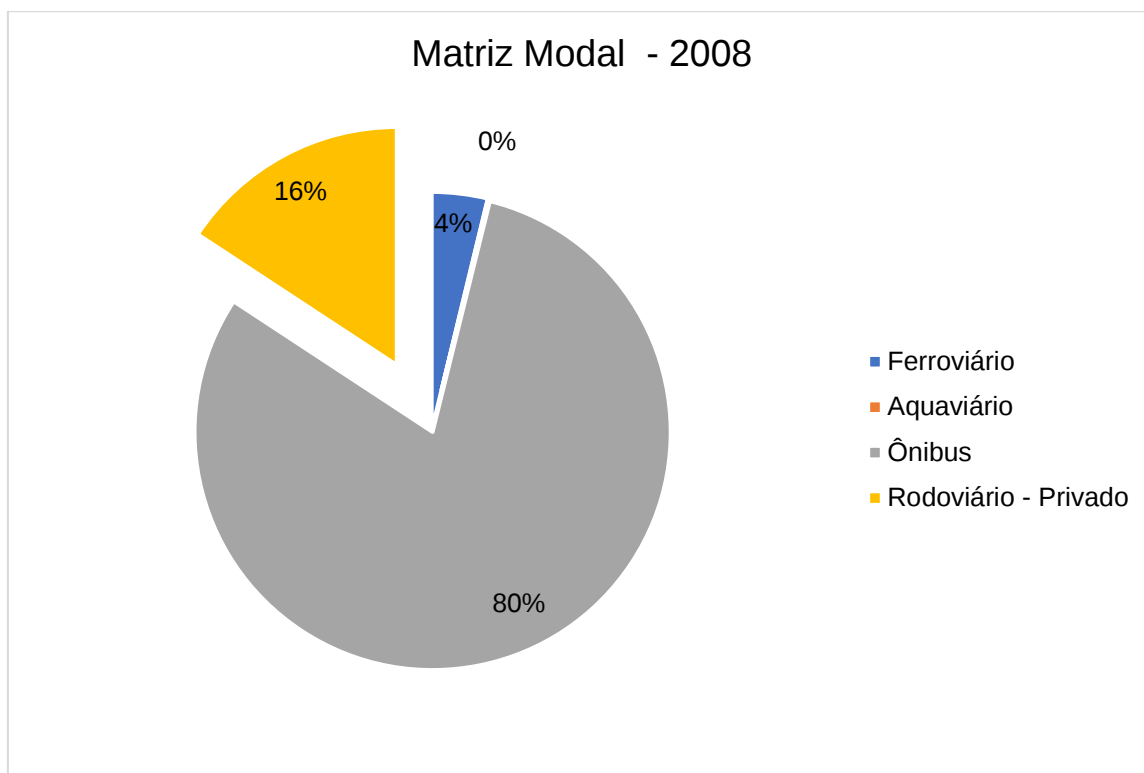
Fonte: Elaboração própria

De posse destes dados, foi possível calcular a matriz modal, contendo as participações relativas do nível de atividade de cada modo de transporte, representada no Gráfico 3-7 e Gráfico 3-8.

Gráfico 3-7 Matriz Modal 2002



Fonte: Elaboração própria



Fonte: Elaboração própria

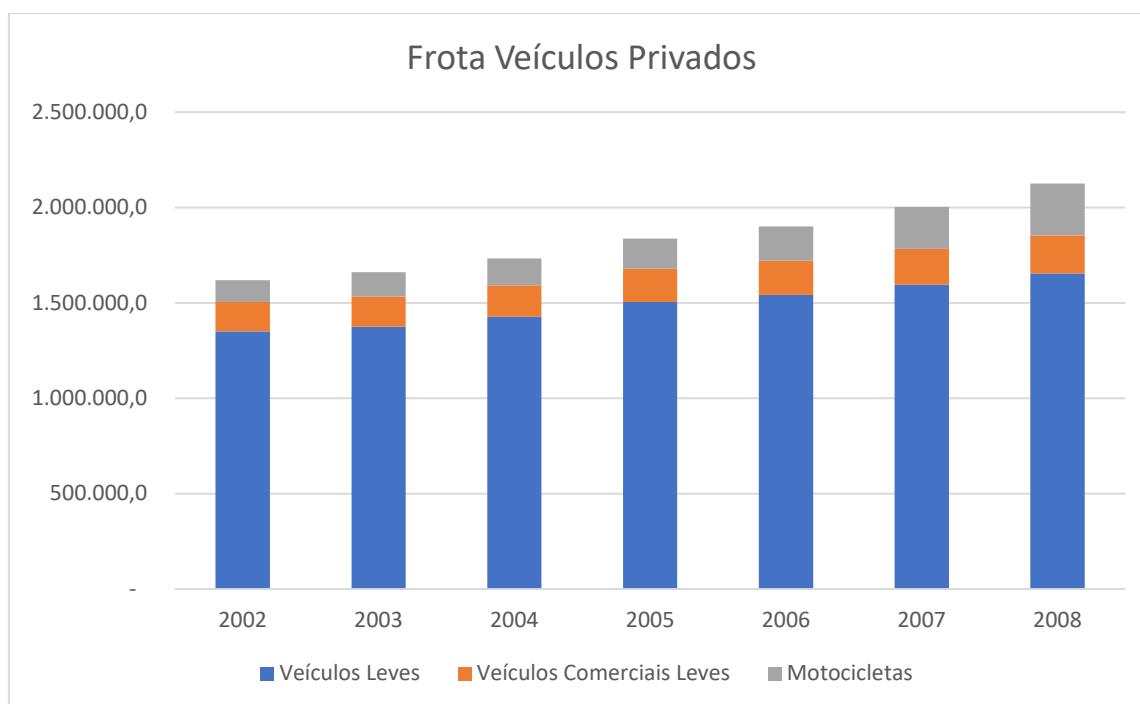
Pode-se notar que, apesar das vendas de veículos leves serem expressivas, a participação do modo rodoviário coletivo é significativamente maior nos dois anos de estudos, sendo responsável por 76% no ano de 2002, e crescimento de 4 pontos percentuais em 2008. De fato, os ônibus transportam muito mais passageiros por veículos do que os automóveis, apresentando um nível de atividade maior.

Porém, esse aumento na participação dos ônibus pode representar uma perda na qualidade dos serviços, visto que o fator de ocupação dos veículos aumentou ao longo dos anos, passando de 52 para 58 pass/veículo, representando uma superlotação desse tipo de transporte.

Cabe destacar, ainda, que os modos aquaviário e ferroviário possuem uma participação baixa na matriz modal da RMRJ, sendo que o primeiro não possui valores suficientemente representativos para aparecer no gráfico.

Por fim, observa-se que a redução da participação dos veículos leves, poderia ser um contra indício de que houve um aumento na circulação de veículos privados na última década. Porém como se pode notar pelo Gráfico 3-9, a frota de todos os tipos de veículos privados aumentou expressivamente no período de estudo (31,9%).

Gráfico 3-9 Frota veículos privados



Fonte: Elaboração própria

3.3. DEMANDA DESAGREGADA POR CLASSE DE RENDA – DADOS E METODOLOGIA

A desagregação da demanda energética e do nível de atividade na RMRJ foram realizadas com base nos dados de gastos com transporte coletivo, com o uso de transporte privado (gastos com etanol e gasolina) e com a aquisição de veículos privados, todos eles extraídos da Pesquisa de Orçamento Familiar.

Tal pesquisa apresenta os dados em reais do ano corrente, portanto, foi necessário deflacionar os valores de forma que todas as informações estivessem em reais do mesmo ano. Foram utilizados os deflatores implícitos, de variação anual e ano de referência 2000 disponíveis em IPEA, 2019

As POFs que continham esta informação são referentes aos períodos de Junho de 2002 a Julho de 2003 e Junho de 2008 a Julho de 2009, e foram analisadas a partir de uma divisão por decis de renda. Neste caso, utilizou-se dados de gastos para todo o Brasil como *proxy* para a RMRJ, visto que os dados mais específicos eram escassos. As despesas por decil de renda estão apresentadas nas Tabela 3-17 e Tabela 3-18.

Tabela 3-17 Despesas com transporte por decil de renda – 2002 (R\$ 2002)

Tipos de despesa/decil de renda	D1	D2	D3	D4	D5
Transporte urbano	R\$22,55	R\$24,68	R\$30,68	R\$37,78	R\$37,94
Gasolina - veículo próprio	R\$3,59	R\$6,24	R\$7,00	R\$11,52	R\$13,42
Álcool - veículo próprio	R\$0,15	R\$0,87	R\$1,55	R\$1,78	R\$1,35
Manutenção - veículo próprio	R\$2,73	R\$3,40	R\$5,12	R\$5,97	R\$8,37
Aquisição de veículos	R\$7,71	R\$12,85	R\$15,74	R\$17,65	R\$24,15
Tipos de despesa/decil de renda	D6	D7	D8	D9	D10
Transporte urbano	R\$46,87	R\$55,37	R\$57,87	R\$66,45	R\$67,06
Gasolina - veículo próprio	R\$19,97	R\$34,44	R\$53,35	R\$100,61	R\$227,80
Álcool - veículo próprio	R\$2,68	R\$5,66	R\$8,00	R\$11,12	R\$18,70
Manutenção - veículo próprio	R\$12,26	R\$18,90	R\$32,41	R\$49,91	R\$91,93
Aquisição de veículos	R\$36,41	R\$56,38	R\$93,15	R\$189,62	R\$497,89

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE, 2002

Tabela 3-18 Despesas com transporte por decil de renda – 2008 (R\$ 2008)

Tipos de despesa/decil de renda	D1	D2	D3	D4	D5
Transporte urbano	R\$45,12	R\$52,41	R\$59,76	R\$67,27	R\$78,68
Gasolina - veículo próprio	R\$23,74	R\$34,88	R\$44,97	R\$53,68	R\$75,76
Álcool - veículo próprio	R\$1,41	R\$2,29	R\$2,50	R\$5,82	R\$7,52
Manutenção - veículo próprio	R\$31,10	R\$45,41	R\$54,16	R\$65,44	R\$87,82
Aquisição de veículos	R\$42,46	R\$73,12	R\$89,04	R\$112,76	R\$146,25
Tipos de despesa/decil de renda	D6	D7	D8	D9	D10
Transporte urbano	R\$85,72	R\$97,87	R\$113,21	R\$123,62	R\$129,56
Gasolina - veículo próprio	R\$91,77	R\$106,57	R\$130,64	R\$155,37	R\$280,69
Álcool - veículo próprio	R\$8,75	R\$16,75	R\$20,98	R\$31,55	R\$77,57
Manutenção - veículo próprio	R\$112,77	R\$143,61	R\$153,82	R\$215,98	R\$490,84
Aquisição de veículos	R\$203,11	R\$270,55	R\$319,00	R\$416,67	R\$948,42

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE

As informações das tabelas acima fazem referência aos gastos das famílias e estão ordenados de acordo com escala econômica proposta pela OCDE, como forma de comparar o consumo em residências de diferentes dimensões, da mesma forma que realizado por GROTERA *et al.* (2018)

Os decis apresentam características semelhantes entre si no que diz respeito às despesas com transporte. Portanto, optou-se por agrupá-los em três classes de renda. A Classe 1 engloba os decis de 1 a 4, já a Classe 2, os decis de 5 a 8 e, por fim, a Classe 3, os decis de 9 a 10, com base na metodologia proposta por UCHOA *et al.* (2015), explicada no item 1.3. Tais informações estão apresentadas na Tabela 3-19 abaixo e foram utilizadas para a desagregação da modelagem.

Tabela 3-19 Despesas das famílias com transporte

Despesas com transporte (R\$ do ano 2000)						
	Classe 1		Classe 2		Classe 3	
	2002	2008	2002	2008	2002	2008
Transporte urbano	R\$28,9 2	R\$56,1 4	R\$49,5 1	R\$93,87	R\$66,79	R\$126,5 9
Gasolina - veículo próprio	R\$7,09	R\$39,3 2	R\$30,2 9	R\$101,1 9	R\$164,2 1	R\$218,0 3
Álcool - veículo próprio	R\$1,09	R\$3,00	R\$4,42	R\$13,50	R\$14,91	R\$54,56
Manutenção - veículo próprio	R\$4,31	R\$49,0 3	R\$17,9 8	R\$124,5 0	R\$70,92	R\$353,4 1
Aquisição de veículos	R\$13,4 9	R\$79,3 4	R\$52,5 2	R\$234,7 3	R\$343,7 5	R\$682,5 5

Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2003) e IBGE (2009)

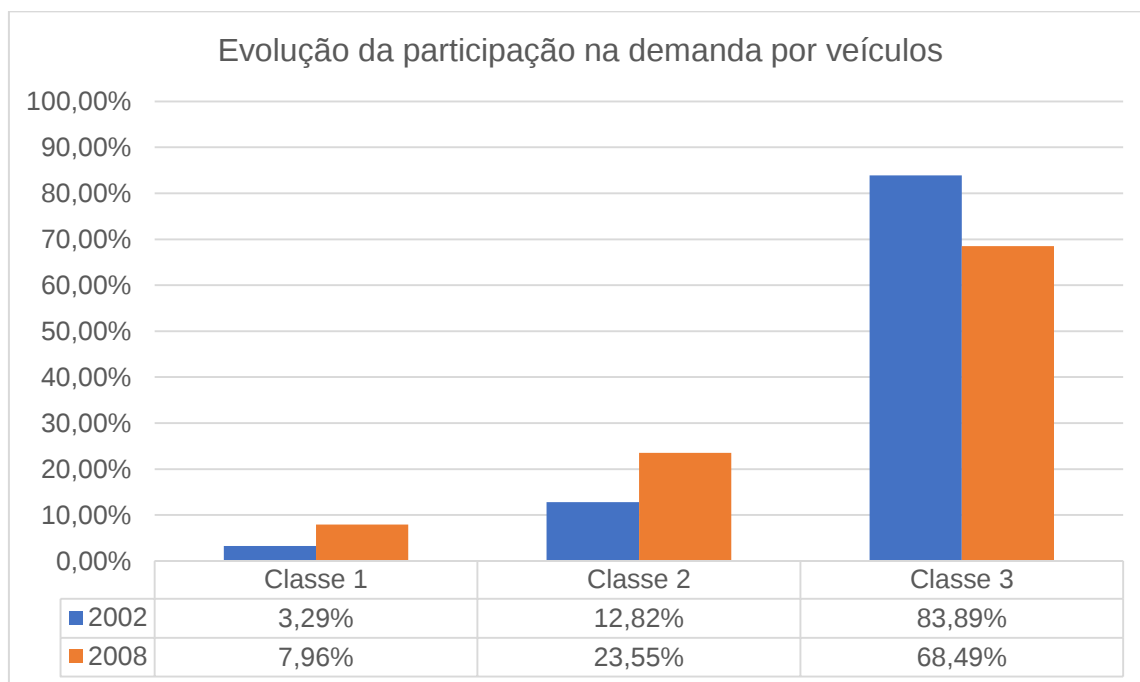
3.3.1. TRANSPORTE PRIVADO

Para a desagregação do transporte privado utilizaram-se as informações referentes às despesas com “aquisição de veículos”, as quais foram aplicadas nas vendas de veículos leves, veículos comerciais leves e motocicletas, considerando de forma simplificada que todos os veículos possuísem o mesmo preço e que, dessa maneira, as classes de renda não têm preferências por um tipo de veículo. Ou seja, a Classe 1 não consome proporcionalmente mais motocicletas do que a Classe 2 pelo fato do custo de uma motocicleta ser menor do que o custo de um automóvel.

Em resumo, dado que a Classe 1 foi responsável por 3,29% dos totais de gastos com aquisição de veículos em 2002, a mesma foi responsável pelo licenciamento de 3,29% do total de veículos leves, comerciais leves e motocicletas vendidos em 2002 e o mesmo ocorreu com todas as outras classes.

As informações com a evolução dos percentuais no consumo de veículos privados estão apresentadas no Gráfico 3-10.

Gráfico 3-10 Evolução da demanda de combustível por classes de renda

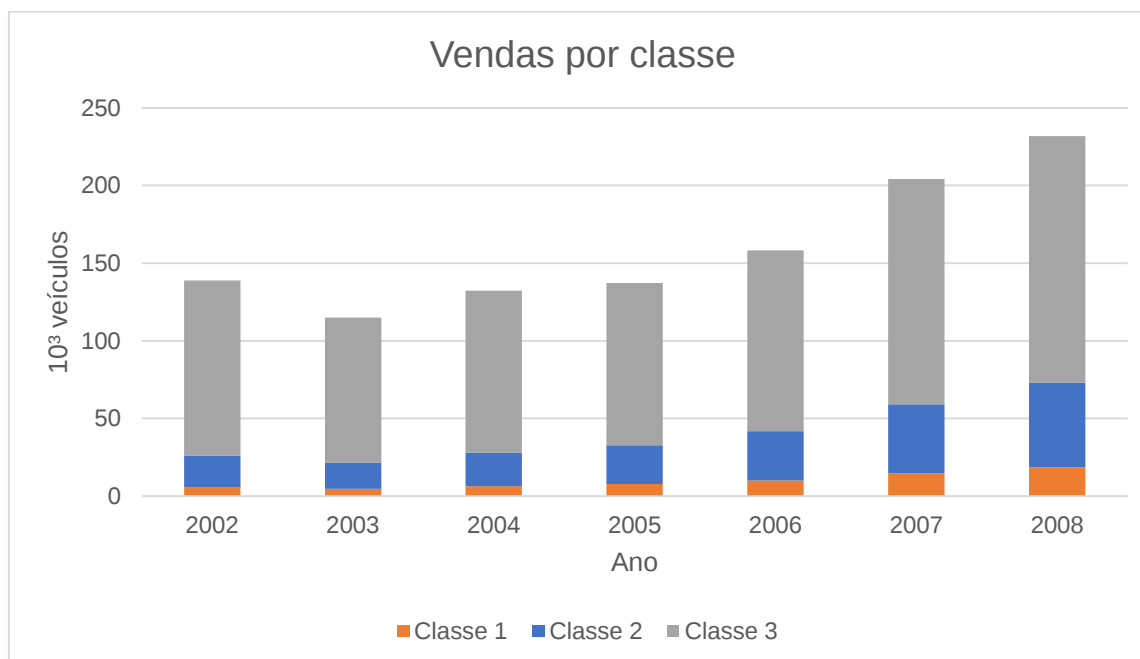


Fonte: Elaboração própria

Nota-se pelo Gráfico 3-10 que o aumento da renda associados com os incentivos a compra de veículos automotores teve, de fato, um impacto no consumo de bens duráveis pela classe mais baixa, como destacado no item 2.2.

O Gráfico 3-11, a seguir, apresenta a evolução nas vendas deste período.

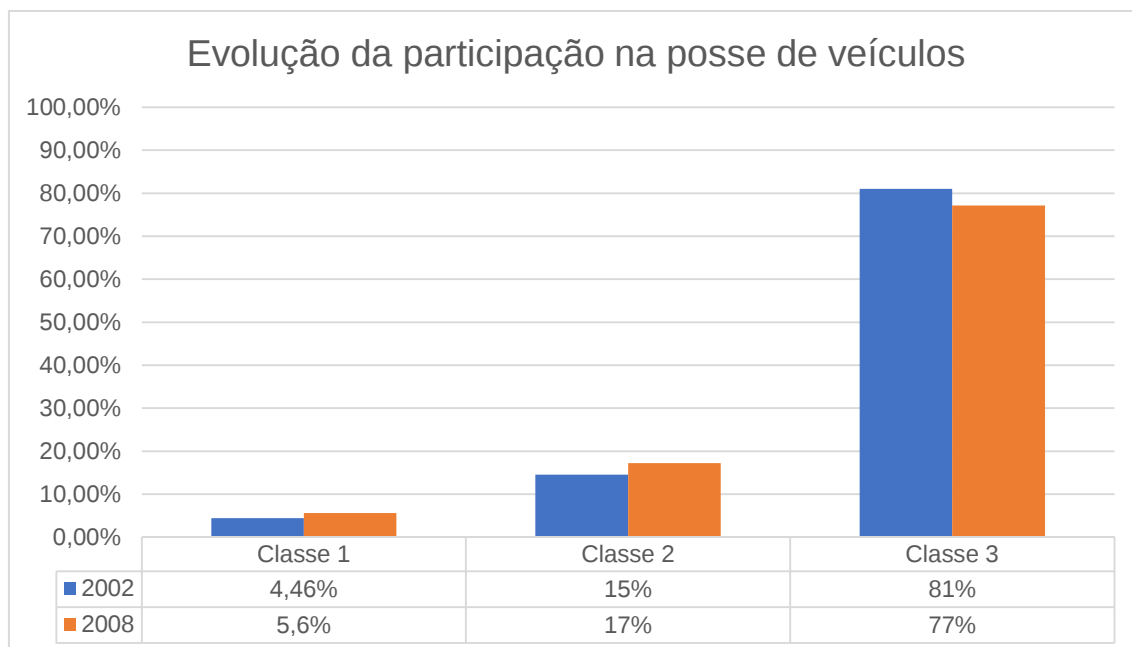
Gráfico 3-11 Vendas de veículos privados por classe



Fonte: Elaboração própria

Destaca-se que foi necessário realizar três novas metodologias *bottom-up*, uma para cada classe, uma vez que os efeitos das aquisições de veículos em um determinado ano não impactam de forma proporcional o nível de atividade deste mesmo ano, visto que, como explicado anteriormente, o nível de atividade envolve dados de frota, e tais dados não acompanham de forma linear a evolução das vendas.

Gráfico 3-12 Posse de veículos por classe de renda



Fonte: Elaboração própria

É possível observar pelo Gráfico 3-12 que a participação na posse de veículos das classes mais baixa evoluiu de forma mais lenta do que em relação à aquisição de veículos. No que diz respeito à Classe 1, a participação na aquisição de veículo passou de 4,3% em 2002 para 9,4% em 2008, enquanto a participação na frota teve pouco mais de um ponto percentual de aumento, passando de 4,5% para 5,6% no mesmo período.

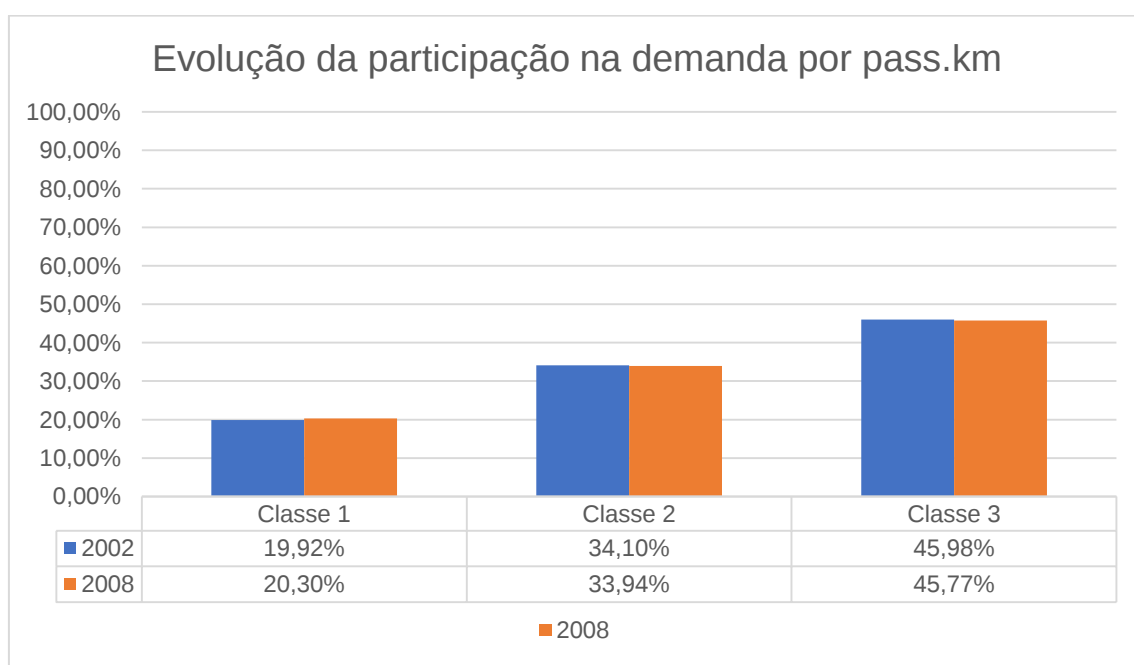
Os dados referentes a quilometragem média percorrida e eficiência energética, assim como as curvas de sucateamento empregados nas modelagens desagregadas foram os mesmos utilizados na modelagem agregada, apresentados no item 3.1.

Enquanto para o cálculo da demanda agregada do transporte rodoviário privado fez-se necessário o uso das abordagens *top-down* e *bottom-up* para que fosse possível garantir consistência nos resultados, no caso da modelagem da demanda desagregada, apenas a segunda abordagem foi suficiente. Neste caso, os resultados das três classes eram somados e comparados com os resultados agregados, não podendo apresentar variações.

3.3.2. TRANSPORTE PÚBLICO

Na análise do transporte público, a porcentagem dos gastos com transporte urbano em cada classe foi aplicada diretamente no nível de atividade de cada modo. Tomando como exemplo a classe 1 nota-se que foi responsável por 20,7% de todo o pass-km em 2002. O Gráfico 3-13 mostra a evolução da participação em termos de nível de atividade em cada classe.

Gráfico 3-13 Nível de atividade por classe



Fonte: Elaboração própria

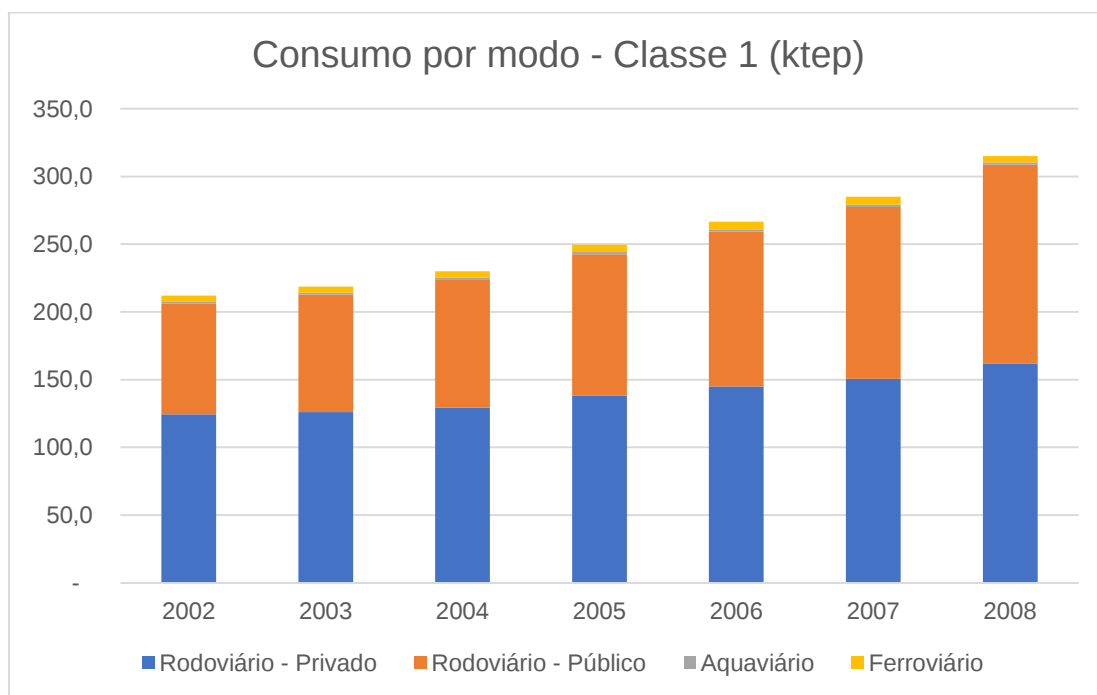
Observa-se tanto no Gráfico 3-13, quanto na Tabela 3-19 que, apesar dos gastos com transporte público apresentarem um aumento médio de 90% entre as classes no período de estudo, a participação de cada classe nas despesas, e consequentemente na demanda por pass.km não apresentou variações significativas entre 2002 e 2008.

Os dados referentes à intensidade energética e quilometragem percorrida empregados na modelagem desagregada foram os mesmos utilizados na modelagem agregada, conforme apresentados no item 3.1. Destaca-se que, no caso do transporte urbano rodoviário, os dados utilizados referem-se aos da abordagem *top-down*.

3.4. DEMANDA DESAGREGADA POR CLASSE DE RENDA – RESULTADOS

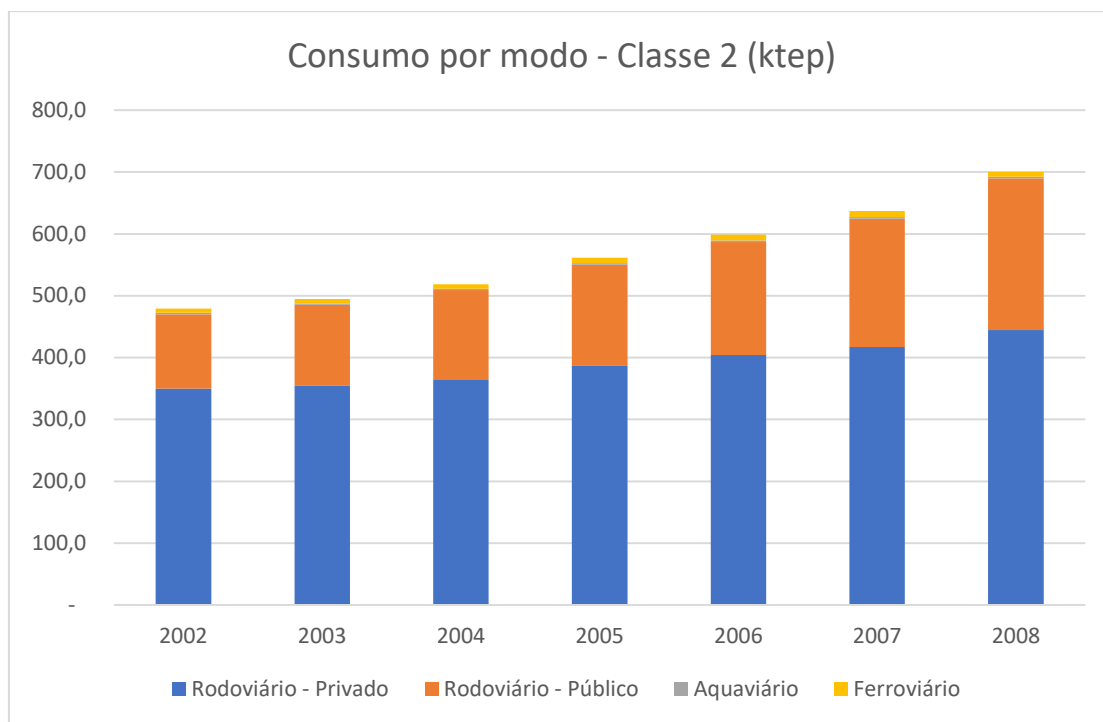
Em posse dos dados citados anteriormente, foi calculada a evolução do consumo de combustível por classe de renda apresentada no Gráfico 3-14, Gráfico 3-15 e Gráfico 3-16.

Gráfico 3-14 Demanda energética por modo de transporte - Classe 1



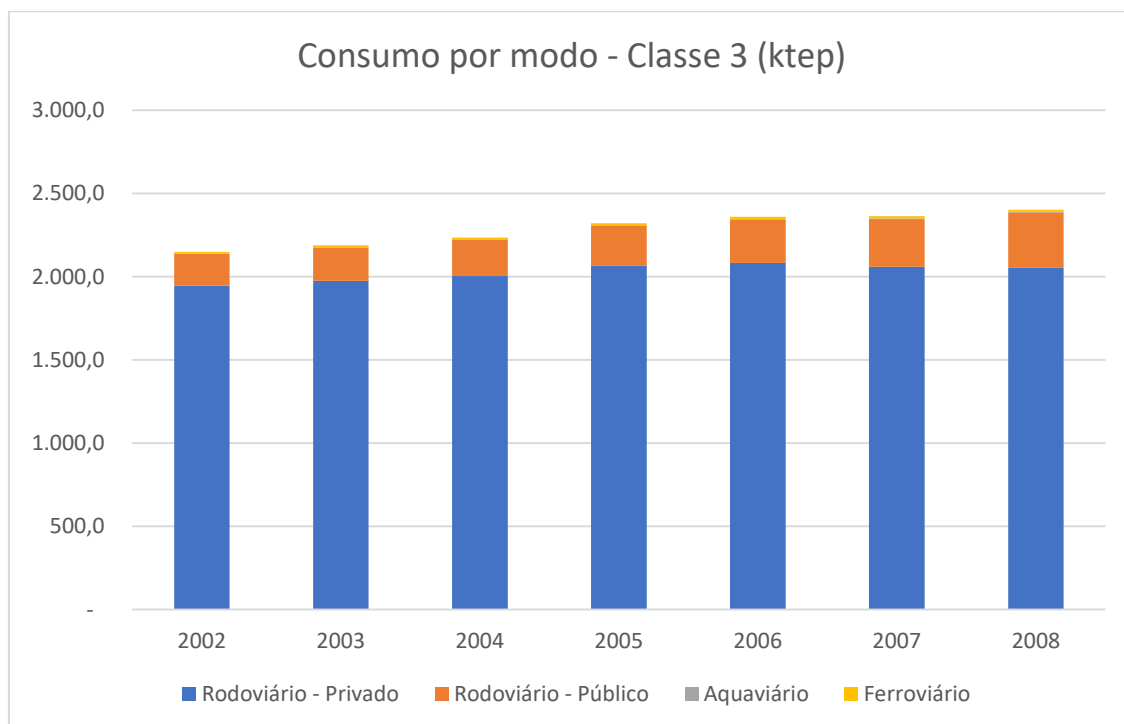
Fonte: Elaboração própria

Gráfico 3-15 Demanda energética por modo de transporte - Classe 2



Fonte: Elaboração própria

Gráfico 3-16 Demanda energética por modo de transporte - Classe 3



Fonte: Elaboração própria

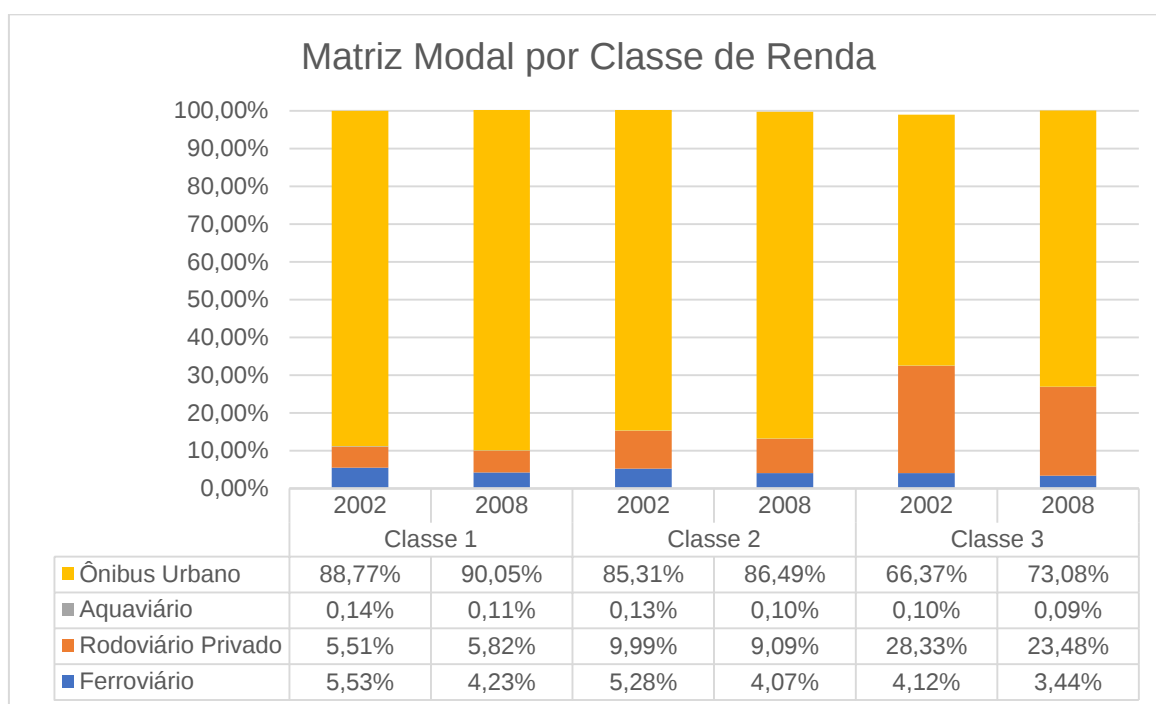
Os gráficos apresentados mostram que a Classe 3 é responsável por uma demanda energética maior do que as outras duas classes, sendo que, em 2008, as

famílias de maior renda consumiram duas vezes mais combustível do que a classe 2 e cinco vezes mais combustível do que a classe 3.

Este consumo pode ainda ser analisado em termos de transporte público e privado. Enquanto nas Classes 3 e 2, o consumo de combustível do modo rodoviário privado é a maior parte da demanda, sendo responsável por 78% e 52%, respectivamente, na Classe 1 esta porcentagem é reduzida para 38% no último ano.

Esta variação entre as demandas por transporte público e privado nas diferentes classes também fica nítida nas matrizes modal desagregada, apresentadas no Gráfico 3-17.

Gráfico 3-17 Matriz modal desagregada



Fonte: Elaboração própria

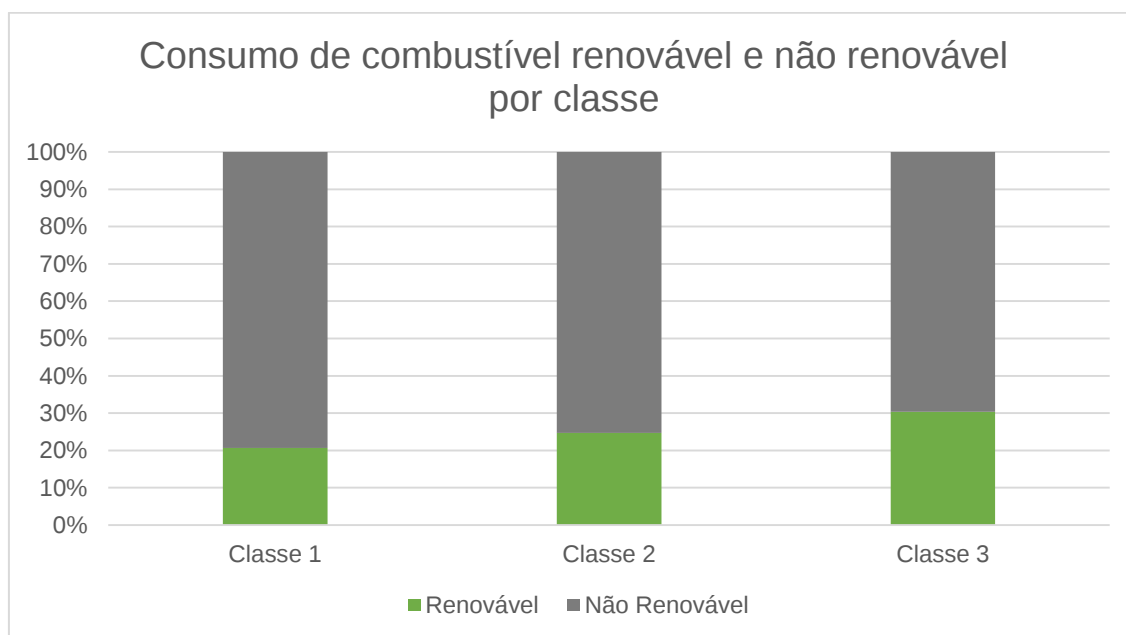
Destaca-se que a participação do transporte público em termos de pass-km é maior na Classe 1, assim como ocorre com o consumo de combustível.

Cabe ressaltar, que a participação dos ônibus urbanos na matriz é maior em todas as classes de renda, pois, assim como exposto no item 3.2, o número de passageiros transportados pelo ônibus é pelo menos 40 vezes maior do que o transportado por automóveis. Sendo assim, em termos de nível de atividade, este é o modo mais representativo.

Retomando o conceito de mobilidade urbana sustentável exposto no item 2.3, a mobilidade urbana sustentável deve ser promovida garantido a todos o acesso à cidade e buscando reduzir impactos ambientais.

Dessa forma, cabe observar como ocorre o consumo de combustíveis renováveis e fósseis em cada classe de renda, como apresentado no Gráfico 3-18.

Gráfico 3-18 Participação dos combustíveis renováveis na demanda energética das classes de renda



Fonte: Elaboração própria

O Gráfico 3-18 mostra que na demanda energética da Classe 1 é que ocorre a maior participação dos combustíveis renováveis⁴. Isto acontece por conta da maior participação do transporte por ônibus urbano nos deslocamentos dessas pessoas, enquanto as classes mais altas realizam mais deslocamentos com o uso de veículos privados.

Os veículos leves recebem incentivos ao uso de combustíveis renováveis desde 1970, ano em que começaram a ser comercializados automóveis com motores de uso dedicado exclusivamente a etanol (ANFAVEA, 2017). Em 2003, a fabricação de automóveis e veículos comerciais leves com tecnologia *Flex Fuel*, que tiveram participação expressiva nas vendas (ANFAVEA, 2017), reforçou a possibilidade do uso de combustível renovável. Junto a estes fatos, desde 1931 o etanol anidro é misturado à gasolina automotiva.

Por outro lado, 100% da frota de ônibus no estado do RJ era composta por ônibus a diesel durante o período de estudos (SEDEIS, 2018b). Nota-se também, que diferentemente da Gasolina C, que possui 25% de combustível renovável em sua composição, o percentual de biodiesel chega a apenas 5% no último ano de análise.

⁴ Cabe ressaltar que considerou-se toda a energia elétrica como sendo proveniente de fontes renováveis, visto que mais da metade da geração elétrica no RJ provem deste tipo de fonte (SEDEIS, 2018) e, representando menos de 1% do consumo total, desagregar a energia elétrica em renovável e não renovável não iria gerar alterações significativas nos resultados.

Apesar dos ônibus possuírem um nível de emissão por pass-km menor que o dos veículos individuais, devido ao fator de ocupação maior, percebe-se que, para atingir uma mobilidade urbana sustentável, além de investir em transporte público que atenda toda população, será necessária uma mudança nas tecnologias através das quais se possibilita esses deslocamentos, buscando meios de transporte mais eficientes e com maiores parcelas de combustíveis renováveis.

4. VARIAÇÕES NA VELOCIDADE GENERALIZADA

4.1. DADOS E METODOLOGIA

Assim como foi ressaltado no item 2.2, a velocidade generalizada é um parâmetro adequado para observar a discrepância na mobilidade urbana entre as classes de renda e também analisar como mudanças no tipo de deslocamento (privado/público, ferroviário/rodoviário, etc.) afetam esta mobilidade, pois inclui na análise o tempo para pagar o deslocamento.

Porém, não é uma análise ideal observar mudanças espaciais, como por exemplo, melhorias na organização do uso do solo nas cidades, redução dos vazios urbanos, novas formas de trabalho (*home office*), entre outro. Isto ocorre, pois, redução no espaço, apesar de, a princípio, trazer melhorias à mobilidade urbana, reduz a velocidade generalizada, perdendo o sentido da análise que pressupõe que quanto maior a velocidade, melhor a mobilidade daquela determinada classe. Ressalta-se ainda que tal análise também não considera questões de conforto e segurança dos usuários.

Isto posto, este trabalho buscou fazer uma análise da variação da velocidade generalizada, seguindo a equação 7 proposta por DUPUY (1971) apresentada abaixo, porém fixando a variável “S” de forma que a análise incidisse apenas nas diferenças de classe de renda e nos impactos de transferência de modal.

Equação 7

$$V = \frac{S}{t_{\text{deslocamento}} + t_{\text{para pagar o deslocamento}}}$$

Em que:

- V: Velocidade generalizada (km/h)
- S: Deslocamento (km)
- $t_{\text{deslocamento}}$: Tempo de deslocamento (h)
- $t_{\text{deslocamento}}$: Tempo de trabalho necessário para pagar o deslocamento (h)

Os dados relativos ao tempo de viagem foram extraídos de PEREIRA e SCHWANEN (2013), onde os autores fizeram uso dos microdados das Pesquisas Nacionais de Amostra por Domicílios (PNAD) para calcular o tempo de deslocamento casa-trabalho dividido por classes de renda.

Este estudo apresenta os dados para os anos de 1993 e 2009. Neste caso, os dados referentes ao ano de 2003 foram estimados através de regressão linear e estão apresentados na Tabela 4-1

Tabela 4-1 Tempo de deslocamento casa-trabalho

Decis de renda	Tempo de deslocamento (min)		
	1993	2003 (estimado)	2009
1º decil	38,0	38,6	39,0
2º decil	39,5	39,8	40,0
3º decil	39,3	39,7	40,0
4º decil	39,0	39,6	40,0
5º decil	38,5	38,9	39,2
6º decil	37,0	38,9	40,0
7º decil	36,0	38,5	40,0
8º decil	35,0	36,3	37,0
9º decil	33,0	34,9	36,0
10º decil	38,0	34,3	32,0

Fonte: Elaboração própria com base em IPEA 2013

Já o tempo necessário para pagar os deslocamentos foi calculado através da equação 8 a seguir.

Equação 8

$$t = \frac{\text{gasto com transporte público} + \text{gasto com transporte privado} \left(\frac{R\$}{\text{mês}} \right)}{\frac{\text{renda média} \left(\frac{R\$}{\text{mês}} \right)}{\text{tempo de trabalho médio} \left(\frac{h}{\text{mês}} \right)}}$$

Tanto os gastos com transporte, apresentados na Tabela 3-19, quanto a renda média, apresentadas na Tabela 4-2, foram extraídos da POF, já o tempo de trabalho foi extraído de (IBGE, 2009). Cabe ressaltar que o tempo médio de trabalho utilizado na modelagem foi igual para todas as classes e equivale a 162 h/mês.

Tabela 4-2 Renda média

	Renda média (R\$ do ano 2000)	
	2002	2008
Classe 1	R\$27,98	R\$94,63
Classe 2	R\$54,25	R\$205,94
Classe 3	R\$146,35	R\$538,01

Fonte: Elaboração própria com base em IPEA 2013

Cabe destacar que enquanto a variação da renda entre 2002 e 2008 foi similar em todas as classes: 2,4, 2,8 e 2,7 vezes maior para as classes 1, 2 e 3,

respectivamente, os gastos totais com transporte tiveram um aumento bem mais acentuado para a classe 1: 3,1 vezes maior contra 2,6 e 1,2 das classes 2 e 3, respectivamente. Este aumento impactou diretamente nas variações da velocidade generalizada.

4.2. PROPOSTA DE MELHORIA DE MOBILIDADE URBANA

Com o objetivo de reduzir essa discrepância nas velocidades generalizadas entre as classes, este trabalho modelou um cenário de melhoria na mobilidade urbana que impactasse prioritariamente as classes 1 e 2.

A escolha da medida a ser modelada foi feita por meio da seleção de projetos que tivessem seu local de implantação em áreas com maioria da população pertencentes a essas classes.

Optou-se, então, por avaliar como os corredores de BRT, que começaram a operar parcialmente em 2014, impactariam a mobilidade urbana e, conseqüentemente, a qualidade de vida da população da RMRJ. Tal escolha foi realizada a partir de dados da pesquisa desenvolvida por NTU (2012), que avaliou o perfil dos usuários deste meio de transporte, indicando que 64% dos usuários de BRT possuem renda mensal de 1 a 2 salários mínimos, ou seja, estariam inseridos na Classe 1.

Para tanto, utilizaram-se dados de transferência modal, conforme apresentados por RIBEIRO e MACHADO (2016). Tal estudo indica que 75% dos passageiros migrariam dos ônibus para o BRT, e 4% migrariam dos veículos particulares.

Foram utilizados, ainda, os dados de quilometragem média e frota dos BRTs disponíveis na Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro – MEERJ. Já o dado relativo ao fator de ocupação foi retirado do próprio site do BRT. Em posse desses dados, foi calculado quantos passageiros passariam para o BRT, caso esse meio de transporte estivesse disponível no período estudado, e posteriormente, quanto esse número representava em termos de nível de atividade.

A desagregação em classe de renda foi realizada utilizando dados da pesquisa desenvolvida por NTU (2012), ou seja, 64% dos usuários pertencem a classe 1. Quanto aos outros 36%, considerou-se que estão inseridos na Classe 2.

Também foi considerado que a migração de cada modo de transporte seria feita de forma proporcional em relação ao uso observado de veículos privados ou ônibus urbano em cada classe de renda. A Tabela 4-3 mostra como se deu a migração modal em cada uma dessas classes.

Tabela 4-3 Migração modal (% pass.km)

Classe 1	Ônibus	14%
	Veículos Privados	5%
Classe 2	Ônibus	4%
	Veículos Privados	1%

Fonte: Elaboração própria com base em Pinheiro E Machado (2016) e NTU (2012)

O cálculo dos gastos com transporte, neste cenário, foi realizado com uso dos dados da Tabela 4-3, aplicando essas porcentagens aos gastos do cenário anterior. Assim, os tempos de deslocamentos foram calculados com uso da metodologia já indicada no item anterior, ou seja, foram calculados por meio da velocidade generalizada, metodologia descrita no item anterior.

Quanto ao tempo de deslocamento, foram utilizados dados do BRT que apontam para uma economia de 40% do tempo de viagem quando os usuários passam a fazer uso desse de transporte.

4.3. RESULTADOS

Os resultados obtidos para o ano de 2002 estão apresentados Tabela 4-4 e demonstram que o mesmo sendo a classe de maior renda, os gastos com transporte privado apresentados na Tabela 4-3 são tão elevados que fazem com que o tempo total seja maior para esta classe. Diferentemente do esperado, considerando espaços de deslocamento iguais, a velocidade generalizada em 2002 foi menor para a classe 3.

Tabela 4-4 Resultados consolidados 2002 (h/mês)

Resultados 2002			
	Tempo de deslocamento	Tempo para pagar o deslocamento	Tempo total
Classe 1	26,30	313,67	339,97
Classe 2	25,85	367,00	392,85
Classe 3	23,42	557,77	581,19

Fonte: Elaboração própria

Os resultados do ano de 2008, bem como, do cenário proposto estão apresentados na Tabela 4-5.

Tabela 4-5 Resultados consolidados 2008 (h/mês)

Resultados 2008						
	Tempo de deslocamento		Tempo para pagar o deslocamento		Tempo total	
	Sem BRT	Com BRT	Sem BRT	Com BRT	Sem BRT	Com BRT
Classe 1	26,50	24,30	395,41	380,57	421,91	404,87
Classe 2	26,49	25,79	403,98	387,10	430,46	412,89
Classe 3	23,33	23,33	365,75	365,75	389,08	389,08

Fonte: Elaboração própria

Pode-se notar que, diferentemente do que ocorreu em 2002, o aumento da aquisição de veículos leves e o consequente aumento de gastos com transporte privado promovido pelos incentivos fiscais descritos no item 2.2, levou a Classe 1 a gastar um maior tempo de trabalho para pagar o deslocamento, reduzindo sua velocidade generalizada.

A variação da velocidade generalizada da classe 1 em relação as outras classes está apresentada na Tabela 4-6

Tabela 4-6 Variação da velocidade generalizada

Δ velocidade generalizada			
2002		2008	
		sem BRT	com BRT
Classe 2	15,6%	2,0%	2,0%
Classe 3	71,0%	-7,8%	-3,9%

Fonte: Elaboração própria

Como descrito acima, a velocidade generalizada da classe 1 em 2002 foi maior do que a velocidade generalizada das outras duas classes: 71% maior do que a classe 3 e 15,6% do que a classe 2. Já em 2008, os gastos com transporte desta classe se elevaram, a velocidade reduziu ficando mais baixa do que a da classe 3 e pouco mais alta do que a da classe 2.

A Tabela 4-6 também mostra que medidas como o BRT tornam menos discrepante a velocidade generalizada entre as classes. Através da Tabela 4-5 é possível notar que houve uma redução em ambos os tempos. O tempo de deslocamento propriamente dito, apresentou uma redução mais significativa, de 8,3% na Classe 1, já na Classe 2, este número cai para 2,6%. Porém a redução do tempo para pagar o deslocamento se comporta de forma contrária, apresentando uma variação mais baixa, de 3,8% para a Classe 1 e mais elevada, de 4,2% para a Classe 2.

Isto ocorreu, porque a maior parte dos passageiros do BRT pertencentes à Classe 1 já utilizavam ônibus urbano como meio de transporte, não havendo, portanto, mudança no custo de deslocamento. Dessa forma, apenas a parcela da população que migrou do veículo privado apresentou essa variável alterada.

Ao somar os dois tempos, a variação total é de 4,04% para a Classe 1, e de 4,08% na Classe 2. Ou seja, considerando que os espaços se mantem constantes, suas velocidades generalizadas aumentam em 4,04% e 4,08% respectivamente.

Apesar destes resultados não apresentarem variação expressiva de uma classe para outra, é interessante observar que, mesmo sendo responsável por apenas um terço dos usuários que migraram para o BRT, a classe 2, apresenta um aumento maior na velocidade generalizada e, assim, é nítido o impacto do tempo necessário para pagar o deslocamento.

5. CONCLUSÕES

Tratar o tema da mobilidade urbana não apenas sobre a ótica dos deslocamentos em si, mas buscando entender como esses deslocamentos afetam a qualidade de vida da população é necessário para que as quebras de paradigmas no transporte, propostas por ONU (2019) como forma de se atingir a mobilidade urbana sustentável sejam realizadas, visando a redução das desigualdades sociais.

Em uma cidade como o Rio de Janeiro, em que tais desigualdades foram se acentuando ao longo de sua urbanização, através do processo de favelização que deslocou o contingente populacional de baixa renda para regiões periféricas (PERO; MIHESSEN, 2013 e GOMIDE, 2008), integrar os espaços de forma a reduzir a segregação socioespacial deveria estar no escopo de todas as políticas de desenvolvimento urbano, tendo em vista que a precariedade da mobilidade urbana não só é resultado da desigualdade, mas também é o que mantém este *status quo* nas grandes cidades (DUPUY, 1971).

Sendo assim, políticas que partem da ideia de que o desejo final de todo o usuário de transporte público é o automóvel privado, e que garantem incentivos à compra destes veículos em detrimento dos investimentos em transporte público, devem ser repensadas. Como destacado no item 2.1, ao contrário de trazer melhorias na circulação nas grandes cidades, tais políticas provocam imobilidade, ou seja, são contraproduativas (DUPUY, 1971).

Nota-se também que políticas focadas na redução de impostos à indústria automobilística, com o a noção de que haverá um aumento na geração de empregos, tornam-se cada vez menos apropriadas. Tais indústrias geraram cada vez menos desenvolvimento econômico na região em que estão instaladas, na medida em que a necessidade de aumento da competitividade faz com que os processos sejam mais automatizados e, conseqüentemente, a taxa de trabalhadores por automóvel produzido se torne menor (MICAELLO, 2004).

Sendo assim, os incentivos tanto a compra quanto a produção de automóveis são responsáveis pelo aumento da venda de veículos leves que, por sua vez, agravam o congestionamento em cidades como o Rio de Janeiro. YOUNG *et al.* (2013), calculou que o custo social do engarrafamento na cidade do Rio de Janeiro está entre 1,9% e 3,8% do PIB da RMRJ.

Ressalta-se que este custo tem como base a de perda de produtividade, ou seja, o total de horas de trabalho perdidas no engarrafamento. Porém, questões associadas à poluição atmosférica e sonora, além de outras consequências de natureza ambiental também geram custos sociais e, assim como a perda de

produtividade, também podem ser minimizadas com melhorias no transporte público (YOUNG *et al.*, 2013).

Ao mesmo tempo, priorizar projetos de transporte público em áreas nobres intensifica ainda mais a especulação imobiliária e, por consequência, a segregação dos espaços urbanos (VILLAÇA, 2011 e KOWARICK, 1993).

Em outro sentido, ainda vale ressaltar que sob a ótica da exploração dos recursos não renováveis, um transporte público, eficiente e pouco poluente deve ser planejado, como forma de redução do consumo de combustível fóssil, norteando políticas de mobilidade urbana sustentável (PINHEIRO E FRISCHTAK, 2015 e ONU, 2019).

Enquanto um automóvel consome em média 1,2MJ por pass.km transportado, os ônibus não chegam a 3% desse valor, como destacado no item 3.1. De fato, deve-se pensar que para atingir esse valor baixo de intensidade energética, existe uma queda considerável no nível de serviço, gerada pela superlotação dos ônibus. Porém, transportes de alta capacidade como BRT, trens e barcas também apresentam consumo energético reduzido por pass-km transportado, devendo, portanto, ser priorizado.

Analisar a questão da mobilidade urbana através da velocidade generalizada é uma forma de notar como os tipos de deslocamento afetam cada classe, e como políticas de incentivos à compra de automóveis em detrimento daquelas focadas no transporte público, trazem prejuízos à classe mais baixa.

De fato, a velocidade generalizada é uma medida cega no que diz respeito à melhoria na ocupação das cidades, redução dos vazios urbanos e uso eficiente do solo, visto que, a redução do espaço, que pode acarretar na redução do tempo, faz com que a velocidade generalizada sofra pouca alteração, apesar destas medidas gerarem impactos positivos na mobilidade urbana.

Ainda assim, quando o foco é nas diferenças entre as classes de renda, nota-se que as políticas de incentivo ao transporte individual, associadas, também, ao aumento da renda das famílias e a falta dos devidos investimentos em transporte público, foram responsáveis por reduzir a velocidade generalizada da população mais pobre da RMRJ em 26,6%, enquanto aumentou a das mais ricas em 33,05% no período entre 2002 e 2008. Caso o BRT tivesse sido implementado, a diferença entre a Classe 1 e 3 em termos de velocidade generalizada cairia pela metade.

A redução de tempo de deslocamento associada, consequentemente, à redução do tempo de trabalho necessário para pagá-lo, diminui o custo social gerado pelo congestionamento. Quando essa redução de custos é somada à economia de combustível, chega-se ao valor de aproximadamente R\$ 596 milhões por ano.

Tal valor foi calculado multiplicando-se a remuneração horária média das Classes 1 e 2 pelo tempo economizado nos deslocamentos. Já a economia com consumo de combustível foi calculada multiplicando-se os resultados de redução do consumo de diesel, etanol e gasolina apresentados no item 4.3 pelo preço médio destes combustíveis no Estado do Rio de Janeiro disponíveis em (ANP, 2019).

Artigo publicado por Mendes (2014) mostra que o custo do passe livre estudantil em um ano letivo equivale a R\$40,5 milhões, ou seja, menos de 7% do valor dos custos sociais associados à não implementação do BRT. De fato, os investimentos para a construção e operação do BRT, são elevados, porém como já destacado no primeiro capítulo deste trabalho, os incentivos fiscais dados à indústria automobilística são quatro vezes maiores do que o investimento necessário para a construção do BRT.

Sendo assim, verifica-se que políticas de transporte focadas em veículos automotores privados agravam as desigualdades sociais entre as classes. Portanto, pode-se concluir que uma mobilidade urbana sustentável, em que sejam consideradas não apenas as questões de esgotamento de recursos naturais, mas também um desenvolvimento das cidades em que as segregações socioespaciais sejam reduzidas, só será possível através de investimentos em transporte público, com foco prioritário em regiões com população de classes de renda mais baixas.

5.1. SUGESTÕES E PROPOSTAS

A primeira sugestão de continuidade desta pesquisa é a atualização dos dados, tendo em vista que a POF 2017/2018 começou a ser aplicada em junho de 2017, porém, até a data de publicação desta dissertação, ainda não teve seus resultados divulgados.

Próximas pesquisas também podem considerar além das externalidades absorção do tempo de vida e esgotamento dos recursos não renováveis, a questão das mortes em acidentes de trânsito, da poluição atmosférica global e local, da destruição dos espaços vitais e da poluição sonora, ou seja, todas aquelas destacadas por Dupuy (1971).

Analisar poluição atmosférica global através da divisão por classe de renda poderia ser especialmente interessante de forma a entender como as emissões de gases de efeito estufa no setor de transporte ocorrem em cada classe.

É fato que, a análise de poluição atmosférica global faria mais sentido em uma área de estudo mais abrangente do que a RMRJ. A ampliação da região de estudo é portanto, outra sugestão de continuação desta pesquisa.

Também seria ideal propor outras medidas de melhoria de mobilidade urbana além da analisada neste trabalho. Considerar o impacto da construção de ciclovias e um serviço de *bike sharing* que atendesse de forma adequada toda a população poderia ser especialmente interessante do ponto de vista das mudanças climáticas, visto que seria uma medida de mitigação de emissão zero.

Por fim, seria interessante analisar não apenas quanto as medidas propostas impactam no tempo de deslocamento e nas despesas das famílias com transporte, mas também observar os investimentos necessários para que pudessem ser implementadas, de forma a propor medidas mais custo-efetivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACICLO. Anuário da Indústria Brasileira de Duas Rodas. São Paulo, 2017.
- ANFAVEA. Anuário da Indústria Automobilística Brasileira de 2017. Brasília, 2017.
- ANP, Gás Natural Veicular Mercado em Expansão, Agência Nacional do Petróleo, Nota Técnica ANP nº 23, Rio de Janeiro, Agosto, 2003.
- BALBIM, Renato; PEREIRA, Rafael. Centros urbanos e o não transporte. Desafios do Desenvolvimento, Brasília, v. 53, n. 6, p.1-2, ago. 2009.
- BOARETO, Renato. A política de mobilidade urbana e a construção de cidades sustentáveis. Revista dos Transportes Públicos, São Paulo, v. 20, n. 119, p.143-160, dez. 2008.
- BRASIL. Lei nº 12587, de 03 de janeiro de 2012. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília, 03 jan. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm>. Acesso em: 08 fev. 2019.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. . BRT Transcarioca é inaugurado no Rio. 2014. Disponível em: <<http://www.planejamento.gov.br/assuntos/investimento-e-pac/noticias/brt-transcarioca-e-inaugurado-no-rio>>. Acesso em: 06 jan. 2018.
- Carvalho, Carlos Henrique Ribeiro (2016): Mobilidade urbana sustentável: Conceitos, tendências e reflexões, Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), No. 2194
- CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de; PEREIRA, Rafael Henrique Moraes. Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil. Transportes, [s.l.], v. 1, n. 20, p.21-40, jan. 2012.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo. São Paulo, 2017.
- D'Agosto, M. A., Schmitz, D.N. e Goes, G., V., (2018) Cenários de Emissão de Gases de Efeito Estufa até 2050 no Setor de Transportes: Referência e 1,5°C, in Rovere, E. L.L.; Wills, W.; Dubeux, C. B. S; Pereira Jr, A. O.; D'Agosto, M. A; Walter, M. K. C; Grottera, C.; Castro, G.; Schmitz, D.; Hebeda, O.; Loureiro, S. M.; Oberling, D; Gesteira, C.; Goes, G.V.; Zicarelli, I.F.; e Oliveira, T.J.P (2018). Implicações Econômicas e Sociais dos Cenários de Mitigação de GEE no Brasil até 2050: Projeto IES-Brasil, Cenário 1.5 ° C. COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.
- DAVIS, Mike. Planeta favela. Boitempo Editorial, 2006.
- DE MORAES, Antônio Carlos. O Estado, o capital e o caos urbano: o que fazer para superar a crise do trânsito e do transporte público?. Revista dos Transportes Públicos, São Paulo, v. 20, n. 119, p.9-16, dez. 2008.
- DE MORAES, RICARDO AGOSTINI; DA SILVEIRA, JOSE AUGUSTO GIESBRECHT. Elasticidade-preço e elasticidade-renda da demanda na indústria automobilística brasileira: uma análise da última década para os veículos populares. VIII Seminário de Administração, 2005
- De Negri, J. A. Elasticidade-renda e elasticidade-preço da demanda por automóveis no Brasil. Brasília: Ipea, 1998 (Texto para Discussão, n. 558);
- DETRAN. Estatística: Frota por categoria. Disponível em: <http://www.detran.rj.gov.br/_estatisticas.veiculos/05.asp?menuzinho=05.asp>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- DUPUY, Jean-pierre. Introdução à Crítica da Ecologia Política. Porto Alegre: Dom Quixote, 1971.
- EPE, 2012. Empresa de Pesquisa Energetica. Estudo Associado ao Plano Decenal de Energia – PDE 2021. Consolidacao de Bases de Dados do Setor de Transporte: 1970-2010. Nota tecnica SDB-Abst 1/12012, Ministerio de Minas e Energia, Brasil, 2012. Pesquisa Energética (EPE).

- EPE. (2017). Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016. Rio de Janeiro, Brasil: Empresa de Pesquisa Energética (EPE).
- ÉPOCA NEGÓCIOS. Benefícios fiscais para montadoras atingirão recorde de R\$72bi em 2019. 2018. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Empresa/noticia/2018/09/epoca-negocios-beneficios-fiscais-para-montadoras-atingirao-recorde-de-r-72-bi-em-2019.html>>. Acesso em: 06 jan. 2019.
- FONTOURA, Wlisses Bonelá; CHAVES, Gisele de Lorena Diniz; RIBEIRO, Glaydston Mattos. The Brazilian urban mobility policy: The impact in São Paulo transport system using system dynamics. *Transport Policy*, [s.l.], v. 73, p.51-61, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.09.014>.
- GOMIDE, Alexandre de Ávila: Agenda governamental e o processo de políticas públicas: O projeto de lei de diretrizes da política nacional de mobilidade urbana, Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), No. 1334.
- GROTTERA, Carolina et al. Linking electricity consumption of home appliances and standard of living: A comparison between Brazilian and French households. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [s.l.], v. 94, p.877-888, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.063>.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Orçamento Familiar, 2003.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de Orçamento Familiar, 2009.
- IPEA. IPEADATA. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 16 dez. 2017.
- ITRANS (2004) Mobilidade e pobreza: relatório final. Brasília.
- KOWARICK, Lúcio. A espoliação urbana. 2. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1993.
- LINKE, Clarisse Cunha (Org.). Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro: Avaliação de resultados e recomendações de melhoria. Rio de Janeiro: ITDP, 2018.
- Ministério da Agricultura. MISTURA CARBURANTE (ETANOL ANIDRO GASOLINA): CRONOLOGIA. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos/cronologia-da-mistura-carburante-etanol-anidro-gasolina-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2018.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) . 2º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários. Brasil, 2013;
- MCTI – Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação, 2015. Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência – Setor de Energia – Emissões de Gases de Efeito Estufa no Transporte Rodoviário. Brasil.
- MICHAEL, Sergio Molina. EVOLUÇÃO DA ESTRATÉGIA DA FIAT AUTOMÓVEIS S.A. FACE À MUDANÇA DO AMBIENTE COMPETITIVO DA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA: UM ESTUDO DE CASO. 2004. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Puc-rio, Rio de Janeiro, 2004. Cap. 2.
- NTU. Estudos de BRT no Brasil. 2. ed. Brasília: Ntu, 2012.
- NTU. Pesquisa mobilidade da população urbana 2017. Brasília: CNT: NTU, 2017.
- ONU. Mobility: UN-Habitat. Disponível em: <<https://unhabitat.org/urban-themes/mobility/>>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- PEREIRA, Rafael Henrique Moraes; SCHWANEN, Tim (2013): Tempo de deslocamento Casa-trabalho no Brasil (1992-2009): Diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo, Texto para Discussão, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), No. 1813.
- PERO, Valéria; MIHESSEN, Vitor. Mobilidade Urbana e Pobreza no Rio de Janeiro. *Econômica, Niterói*, v. 2, n. 15, p.23-50, dez. 2013.

- PINHEIRO, A. C.; FRISCHTAK, C., 2015. Mobilidade Urbana: Desafios e Perspectivas para as Cidades Brasileiras. Rio de Janeiro: Elsevier.
- RIBEIRO, S. K.; MACHADO, C. L., Contribuição dos Corredores BRT para as Políticas Governamentais sobre as Mudanças Climáticas na Ótica da Redução de CO₂ no Rio De Janeiro, 2016. Artigo apresentado no 30º CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE. Rio de Janeiro.
- SANTOS, Milton. Ensaio sobre a Urbanização Latino-americana. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2010.
- SANTOS, Angela Maria Medeiros M.; SOUZA, Adilson José de; COSTA, Claudia Soares. Desempenho recente da indústria automobilística Angela. Brasília: [s.i.], 1995
- SEDEIS – Subsecretaria Estadual de Desenvolvimento Econômico, 2018a. Balanço Energético Estadual do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- _____, 2018b. Matriz Energética do Estado do Rio de Janeiro 2015-2030 – Relatório Final. Rio de Janeiro.
- SES - Secretaria de Estado de Saúde do Rio de Janeiro. População Residente no Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://sistemas.saude.rj.gov.br/tabnet/defthtm.exe?pop/popprj.def>>. Acesso em: 04 mar. 2018.
- SENNA, L. A. S., 2014. Economia e Planejamento dos Transportes. Rio de Janeiro: Elsevier.
- SILVA, E. F., 2014. Meio Ambiente & Mobilidade Urbana. São Paulo: Senac (Série Meio Ambiente, 22/ Coordenação José de Ávila Aguiar Coimbra).
- SILVEIRA, M. R.; COCCO, R. G. Transporte Público, Mobilidade e Planejamento Urbano: Contradições essenciais. Estudos Avançados (Online) , v. 27, p. 41-53, São Paulo, 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000300004>
- UCHOA, C. ; PEREIRA JR., Amaro O.; GROTTERRA, CAROLINA ; COHEN, Claude ; FERREIRA, D. V. ; SANTOS, L. ; WEISS, M. ; MENEZES, N. “Análise do Padrão de Consumo de Energia por Classe de Renda nos Domicílios do Brasil - 2008 - 2009”. In: XVI Congresso Brasileiro de Energia, 2015, Rio de Janeiro. XVI Congresso Brasileiro de Energia, 2015).
- UN-Habitat. PLANNING AND DESIGN FOR SUSTAINABLE URBAN MOBILITY: GLOBAL REPORT ON HUMAN SETTLEMENTS 2013. New York: Routledge, 2014.
- VILLAÇA, F. São Paulo: segregação urbana e desigualdade. Estudos Avançados, v. 25, n. 71, p. 37-58, 1 abr. 2011.
- YOUNG, C. E. F; AGUIAR, C.; POSSAS, E., 2013. Sinal Fechado: Custo Econômico do Tempo de Deslocamento para a Trabalho na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. GEMA – IE/UFRJ, 2013