



Henrique de Bethencourt Costa Carvalho

**Elasticidade da demanda de passageiros na cidade
do Rio de Janeiro: uma análise de curto e longo prazo**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Administração de Empresas da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração de Empresas

Orientador: Prof. Marcelo Cabus Klotzle

Rio de Janeiro
Fevereiro de 2016



Henrique de Bethencourt Costa Carvalho

**Elasticidade da demanda de passageiros
na cidade do Rio de Janeiro:
Uma análise de curto e longo prazo**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Administração de Empresas do Departamento de Administração da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Marcelo Cabus Klotzle

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto

Departamento de Administração - PUC-Rio

Prof. Mario Domingues de Paula Simões

Faculdades Ibmecc Rio de Janeiro

Prof^a. Mônica Herz

Vice-Decana de Pós-Graduação do CCS – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 25 de fevereiro de 2016

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Henrique de Bethencourt Costa Carvalho

Graduou-se em Administração de Empresas pela Universidade Federal Fluminense, em 2007. Tem experiência na área de Administração e Economia, com ênfase em Administração Financeira, Mercado Financeiro e Gestão, atuando principalmente nos seguintes temas: governança corporativa, mercado de capitais, econometria, planejamento financeiro, planejamento estratégico, gestão por processos, gestão por resultados e gestão pela qualidade.

Ficha Catalográfica

Carvalho, Henrique de Bethencourt Costa

Elasticidade da demanda de passageiros na cidade do Rio de Janeiro: uma análise de curto e longo prazo / Henrique de Bethencourt Costa Carvalho; orientador ; Marcelo Cabus Klotzle. – 2016.

103 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2016.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Transporte público 3. Elasticidade de curto e longo prazo. 4. Demanda de passageiros de ônibus. 5. Encontro do serviço. I. Klotzle, Marcelo Cabus. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

Agradecimentos

Agradeço a todos os meus familiares, notadamente, minha mãe e meu pai pela educação e amor depositado em mim, pela paciência nesse longo processo que foi o mestrado e também por tudo que me ensinaram sob o ponto de vista de valores e conduta como ser humano.

À minha irmã pelo carinho e atenção nesse período de muita dedicação, por sempre estar ao meu lado e por ser minha conselheira em todos os momentos.

Aos amigos da Fetranspor e do Rio Ônibus por todo apoio necessário, sem o qual este trabalho não poderia ter sido realizado. Gostaria de destacar quatro pessoas que colaboraram de forma ativa para a realização do trabalho. Agradeço ao presidente da Fetranspor Lélis Marcos Teixeira, a Diretora de Gestão de Pessoas, Ana Rosa Bonilauri e ao Diretor Financeiro, Andre Nolte, pelo apoio incondicional ao trabalho e não menos importante ao Miguel Dias, estatístico do Rio Ônibus, pelo auxílio e suporte na compreensão dos dados internos.

Aos grandes professores da escola de negócios da PUC-Rio, em especial ao meu orientador, guru da econometria, Marcelo Cabus Klotzle pelas importantes contribuições e pela tamanha disponibilidade que me foi concedida na construção e discussão do trabalho.

Resumo

Carvalho, Henrique de Bethencourt Costa; Klotzle, Marcelo Cabus. **Elasticidade da demanda de passageiros na cidade do Rio de Janeiro: uma análise de curto e longo prazo.** Rio de Janeiro, 2016. 103 p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O estudo faz uso de modelos reconhecidos e aplicados em estudos internacionais para o cálculo da elasticidade da demanda de passageiros, como: Log-Log, Modelo de Ajuste Parcial (PAM) e técnicas de Cointegração conjugadas com o Modelo de Correção de Erros (ECM). Para o cálculo da elasticidade da demanda de passageiros pagantes por ônibus na cidade do Rio de Janeiro no período de 2004 a 2014 foi utilizado o modelo Log-Log. A fim de distinguir a elasticidade de curto e longo prazo foram empregados e comparados os resultados dos seguintes modelos: Modelo de Ajuste Parcial (PAM) e técnicas de Cointegração conjugadas com o Modelo de Correção de Erros (ECM). O estudo sugere que os fatores mais influentes na demanda de passageiros por ônibus na cidade do Rio de Janeiro são: Produto Interno Bruto, Tarifa e Número de Viagens realizadas pela frota. Como conclusão pode-se afirmar que há pouca distinção em termos de resultados quando se compara os modelos aplicados, exceto no caso do PIB, que apresentou demanda elástica e relação positiva no curto prazo para o modelo de ajuste parcial (PAM) e demanda inelástica e relação positiva usando o modelo de correção de erros (ECM). Tarifa apontou relação negativa para ambos os períodos, embora demanda inelástica para o curto prazo e elástica para o longo prazo. Por fim, Viagens realizadas pela frota exibiu relação positiva e inelástica para o curto e para o longo prazo.

Palavras-chave

Transporte Público; Elasticidade de Curto e Longo Prazo; Demanda de Passageiros de Ônibus.

Abstract

Carvalho, Henrique de Bethencourt Costa; Klotzle, Marcelo Cabus (Advisor). **Passenger demand elasticity in the Rio de Janeiro's city: a short and long run analyses**. Rio de Janeiro, 2016. 103 p. MSc. Dissertation – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This study uses acknowledged models and which were applicable in international researches to figure up passenger demand elasticity, such as: Double Log, Partial Adjustment Model (PAM) and Cointegration techniques with Error Correction Model. In order to calculate the passenger demand elasticity by bus in the Rio de Janeiro's city from 2004 to 2014 was used Double Log. So as to distinguish short and long run elasticity was employed and compared the results of such models: Partial Adjustment Model (PAM) and Cointegration techniques with Error Correction Model (ECM). This study suggests that the most influential factors of passenger demand by bus in the Rio de Janeiro's city are: gross domestic product, bus fare and number of trips conducted by the fleet. As conclusion, we can claim that there is little distinction in terms of results when compares applied models, except for gross domestic product factor, which presented elastic demand and positive relation using Partial Adjustment Model (PAM) and inelastic demand and positive relation using Error Correction Model (ECM). Bus fare pointed a negative relation for both periods, although an inelastic demand for short run and an elastic demand for long run. Finally, number of trips conducted by the fleet exhibited positive relation and inelastic demand for short and long run

Keywords

Public Transport; Short and Long Run Elasticity; Passenger Demand by bus.

Sumário

1	Introdução	14
1.1.	Importância do Tema	14
1.2.	Objetivo do Trabalho	16
1.3.	Organização do Trabalho	16
2	Referencial Teórico	18
2.1.	Setor de Transporte de Passageiros	22
2.2.	Elasticidade Aplicada ao Setor de Transporte de Passageiros	27
2.3.	Revisão da Literatura	30
2.3.1.	Contexto Brasileiro	31
2.3.2.	Contexto Internacional	33
2.4.	Fatores Determinantes da Demanda por Transporte Público	47
3	Metodologia	56
3.1.	Dados	56
3.2.	Elasticidade da Demanda de Curto e Longo Prazo	64
3.3.	Modelo Log-Log ou Double Log	65
3.4.	Modelo de Ajuste Parcial (PAM)	66
3.5.	Modelo de Correção de Erros (ECM) e Cointegração	68
3.6.	Modelo ARIMA	71
4	Resultados e Discussão	75
4.1.	Resultados do Modelo Log-Log ou Double Log	79
4.2.	Resultados do Modelo de Ajuste Parcial (PAM)	81
4.3.	Resultados do Modelo de Correção de Erros (ECM) e Cointegração	84
5	Conclusões	92
6	Referências Bibliográficas	96
7	Anexos	103

Lista de Tabelas

Tabela 1: BRT's (<i>Bus Rapid Transit</i>)	22
Tabela 2: Comparativo do Transporte Público no Brasil x Município do RJ	23
Tabela 3: Resumo dos Estudos Nacionais e Internacionais pesquisados	41
Tabela 4: Resultados de Estudos sobre Características Demográficas	50
Tabela 5: Resultados de Estudos sobre Opções de Transporte	51
Tabela 6: Resultados de Estudos sobre Índice de Atividade Econômica	52
Tabela 7: Resultados de Estudos sobre Preço	53
Tabela 8: Resultados de Estudos sobre Sazonalidade	54
Tabela 9: Resultados de Estudos sobre Serviços Prestados	55
Tabela 10: Resultados de Estudos sobre Uso do Solo	55
Tabela 11: Estatísticas descritivas das variáveis dependentes e Independentes	63
Tabela 12: Resultados da significância estatística das variáveis independentes	76
Tabela 13: Matriz de correlação das variáveis independentes	78
Tabela 14: Resultados das elasticidades do Modelo Log-Log	79
Tabela 15: Comparação dos Resultados Medidos pelo Modelo Log-Log	81
Tabela 16: Resultados das Elasticidades do Modelo de Ajuste Parcial (PAM)	82
Tabela 17: Resultados do teste Dickey-Fuller para Tarifa Média Real	85
Tabela 18: Resultados do teste Dickey-Fuller para PIB	85
Tabela 19: Resultados do teste Dickey-Fuller para Viagens	85
Tabela 20: Resultados do teste Dickey-Fuller para Passageiros Pagantes Transportados	86
Tabela 21: Resultados do teste Dickey-Fuller os Resíduos	87

Tabela 22: Resultados da Regressão de Cointegração	87
Tabela 23: Resultados das Elasticidades do Modelo de Correção de Erros (ECM)	88
Tabela 24: Comparação de Resultados das Elasticidades com distinção temporal	89
Tabela 25: Comparação dos Resultados das Elasticidades do Presente Estudo com Owen e Phillips (1987)	90
Tabela 26: Comparação dos Resultados das Elasticidades de Curto e Longo Prazo com Estudos Internacionais	90
Tabela 27: Resultados das Elasticidades dos Modelos: Log-Log, PAM, ECM e Cointegração	93
Tabela 28: Comparação dos Resultados do Presente Estudo por Modelo Aplicado	93

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa dos corredores BRT's (Bus Rapid Transit)	22
Figura 2: Fatores que afetam a demanda de transporte	57
Figura 3: Diagrama com as variáveis explicativas usadas no estudo	57
Figura 4: Etapas Interativas da Construção de Modelos de Previsão (Abordagem de Box-Jenkins)	73

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Nível de Participação dos Meios de Transporte	24
Gráfico 2: Volume de Passageiros Transportados por Tipo de Transporte	25
Gráfico 3: Passageiros Transportados x Arrecadação	25
Gráfico 4: Passageiros Transportados x Passageiros Equivalentes	26
Gráfico 5: Elasticidade-Preço da Demanda	28
Gráfico 6: Participação do PIB municipal em relação ao PIB estadual	60
Gráfico 7: Participação por município no PIB estadual	60

Lista de Siglas

2SL2 – Método dos Mínimos Quadrados em 2 Estágios
ADF – Teste de Dickey-Fuller Aumentado
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos
ARIMA – Modelo Auto-Regressivo Integrado de Média Móvel
ARMA – Modelo Auto-Regressivo de Média Móvel
BRS – Bus Rapid System
BRT – Bus Rapid Transit
BUC – Bilhete Único Carioca
CROSS SECTION – Corte Transversal
CTC – Companhia de Transporte Coletivos
D.PADRÃO – Desvio Padrão
DCP – Demanda de Curto Prazo
DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito
DLP – Demanda de Longo Prazo
DOUBLE LOG – Modelo Log Log
ECM – Error Correction Model (Modelo de Correção de Erros)
ECP – Elasticidade de Curto Prazo
ELP – Elasticidade de Longo Prazo
FD MODEL – First Difference Model (Modelo de primeira diferença)
FETRANSPOR – Federação das Empresas de Transporte de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro
GMM – Generalized Method of Moments (Método dos Momentos Generalizados)
GVA – Gross Value Add (Valor adicionado ao PIB per capita)
HAC – Método Newey West
HSR – High Speed Rail
IBCR-RJ – Índice de Atividade Econômica Regional com Ajuste Sazonal
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPC – Índice Nacional de Preço ao Consumidor
IPCA – Índice de Preço ao Consumidor Amplo
IPEA – Índice de Pesquisa Econômica Aplicada

IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados

MQO – Mínimos Quadrados Ordinários

NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos

OLS – Ordinary Least Squares

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PAINEL DATA – Dados em Painel

PAM – Partial Adjustment Model (Modelo de Ajuste Parcial)

PDTU – Plano Diretor de Transporte Urbano

PIB – Produto Interno Bruto

RIOÔNIBUS – Sindicato das Empresas de Ônibus da cidade do Rio de Janeiro

RMSP – Região Metropolitana de São Paulo

SAC – Serviço de Atendimento ao Cliente

TRL – Transport Research Laboratory

VLT – Veículo Leve Sobre Trilho

1 Introdução

1.1. Importância do Tema

Mobilidade com qualidade é essencial para a vida humana. Em muitas cidades ao redor do mundo, a mobilidade é percebida como direito do cidadão. No caso específico do Brasil, o Congresso Nacional decretou e sancionou a Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que instituiu as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. A Política Nacional de Mobilidade Urbana é um instrumento de política de desenvolvimento urbano e objetiva a integração entre os diferentes modos de transporte e a melhoria da acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas no território do município. Além disso, essa política tem objetivo de contribuir para o acesso universal à cidade e ao fomento das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano.

Essa lei traz uma nova realidade para a mobilidade urbana e com ela uma série de desdobramentos. Um deles é a necessidade de se compreender como fatores externos influenciam a demanda de curto e longo prazo para que esses números sejam incorporados no planejamento estratégico do Estado e do setor.

O presente estudo terá relevância, também, para os municípios com mais de 20 mil habitantes, que de acordo com a lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, estão obrigados a elaborar um plano diretor e, portanto, necessitarão conhecer os determinantes da demanda de passageiros para realizar o planejamento do setor de transporte, a fim de canalizar investimentos e apropriar recursos do orçamento para essa pasta. Cidades da Austrália, como Sydney e Melbourne no início dos anos 2000 tiveram um “boom” populacional que impactou diretamente a demanda de passageiros por transporte público e com a atualização anual do modelo mais apropriado que mede a sensibilidade dos fatores que impactam na demanda, as cidades podem ter uma ferramenta poderosa de planejamento do setor de transporte.

No capítulo V, art. 21 da Lei 12.587 é determinado o modo como o planejamento, gestão e avaliação dos sistemas de mobilidade urbana devem

funcionar. O primeiro item versa sobre a identificação clara e transparente dos objetivos de curto, médio e longo prazo. Esse item já sinaliza a importância do Estado e do setor de transporte como um todo compreender a demanda futura de passageiros por transporte público. Um dos principais norteadores da tomada de decisão para o Estado, sob a ótica de investimentos no sistema de transporte e nas condições favoráveis de mobilidade urbana para população, deve ser assimilar a magnitude da demanda futura e como ela varia em decorrência dos fatores externos.

O futuro inclui algum grau de incerteza, amplificando, com isso, a dificuldade para aqueles que possuem a incumbência de decidir. E isso também é válido para os tomadores de decisão no setor de transporte público. A incerteza da demanda futura e a necessidade de conhecer os fatores que a influencia torna a área de transporte muito importante para o cenário nacional. Acredita-se que com a compreensão dos determinantes que influenciem a demanda, os tomadores de decisão e planejadores terão maiores chances de sucesso na tomada de decisão e no planejamento do setor de um modo geral. No setor de transporte público de passageiros por ônibus, os determinantes variam desde as variáveis endógenas que podem ser gerenciadas pelas empresas e pelo Estado e as variáveis exógenas notadamente relacionadas aos fatores sócio demográficos e econômicos.

O Rio de Janeiro carece de um órgão que estime e preveja a demanda de passageiros por transporte público seja ele ônibus, metrô, trem, barcas, vans regulamentadas e VLT (Veículo Leve sobre Trilho). A falta de um órgão dessa estirpe interfere na qualidade de vida das pessoas, uma vez que ficamos refém das reações das condições, ao invés de nos anteciparmos aos fatos, aos movimentos e comportamentos da demanda por transporte público. Outra questão que pode demonstrar a relação dos determinantes e demanda é a compreensão das elasticidades desses fatores. Hoje, já existe a possibilidade de estimar as elasticidades de curto e longo prazo e as autoridades políticas podem observar essas medidas de sensibilidade em diferentes espaços temporais para a tomada de decisão (VOITH, 1991). Além disso, vale destacar, que a orientação de longo prazo pode ser benéfica na medida em que indicaria as necessidades de recursos e de projetos para viabilizar uma infraestrutura adequada à realidade local.

Não só a cidade do Rio de Janeiro, como o estado carece de estudos que estimem a elasticidade da demanda de passageiros com relação aos seus fatores explicativos. O presente estudo é inovador não só para a cidade do Rio

de Janeiro como para o Brasil e ainda pode ser aproveitado por todos os atores da matriz de transporte. A metodologia que será utilizada no estudo é o que há de mais moderno, eficaz e de melhor acurácia para o setor de transporte, sendo buscada em estudos internacionais de países que já planejam o sistema de transporte de passageiros há muitos anos.

1.2. Objetivo do Trabalho

A cidade do Rio de Janeiro tem papel notório dentro no cenário nacional do transporte de passageiros por ônibus. Considerando o transporte público local, os ônibus municipais, foram escolhidos como nicho da pesquisa em razão de possuírem maior representatividade em termos de volume de passageiros transportados no município do Rio de Janeiro.

Esta dissertação tem basicamente 4 objetivos:

- Avaliar quais os fatores podem ser considerados como determinantes da demanda de passageiros pagantes que utilizam ônibus no município do Rio de Janeiro
- Quantificar e medir o nível de sensibilidade existente entre os fatores que foram estatisticamente significantes em relação à demanda de passageiros pagantes na cidade do Rio de Janeiro para o período total estudado, para curto e para longo prazo.
- Empregar modelos como: Log-Log, Modelo de Ajuste Parcial (PAM), Modelo de Correção de Erros (ECM) e Técnicas de Cointegração, os quais são modelos reconhecidos internacionalmente para o cálculo das elasticidades da demanda de passageiros pagantes para o período estudado, para curto e para longo prazo.
- Comparar os resultados de elasticidade de cada modelo aplicado no presente estudo com os encontrados nos estudos nacionais e internacionais.

1.3. Organização do Trabalho

O estudo está dividido em cinco capítulos, índice de tabelas, índice de figuras, índice gráficos, índice de siglas, referências bibliográficas e anexos. O

capítulo 1 é a introdução do trabalho e apresenta 3 itens, sendo eles: Importância do tema, Objetivo do trabalho e Organização do trabalho.

O capítulo 2 declara a história do transporte público por ônibus na cidade do Rio de Janeiro. Posteriormente, explicita o setor de transporte público de passageiros comparando a participação de cada modal, o volume de passageiros transportados e os impactos da introdução do Bilhete Único Carioca na arrecadação das operadoras e na quantidade de usuários de ônibus do município do Rio de Janeiro. Além disso, aborda o tema de elasticidade aplicado ao setor de transporte de passageiros, realiza a revisão da literatura por meio da apresentação de resultados de estudos nacionais e internacionais e por fim retrata os fatores determinantes da demanda por transporte público.

O capítulo 3 apresenta o período, os processos de coleta, o tratamento dos dados, as variáveis dependente e independentes e a esfera de abrangência de cada um dos possíveis determinantes da demanda de passageiros. Além disso, esclarece a metodologia dos modelos: Log-Log, Modelo de Ajuste Parcial (PAM), Modelo de Correção de Erros (ECM), Técnicas de Cointegração e ARIMA, que são aplicados em estudos para o cálculo da elasticidade da demanda de passageiros.

O capítulo 4 expõe e discute os resultados para os modelos aplicados no estudo que foram: Log-Log, Modelo de Ajuste Parcial (PAM), Modelo de Correção de Erros (ECM) e Técnicas de Cointegração. Adicionalmente, a partir dos resultados de cada metodologia foi possível comparar com os estudos nacionais e internacionais que fizeram uso desses modelos.

O capítulo 5 apresenta a conclusão, sugestões para futuros estudos e considerações finais.

2 Referencial Teórico

O Rio de Janeiro desempenhou papel pioneiro na história de mobilidade por ônibus no Brasil. Anteriormente à chegada dos ônibus com motor a explosão no país, o transporte era feito por bondes e por veículos a tração animal. O primeiro ônibus motorizado a circular nas ruas e avenidas do Rio de Janeiro em 1908 foi importado da França. O transporte de passageiros por ônibus na década de 1910 era liderado pela empresa canadense Tramway, Light and Power Company, que operava os bondes elétricos.

Nos anos 1920, o transporte por ônibus começou a crescer de forma desordenada no município do Rio de Janeiro e a prefeitura precisou intervir com a criação da inspetoria de concessões.

A década de 1930 foi marcada pela organização dos empresários de ônibus da cidade do Rio de Janeiro, dado que o tamanho da frota já estava em patamares consideráveis. Além disso, em virtude da disputa acirrada entre as empresas de ônibus foi levantada a hipótese de se criar um Plano Diretor para o transporte e a divisão da cidade em zonas com o objetivo de eliminar a concorrência, entretanto essa possibilidade não se concretizou.

Na década de 40, a capital do país, Rio de Janeiro, tinha por volta de 1,75 milhão de habitantes. Nessa época, o setor passava por dificuldades, no que tange a importação de combustíveis e peças, em decorrência da Segunda Guerra mundial que assolava a Europa. No Brasil, o presidente era Getúlio Vargas, sob o regime ditatorial do Estado Novo e a partir de então começava-se a pavimentar os caminhos da industrialização.

O transporte de passageiros por ônibus no Brasil ganhou evidência a partir de 1957, com o presidente Juscelino Kubitschek incentivando a indústria automobilística. Vale destacar, que os anos de 1955 e 1956 ficaram marcados por uma nova fase política, com o fim da era Vargas e a eleição que culminou com a presidência do Juscelino Kubitschek. Com a indústria automobilística recebendo estímulos, a produção de ônibus ganhou contornos para atender às crescentes demandas da sociedade por mobilidade, como ocorria no Rio de Janeiro. Durante essa época, ampliou-se a quantidade de linhas existentes na cidade, autorizadas pelos órgãos públicos de fiscalização, embora a quantidade

de deslocamentos com os coletivos rodoviários ainda fossem muito menores do que a utilização dos bondes. Os bondes realizavam 616,7 milhões de deslocamentos por ano, enquanto os ônibus 216,4 milhões, isto é, quase três vezes mais. Além do crescente número de ônibus e dos bondes como principal meio de transporte na cidade do Rio de Janeiro, o atendimento à população era feito também por trens, barcas e micro-ônibus. Com o estímulo à mobilidade urbana não só do Rio de Janeiro quanto do interior do Estado, novas empresas de ônibus foram criadas, por pequenos grupos de empreendedores. Essa década foi marcada pelo adensamento populacional na Zona Sul, Norte e suburbana aumentando a demanda por transporte público. Linhas foram introduzidas e percorriam todo o município do Rio, elevando a importância dos ônibus no papel de transporte de massa, e aos poucos foram substituindo os veículos sobre trilhos, por ser uma alternativa mais viável economicamente e de fácil implantação.

Em 1960, a cidade do Rio de Janeiro sofreu transformações, pois foi destituída da qualidade de capital da República, se tornando o Estado da Guanabara. Nesse ano, a cidade tinha 3,3 milhões de habitantes. Ainda nessa época, o governo da Guanabara realizou mudanças legislativas para estimular o setor e que favorecesse o investimento em infraestrutura viária, com a construção de novas vias e recuperação de outras. Em 1962, o poder público cria a Companhia de Transportes Coletivos (CTC), a fim de administrar a operação do setor rodoviário, além de planejar e fiscalizar o sistema de transporte. Em 1963, foi restringido o licenciamento das lotações e o uso do ônibus passou a ser obrigatório fomentando a criação das empresas.

Na década de 1970, a frota cresce de forma substancial e para isso foram construídos terminais como medida indispensável à consolidação dos coletivos como principal meio de transporte. Vale frisar, em 1973, a inauguração dos terminais Américo Fontenelle e o Procópio Ferreira, na Central do Brasil. Outras construções foram marcos dessa década e contribuíram para a melhora da mobilidade urbana da cidade, como a autoestrada Lagoa-Barra, a Ponte Rio-Niterói, o Elevado Paulo de Frontin e a Avenida Perimetral. Com isso, observa-se que a década foi de reorganização do transporte público com construções, estudos, medidas e planos para o setor. Já nessa época foi proposto o que presenciamos nos dias de hoje, a integração intermodal, como forma de articular os serviços de: ônibus, metrô, trem e barcas.

Nos anos 1980, o panorama do mercado mudou pelo intervencionismo estatal nas empresas de ônibus. Em 1985, o governo de Leonel Brizola

encampou 16 empresas. Essa intervenção deteriorou a prestação de serviço de ônibus e sucateou a frota. Essa época foi marcada pela hiperinflação e por conta disso, houve desabastecimento de peças, o que contribuiu para que grande parte da frota ficasse ociosa e sem utilização nas garagens. Esse contexto gerou desdobramentos maléficis à população, que enfrentava grandes filas e superlotação nos deslocamentos diários, até que em 1988, no governo Moreira Franco, em razão dos apelos populares e de grandes dívidas, as empresas foram devolvidas aos antigos proprietários.

A década de 1990 foi em grande parte marcada por um mercado hostil de transporte ilegal promovido por kombis, vans e ônibus piratas que reduziram a demanda de passageiros e a receita das empresas de ônibus. Com o transporte ilegal circulando pela cidade, observou-se uma queda de 22% da demanda de passageiros de ônibus, pois em 1990 os coletivos rodoviários transportavam 116 milhões de passageiros e em 1999 o número de passageiros declinou para 90 milhões. Sob o ponto de vista de resultados operacionais e conseqüentemente financeiros, o panorama era de números cada vez mais pressionados pela queda do número de passageiros transportados e pelo aumento da frota ociosa.

No fim da década de 90, a conjuntura do setor estava cada vez mais combatida, principalmente, em decorrência da crescente concorrência ilegal, de gratuidade sem fonte de custeio e do início de queda da velocidade comercial. Essa última característica já em função do aumento da frota de automóveis facilitada pela estabilização do plano Real, com taxas de inflação menores e melhores condições de financiamento. Ademais, havia uma carência de política de transporte e de planejamento do sistema viário. O contexto desafiador que o setor passava culminou na busca da profissionalização da gestão das empresas e as forças impeliram, a partir dos anos 2000, o Rio de Janeiro a indicar e sugerir medidas para melhorar a eficiência e produtividade das empresas. A nova visão do setor engendrada pelas medidas de eficiência e produtividade direcionou as empresas para um incremento na valorização dos profissionais do setor, bem como elevou os clientes à condição de fator crítico de sucesso e a necessidade de melhorar a prestação do serviço. Para corroborar o protagonismo do usuário dentro do sistema de transporte de passageiros por ônibus no município do Rio de Janeiro foi criado o Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC), que centralizou o atendimento. E o setor foi se modernizando, com a chegada de ônibus com elevadores hidráulicos para melhorar a acessibilidade de idosos e pessoas com necessidades especiais. Outra conquista foi a consolidação da bilhetagem eletrônica em 2004, que em outras palavras, é a automatização da arrecadação

tarifária por meio de um cartão com chip eletrônico. Esse sistema assegura uma mudança de patamar para fins de planejamento do transporte, uma vez quantifica dados de origem e destino dos passageiros, tempos de viagem, passageiros transportados pagantes ou não.

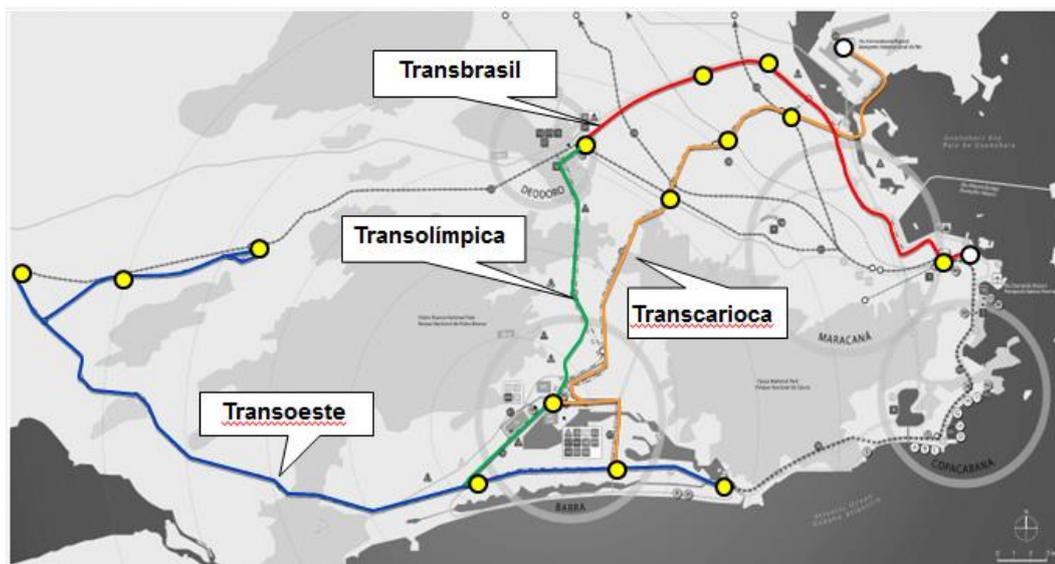
Nos anos de 2010, a bilhetagem eletrônica permitiu às integrações modais e tarifárias por meio do Bilhete Único Carioca. As empresas de ônibus continuam sendo desafiadas principalmente pelos grandes congestionamentos e pelo modelo tarifário ineficiente. Em novembro de 2010, foram constituídos 4 consórcios no município do Rio de Janeiro: Santa Cruz, Intersul, Internorte e Transcarioca, a fim de agrupar as empresas de ônibus com a região da cidade onde circulariam e operariam. Em 2011 começaram a serem implantados os BRS (Bus Rapid Service), que são corredores expressos preferenciais exclusivos ao tráfego de ônibus e que por consequência organizam o trânsito caótico do Rio de Janeiro. Mais uma solução inovadora para a cidade do Rio de Janeiro, foi a criação e a implantação do primeiro BRT (Bus Rapid Transit) no ano de 2012. O BRT Transoeste liga Santa Cruz à Barra da Tijuca. O BRT (Bus Rapid Transit) é um sistema de transporte por ônibus com corredores expressos e que ligam bairros em espaços segregados da via. Os recursos para o investimento de infraestrutura viária e das estações são oriundos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Em 2014, foi implementado o BRT Transacarioca, que leva os passageiros da Barra da Tijuca à Ilha do Governador. Em 2016 estão previstos a entrada de outros dois BRTs que, atualmente, encontram-se em fase de obras. São eles: BRT Transolímpica que ligará o Recreio dos Bandeirantes a Deodoro e se integrará com o BRT Transoeste no bairro do Recreio dos Bandeirantes e com o BRT Transacarioca em Curicica. E por fim, o BRT TransBrasil, que transportará passageiros da Baixa Fluminense ao centro do Rio de Janeiro. Não por acaso que a trajetória de transportes de passageiros do Rio de Janeiro se confunde com o desenvolvimento e a história da cidade e do país.

Tabela 1: BRT's (Bus Rapid Transit)

Corredor	Extensão (km)	Nº Estações e Terminais	Ano de Implantação	Nº Passageiros transportados por dia (mil/dia)	Número de Articulados
TransOeste	55,6 atual	57 atual	2012	186 atual	119 atual
	61,5	66	2016	220	140
TransCarioca	39 atual	47 atual	2014	192 atual	126 atual
	41,1	49	2016	320	157
TransOlimpica	22,5	21	2015	87	60
TransBrasil	32	23	2017	500	400

Fonte: Fetranspor

Figura1: Mapa dos corredores BRT's (Bus Rapid Transit)



Fonte: Fetranspor

2.1. Setor de Transporte de Passageiros

A cidade do Rio de Janeiro tem representatividade considerável no cenário nacional quando se compara os dados do município com os números a nível Brasil. A NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos) informa os números do transporte público por ônibus a nível nacional. O quadro abaixo demonstra que a cidade do Rio de Janeiro possui 8,5% da frota nacional.

2,5% das empresas operadoras de ônibus do Brasil são da cidade do Rio de Janeiro. Além disso, 31,5% dos quilômetros que são percorridos pela frota nas principais capitais advêm da frota do município do Rio de Janeiro. Por fim, no que tange a idade média da frota, a cidade do Rio de Janeiro possui números bem próximos à média nacional de 4,2 anos.

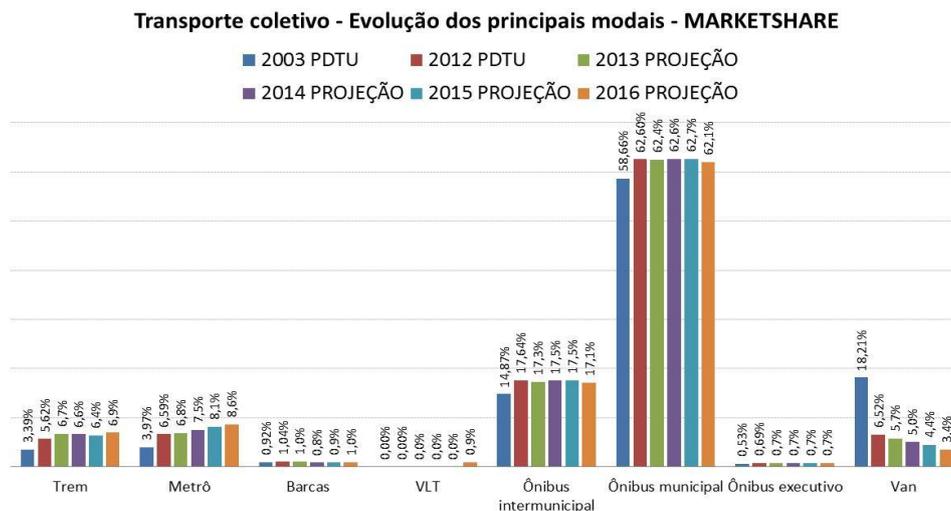
Tabela 2: Comparativo do Transporte Público no Brasil x Município do RJ

Item	Brasil (2011/2012)	Cidade do RJ (2014)
Frota de ônibus	107.000	9.065
Empresas operadoras de ônibus	1.800	45
Quilometragem percorrida por mês nas capitais brasileiras	204 milhões de km	64,3 milhões de km
Idade média da frota de ônibus	4,2 anos	4,25 anos

Fonte: NTU (Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos) e RIOÔNIBUS (Sindicato das Empresas de Ônibus da cidade do Rio de Janeiro).

Em se considerando a composição de quanto representa cada modal na matriz do transporte público, os ônibus municipais, foco do estudo, ocupam a primeira posição em termos de participação. Os ônibus municipais são os que mais transportam pessoas no Estado do Rio de Janeiro diariamente, portanto vale ressaltar a importância desse nicho de mercado dentro do contexto do transporte público de passageiros. Em se considerando o objeto da pesquisa, transporte de passageiros por ônibus do município do Rio de Janeiro, observa-se que esse segmento teve um aumento absoluto de 3,94 pontos percentuais quando se compara o PDTU (Plano Diretor de Transporte Urbano) de 2012 em relação ao PDTU de 2003, uma vez que a participação de mercado saiu de 58,66% para 62,6%. A partir de 2013, foram projetadas as participações de mercado de todos os modais e nota-se um comportamento mais estável dos deslocamentos a nível municipal. Ainda avaliando a participação de mercado dos modais, constata-se um crescimento da participação de trem e metrô e queda nas Vans em decorrência da legalização e do combate ao transporte ilícito. Os ônibus intermunicipais possuem um comportamento estimado estável representando em média 17% do sistema de transporte público de passageiros.

Gráfico 1: Nível de Participação dos Meios de Transporte

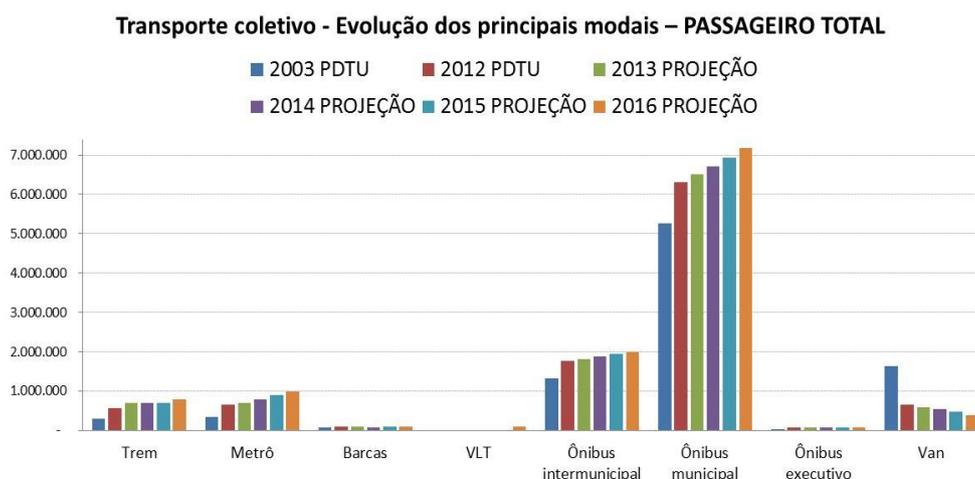


Fonte: Fetranspor

Em se tratando de volume de passageiros transportados no gráfico (2), constata-se que os ônibus municipais da cidade do Rio de Janeiro em 2016 devem transportar diariamente cerca de 7 milhões de pessoas, Metrô e Trem aproximadamente 1 milhão de passageiros e os ônibus intermunicipais próximo de 2 milhões de usuários.

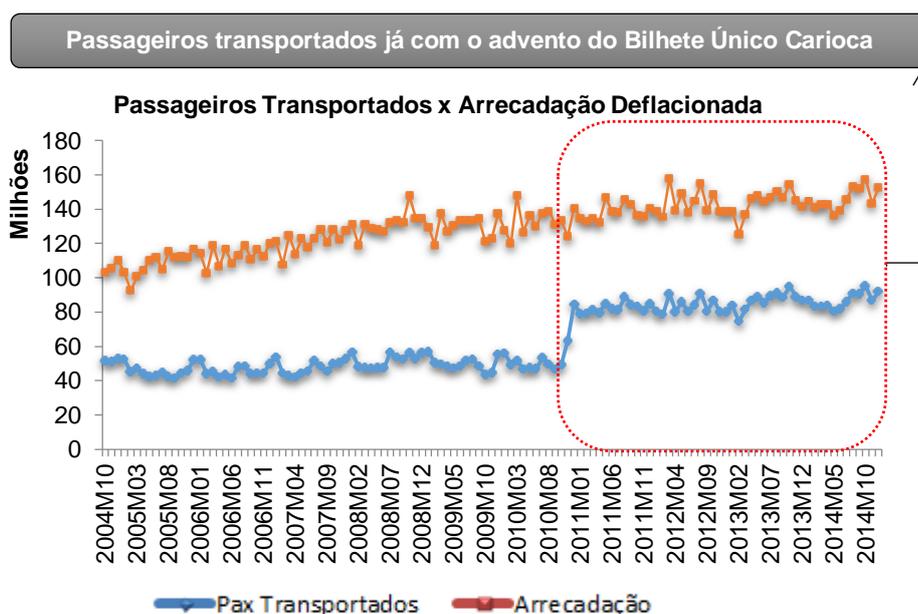
Vale destacar que apesar do número de passageiros transportados por ônibus municipais ter sofrido acréscimo, isso não significa dizer que foi um aumento proporcionalmente maior de arrecadação, em razão de esse aumento ter sido motivado pelo crescimento do número de integrações resultantes da maior penetração do Bilhete Único Carioca. A prefeitura regulamentou o Bilhete Único no município do Rio de Janeiro no dia 01 de julho de 2010 por meio da Lei nº 5211. O gráfico (3) do número de passageiros transportados demonstra um salto na quantidade de passageiros transportados a partir do mês de novembro de 2010 já refletindo esse benefício à população, no entanto não é correto afirmar que essa expansão do número de passageiros transportados na cidade do Rio de Janeiro resultou numa maior arrecadação das empresas que compõem o universo de operadoras da cidade do Rio de Janeiro.

Gráfico 2: Volume de Passageiros Transportados por Tipo de Transporte



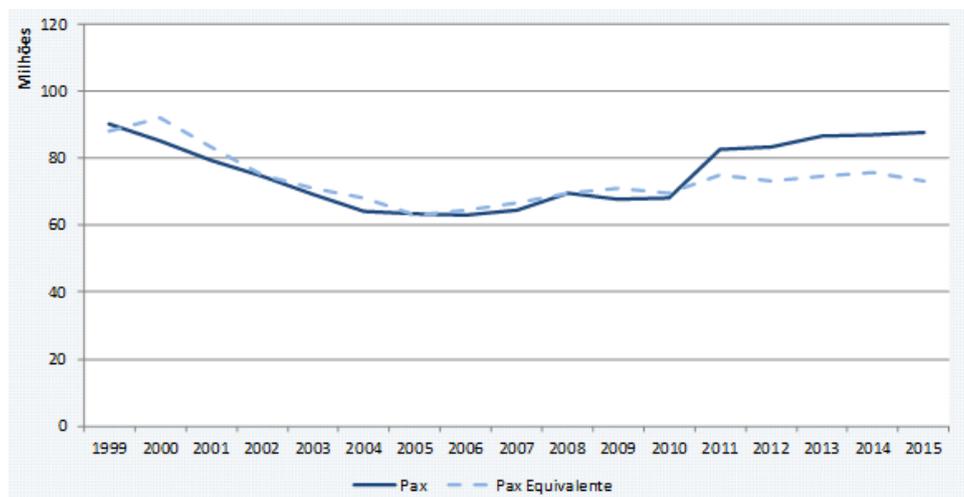
Fonte: Fetranspor

Gráfico 3: Passageiros Transportados x Arrecadação



Fonte: RIOÔNIBUS (Sindicato das Empresas de Ônibus da cidade do Rio de Janeiro).

Gráfico 4: Passageiros Transportados x Passageiros Equivalentes



Fonte: Fetranspor

O gráfico (4) corrobora que apesar do número de passageiros transportados no município do Rio de Janeiro ter se recuperado a partir de 2010, a quantidade de passageiros equivalentes está num movimento mais estável e a explicação para isso é justamente a introdução do Bilhete Único Carioca. O conceito de passageiros equivalentes, segundo a ANTP (Associação Nacional de Transporte Público) é a representação da conversão dos usuários com e sem desconto em uma equivalência a passageiros pagantes da tarifa integral. De forma a elucidar o leitor, o valor da tarifa da cidade do Rio de Janeiro em 2015 foi de R\$ 3,4, portanto se 10 passageiros utilizam um ônibus cada para completar os deslocamentos, significa dizer que a quantidade de passageiros transportados foi igual ao montante de passageiros equivalentes, já que ninguém obteve desconto e, portanto, não houve necessidade de realizar a equivalência. Contudo, caso esses mesmos 10 passageiros para se deslocarem necessitassem de dois ônibus cada dentro do município do Rio de Janeiro no prazo máximo de duas horas e meia seriam considerados 20 passageiros transportados com geração de receita para as empresas de 10 passageiros. Com isso, o número de passageiros equivalentes seria menor que o número de passageiros transportados. Isso decorre do fato da integração permitir o pagamento de uma única tarifa de R\$ 3,4 e utilizar dois ônibus diferentes dentro do limite de duas horas e meia. Em outras palavras, o usuário obteve um

desconto por utilizar o benefício do Bilhete Único Carioca. Essa é a realidade da cidade do Rio de Janeiro sinalizada no gráfico (4), cujo movimento de recuperação do número de passageiros transportados não veio acompanhado do crescimento do número de passageiros equivalentes, que reflete diretamente no caixa das empresas operadoras.

2.2. Elasticidade Aplicada ao Setor de Transporte de Passageiros

A sensibilidade da demanda e variações de preços é medida na economia pela elasticidade-preço da demanda, a partir da qual se relacionam a variação percentual da quantidade e a variação percentual de preço. Vale notar, que os estudos do setor de transporte que versam sobre o conceito de elasticidade observam essa medida de sensibilidade relacionando a demanda de passageiros por transporte público com diversas variáveis, que não apenas preço. Essas variáveis serão apresentadas na seção 2.4 como os fatores determinantes da demanda de passageiros por transporte público.

Em se considerando os estudos pesquisados, quase todos relacionam a demanda de passageiros com a tarifa paga pela utilização do transporte público. Com isso para ilustrar o funcionamento dessa medida de sensibilidade, pode-se utilizar o conceito de elasticidade-preço da demanda:

$$\eta_D = \frac{Var.\% Q_x}{Var.\% P_x} \quad (1)$$

Onde η_D é a elasticidade-preço da demanda, $Var.\% Q_x$ é a variação percentual da quantidade utilizada pelo serviço e $Var.\% P_x$ é a variação percentual do preço do serviço prestado.

Essa fórmula acima representa a relação da variação percentual da quantidade e do preço do serviço prestado (x). Transportando para a realidade do presente estudo, essa equação seria a relação entre a variação percentual da quantidade de passageiros pagantes transportados na cidade do Rio de Janeiro e a tarifa média real paga pelos usuários dos ônibus municipais do Rio de Janeiro.

A variação percentual do número de passageiros pagantes transportados é dada por:

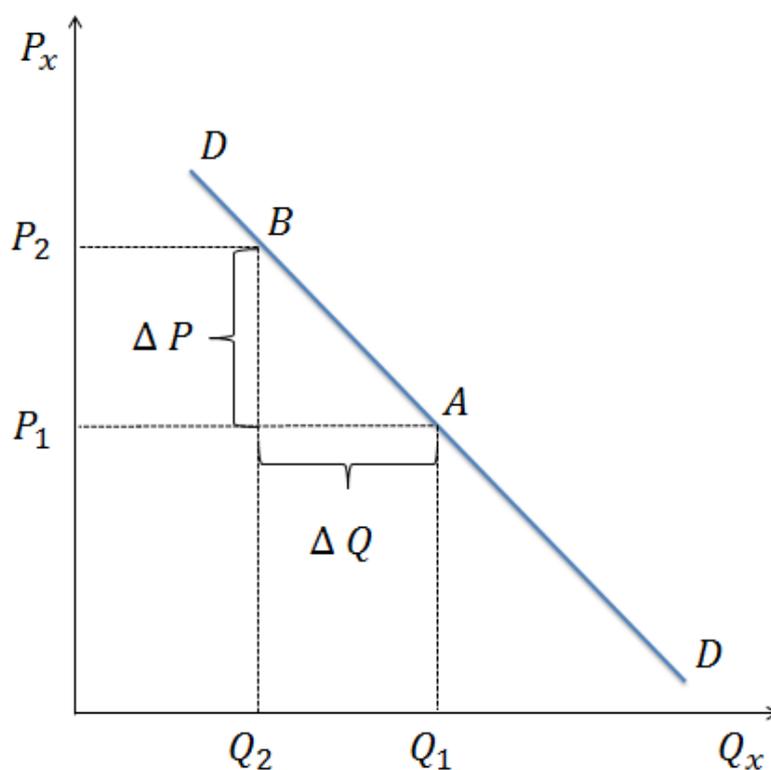
$$\frac{\Delta Q}{Q}, \text{ em que } \Delta Q = Q_2 - Q_1 \quad (2)$$

A variação percentual da tarifa média real é

$$\frac{\Delta P}{P}, \text{ em que } \Delta P = P_2 - P_1 \quad (3)$$

Na situação inicial, a tarifa média real do serviço prestado (x) é P_1 e a quantidade de passageiros pagantes transportados, cuja tradução é a demanda por transporte público por ônibus no município do Rio de Janeiro. No segundo momento, a tarifa média real muda para P_2 , em que $P_2 > P_1$ e em contrapartida, a quantidade de passageiros pagantes transportados passa a ser $Q_2 < Q_1$.

Gráfico 5: Elasticidade-Preço da Demanda



Fonte: Elaboração Própria

A elasticidade pode ser calculada tanto no ponto quanto no arco. Considerando o gráfico (5), a elasticidade-preço da demanda no ponto A será:

$$\eta_D^A = \frac{Var.\%Q}{Var.\%P} = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \times \frac{P_1}{Q_1} \quad (4)$$

Caso quiséssemos entender o ponto B, teríamos:

$$\eta_D^B = \frac{Var.\%Q}{Var.\%P} = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \times \frac{P_2}{Q_2} \quad (5)$$

Embora a partir dessas equações, seja possível obter as elasticidades do ponto A e B, não é factível encontramos a elasticidade entre os pontos A e B, isto é, a elasticidade no arco AB.

Antes de apresentar a fórmula de cálculo da elasticidade no arco AB, é notório que $\frac{\Delta Q}{\Delta P}$ é a declividade ou coeficiente angular da curva da demanda de passageiros. O coeficiente é negativo porque a curva de demanda de passageiros é decrescente e, portanto, a elasticidade-preço da demanda também é negativa. É notório observar que a razão de ser negativa é que na medida em que o preço da tarifa real aumenta, a quantidade demandada de passageiros que usam ônibus na cidade do Rio de Janeiro diminui. Caso houvesse uma redução na tarifa, a expectativa seria de aumento da demanda, porque o contrário é válido. Esse raciocínio nos permite afirmar que as variações de tarifa e quantidade de passageiros transportados têm sentidos opostos. Logo, a elasticidade é em geral negativa.

Para se compreender a elasticidade do arco AB, ou seja, a elasticidade entre os pontos A e B, deve-se usar a seguinte fórmula:

$$\eta_D^{AB} = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \times \frac{\frac{P_1+P_2}{2}}{\frac{Q_1+Q_2}{2}} = \frac{\Delta Q}{\Delta P} \times \frac{P_1+P_2}{Q_1+Q_2} \quad (6)$$

Essa fórmula enseja que a elasticidade no arco AB ou no ponto médio é a média aritmética das quantidades de passageiros pagantes transportados por ônibus na cidade do Rio de Janeiro e a das tarifas médias reais pagas pelos usuários.

Cumprе enfatizar a importância da definição dos tipos de demanda associada à elasticidade que ela possui, uma vez que o presente trabalho explora esses conceitos de elasticidades e as definições permitirão ao leitor

compreender, também, os resultados não só das pesquisas já realizadas no Brasil como também as de cunho internacional.

As definições para que se identifique se a demanda de passageiros é elástica, inelástica ou que possui elasticidade unitária são as seguintes:

I – demanda inelástica, quando $|\eta_D| < 1$;

II – demanda de elasticidade unitária, quando $\eta_D = -1$ ou $|\eta_D| = 1$;

III – demanda elástica, quando $|\eta_D| > 1$.

A interpretação de cada uma dessas demandas é de suma importância para a compreensão dos resultados de elasticidade que relacionam as variáveis independentes com a quantidade de passageiros pagantes da cidade do Rio de Janeiro.

I – demanda inelástica demonstra que a variação percentual da quantidade de passageiros transportados por ônibus é menor que a variação percentual da tarifa, isto é, $\% \text{ Var. Q} < \% \text{ Var. P}$. Um caso extremo ocorre quando $\eta_D = 0$, cuja interpretação é que qualquer variação na tarifa ou em qualquer variável explicativa não provocará variação na quantidade de passageiros transportados por ônibus.

II – demanda de elasticidade unitária sinaliza que ocorre igualdade entre as variações percentuais da quantidade de passageiros transportados por ônibus e a tarifa, ou seja, $\% \text{ Var Q} = \% \text{ Var. P}$.

III – demanda elástica verifica-se o inverso da demanda inelástica, com uma variação percentual da quantidade de passageiros transportados por ônibus maior que a variação percentual da tarifa, ou seja, $\% \text{ Var. Q} > \% \text{ Var. P}$. Outro caso extremo é quando $\eta_D = \infty$, que nos permite afirmar que a quantidade de passageiros de ônibus transportados pode variar sem que haja modificação na tarifa ou em qualquer variável explicativa.

2.3. Revisão da Literatura

Os estudos referentes à demanda de passageiros por transporte público possuem dois pilares centrais, quais sejam, fatores estruturais do transporte público e fatores externos. O primeiro pilar versa sobre características como o custo da viagem, a qualidade do serviço prestado, o tempo de viagem, a distância dos deslocamentos, os modos alternativos de se deslocar, o propósito da viagem e o nível de oferta do serviço em termos de frota e número de

viagens. O segundo pilar inclui variáveis: demográficas, econômicas, sociais, comportamentais, políticas públicas e do modo de construir cidades (POLAT, 2012). Vale destacar que são percebidos muitos fatores que influenciam a demanda de passageiros por transporte público, no entanto muitos deles não são fáceis de medir e quantificar. A revisão da literatura inicia-se com a apresentação de determinados autores nacionais, que contribuíram com estudos que avaliaram a relação de determinados fatores à demanda de passageiros. Na segunda parte são contextualizados trabalhos realizados pelo mundo e por último uma análise dos resultados encontrados em cada um dos fatores que serão avaliados como determinantes da demanda de passageiros da cidade do Rio de Janeiro.

2.3.1. Contexto Brasileiro

O transporte de passageiros no Brasil carece de uma investigação maior dos fatores que impactam a demanda por usuários e ainda necessita testar modelos reconhecidamente aplicados com sucesso em estudos internacionais. Com relação aos autores brasileiros, Carvalho e Pereira (2012) realizam o cálculo da elasticidade-preço e elasticidade-renda, no entanto não faz a distinção do espaço temporal das elasticidades. Murça e Muller (2014), assim como Oliveira *et al.* (2015) utilizou regressão linear para quantificar as relações entre a demanda de passageiros por ônibus e fatores exógenos considerados determinantes.

Sob a ótica dos modelos econométricos utilizados por esses autores, observa-se apenas a utilização de regressão linear sendo estimada por OLS (estimador de mínimos quadrados ordinários), todavia a literatura nacional deixa fazer uso de modelos aplicados em estudos internacionais, por meio dos quais foi possível atingir boa acurácia de previsão de passageiros em modais como ônibus e trens. Alguns dos modelos aplicados no contexto internacional que podem ser referidos são: ARIMA, Double Log, Cointegração, Modelo de Correção de Erros (ECM) e o Modelo de Ajuste Parcial (PAM). O Modelo de Ajuste Parcial (PAM), as técnicas de Cointegração conjugadas com o Modelo de Correção de Erros (ECM) são metodologias que permitem a distinção do cálculo das relações da demanda de passageiros com os seus determinantes em espaços temporais diferentes, curto e longo prazo, por exemplo.

Carvalho e Pereira (2012) modelaram o comportamento da demanda de passageiros, a partir das variáveis: tarifa e renda em nove capitais brasileiras (Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, Goiânia, Porto Alegre, Recife, Rio de Janeiro, Salvador e São Paulo). O estudo apresenta, inicialmente, a evolução da tarifa média real deflacionada pelo Índice Nacional de Preço ao Consumidor (INPC) e a renda das famílias no período de 1995 a 2008. O estudo num primeiro momento discute os custos do sistema de transporte de passageiros por ônibus, que não é foco desta pesquisa. Posteriormente, Carvalho e Pereira (2012) avaliaram a elasticidade-preço e a elasticidade-renda sem a distinção do espaço temporal. As elasticidades foram calculadas com base em uma função de demanda ajustada por regressão linear, considerando-se os demais fatores constantes. Vale destacar que os autores realizaram o cálculo da elasticidade-preço e concluíram que desde 2001 a demanda de passageiros é elástica, em relação a variável tarifa. Esse panorama resulta em perdas de demanda proporcionalmente superiores aos aumentos de preço. Por outro lado, o aumento de renda da população ocorrida desde 2003 contribuíram para arrefecer a queda de demanda. Esse é um estudo que não leva em consideração modelos econométricos mais sofisticados se restringindo apenas a realizar regressão, criar uma equação de elasticidade-preço e elasticidade-renda e também a discutir a questão dos custos do transporte público e sua composição na estrutura tarifária. Por fim, ainda faz alusão sobre a possibilidade de financiamento da tarifa por meio da oferta de subsídio do poder público.

Murça e Muller (2014) especificaram três modelos econométricos de regressão múltipla, os quais foram testados e comparados entre si para realizar um estudo sobre a demanda de transporte coletivo urbano por ônibus na cidade de Salvador, Bahia. Esse artigo já minimiza os problemas de multicolinearidade, uma vez que utilizou testes de autocorrelação e de heterocedasticidade e introduziu variáveis *dummies* de sazonalidade e uma variável de tendência. O aperfeiçoamento da modelagem matemática possibilitou uma melhora significativa do ajuste, mantendo-se a significância dos parâmetros. Os resultados alcançados foram os seguintes: elasticidade da demanda com relação ao rendimento médio per capita foi de 1,44%. No caso da tarifa, o valor foi de -0,06%. Revelou, portanto, comportamento elástico para rendimento médio per capita e sob o prisma da tarifa, o comportamento da demanda foi inelástica. Apesar do estudo, ainda que diferentemente de Carvalho e Pereira (2012), ter utilizado modelos econométricos mais sofisticados para o cálculo das elasticidades, não foi realizada a diferenciação entre elasticidade de curto e

longo prazo. Sob o ângulo dos resultados, eles foram díspares se considerarmos Carvalho e Pereira (2012) e Murça e Muller (2014), o que, acaba reforçando o que Carvalho e Pereira (2012) comentaram, já que segundo eles, os determinantes da demanda de passageiros precisam ser medidas de acordo com as especificidades locais. O estudo é finalizado com cenários de crescimento para cada uma das variáveis explicativas (população economicamente ativa, rendimento médio e tarifa). A projeção dessas variáveis é fundamentada nos cálculos do IPEA e no caso específico da tarifa foi assumida uma premissa de evolução histórica dos custos operacionais do setor para estimar o aumento e, portanto projetar os cenários.

Oliveira *et al.* (2015) realizou um estudo com o objetivo de desenvolver um modelo econométrico de demanda agregada de passageiros do transporte coletivo urbano na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Para tal, os autores utilizaram regressão linear, estimado por OLS (estimador de mínimos quadrados ordinários) com o intuito de quantificar o efeito de variáveis determinantes como as tarifas e o indicador salário-emprego no movimento de viagens. O resultado da elasticidade-preço foi de -0,4977 e no caso do indicador salário-emprego, o valor da elasticidade encontrada foi de 0,5676, que os possibilitaram supor que um incremento de 1% na tarifa real faz com que a demanda seja reduzida em quase 0,5%, ao passo que uma expansão de 1% no indicador salário-emprego, impele a demanda para um acréscimo de aproximadamente 0,57%.

2.3.2. Contexto Internacional

No contexto internacional observar-se que há mais de 30 anos, estudos de demanda de passageiros que utilizam o transporte público são realizados com base em modelos econométricos. Estes estudos têm incluído metodologias e ferramentas econométricas tais como: Regressão estimada por OLS (JONES e NICHOLS, 1983; McGEEHAN, 1984; DOUGLAS e KARPOUZIS, 2009; ODGERS e SCHIJNDEL, 2011; TSAI *et al.*, 2013), métodos de regressão linear e não linear (DOI e ALLEN, 1986), modelo de efeito fixo com apoio de séries temporais e painéis (FOWES *et al.*, 1985; VOITH, 1991; CHEN, 2007), modelo da primeira diferença (HOLMGREN, 2013), regressão estimada por 2SLS (CORDERA *et al.*, 2015), método dos momentos generalizados (BRESSION *et al.*, 2004), modelo dinâmico (VOITH, 1991; DARGAY e HANLY, 2002; CHEN,

2007), Double log (JONES e NICHOLS, 1983; McGEEHAN, 1984; CORDERA, *et al.*, 2015), Cointegração (WIJEWEERA e CHARLES, 2013), ARIMA (TSAI *et al.*, 2013), PAM (OWEN e PHILLIPS, 1987; DARGAY e HANLY, 2002; TSAI *et al.*, 2013) e ECM (DARGAY e HANLY, 2002; WIJEWEERA e CHARLES, 2013).

A seguir serão demonstrados os resultados, no contexto internacional, dos principais estudos sobre elasticidade da demanda de passageiros, que utilizam transporte público. Inicialmente, serão apresentados os autores que contribuíram para o entendimento da elasticidade sem a distinção do espaço temporal. Posteriormente serão discutidos o cálculo de elasticidade de pesquisas que consideraram a distinção de curto e longo prazo.

Jones e Nichols (1983) publicaram pela primeira vez um estudo de séries temporais, considerando a demanda de passageiros de trem no Reino Unido de 1970 a 1976. Empregou o OLS (*Ordinary Least Squares* ou Mínimos Quadrados Ordinários) para estimar a função demanda de passageiros embutindo nos cálculos os fluxos de passageiros de dezessete regiões de Londres. Foi empregada uma única equação e a estimação foi feita por meio do Double log. A elasticidade preço foi de -0,64, portanto para um aumento do preço da tarifa real de 10%, haverá, provavelmente, uma redução de 6,4% na demanda de passageiros por trem. Além disso, avaliou o comportamento de variáveis de qualidade do serviço prestado em relação à demanda intermunicipal de viagens por trem. A demanda é significativamente afetada pelo nível de tarifa pagas pelos usuários, pelo tempo de viagem, pelo nível de serviço dos outros modais, pelo nível de atividade econômica e pelos fatores sazonais. Descobriu-se pouca evidência de relação positiva de demanda de passageiros e população e não houve provas de que há uma resposta da demanda de usuários de trem à variável de frequência de embarque e do preço do petróleo. E por fim, ainda falhou em detectar consistência na relação entre demanda por passageiros e produto interno bruto, na medida em que havia determinadas estações com relação positiva entre demanda e renda e em outras, essa proporção era negativa.

McGeehan (1984) estimou a demanda de passageiros de trem intermunicipal na Irlanda no período de 1970 a 1982. Ele usou OLS (*Ordinary Least Square* ou Mínimos Quadrados Ordinários) e especificou o modelo numa única equação. A elasticidade-preço encontrada por McGeehan (1984) foi de -0,4 e, portanto, apresentou demanda inelástica e relação negativa. Para elasticidade-renda o valor foi de 0,91, cujo resultado indica que se a renda da população local aumentar 1%, a demanda por passageiros crescerá 0,91%.

McGeehan (1984) utilizou um modelo agregado simples, que na época, era usado para realizar previsões de curto prazo. No diagnóstico ficou provado que algumas variáveis explicativas não eram estatisticamente significantes, como foi o caso da frota de automóvel, custos com o automóvel e nível do serviço prestado. Observou, também, que existia correlação de 87% entre renda e frota de automóvel e optou-se pela escolha da variável renda em detrimento a frota de automóvel, a fim de se evitar colinearidade.

Fowkes *et al.* (1985) analisou dados anuais de 1972 a 1981 das dez maiores rotas do Reino Unido e usou para seu estudo séries temporais e *cross-section*. As variáveis explicativas testadas do modelo foram: tarifa, frota de automóveis, taxa de emprego e variáveis *dummies* para capturar a entrada do HSR (*High Speed Rail*). Os resultados sinalizaram para uma demanda inelástica, uma vez que o valor da elasticidade preço foi de -0,86.

Doi e Allen (1986) analisaram duas series temporais num estudo de uma linha rápida de trem nos EUA. Empregou um modelo em sua forma linear e o outro houve a necessidade de transformá-lo em logaritmo. A frequência dos dados era mensal. As variáveis explicativas foram: Tarifa, preço de combustível, preço de pedágio, características sazonais e variáveis *dummies*. Os resultados para elasticidade-preço encontrados foram: -0,233 (modelo linear) e -0,245 (modelo logarítmico). A elasticidade encontrada foi menor se comparada aos estudos do Reino Unido, embora a demanda ainda tenha continuado inelástica.

Chen (2007) revisa e criticamente quantifica as relações entre as variáveis por meio de modelos dinâmicos. Ele contribui para a literatura, na medida em que divide os modelos dinâmicos em três categorias e faz uma previsão atualizada e empírica estimando elasticidades. Chen (2007) observou o período de 1995 a 2002 a partir de 46 estações de Londres. Auferiu proveito de dados em painel para estimar a função demanda de passageiros de trem e as suas respectivas elasticidades. Encontrou elasticidade-preço de -0,767, elasticidade-taxa de emprego de 2,267 e a relação de 0,899 entre o valor adicionado por pessoa no PIB regional (GVA) e a demanda de passageiros.

Douglas e Larpouzis (2009) avaliaram 38 anos de dados de passageiros que se deslocaram via trem de 1969 a 2008 para estimar a demanda metropolitana em Sidney. Foram usadas quatro variáveis explicativas no modelo: tarifa, nível de serviço prestado, taxa de emprego da região metropolitana e PIB per capita. Variáveis *dummies* foram usadas nos grandes eventos como nos acidentes de trem, nas Olimpíadas de Sidney e na introdução da coleta automática de tarifa em 1989. O estudo demonstrou que as variáveis: taxa de

emprego e produto interno bruto são as mais importantes para determinar a demanda de passageiros. Foi um estudo que não distinguiu as elasticidades de curto e longo prazo. A demanda foi considerada inelástica para todos os fatores envolvidos no modelo. Vale destacar que Wijeweera e Charles (2013) consideraram o estudo sob o ponto de vista estatístico muito problemático porque não ficou claro o teste para identificar a raiz unitária e omitiram-se variáveis como preço da gasolina que em outras pesquisas demonstraram relevância para compreender o comportamento do uso do transporte público.

Odgers e Schijndel (2011) analisaram a demanda de passageiros por trem na região metropolitana de Melbourne com dados de 27 anos e frequência anual entre os anos de 1983 a 2010. O modelo estimado demonstrou que as variáveis mais poderosas para explicar a variação da demanda de passageiros foram as seguintes: percentual dos juros da casa própria em relação à renda familiar e taxa de emprego. Também foi um estudo, segundo Wijeweera e Charles (2013) que apresentou dificuldades com a teoria econométrica, uma vez que o autor em momento algum tentou identificar os efeitos da equação não linear. Vale destacar que parte significativa dos estudos internacionais usou a transformação da equação não linear para linear por meio do Double Log, que habilita a captura dos efeitos da não linearidade. Caso algum estudo não realize a transformação logarítmica das variáveis, os coeficientes estimados, provavelmente, não são capazes de interpretar diretamente as elasticidades.

Holmgren (2013) coletou e estimou empiricamente que diferentes fatores incluindo tarifa e frota de automóvel tem impacto na demanda de passageiros por transporte público e que o nível de renda foi considerado o mais importante, no que tange a influenciar a demanda por passageiros. O estudo foi realizado na Suécia e com modais, tais como: trens e ônibus. A título de resultados, a elasticidade gerada pelo estudo em relação à tarifa foi de -0,4, ao nível de serviço prestado foi de 0,55, ponderando a renda o valor encontrado foi de 0,34 e considerando a frota de automóvel, o valor foi de -1,37.

É notório observar em (JONES e NICHOLS, 1983; MCGEEHAN, 1984, FOWKES *et al.* 1985; DOI e ALLEN, 1986; CHEN, 2007; DOUGLAS e KARPOUZIS, 2009; ODGERS e SCHIJNDEL, 2011; HOLMGREN, 2013) que nenhum deles usou um modelo que calculasse elasticidade de curto e longo prazo. Quem desenvolveu um modelo dinâmico com essa visão de distinção de espaço temporal foi Owen e Phillips (1987) porque observaram que a resposta da demanda não era instantânea e as respostas de curto prazo poderiam ser diferentes das de longo prazo. O estudo de Owen e Phillips (1987) examinou a

demanda de passageiros por trem no Reino Unido que realizavam deslocamentos intermunicipais. Serviu-se de variáveis econômicas que influenciavam a demanda e, ainda, quantificou a relativa importância existente entre a variável dependente (demanda por passageiros) em relação aos fatores econômicos, usando séries temporais e ferramentas de econometria. No que tange aos resultados encontrados por Owen e Philips (1987), as elasticidades foram: Elasticidade-preço de curto prazo (-0,69) e elasticidade-preço de longo prazo (-1,08). Nesse caso a demanda de passageiros era inelástica às variações de preço de curto prazo, mas elástica quando o foco era longo prazo. Por exemplo, um aumento na tarifa de ônibus e o isolamento dos outros determinantes fará com que haja redução na demanda de passageiros por ônibus em ambos os espaços temporais (curto e longo prazo), mas em escalas diferentes. Os usuários de ônibus podem optar por realizar menos viagens durante o dia e ainda utilizar outro modal que considerem mais atrativos sob o ponto de vista econômico.

Outros estudos, também, têm dado enfoque na importância de se distinguir a demanda de curto e longo prazo (VOITH, 1991; DARGAY e HANLY, 2002; TSAI *et al.*, 2013; WIJEWEERA e CHARLES, 2013; CORDERA *et al.*, 2015). Essas pesquisas identificaram que o comportamento dos usuários de transporte público em resposta as mudanças no sistema de transporte podem não mudar de forma instantânea, mas levar tempo para se ajustar e que, portanto, existe a presença do efeito temporal na demanda por viagem.

Votih (1991) mediu a mudança de longo prazo na demanda induzida pelo preço e mudanças no serviço prestado. Para isso, compilou dados anuais cobrindo 118 de 165 estações de trem do período de 1978 a 1991. Ele notou o impacto das mudanças nas tarifas e nível de serviços prestados a partir dos efeitos de curto e longo prazo e constatou uma relação de que a elasticidade de longo prazo era aproximadamente duas vezes maior que a de curto prazo.

Dargay e Hanly (2002) examinaram a demanda pelo serviço de ônibus na Inglaterra. O estudo é baseado num modelo dinâmico relacionado à tarifa, renda e nível de serviço prestado. O estudo avalia os resultados em várias regiões da Inglaterra e por isso combina séries temporais com os dados cruzados (cross-section). Os resultados demonstraram que existe sensibilidade da demanda em relação às variações da tarifa. Os autores adotaram para efeito de cálculo um modelo restrito com um número de variáveis menor que o modelo não restrito, que, por sua vez, incluía além das variáveis do modelo restrito, o número de

pensionistas da estrutura populacional e o custo de se ter um automóvel. Os resultados encontram-se estratificados na tabela (3).

Bresson *et al.* (2004) estimou por meio do modelo GMM (Generalized Method of Moments ou Método Generalizado dos Momentos) a elasticidade de longo prazo da tarifa e o nível de serviço prestado por meio da quantidade de quilômetros cobertos pelos ônibus. No caso da elasticidade da tarifa de longo prazo o resultado foi de -0,65, ao passo que o do nível de serviço prestado, a elasticidade de longo prazo teve uma relação positiva no valor de 0,68. Esse estudo foi realizado em 62 áreas da França e usou dados de 20 anos entre 1975 e 1995.

Tsai *et al.* (2013) afirmou que a maioria dos estudos de previsão de demanda para o transporte público usa a modelagem de demanda direta, cujo objetivo é prover a relação estatística causal entre a demanda de passageiros e as variáveis explicativas como: tarifa e qualidade do serviço prestado. A vantagem dos modelos de demanda direta é a identificação da elasticidade da demanda. Os autores no estudo distinguiram elasticidade de curto e longo prazo utilizando o modelo ARIMA para o cálculo da previsão de curto prazo de passageiros transportados em ônibus e trens em Sydney na Austrália no período de 2007 a 2011 e o modelo de ajuste parcial (PAM), com o auxílio de um *pseudo panel* para a previsão de longo prazo. A visão de longo prazo foi montada a partir de uma análise de sensibilidade que considerou cenários futuros de demanda de passageiros e as variáveis explicativas advindas do modelo de previsão. As variáveis usadas no modelo foram as seguintes: tarifa, idade, renda, nível do serviço prestado usando frequência, densidade populacional e *pseudo nodes*. As relações encontradas pelos autores foram as seguintes: Valores de elasticidade de curto e longo prazo respectivamente foram os seguintes: tarifa (-0,22; -0,29), idade (-0,57; -0,76), renda (-0,16; -0,21), nível do serviço prestado (0,15; 0,2), densidade populacional (0,6; 0,79) e *pseudo nodes* (-0,46; -0,61).

Wijeweera e Charles (2013) analisaram empiricamente como diversos fatores podem ter contribuído para o crescimento da demanda de passageiros em relação aos trens de Melbourne na Austrália. Ademais, avaliaram as relações entre as variáveis explicativas. O estudo alcançou como resultado que a elasticidade de curto prazo é duas vezes menor que a de longo prazo, no entanto a demanda tanto de curto quanto de longo prazo foram inelásticas. Os autores para estimarem a elasticidade de longo prazo utilizaram a cointegração, ao passo que para o cálculo da elasticidade de curto prazo usaram o modelo de correção de erros (ECM). As variáveis utilizadas no modelo e as respectivas

elasticidades de curto e longo prazo foram as seguintes: tarifa (-0,07; -0,032), população (0,5; 1,068), preço da gasolina (0,06; 0,021) e nível de renda dos passageiros (0,02; 0,02).

Cordera *et al.* (2015) realizou um estudo que demonstrou que o estado da economia pode influenciar a demanda por passageiros que utilizam o transporte público, notadamente, ônibus. Os autores utilizaram modelos estáticos e dinâmicos para o cálculo das elasticidades. Os resultados da elasticidade considerando taxa de desemprego tanto para o modelo estático quanto para o modelo dinâmico demonstraram que a demanda por passageiros é inelástica em ambos os casos, no entanto o modelo estático apresentou valor de 0,133 e modelo dinâmico 0,210. No caso da elasticidade- renda, os valores ponderando os modelos estáticos e dinâmicos foram respectivamente: -0,505 e -0,861, que permite afirmar que em ambos a demanda é inelástica, no entanto a relação da renda com o número de passageiros transportados é negativa, ao passo que a relação da taxa de desemprego e passageiros é positiva, ou seja, um aumento da taxa de desemprego significa que a demanda por transporte público vai crescer.

Goodwin (1992) e Balcombe *et al.* (2004) contribuiu para literatura, dado que revisaram inúmeros estudos tanto de elasticidade de curto quanto de longo prazo considerando elasticidade-preço da demanda de passageiros. Goodwin (1992) revisou mais de 50 estudos para compreender a influência da tarifa na demanda de passageiros pelo transporte público. A média da elasticidade preço foi de -0,41, maior do que o valor encontrado por Webster e Bly (1980) de -0,3, cujo estudo tinha sido considerado uma referência na Inglaterra. A interpretação desse resultado é de que com um aumento de 1% na tarifa real do transporte público, há uma queda de 0,41% da demanda de passageiros pelo transporte. Goodwin (1992) também calculou a elasticidade de longo prazo e chegou à conclusão de que ela é de duas a três vezes maior que a de curto prazo, o que faz sentido na medida em que as mudanças de hábitos dos usuários demanda tempo para ocorrerem. Além disso, Goodwin (1992) resumiu três estudos com dados de elasticidade de demanda atrelados ao preço de combustível, encontrando uma média de 0,34 na elasticidade. Apesar de inelástica, a relação diferentemente da de preço, foi positiva. Já Balcombe *et al.* (2004) elaborou o guia de Transport Research Laboratory (TRL) que abrange os fatores que afetam a demanda por transporte público de superfície. O guia atualizou os resultados apresentados por Webster e Bly (1980) na década de 80. Nessa atualização a média encontrada da elasticidade preço de curto prazo foi de -0,4

e a de longo prazo de -1. Posteriormente, Paulley *et al.* (2006) chegou aos mesmos resultados.

Holmgren (2007) apesar de ter contribuído para literatura resumindo os resultados encontrados em muitos estudos, se concentrou nas elasticidades sem a distinção de espaço temporal. Holmgren (2007) usou meta-análise para explicar as elasticidades. O autor encontrou uma média da elasticidade preço de -0,38 para um grupo de 81 estudos e uma média de 0,72 para o nível de serviço prestado com a compilação de 58 estudos. Na pesquisa que o autor fez na Europa, os resultados em relação à elasticidade de curto prazo para renda foi de -0,62, de 0,4 para o preço do combustível e -1,48 para frota de carros.

A seguir serão apresentadas as tabelas que resumem os estudos nacionais e internacionais pesquisados:

Tabela 3 - Resumo dos Estudos Nacionais e Internacionais pesquisados:

Autor	Ano	Dados	Variáveis	Local	Metodologia	Elasticidades	Resultados	Modal
Jones e Nichols	1983	1970-1976	Tarifa, Nível do Serviço Prestado, População, Taxa de Emprego, PIB e Variáveis <i>Dummies</i>	Reino Unido	Regressão - OLS <i>Double log</i>	Sem distinção de curto e longo prazo	Média da Elasticidade para Tarifa = -0,64, Serviço prestado (variação alta se analisar cada estação, de -0,3 a -1, PIB = relação positiva e negativa dependendo da estação, população não foi significativa, 4-Variáveis <i>dummies</i> (é objeto de influência sistemática sazonal).	Trem
McGeehan	1984	1970-1982	Tarifa, Renda, Frota de Automóvel, Nível do Serviço Prestado, Variáveis <i>Dummies</i>	Irlanda	Modelo Agregado Simples com análise de regressão (OLS) <i>Double log</i> e <i>semi log</i>	Sem distinção de curto e longo prazo	Elasticidade Preço = -0,4 Elasticidade Renda = 0,91 Houve correlação de renda com frota de automóvel e, portanto escolheu-se renda para se evitar colinearidade.	Trem
Fowes et al.	1985	1972-1981	% de Mudança no Tráfego, Tarifa de Trem, Frota de Automóveis, Taxa de Emprego, Variáveis <i>Dummies</i>	Reino Unido	Modelo de Efeito Fixo, com o apoio de Séries Temporais e <i>Cross Section</i>	Sem distinção de curto e longo prazo	Elasticidade Preço = -0,86.	Trem

Autor	Ano	Dados	Variáveis	Local	Metolodogia	Elasticidades	Resultados	Modal
Doi e Allen	1986	1978-1984	Passageiros Transportados Mensais, Tarifa Real, Preço do Combustível Real, Preço do Pedágio Real, Variáveis <i>Dummies</i>	EUA	Métodos de Regressão Linear e Não Linear	Sem distinção de curto e longo prazo	Elasticidade Preço = -0,233 (modelo linear) e -0,245 (modelo logarítmico).	Trem
Chen	2007	1995-2002	Tarifa, Taxa de Emprego de Londres e Valor Adicionado por Pessoa no PIB Regional (GVA)	Inglaterra	Modelo de Efeito Fixo (Estatático) com Séries Temporais e Cross Section	Sem distinção de curto e longo prazo	Elasticidade: Tarifa = -0,767, Taxa de emprego = 2,267 e GVA = 0,899.	Trem
Douglas e Karpouzis	2009	1969-2008	PIB estadual, Taxa de Emprego da Região de Negócios, Tarifa, Nível de Serviço Prestado e Variáveis <i>Dummies</i>	Região Metropolitana de Sydney - Australia	Regressão - OLS	Sem distinção de curto e longo prazo	Elasticidade Preço = -0,245, Elasticidade de Taxa de Emprego = 0,61, Elasticidade PIB = 0,74, Elasticidade das variáveis <i>dummies</i> = 0,021, Elasticidades dos principais acidentes = 0,028 Taxa de emprego e PIB estadual se mostraram importantes para determinar a demanda.	Trem

Autor	Ano	Dados	Variáveis	Local	Metolodogia	Elasticidades	Resultados	Modal
Holmgren	2013	1986 - 2001	Tarifa, Nível de Serviço Prestado, Nível de Renda e Frota de Automóvel	Suécia	FD Model (Primeira Diferença) com apoio de Panel Data	Sem distinção de curto e longo prazo	Tarifa = -0,4, Nível do Serviço Prestado = 0,55, Nível de Renda= 0,34 e Frota de Automóvel = -1,37	Vários Modais
Odgers e Schijndel	2011	1983-2010	Média da Tarifa Real, Média Anual do Preço Real do Combustível, Taxa de Emprego, População e % do Valor dos Juros da Casa Própria em relação ao Total da Renda Familiar	Melbourne	Regressão Multivariada - OLS e Double Log	Não é calculada	A demanda por Trem continuará a crescer pelos próximos 3 anos.	Trem
Owen e Phillips	1987	1973-1984	Tarifa, PIB, Consumo, Renda Pessoal Disponível, Tendência de Tempo (população, crescimento do uso do automóvel e atividade econômica local), Quilômetros Rodados dos Automóveis e Taxis, Outros Modais, Variáveis Dummies	Inglaterra	Modelo de Equação Simples, usou Double Log, PAM	Curto e longo prazo	ECP: Tarifa = -0,69 , PIB = 0,93, Tendência de Tempo = -0,0020, Outros modais = -0,07, Quilômetros rodados de automóveis e taxis = 0,17 ELP: Tarifa = -1,08 , PIB = 1,39, Tendência de Tempo = -0,0026, Outros modais = -0,08, Quilômetros rodados de automóveis e taxis = 0,23	Trem

Autor	Ano	Dados	Variáveis	Local	Metodologia	Elasticidades	Resultados	Modal
Voith	1991	1978-1986	Tarifa, Tarifa dos Modais Alternativos, Atributos dos Serviços, Atributos dos Modais Alternativos, Destino dos Passageiros e Renda	Estados Unidos	Modelo de Efeito Fixo, Modelo Dinâmico, com apoio de um Panel Data Set	Curto e longo prazo	A elasticidade de longo prazo é duas vezes maior que a de curto prazo. Chegou à conclusão que a elasticidade da tarifa é inelástica no curto prazo e elástica no longo	Trem
Dargay e Hanly	2002	1986 a 1996	Tarifa, Renda per Capita, Nível de Serviço, Custo de Possuir Automóvel e Montante de Pensionistas na Estrutura Populacional	Inglaterra	Modelo Dinâmico (Modelo Restrito e Não Restrito) com apoio de Séries Temporais e Cross-Section, PAM e ECM	Curto e longo prazo	ECP modelo restrito para tarifa, renda e nível de serviço prestado respectivamente = -0,33, - 0,39 e 0,49 ELP modelo restrito para tarifa, renda e nível de serviço prestado respectivamente = -0,68, -0,82 e 1,03 ECP modelo não restrito para tarifa, renda e nível de serviço prestado respectivamente = -0,43, -0,57 e 0,48 ELP modelo restrito para tarifa, renda e nível de serviço prestado respectivamente = -0,74, -0,98, 0,83	Ônibus

Autor	Ano	Dados	Variáveis	Local	Metolodogia	Elasticidades	Resultados	Modal
Tsai et al.	2013	2007-2011	Tarifa, Idade, Renda, Nível do Serviço Prestado (frequência de ônibus), Densidade Populacional e <i>PseudoNodes</i>	Sydney - Australia	ARIMA ,PAM, PseudoPanel, Double Log e OLS	Curto e longo prazo	ECP: Tarifa = -0,22, Idade = -0,57, Renda = -0,21, Nível do serviço prestado = 0,15, Densidade Populacional = 0,6 e <i>Pseudo Nodes</i> = -0,46 ELP: Tarifa = -0,29, Idade = -0,76, Renda = -0,21, Nível do serviço prestado = 0,2, Densidade Populacional = 0,79 e <i>Pseudo Nodes</i> = -0,61	Ônibus e Trem
Wijeweera e Charles	2013	1979-2008	Tarifa, População, Preço do Combustível, Nível de Renda dos Passageiros, Índice de Fatalidade e Nível do Serviço Prestado	Melbourne - Australia	Cointegração e ECM.	Curto e longo prazo	ECP: Tarifa =-0,032, População = 1,068, Preço da Gasolina = 0,021 e Renda = 0,02 índice de Fatalidade foi insignificante estatisticamente e Nível do Serviço Prestado teve relação linear com o preço da gasolina, escolhendo para o modelo o preço do combustível ELP: Tarifa =-0,07, População = 0,5, Preço da Gasolina = 0,06 e Renda = 0,02	Trem

Autor	Ano	Dados	Variáveis	Local	Metodologia	Elasticidades	Resultados	Modal
Cordera et al.	2015	2001-2012	Taxa de Desemprego e Renda per Capita	Santander - Espanha	Regressão Log-Log, estimado por 2SLS	Curto e longo prazo	Taxa de desemprego ECP = 0,133 (modelo estático) e Taxa de desemprego ELP = 0,210 (modelo dinâmico), Renda ECP = -0,505 (modelo estático) e Renda ELP = -0,861 (modelo dinâmico)	Ônibus
Bresson et al.	2004	1975 - 1995	Tarifa e Nível do Serviço Prestado	França	GMM - Generalized method of moments	Longo prazo	Elasticidade da tarifa = -0,65 e Elasticidade do nível do serviço prestado = 0,68	Ônibus
Carvalho e Pereira	2012	1995-2008	Tarifa e Renda per Capita	Brasil: 9 Capitais	Regressão	Sem distinção de curto e longo prazo	Elasticidade da tarifa = Elástica com relação negativa , Elasticidade da renda = Inelástica com relação positiva	Ônibus
Murça e Muller	2014	2002-2011	Tarifa e Rendimento Médio per Capita	Brasil-Salvador - Bahia	Regressão Linear -OLS	Sem distinção de curto e longo prazo	Elasticidade-preço = -0,06 Elasticidade rendimento médio per capita = 1,44	Ônibus
Oliveira et al.	2015	2000-2013	Tarifa e Indicador Salário-Emprego	Brasil - Região Metropolitana SP	Regressão Linear -OLS	Sem distinção de curto e longo prazo	Elasticidade-preço = -0,4977 Elasticidade indicador salário-emprego = 0,5676	Vários Modais

2.4. Fatores Determinantes da Demanda por Transporte Público

Os fatores econômicos estão entre os determinantes do uso do transporte público. Fatores com renda, taxa de emprego e nível geral de riqueza de um país traduzido em um indicador de atividade econômica estão também entre os principais determinantes do uso do transporte público (POLAT, 2012).

As tarifas são essenciais para oferta do transporte público até porque por meio delas são criadas as receitas das operadoras e ainda vale destacar que o efeito dela sobre a demanda de passageiros é relativamente fácil de verificar. Nota-se que a variável independente tarifa é uma das que mais são testadas para observar o impacto na demanda por passageiros (ALBALATE e BEL, 2010). Muitos estudos revisam a questão da elasticidade-preço da demanda, isto é, qual é a sensibilidade que a demanda tem em razão das oscilações no preço da tarifa. Determinados estudos demonstram que a elasticidade-preço da demanda pode ser elástica ou inelástica. Taylor *et al.* (2002) contesta a aplicabilidade universal da relação negativa entre tarifa e demanda. Um aumento de tarifa, segundo ele, impacta pouco na demanda. Em contrapartida segundo Bresson *et al.* (2004) a mudança no preço da tarifa pode ser considerada a variável com a mais direta e poderosa influência na demanda de passageiros.

O nível de serviço prestado inclui tempo de espera e frequência do serviço, contudo, ainda assim inclui atributos do serviço como: velocidade operacional, confiabilidade e conforto. Além disso, alguns artigos trazem o nível do serviço prestado como a quantidade de quilômetros que os modais em conjunto atendem à população. No caso específico, do presente estudo, o nível do serviço prestado estará relacionado à frota de ônibus e ao número de viagens realizadas para atender à população da cidade do Rio de Janeiro. A qualidade do serviço prestado é mais importante para atrair passageiros do que mudanças na tarifa (CERVERO, 1990), ao passo que a superlotação pode ter efeito negativo na demanda (BALCOMBE *et al.*, 2004). Taylor e Miller *et al.* (2003) encontraram que o aumento da demanda não está relacionada ao aumento direto da frequência e cobertura do transporte.

Em relação aos estudos pesquisados, poucos demonstraram o cálculo do preço do combustível no modelo. Dentre os estudos pesquisados, (DOI e ALLEN, 1986; ODGERS e SCHIJNDEL, 2011; WIJEWEERA e CHARLES, 2013) consideraram o preço do combustível em seus estudos. Para efeito de

resultados, o preço de combustível só foi significativo estatisticamente no estudo de Wijeweera e Charles (2013), apresentando elasticidade de curto de prazo de 0,021 e elasticidade de longo prazo de 0,06, isto é, praticamente três vezes maior se compararmos o longo com o curto prazo. Goodwin (1992), por meio do resumo de estudos, selecionou três que avaliaram a relação entre preço do combustível e a demanda de passageiros.

Com relação à frota de veículos, Bresson *et al.* (2004) concluiu que o crescimento dos índices de motorização desencoraja o uso do transporte público. Traçando um paralelo com o Brasil, o incentivo à compra do automóvel por meio da redução de impostos como o IPI (Imposto sobre Produtos Industrializados) e a facilidade na concessão de crédito para aquisição, além de ter aumentado os níveis de congestionamento principalmente em grandes cidades, pode ter arrefecido a demanda de passageiros por transporte público. A variável explicativa, frota de veículos, é uma daquelas que mais impactam na demanda de passageiros, de acordo com Taylor e Fink (2003), que afirmam que variáveis como propriedade de carro e disponibilidade de estacionamentos explicam mais da variação do que qualquer outra família de fatores. Na mesma linha de raciocínio, Cameron *et al.* (2004) concluiu que o crescimento da propriedade de veículos combinados com o aumento populacional tem força maior que o aumento do nível do serviço prestado medido pelo número de quilômetros rodados da frota em sete cidades do estudo para explicar o reflexo na demanda de passageiros. Balcombe *et al.* (2004) observou que no Reino Unido, o aumento na propriedade de veículos tem um efeito direto e negativo na demanda por passageiros. Por outro lado, Albalade e Bel (2009) acharam que a motorização em áreas metropolitanas não parece explicar a demanda por passageiros de transporte público. De acordo com Cameron *et al.* (2004) certos impactos na demanda podem advir de políticas do Estado para combater esse aumento de frota e favorecer a utilização do transporte público como é o caso do governo de Cingapura, que usa a estratégia fiscal para desencorajar a demanda pela compra de veículos.

A influência das taxas de desemprego e nível de emprego e as condições da demanda de transporte público também foram pesquisadas. Entre os outros fatores econômicos, nível de emprego ou taxa de desemprego também influencia efetivamente a demanda de passageiros por transporte público (NURDDEN *et al.*, 2007). Por outro lado, Matas (2004) entende que o nível de emprego não influencia fortemente a demanda por passageiros no curto prazo, em razão das flutuações não serem tão grandes.

Vários estudos usam o fator, índice de atividade econômica, para calcular o nível de sensibilidade da demanda de passageiros. Jones e Nichols (1983) encontraram resultados diferentes nas estações de trem que participaram do diagnóstico. A relação variava entre positiva e negativa dependendo da região apurada. Chen (2007) achou uma demanda inelástica para o GVA (Valor adicionado por pessoa no PIB regional), embora próxima de ser elástica. Douglas e Karpouzis (2009) também encontraram elasticidade positiva para atividade econômica. A pesquisa de Owen e Phillips (1987) apresentou um valor para o elemento atividade econômica no curto prazo de 0,93, no entanto no longo prazo, a demanda torna-se elástica e positiva, chegando ao patamar de 1,39.

O nível de renda individual ou por grupo no âmbito regional influencia também a demanda por passageiros. Bresson *et al.* (2004), afirma que a demanda por transporte, por definição, depende da renda e da tarifa do transporte. Se a renda aumentar em patamares considerados é provável que as pessoas comprem seu próprio carro, o que desencorajaria o uso do transporte público. Holmgren (2013), seguindo a mesma direção de Bresson *et al.* (2004) afirma que a demanda de passageiros cai com o aumento da renda e isso para os planejadores públicos torna-se complexo porque os passageiros que permanecem no sistema público de transporte podem sofrer com a queda do nível do serviço prestado pela necessidade de modificações na frequência.

A variável explicativa população também pode ser um fator que influencia a demanda por passageiros do transporte público. Souche (2010) em seus estudos concluiu algo que não foi surpresa alguma. As pesquisas apontaram para um crescimento maior da demanda em locais com alta densidade do que em regiões com baixa densidade populacional. Outro fator apontado é a densidade populacional da região de negócios da cidade, que influencia a demanda por transporte público de forma significativa. O Departamento de Transporte de Victória na Austrália (2008), afirma que o aumento da população monitorada até o fim de 2007 apresentou impacto positivo no crescimento da demanda por passageiros. Hendrickson (1986), por sua vez, embora tenha encontrado significância estatística na relação entre demanda por passageiros e aumento populacional regional, conclui que as mudanças na população regional são menos importantes do que as mudanças nas taxas de emprego.

Resultados dos Estudos sob a ótica das variáveis explicativas:

Tabela 4 - Características Demográficas:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
Idade	-0,57	-0,76		Tsai <i>et al.</i> (2013)	Sydney – Austrália
População			Não foi significativa	Jones e Nichols (1983)	Reino Unido
População	1,068	0,5		Wijeweera e Charles (2013)	Melbourne – Austrália
Renda			0,91	McGeehan (1984)	Irlanda
Renda			0,34	Holmgren (2013)	Suécia
Renda			Demanda inelástica e positiva	Carvalho e Pereira (2012)	Brasil: 9 Capitais
Renda	Restrito= -0,39 Não Restrito= -0,57	Restrito= -0,82 Não Restrito= -0,98		Dargay e Hanly (2002)	Inglaterra
Renda	-0,16	-0,21		Tsai <i>et al.</i> (2013)	Sydney – Austrália
Renda	0,02	0,02		Wijeweera e Charles (2013)	Melbourne – Austrália
Renda	0,505	0,861		Cordera <i>et al.</i> (2015)	Santander – Espanha
Rendimento Médio Per Capita			1,44	Murça e Muller (2014)	Brasil – Bahia – Salvador

Tabela 4 - Características Demográficas:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
Taxa de Desemprego	0,133	0,21		Cordera <i>et al.</i> (2015)	Santander – Espanha
Taxa de Desemprego			2,267	Chen (2007)	Inglaterra
Taxa de Desemprego			0,61	Douglas e Karpouzis (2009)	Região Metropolitana de Sydney
Indicador salário-emprego			0,5676	Oliveira <i>et al.</i> (2015)	Brasil - RMSP

* RMSP = Região Metropolitana de São Paulo

Tabela 5 - Opções de Transporte:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
Outros Modais	-0,07	-0,08		Owen e Phillips (1987)	Inglaterra
Quilômetros Rodados Taxi e Automóveis	0,17	0,23		Owen e Phillips (1987)	Inglaterra
Frota de Automóveis			-1,37	Holmgren (2013)	Suécia

Tabela 6- Índice de Atividade Econômica:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
GVA			0,899	Chen (2007)	Inglaterra
PIB			Varia entre positiva e negativa	Jones e Nichols (1983)	Reino Unido
PIB			0,74	Douglas e Karpouzis (2009)	Região Metropolitana de Sydney
PIB	0,93	1,39		Owen e Phillips (1987)	Inglaterra

* GVA= Gross ValueAdd = Valor adicionado ao PIB per capita

Tabela 7 - Preço:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
Tarifa			-0,4	Holmgren (2013)	Suécia
Tarifa	Demanda Inelástica	Demanda Elástica. DLP= 2 DCP		Voith (1991)	Estados Unidos
Tarifa			Elástica e relação negativa	Carvalho e Pereira (2012)	Brasil: 9 Capitais
Tarifa			-0,06	Murça e Muller (2014)	Brasil – Bahia – Salvador
Tarifa			-0,4977	Oliveira <i>et al.</i> (2015)	Brasil – RMSP
Tarifa	-0,69	-1,08		Owen e Phillips (1987)	Inglaterra
Tarifa	-0,032	-0,07		Wijeweera e Charles (2013)	Melbourne – Austrália
Tarifa	Restrito = -0,33 Não restrito = -0,43	Restrito = -0,68 Não restrito = -0,74		Dargay e Hanly (2002)	Inglaterra
Tarifa	-0,22	-0,29		Tsai <i>et al.</i> (2013)	Sydney – Austrália
Tarifa		-0,65		Bresson <i>et al.</i> (2004)	França

* DLP = Demanda de Longo Prazo; DCP = Demanda de Curto Prazo; RMSP = Região Metropolitana de São Paulo

Preço:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
Tarifa			-0,64	Jones e Nichols (1983)	Reino Unido
Tarifa			-0,40	McGeehan (1984)	Irlanda
Tarifa			-0,86	Foweset <i>al.</i> (1985)	Reino Unido
Tarifa			-0,233 (linear) -0,245 (logarítmico)	Doi e Alen (1986)	Estados Unidos
Tarifa			-0,767	Chen (2007)	Inglaterra
Tarifa			-0,245	Douglas e Karpouzis (2009)	Região Metropolitana de Sydney - Austrália
Preço da Gasolina	0,021	0,06		Wijeweera e Charles (2013)	Melbourne – Austrália

Tabela 8- Sazonalidade:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
Variáveis Dummies			0,021	Douglas e Karpouzis (2009)	Região Metropolitana de Sydney - Austrália

Tabela 9 - Serviço Prestado:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
Índice de Fatalidade			Não foi significativa	Wijeweera e Charles (2013)	Melbourne – Austrália
Principais Acidades			0,028	Douglas e Karpouzis (2009)	Região Metropolitana de Sydney - Austrália
Nível do Serviço Prestado			-0,3 a -1	Jones e Nichols (1983)	Reino Unido
Nível do Serviço Prestado			0,55	Holmgren (2013)	Suécia
Nível do Serviço Prestado	Restrito = 0,49 Não Restrito = 0,48	Restrito = 1,03 Não Restrito = 0,83		Dargay e Hanly (2002)	Inglaterra
Nível do Serviço Prestado	0,15	0,2		Tsai <i>et al.</i> (2013)	Sydney – Austrália
Nível do Serviço Prestado		0,68		Bresson <i>et al.</i> (2004)	França

Tabela 10 - Uso do Solo:

Variável	Curto Prazo	Longo Prazo	S/Distinção	Autor	Local
Pseudo Nodes	-0,46	-0,61		Tsai <i>et al.</i> (2013)	Sydney – Austrália
Densidade Populacional	0,60	0,79		Tsai <i>et al.</i> (2013)	Sydney – Austrália
Tendência de Tempo	-0,002	-0,0026		Owen e Phillips (1987)	Inglaterra

3

Metodologia

Este capítulo pretende informar sobre as diversas decisões acerca da forma como este estudo foi realizado. Está dividido em duas seções que informam, respectivamente, sobre as variáveis: dependente e independentes, período dos dados, processos de coleta de dados realizados e os procedimentos de tratamento dos dados. Na sequência, a seção versa sobre os modelos usados para o cálculo das elasticidades de demanda por passageiros do município do Rio de Janeiro de curto e longo prazo.

3.1.

Dados

Os fatores que influenciam a demanda por passageiros foram definidos por meio da pesquisa de artigos científicos sobre o tema no mundo. Vale destacar, que a maioria dos estudos é de países da Europa, como Espanha, França, Inglaterra, Irlanda, Reino Unido e Suécia, embora haja estudos na América do Norte, Estados Unidos e Canadá e também na Oceania, com pesquisas na Austrália e Nova Zelândia. No Brasil, observamos estudos sobre elasticidade que relacionam preço e renda com a demanda por passageiros, notadamente nos estados de São Paulo e Bahia. No entanto, vale destacar que o cálculo da elasticidade de curto e longo prazo é inédito no Brasil. O Instituto de Política de Transporte de Victória, no Canadá estuda os fatores que afetam a demanda por passageiros e os classificou em cinco grandes grupos: demografia, atividade comercial, opções de transporte, uso do solo, gerenciamento da demanda e preços, conforme a figura (2). Para fins de delimitação, dos 32 fatores que influenciam a demanda de transporte de passageiros sugeridos pelo Instituto de Política de Transporte de Victória serão usados no modelo de regressão sete fatores destacados na figura (2) acrescidos de frota de ônibus da cidade do Rio de Janeiro e número de viagens realizadas pela frota de ônibus do município do Rio de Janeiro.

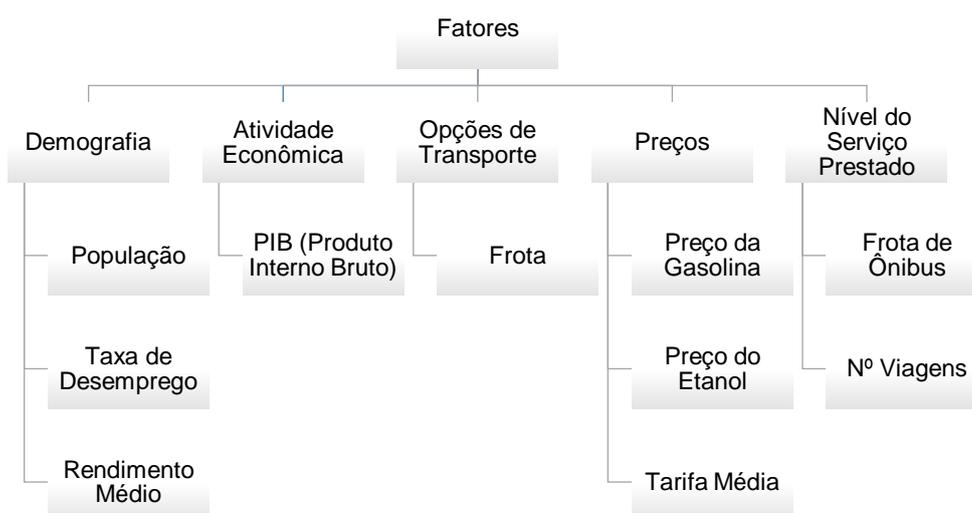
Figura 2 - Fatores que afetam a demanda de transporte:

Demografia	Atividade Comercial	Opções de Transporte	Uso do Solo	Gerenciamento da Demanda	Preços
Nº de Pessoas (Residentes, Visitantes e Empregados)	Número de postos de trabalho	A pé	Densidade	Estradas e priorização	Preços de combustíveis e taxas
Taxa de desemprego	Atividade econômica (PIB)	Bicicleta	Conectividade	Precificação	Taxas e impostos sobre veículos
Renda	Turismo	Transporte público	Design das vias	Gerenciamento de estacionamentos	Pedágio
Idade		Carona	Proximidade dos pontos do transporte público	Uso da informação	Preço dos estacionamentos
Expectativa de vida		Automóvel	Vias para circulação de pedestres	Promoção de campanhas	Preço do seguro do automóvel
Preferências		Taxi			Preço da tarifa
		Serviços de Entrega			

Fonte: Victoria TransportPolicy

Com o intuito de facilitar o entendimento do leitor, vale salientar que foram relacionadas as variáveis independentes pesquisadas no Brasil com os principais pilares do Instituto de Política de Transporte de Victória: demografia, atividade comercial, opções de transporte, uso do solo, gerenciamento da demanda, preços, acrescido de um pilar chamado nível do serviço prestado conforme diagrama demonstrado por meio da figura (3):

Figura 3 - Diagrama com as variáveis explicativas usadas no estudo



Fonte: Elaboração própria

Período, processo de coleta e tratamento de dados:

Os dados da pesquisa são do período de outubro de 2004 a dezembro de 2014, correspondendo a 123 observações. A seguir será demonstrado o processo de coleta e tratamento dos dados.

Variáveis Independentes:

Etanol: A série em questão é o preço médio de um litro de etanol expresso em (R\$/Litro) no município do Rio de Janeiro. Os dados foram levantados no site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A frequência do arquivo do preço médio do litro de etanol foi semanal, para efeito de congruência de todas as variáveis, usamos a averiguação feita na última semana de cada mês e definimos esse valor médio do litro do etanol como valor mensal. A averiguação de preço é feito pela ANP por meio de pesquisa com postos em diversos bairros do município do Rio.

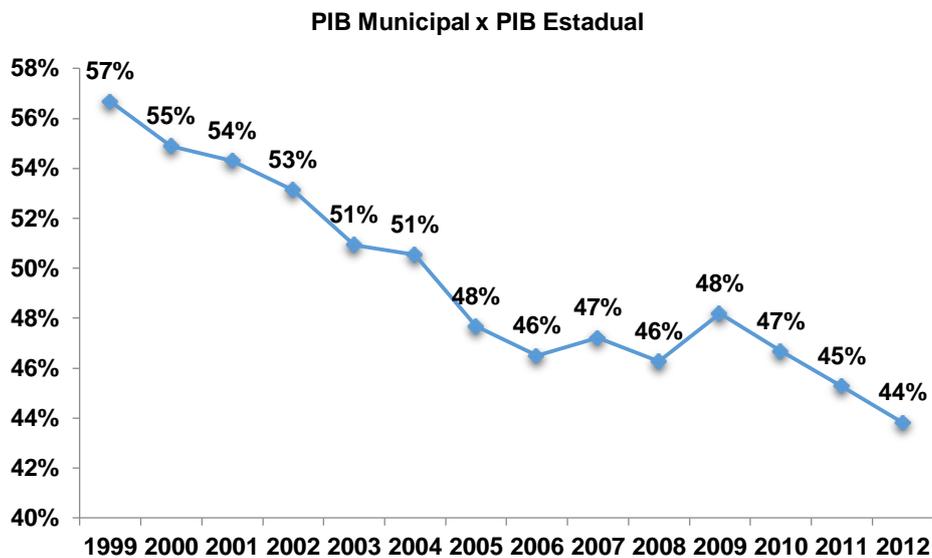
Gasolina: Assim como o Etanol, a variável é o preço médio do litro da gasolina expresso em (R\$/Litro) no município do Rio de Janeiro. Os dados também foram levantados no site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) com a mesma frequência semanal do etanol e usado o mesmo critério de considerar a aferição da última semana como sendo a referência mensal. Da mesma forma como o etanol, o preço médio do litro da gasolina é levantado por meio de pesquisa periódica com postos nos diferentes bairros do município do Rio.

Frota de Veículos: A frota de veículos do município do Rio de Janeiro foi coletada por meio do site do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN). A série de frota está em número de veículos. A composição do total da frota informado pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) tem os seguintes veículos: automóvel, caminhão, caminhão trator, caminhonete, camioneta, chassi plataforma, ciclomotor, micro-ônibus, motocicleta, ônibus, quadriciclo reboque, semi-reboque, side-car, trator esteira, trator rodas, triciclo, utilitários e outros. Para fins de tratamento de dados foram considerados todos os tipos de veículos citados acima, exceto: caminhão trator, chassi plataforma e quadriciclo, uma vez que esses tipos de veículos não circulam na cidade do Rio de Janeiro. As definições de cada veículo encontram-se no anexo.

IPCA: O índice de preços que foi usado para deflacionar o valor da tarifa média é o IPCA da região metropolitana do Rio de Janeiro. O índice é calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IPCA calculado pelo IBGE demonstra a taxa acumulada mensal. Em razão disso, a série foi modificada de maneira que a sequência de dados fosse representada pela taxa mensal calculando a diferença entre o mês em questão em relação ao mês anterior. O somatório dessa diferença para cada ano é o valor anual da inflação da região metropolitana do Rio de Janeiro.

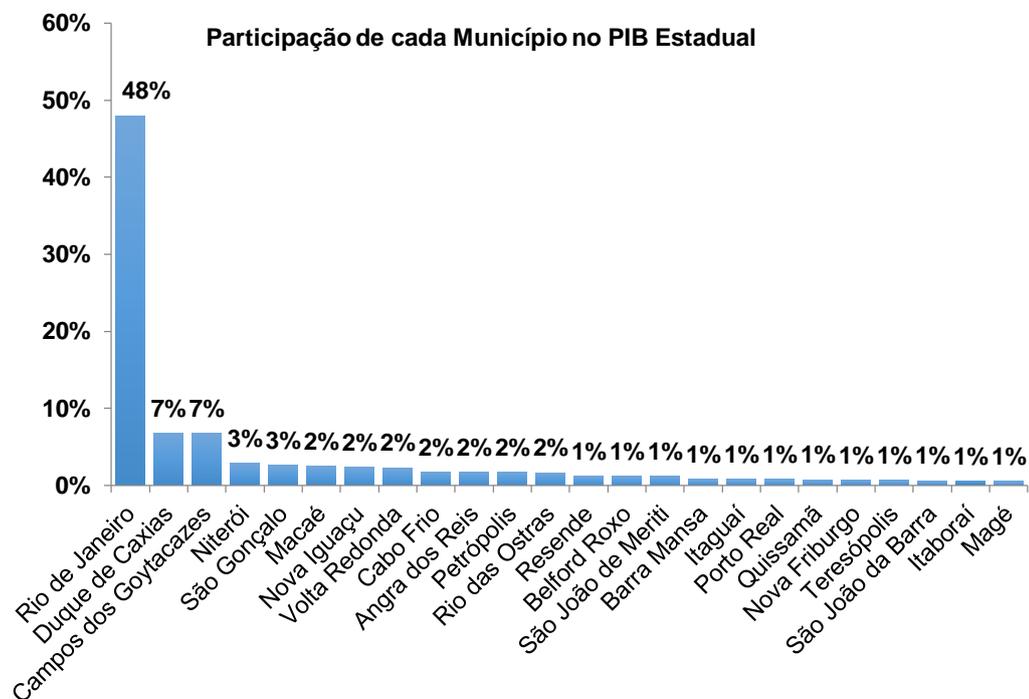
Produto Interno Bruto (PIB): A série de produto interno bruto não é calculada nem na esfera municipal nem em nível de região metropolitana. Para contornar essa limitação foi utilizado o índice de atividade econômica regional com ajuste sazonal (IBCR-RJ) mensal do estado do Rio de Janeiro, calculado pelo Banco Central sob a forma de índice. O PIB municipal e estadual é calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), entretanto a frequência dos números é anual e, portanto diferente da que é tratada no estudo. Todavia, foi feita uma análise da representatividade do PIB anual do município do Rio em relação ao estado do Rio de Janeiro de 1999 a 2012 e observou-se que apenas o município do Rio de Janeiro tem o peso médio de 48% do PIB estadual numa população de 93 municípios que compõem o estado do Rio de Janeiro, embora de acordo com o gráfico (6) a participação do município do Rio de Janeiro esteja numa tendência de queda na participação do PIB Estadual.

Gráfico 6 – Participação do PIB municipal em relação do PIB estadual



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas).

Gráfico 7 – Participação por município no PIB estadual de 1999 a 2012



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas).

População: A série de dados da população está relacionada à estimativa do número de habitantes que moram na cidade do Rio de Janeiro. Esse dado é calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). A única exceção da variável população foi o censo realizado nos anos de 2000, 2007 e 2010. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) faz uma estimativa mensal da população do estado do Rio de Janeiro, que é diferente da variável do estudo que observa a população em âmbito do município do Rio de Janeiro. Para corrigir essa limitação foi levantada a população anual estimada da cidade do Rio e do estado do Rio de Janeiro. Com isso foi possível observar a representatividade do município em relação ao estado em termos de habitantes. Esse percentual anual foi aplicado na estimativa mensal feita pelo IBGE para a população do estado do Rio de Janeiro.

Rendimento Médio Real do Trabalho Principal: O cálculo dessa variável advém do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e é a estimativa mensal média que pessoas acima de 10 anos recebem como rendimento do trabalho principal já deflacionado na semana de referência da pesquisa. A frequência é mensal e o valor está em reais (moeda brasileira) e a série representa a região metropolitana do Rio de Janeiro.

Taxa de Desemprego: Essa variável é a relação entre o percentual de pessoas desocupadas e a população economicamente ativa da região metropolitana do Rio de Janeiro. A frequência é mensal e calculada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE). A série de dados está sob forma de taxa em razão de relacionar aquelas pessoas que não tinham trabalho, num determinado período de referência, mas estavam dispostas a trabalhar, e que, para isso tomaram alguma providência efetiva (consultando pessoas, jornais, etc) em relação à mão de obra com que pode contar o setor produtivo composto pela população ocupada e a população desocupada. A população ocupada é aquela que, num determinado período de referência, trabalhou ou tinha trabalho, mas não trabalharam (por exemplo, pessoas em férias) e a população desocupada são aquelas pessoas que não tinham trabalho, num determinado período de referência, mas estavam dispostas a trabalhar, e que, para isso, tomaram alguma providência efetiva.

Tarifa média real: A série de dados da tarifa média é uma composição da relação entre a arrecadação mensal das empresas que circulam pelo município

do Rio de Janeiro com a quantidade de passageiros pagantes transportados mensalmente deflacionados pelo IPCA mensal da Região Metropolitana do Rio de Janeiro calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tanto a arrecadação financeira quanto o número de passageiros pagantes transportados tem sua origem no RIOÔNIBUS (Sindicato das Empresas de Ônibus da cidade do Rio de Janeiro).

Número de Viagens: A série de dados referente a número de viagens corresponde ao montante de viagens realizadas por toda a frota do município do Rio de Janeiro mensalmente. Série advinda do RIOÔNIBUS (Sindicato das Empresas de Ônibus da cidade do Rio de Janeiro).

Frota de Ônibus: Essa variável é a quantidade total de ônibus que circulam pelo município do Rio de Janeiro e a série foi enviada, também, pelo RIOÔNIBUS (Sindicato das Empresas de Ônibus da cidade do Rio de Janeiro).

Variável Dependente:

Passageiros Transportados Pagantes: A demanda de transporte público no modelo é definida pelo número de passageiros de ônibus da cidade do Rio de Janeiro transportados por mês, exceto passageiros de gratuidades. Os dados foram providos pelo RIOÔNIBUS (Sindicato das Empresas de Ônibus da cidade do Rio de Janeiro).

Tabela 11 – Estatísticas descritivas das variáveis dependentes e Independentes

O quadro abaixo demonstra as estatísticas descritivas das variáveis consideradas no estudo:

Pilares	Variável	Descrição	Unidade	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Variável Dependente	Passageiros Transportados	Número de passageiros transportados pagantes	Milhares	63.091	18.284	41.304	95.302
Opções de Transporte	Frota	Quantidade de Veículos	Milhares	1.983	311	1.554	2.573
Preço	Preço da Gasolina	Preço médio da gasolina por litro	Reais (R\$)	2,66	0,25	2,14	3,17
	Preço do Etanol	Preço médio do etanol por litro	Reais (R\$)	1,92	0,33	1,38	2,52
	Tarifa	Tarifa média real de ônibus	Reais (R\$)	2,72	0,40	1,99	3,65
Demografia	Rendimento Real	Rendimento médio mensal do trabalho principal	Reais (R\$)	2.088	271	1.639	2.598
	Taxa de Desemprego	Pessoas desocupadas em relação à população economicamente ativa	%	6,02	1,51	3,00	9,40
	População	Número de Pessoas	Milhares	6.269	127	6.113	6.471
Atividade Econômica	PIB (Produto Interno Bruto)	Índice de atividade econômica	Índice	122,09	10,04	103,29	135,07
Nível do Serviço Prestado	Nº Viagens	Quantidade de viagens realizadas pela frota de ônibus	Milhares	1.381	111	1.100	1.712
	Frota de Ônibus	Número de ônibus	Unidades	8.773	673	7.458	10.695

3.2.

Elasticidade da Demanda de Curto e Longo Prazo

Grande parte dos estudos que quantifica a elasticidade da demanda de passageiros considerando o transporte público faz o uso do modelo de Demanda Direta, cujo alvo principal é prover a relação estatística causal quantificada entre a demanda de passageiros e as variáveis explicativas, como, por exemplo, tarifa, nível do serviço prestado, variáveis macroeconômicas, variáveis sócio-demográficas, preço de combustível, etc. A principal vantagem é que esse modelo identifica como a elasticidade da demanda de passageiros, representada pela variável dependente, seria influenciada por mudanças em suas determinantes identificadas como variáveis explicativas.

Além de imperar modelos de regressão multivariada, existe a possibilidade de o modelo ser estático ou dinâmico. O modelo Double Log observa apenas as elasticidades no período estudado não fazendo distinção de curto e longo prazo e, portanto considerado um modelo estático. Por outro lado, os modelos dinâmicos usados no estudo foram: o Modelo de Correção de Erros (ECM) e o Modelo de Ajuste Parcial (PAM). Modelos dinâmicos são usados universalmente para modelos de transporte de passageiros por causa do efeito de conhecer o comportamento da variável ao longo do tempo (tempo de defasagem) no mercado (CHEN, 2007). A aplicação de modelos dinâmicos pode ajudar os tomadores de decisão a entender as preferências e comportamentos dos usuários com maior precisão porque a premissa que os usuários não podem mudar as escolhas instantaneamente é razoável (CHEN, 2007). Oxera (2005) resumiu quatro razões que indicam a defasagem no comportamento do uso do transporte público pelos passageiros, corroborando para o fato de haver distinção de fato entre a elasticidade de curto e de longo prazo. A diferença entre a demanda presente e futura ocorre em decorrência dessas razões (OXERA, 2005): custo de mudança, falta de informação, restrições no comportamento, mudanças no uso do solo. Os modelos dinâmicos permitem compreender as elasticidades de curto e longo prazo e a velocidade do ajuste da demanda de passageiros. Vale destacar que determinados estudos demonstram que 90% do ajuste da demanda ocorrem com um ano após as mudanças na tarifa do transporte público (CHEN, 2007). A evidência de uma estrutura de defasagem longa sugere que levaria de 16 a 22 semanas para 95% da demanda ser ajustada, que seriam aproximadamente cinco meses (OWEN e PHILLIPS, 1987).

O modelo ARIMA foi empregado por Tsai *et al.* (2013) e segundo o autor, o modelo é o mais popular modelo de séries temporais para processar dados não estacionários e com vieses sazonais. Além disso, possui boa acurácia para o desenvolvimento do modelo de previsão do transporte público, desde que o foco seja conjecturar a demanda de curto prazo. Por outro lado, afirmam que o PAM (Modelo de Ajuste Parcial) é indicado para tratar a demanda de longo prazo.

3.3. Modelo Log-Log ou Double Log

O modelo Double Log ou Log-Log é muito popular em casos onde se espera variáveis com constantes relações. Uma especificação comum é o tipo de função da produção Cobb-Douglas que segue a seguinte equação não linear:

$$Y_t = AK_t^a L_t^\beta \quad (7)$$

Caso sejam atribuídos logaritmos em ambos os lados da equação e adicionando um termo de erro a equação se tornaria linear e seria disposta da seguinte maneira:

$$\ln Y_t = y + a \ln K_t + \beta \ln L_t + u_t \quad (8)$$

Ainda com relação ao modelo a partir da equação (8), compreende-se que “a” e “β” são as elasticidades de K_t e L_t respectivamente. Para demonstrar isso, caso consideremos mudanças em “K”, enquanto “L” permanece constante, teríamos a seguinte relação:

$$a = \frac{d \ln Y}{d \ln K} = \frac{\left(\frac{1}{Y}\right) dY}{\left(\frac{1}{K}\right) dK} = \frac{K dY}{Y dK} \quad (9)$$

Vale salientar, que a função não linear demonstrada pela equação (7) é convertida em parâmetros lineares fazendo o uso da transformação Log-Log, representada pela equação (8). A vantagem da transformação é que os coeficientes estimados podem ser interpretados diretamente como elasticidades.

Por fim, esse modelo não faz distinção da elasticidade de curto e longo prazo. O valor da elasticidade que o modelo proporciona é apenas para o

período estudado. Além disso, é um modelo que pode ser estimado por MQO (Mínimos Quadrados Ordinários), a menos que os erros sejam correlacionados ou que tenha heterocedasticidade.

3.4. Modelo de Ajuste Parcial (PAM)

O Modelo de Ajuste Parcial (PAM) foi desenvolvido por Nerlove (1985). O autor desenvolveu um modelo dinâmico para os produtores (ofertantes) que habilita os economistas a distinguirem e quantificarem as defasagens devido aos custos dos ajustes e a defasagem devido à expectativa futura de eventos. Por essa razão, o estudo se apropria desse modelo econométrico, uma vez que por meio do Modelo de Ajuste Parcial (PAM), é possível estabelecer uma relação estatística causal entre a demanda de passageiros pagantes por transporte de ônibus no município do Rio de Janeiro e as variáveis explicativas, cujos resultados serão as elasticidades de curto e longo prazo.

Suponha que o ajuste do valor atual da variável Y_t para o seu nível ótimo, desejado e, portanto futuro (Y_t^*) precise ser modelado. Uma maneira de se fazer isso é usando o Modelo de Ajuste Parcial (PAM), que assume que a mudança no valor da variável atual Y_t ($Y_t - Y_{t-1}$) será igual a proporção ótima da mudança ($Y_t^* - Y_{t-1}$) ou

$$Y_t - Y_{t-1} = \lambda (Y_t^* - Y_{t-1}); 0 < \lambda \leq 1 ; \quad (10)$$

Onde λ é o coeficiente de ajuste, variando entre 0 e 1 e $\frac{1}{\lambda}$ denota a velocidade de ajuste.

Considerando dois casos extremos:

- (a) se $\lambda = 1$ então $Y_t = Y_t^*$ e, portanto o ajuste do nível ótimo é instantâneo.
- (b) se $\lambda = 0$ então $Y_t = Y_{t-1}$ e isso significa que não existe ajuste no valor atual da variável Y_t .

Portanto, quanto mais próximo λ (coeficiente de ajuste) estiver de uma unidade, mais rápido será o ajuste. Para entender melhor, pode-se usar um modelo advindo da teoria econômica. Suponha que Y_t^* é o nível futuro de demanda de passageiros pagantes por ônibus na cidade do Rio de Janeiro, e de que dependesse apenas da tarifa cobrada pelas empresas de ônibus X_t :

$$Y_t^* = \beta_1 + \beta_2 X_t \quad (11)$$

Partindo do pressuposto que o mercado não é perfeito, existe uma diferença entre o nível de passageiros pagantes transportados hoje e o nível de usuários pagantes que se deslocarão no futuro. Suponha, também, que somente parte dessa diferença possa ser medida com maior probabilidade de acerto. Portanto a equação que determinará o nível atual de demanda de passageiros pagantes por ônibus na cidade do Rio de Janeiro será dada por:

$$Y_t = Y_{t-1} + \lambda (Y_t^* - Y_{t-1}) + u_t \quad (12)$$

Com isso, a atual quantidade de passageiros pagantes transportados é igual ao seu passado (quantidade de passageiros pagantes transportados) somado ao fator de ajuste e um componente aleatório.

Combinando as equações (11) e (12):

$$\begin{aligned} Y_t &= Y_{t-1} + \lambda (\beta_1 + \beta_2 X_t - Y_{t-1}) + u_t \\ &= \beta_1 \lambda + (1 - \lambda) Y_{t-1} + \beta_2 \lambda X_t + u_t \end{aligned} \quad (13)$$

A partir desse modelo pode-se afirmar que:

- (a) A reação de curto prazo de Y para a mudança de uma unidade em X é $\beta_2 \lambda$
- (b) A reação de longo prazo é dada por β_1
- (c) O valor de β_1 pode ser obtido pela divisão do valor de $\beta_2 \lambda$ por $1 - (1 - \lambda)$, portanto a equação é a seguinte: $\beta_1 = \beta_2 \lambda / [1 - (1 - \lambda)]$.

A equação que determinará a demanda de passageiros pagantes por ônibus na cidade do Rio de Janeiro será demonstrada a seguir:

$$\ln D_t = \beta_0 + \beta_1 \lambda \ln O_t + \beta_2 \lambda \ln P_t + \beta_3 \lambda \ln V_t + (1 - \lambda) \ln D_{t-1} + \mu_t \quad (14)$$

Onde $\ln D_t$ é o logaritmo natural da demanda de passageiros pagantes por transporte público de ônibus no período t, $\ln O_t$ é o logaritmo natural da tarifa

média real de ônibus no período t , $\ln P_t$ é o logaritmo natural do produto interno bruto estadual e $\ln V_t$ é o logaritmo natural do número de viagens realizadas pela frota de ônibus da cidade do Rio de Janeiro. β_0 é a constante, β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes desconhecidos para as variáveis independentes correspondentes, λ é o coeficiente de ajuste e varia entre 0 e 1 e o μ_t é o erro aleatório. Esse termo $(1 - \lambda) \ln D_{t-1}$ captura a velocidade com que a demanda vai se ajustar considerando a demanda no período $t-1$.

Por fim, vale salientar que as regressões espúrias são uma das limitações do modelo, uma vez que as estimativas podem indicar uma significativa relação entre Y_t e Y_{t-1} , mas que de fato não existe e ainda afetar o estimador da velocidade do ajuste, que por sua vez, resultaria num errôneo efeito temporal de longo prazo.

3.5. Modelo de Correção de Erros (ECM) e Cointegração

O Modelo de Correção de Erros (ECM) tem longa tradição em séries temporais econométricas. Foi criado por Sargan (1964), embora tenha sido popularizado, posteriormente, por Engle e Granger (1987). O propósito de desenvolver um modelo de correção de erros advinha da necessidade de criar um modelo capaz de considerar a dinâmica de curto e longo prazo e o equilíbrio de forma simultânea (CHEN, 2007). Engle e Granger (1987) também segue essa linha afirmando que tanto a regressão de cointegração quanto o modelo de correção de erros permite a separação da elasticidade de curto e longo prazo. O modelo de correção de erros (ECM) e a técnica de cointegração são utilizados para estimar a elasticidade de curto e longo prazo respectivamente. Vale salientar que a forma de se proceder ao cálculo das elasticidades começa a partir das de longo prazo por meio da técnica de cointegração. Após esse procedimento e verificando determinados aspectos que o modelo preconiza pode-se calcular a elasticidade de curto prazo por meio do modelo de correção de erros (ECM).

É preciso reforçar que o emprego da técnica de cointegração inicia-se por meio da transformação de todas as séries das variáveis que foram estatisticamente significantes em logaritmos.

O segundo passo que o método indica é realizar o teste de Dickey-Fuller, a fim de identificar a existência de estacionaridade ou não das séries, ou seja, se possuem ou não raiz unitária. Caso todas as variáveis possuam raiz unitária,

deve-se verificar se todas elas tornam-se estacionárias pela mesma ordem de diferenciação. Caso todas as séries forem diferenciadas pela mesma ordem há possibilidade de existir cointegração entre as variáveis.

O terceiro grupo de atividades começa com a avaliação da estacionaridade dos resíduos que também é realizada por meio do teste Dickey-Fuller. Quando a hipótese nula de que a série de resíduos possui raiz unitária for rejeitada, quer dizer que os resíduos são estacionários. Essa constatação nos permite afirmar que há cointegração entre as variáveis, isto é, elas possuem relação de longo prazo e as elasticidades de longo prazo podem ser calculadas pela regressão de cointegração. Com isso roda-se a regressão de cointegração e os coeficientes de cada uma das variáveis explicativas são as elasticidades de longo prazo.

O quarto passo é rodar o modelo de correção de erros (ECM). Os resíduos são estimados como uma variável de correção de erro e se os resíduos gerados com defasagem de um período forem estatisticamente significantes, há cointegração e pode-se assumir que os coeficientes do modelo de correção de erros (ECM) já sejam as elasticidades de curto prazo.

Por fim, vale salientar que uma das limitações dessa combinação do modelo de correção de erros (ECM) e a técnica de cointegração é que se as séries temporais das variáveis não dispuserem da mesma ordem de diferenciação, o modelo é inapropriado.

A equação de cointegração usada no presente estudo segue as seguintes especificações:

$$\ln D_t = \beta_0 + \beta_1 \ln O_t + \beta_2 \ln P_t + \beta_3 \ln V_t + e_t \quad (15)$$

Onde D_t é a demanda por transporte público de ônibus no município do Rio de Janeiro; O_t é a tarifa média real de ônibus, P_t é o produto interno bruto estadual; V_t é o número de viagens realizadas pela frota de ônibus e e_t é o resíduo.

Quando se usa o modelo, devem-se utilizar os dois passos de Engle e Granger (1987). O primeiro passo é estimar a equação (15), depois de ter verificado a ordem de integração das variáveis presentes na equação. O procedimento desenvolvido por Engle e Granger (1987) aconselha que todas as variáveis tenham a mesma ordem de integração para a regressão de cointegração fazer sentido. Se todas as variáveis são cointegradas pode-se fazer uso do modelo de correção de erros (ECM).

Depois de estimar a equação (15) e se certificar de que há cointegração entre as variáveis e por consequência evidenciar a existência de relação de longo prazo entre elas, deve-se testar se existe ou não raiz unitária na série de resíduos $\hat{\varepsilon}_t$ usando o modelo de regressão abaixo:

$$\Delta \hat{\varepsilon}_t = \alpha \hat{\varepsilon}_{t-1} + \sum_{i=0}^m \delta_i \Delta \hat{\varepsilon}_{t-1} + u_t, \quad (16)$$

Onde $\hat{\varepsilon}_t$ é o resíduo estimado a partir da equação (15); $m \geq 0$ é o número de períodos de defasagens que ajustaram os resíduos na equação (16) para aproximar o processo de ruído branco; $\delta = 0$.

O valor crítico para esse teste tem sido calculado por diversos autores (ENGLE e GRANGER, 1987; ENGLE e YOO, 1987; MACKINNON, 1991). Se falhar em rejeitar a hipótese de que $\hat{\alpha} = 0$, pode-se afirmar que não existe cointegração. Caso não haja cointegração, pode-se fazer uso do método MQO (Mínimos Quadrados Ordinários) para estimar a equação (15) e isso não resultará em uma regressão espúria. Ademais, os parâmetros estimados por MQO (Mínimos Quadrados Ordinários) são consistentes e podem ser calculadas as elasticidades de longo prazo por meio da regressão de cointegração.

As elasticidades de longo prazo são dadas por:

$$\frac{\partial \ln D_t}{\partial \ln O_t} = \beta_1; \quad \frac{\partial \ln D_t}{\partial \ln P_t} = \beta_2; \quad \frac{\partial \ln D_t}{\partial \ln V_t} = \beta_3 \quad (17)$$

Onde β_1 , β_2 e β_3 , são respectivamente: A elasticidade-preço da tarifa média real, a elasticidade do produto interno bruto estadual e a elasticidade de viagens da frota do município do Rio de Janeiro.

A representação da correção do erro da relação cointegrada proposta por Engle e Granger (1987) pode agora ser estimada como:

$$\Delta \ln D_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta \ln O_t + \alpha_2 \Delta \ln P_t + \alpha_3 \Delta \ln V_t + \alpha \hat{\varepsilon}_{t-1} + \xi_t \quad (18)$$

Os coeficientes da equação (18) tem uma interessante interpretação econômica: α_1 , α_2 e α_3 , são respectivamente a elasticidade de curto prazo da tarifa média real, do produto interno bruto estadual e do número de viagens

realizadas pela frota de ônibus da cidade do Rio de Janeiro. Ademais, α_{t-1} é a velocidade de ajuste para levar ao equilíbrio de longo prazo.

3.6. Modelo ARIMA

O modelo ARIMA é denominado modelo autorregressivo integrado de média móvel. O modelo foi sistematizado em 1976 pelos estatísticos George Box e Gwilym Jenkins, o que torna conhecido também por Modelo de Box-Jenkins. A metodologia de Box-Jenkins para a previsão se baseia no ajuste de modelos denominados ARIMA às séries temporais de valores observados, de forma que a diferença entre os valores gerados pelos modelos e os valores observados resultem em séries de resíduos de comportamento aleatório em torno de zero. Segundo a sistemática da metodologia de Box-Jenkins, os modelos ARIMA descrevem tanto o comportamento estacionário como o não estacionário. Com isso nota-se flexibilidade da metodologia, visto que as previsões com bases nesses modelos são feitas a partir dos valores correntes e passados dessas séries. Ademais, o modelo de séries temporais assume que os dados são estacionários durante todo o período, isto é, que a média, variância e covariância dos dados não mudam durante o período e ainda há possibilidade de fixar parâmetros do modelo válidos para previsão do futuro a partir do passado.

O modelo ARIMA combina várias técnicas de séries temporais como o processo de diferenciação, o modelo autorregressivo (AR) e modelos de médias móveis (MA). O modelo ARIMA permite analisar as propriedades estocásticas das séries temporais econômicas em relação a elas mesmas (GUJARATI, 1995). Comparando com os modelos de regressão, o modelo ARIMA foca no passado, isto é, em períodos de defasagens das séries temporais.

Com a modelagem ARIMA pretende-se saber se a dinâmica temporal de uma dada variável é melhor explicada por um processo autorregressivo de ordem “p” : AR(p); por um processo de média móvel de ordem “q”: MA(q); por um processo autorregressivo com média móvel de ordem “p,q”: ARMA (p,q); ou ainda, por um processo autorregressivo integrado com média móvel “p,d,q”: ARIMA (p,d,q).

Podem-se descrever os modelos utilizando a nomenclatura ARIMA da seguinte forma:

$$(1) \text{ ARIMA } (p,0,0) = \text{AR}(p);$$

$$(2) \text{ ARIMA } (0,0,q) = \text{MA}(q);$$

(3) ARIMA (p,0,q) = ARMA (p,q).

Uma série temporal estacionária tem a mesma média, variância e autocovariância para qualquer período (GUJARATI, 1995) conforme indicam as equações abaixo de média, variância e autocovariância respectivamente:

$$E (y_t) = \mu, t = 1,2,\dots,\infty \quad (19)$$

$$E (y_t - \mu) (y_t - \mu) = \sigma^2 < \infty \quad (20)$$

$$E (y_{t_1} - \mu) (y_{t_2} - \mu) = \gamma_{t_2-t_1} \forall t_1, t_2 \quad (21)$$

Se a série temporal for estacionária, ela pode ser modelada pelo processo AR ou pelo processo MA ou por ambos. De acordo com Bowerman *et al.* (2005), AR considera os efeitos de defasagem da série temporal em relação a ela mesma (y_t), com a ordem autoregressiva de p ou AR(p) conforme demonstrado abaixo:

$$y_t = \delta + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \alpha_t, \quad (22)$$

Onde, δ é a constante, y_t é a variável dependente no período t, ϕ_p é o parâmetro de y_{t-p} ($p=1,2,3,\dots,p$) e α_t é o erro aleatório não correlacionado com a média zero e a variância constante.

A média móvel (MA) considera o efeito do termo erro do presente e do passado ou aleatoriedade com a ordem da média móvel q ou MA(q) conforme equação abaixo:

$$y_t = \mu_t - \theta_1 \mu_{t-1} - \theta_2 \mu_{t-2} - \dots - \theta_q \mu_{t-q}, \quad (23)$$

Onde μ_t é o erro aleatório não correlacionado com média zero e variância constante e θ_q é o parâmetro de μ_{t-q} ($q = 1,2,3,\dots,q$).

Frequentemente uma série temporal estacionária tem as características de AR e MA. Portanto os dados podem ser modelados como a combinação dos valores e erros do passado. Essa combinação é conhecida como modelo ARMA (p,q) que pode ser compreendido pela equação abaixo:

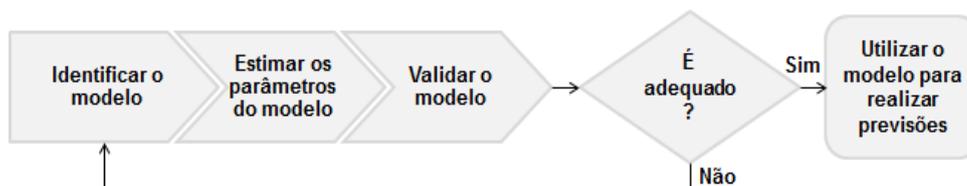
$$y_t = \delta + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + \mu_t - \theta_1 \mu_{t-1} - \theta_2 \mu_{t-2} - \dots - \theta_q \mu_{t-q}. \quad (24)$$

Os modelos acima são baseados em série temporais estacionárias. Todavia, séries temporais não necessariamente são estacionárias. Para identificar se a série temporal é estacionária ou não, é comum plotar as observações contra o tempo. Se os valores flutuarem como uma variação constante ao redor de uma média constante pode-se dizer que a série é estacionária.

Séries temporais estacionárias podem ser modeladas pelo modelo ARMA (p,q) conforme a equação (24). Uma série temporal não estacionária pode ser estimada adicionando um termo no modelo ARMA originando o modelo ARIMA (p,d,q) , onde d indica que a série temporal é diferenciada d vezes antes de se tornar estacionária.

O modelo ARIMA é largamente aplicado em estudos de transporte para avaliar volume de passageiros transportados seguindo quatro etapas: identificação do melhor modelo, estimação, validação e previsão de acordo com o processo abaixo:

Figura 4 - Etapas Interativas da Construção de Modelos de Previsão (Abordagem de Box-Jenkins):



Fonte: Revista de Administração de Empresas, Vol: 29 p-p: 63-70 de 1989

Por fim, baseado nas características da série temporal, Bowerman *et al.* (2005) dividiu o método Box-Jenkins em duas categorias para o propósito de modelar dados que exibem ou não tendência de sazonalidade. Nesse caso, Bowerman *et al.* (2005) define dados sazonais como séries temporais com presença de flutuação sazonal. A sazonalidade é identificada quando modelos similares são observados em determinados períodos do ano, portanto pode ocorrer com dados semanais, mensais ou trimestrais.

Vários modelos de séries temporais têm sido desenvolvidos para realizar previsões. O modelo ARIMA é robusto do ponto de vista conceitual e estatístico, proporcionando previsões probabilísticas e são de fácil implementação. Resultados de análises com esses modelos mostram que os melhores

resultados (previsões) são obtidos com 5 a 10 anos de informação (mensal), particularmente na presença de sazonalidade.

4 Resultados e Discussão

O presente estudo utilizou observações do período de outubro de 2004 a dezembro de 2014, totalizando 123 observações, uma vez que todas as variáveis tiveram frequência mensal. As variáveis foram examinadas no modelo foram apresentadas na seção 3.1.

O primeiro passo do presente estudo foi realizar a primeira diferença de todas as variáveis, visto que esse é um modo de gerar estacionaridade para as variáveis do estudo e, portanto, evitando a possibilidade do modelo estar baseado numa regressão espúria.

Todas as variáveis (frota de ônibus, PIB, população, viagens, tarifa média real, taxa de desemprego, preço do etanol, preço da gasolina, rendimento médio per capita) tiveram uma raiz unitária e, portanto, necessitaram ser diferenciadas em primeira ordem com fins de se tornarem estacionárias, exceto no caso da variável, frota de veículos, que houve necessidade de diferenciar duas vezes para transformá-la em uma série estacionária, dado que possuía duas raízes unitárias.

Após a realização da diferenciação de cada variável foi rodada a regressão, cuja estimação se deu pelo método Newey West (HAC), uma vez que esse método já corrige a heterocedasticidade dos dados. Diferentemente dos estudos de (JONES e NICHOLS, 1983; McGEEHAN, 1984; DOUGLAS e KARPOUZIS, 2009; ODGERS e SCHIJNDEL, 2011; MURÇA e MULLER, 2014; OLIVEIRA *et al.*, 2015) que usaram OLS como método para estimar a regressão, a presente pesquisa recorreu ao método Newey West (HAC) para gerar uma regressão mais robusta.

Pode-se afirmar que determinadas variáveis que se presumia serem explicativas para medir a relação com a demanda de passageiros pagantes na cidade do Rio de Janeiro não foram estatisticamente significantes, evidenciadas pelo p-valor. A regressão foi estimada e a tabela (12) sinaliza quais delas foram estatisticamente significantes.

Tabela 12: Resultados da significância estatística das variáveis independentes

Variável Dependente: DTRANSP

Método: Mínimos Quadrados

Data: 02/12/15 Horário: 16:57

Amostra (ajustada): 2004M12 2014M12

Observações incluídas: 121 depois dos ajustes

HAC desvio padrão & covariância (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 5.0000)

Variável	Coefficiente	D. Padrão	Estatística-t	P-Valor
C	0.130823	0.243839	0.536515	0.5927
DFROTA	0.094015	0.101127	0.929669	0.3546
DPIB	0.823902	0.389188	2.116976	0.0365
DPOP	-0.023426	1.753726	-0.013358	0.9894
DVIAGENS	0.764756	0.058273	13.12368	0.0000
DTRARIFA	-0.855885	0.069260	-12.35760	0.0000
DDESEM	0.033150	0.033596	0.986744	0.3259
DETANOL	-0.093587	0.070521	-1.327089	0.1872
DGASOLINA	0.403728	0.249460	1.618408	0.1084
DRENDA	0.174480	0.198729	0.877980	0.3819
DDCARRO	0.032655	0.010086	3.237838	0.0016
R ²	0.858436	Mean dependent var		0.486194
R ² Ajustado	0.845567	S.D. dependent var		8.028211
S.E. of regression	3.154924	Critério Akaike		5.222314
Sum squared resid	1094.890	Critério Schwarz		5.476477
Verossimilhança Log	-304.9500	Critério Hannan-Quinn		5.325539
Estatística-F	66.70358	Estatística Durbin-Watson		2.375782
Prob(Estatística-F)	0.000000	Estatística-F Wald		88.78718
Prob(Estatística-F Wald)	0.000000			

Fonte: Elaboração própria

De acordo com a tabela (12), as variáveis que foram estatisticamente significantes a 10% foram: PIB (produto interno bruto), viagens, tarifa média real e frota de veículos. Todas as outras (frota de ônibus, população, taxa de desemprego, preço do etanol, preço da gasolina e rendimento médio per capita) não foram estatisticamente significantes a 10% porque os seus respectivos p-valor estimados ficaram acima de 10%. Embora a variável frota de veículos tenha dado estatisticamente significativa a 10%, foi excluído do modelo de regressão, pois o seu coeficiente gerado foi próximo de zero (0,03) e vale destacar que a elasticidade com valor igual a zero nos permite sustentar que a variação na frota de veículos da cidade do Rio de Janeiro não provocará variação do número de usuários pagantes que usam o transporte público por ônibus.

O passo seguinte foi atinar para o grau de correlação entre as variáveis independentes do modelo de modo a compreender a existência ou não de

multicolinearidade. A partir da tabela abaixo de correlação das variáveis independentes ficou evidenciado que nenhuma delas possui multicolinearidade.

Tabela 13 – Matriz de correlação das variáveis independentes

	DFROTA	DPIB	DPOP	DVIAGENS	DTRARIFA	DDESEM	DETANOL	DGASOLINA	DRENDA	DDCARRO
DFROTA	1.000000	-0.105980	0.035251	0.026491	0.009302	-0.088895	0.040382	0.006557	0.099382	-0.127117
DPIB	-0.105980	1.000000	0.023641	0.139713	0.054451	-0.085918	0.036096	-0.023249	-0.023374	0.134479
DPOP	0.035251	0.023641	1.000000	-0.049017	0.052622	-0.017695	0.038972	0.006053	-0.007075	-0.210569
DVIAGENS	0.026491	0.139713	-0.049017	1.000000	0.134394	-0.021930	-0.129458	-0.134354	-0.059026	0.312642
DTRARIFA	0.009302	0.054451	0.052622	0.134394	1.000000	0.295860	-0.245868	-0.049720	-0.010522	0.075586
DDESEM	-0.088895	-0.085918	-0.017695	-0.021930	0.295860	1.000000	0.034617	0.116235	-0.073163	0.037551
DETANOL	0.040382	0.036096	0.038972	-0.129458	-0.245868	0.034617	1.000000	0.591138	-0.001152	-0.171614
DGASOLINA	0.006557	-0.023249	0.006053	-0.134354	-0.049720	0.116235	0.591138	1.000000	-0.105765	-0.156746
DRENDA	0.099382	-0.023374	-0.007075	-0.059026	-0.010522	-0.073163	-0.001152	-0.105765	1.000000	-0.056884
DDCARRO	-0.127117	0.134479	-0.210569	0.312642	0.075586	0.037551	-0.171614	-0.156746	-0.056884	1.000000

Fonte: Elaboração própria

4.1. Resultados do Modelo Log-Log ou Double Log

Tabela 14 – Resultados das elasticidades do modelo Log-Log

Variável Dependente: DTRANSP
 Método: Mínimos Quadrados
 Data: 02/12/15 Horário: 17:19
 Amostra (ajustada): 2004M11 2014M12
 Observações incluídas: 122 depois dos ajustes
 HAC desvio padrão & covariância (Bartlett kernel, Newey-West fixed
 bandwidth = 5.0000)

Variável	Coeficiente	D. Padrão	Estatística-t	P-Valor
C	0.281854	0.215719	1.306575	0.1939
DVIAGENS	0.794976	0.059033	13.46657	0.0000
DTRARIFA	-0.827269	0.076946	-10.75135	0.0000
DPIB	0.802990	0.421604	1.904610	0.0593
R ²	0.841422	Mean dependent var		0.470929
R ² Ajustado	0.837390	S.D. dependent var		7.996746
S.E. of regression	3.224681	Critério Akaike		5.211782
Sum squared resid	1227.031	Critério Schwarz		5.303717
Verossimilhança Log	-313.9187	Critério Hannan-Quinn		5.249123
Estatística-F	208.7041	Estatística Durbin-Watson		2.472645
Prob (Estatística-F)	0.000000	Estatística-F Wald		221.4227
Prob(Estatística-F Wald)	0.000000			

Fonte: Elaboração própria

Para o cálculo das elasticidades das variáveis explicativas em relação à demanda de passageiros de transporte público por ônibus na cidade do Rio de Janeiro utilizou-se o sistema Eviews 9.0. A regressão foi estimada usando o método dos mínimos quadrados ordinários (MQO).

O modelo Log-Log foi utilizado por (JONES e NICHOLS, 1983; McGEEHAN, 1984; OWEN e PHILLIPS, 1987; ODGERS e SCHIJNDEL, 2011; TSAI *et al.*, 2013; CORDERA *et al.*, 2015) para calcular as elasticidades.

As variáveis do modelo foram transformadas em logaritmo, posto que esse procedimento permite identificar a elasticidade das variáveis com significância estatística em relação à demanda de passageiros pagantes da cidade do Rio de Janeiro por meio dos coeficientes demonstrados na tabela (14). O modelo Log-Log não distingue a elasticidade de curto e longo prazo. A elasticidade dada por meio dos coeficientes refere-se ao período estudado que no caso específico do presente estudo foi de outubro de 2004 a dezembro de 2014, totalizando 123 meses.

As elasticidades geradas pelo modelo Log-Log ou Double Log foram as seguintes: viagens (0,79), tarifa média real (-0,83) e PIB (0,80),

A tabela (14) nos possibilita declarar que a elasticidade do número de viagens realizadas pela frota de ônibus da cidade do Rio de Janeiro em relação à demanda de passageiros pagantes por ônibus foi de 0,79. Esse dado sinaliza que para o incremento de 1% do número de viagens realizadas pela frota de ônibus da cidade do Rio de Janeiro, a demanda de passageiros por ônibus aumentaria em 0,79%, logo a demanda é inelástica porque a variação percentual de passageiros pagantes que utilizariam o transporte público por ônibus na cidade do Rio de Janeiro seria proporcionalmente menor que o incremento do número de viagens, embora essa relação seja positiva. Por fim, a elevação de viagens seria possível em decorrência da ampliação da frota e da frequência das viagens para atender os usuários, porém, vale frisar, que essa relação deve ser bem calibrada, a fim de não impactar num custo maior que a receita gerada pela expansão da demanda.

A elasticidade da tarifa média real em relação à demanda de passageiros foi de -0,83, ou seja, a relação é negativa, o que faz sentido, uma vez que com o aumento real da tarifa de ônibus há uma tendência de queda na demanda de passageiros pagantes. Os estudos de elasticidade de tarifa pesquisados no Brasil e no mundo possuem alguns resultados similares aos encontrados no presente estudo. Destaco Fowes *et al.* (1985) que achou uma elasticidade da tarifa em relação à demanda de passageiros por transporte público no Reino Unido de -0,86 e também Chen (2007) que encontrou elasticidade de -0,767 para o transporte público na Inglaterra. No caso dos estudos brasileiros pesquisados, nenhum dos resultados encontrados relacionando tarifa e demanda está próximo do presente estudo. Murça e Müller (2014) acharam uma elasticidade de -0,06 para o transporte público em Salvador e Oliveira *et al.* (2015) encontrou uma elasticidade de -0,4977 para a região metropolitana de São Paulo.

A elasticidade PIB (produto interno bruto) em relação à demanda foi de 0,80, portanto a relação é positiva e a demanda é inelástica. O dado indica que se o PIB do estado do Rio de Janeiro crescer 1%, a demanda de passageiros pagantes por ônibus na cidade do Rio de Janeiro se elevará em 0,80%. Em termos de comparação com os estudos internacionais, vale realçar, os resultados encontrados por Chen (2007), que achou uma elasticidade PIB em relação à demanda de 0,899 na Inglaterra e Douglas e Karpouzis (2009) que encontraram em seus estudos uma elasticidade de 0,74 do indicador que

relaciona atividade econômica e demanda de passageiros na região metropolitana de Sydney na Austrália.

Tabela 15 – Comparação dos Resultados Medidos pelo Modelo Log-Log

Autores	Tarifa Média Real	PIB	Viagens
Presente Estudo (2016)	-0,83	0,80	0,79
Jones e Nichols (1983)	-0,64		
McGeehan (1984)	-0,40		
Fowes <i>et al.</i> (1985)	-0,86		
Doi e Allen (1986)	-0,25		
Chen (2007)	-0,77	0,90	
Douglas e Karpouzis (2009)		0,74	
Holmgren (2013)	-0,40		
Murça e Muller (2014)	-0,06		
Oliveira <i>et al.</i> (2015)	-0,50		

Fonte: Elaboração própria

4.2. Resultados do Modelo de Ajuste Parcial (PAM)

Inicialmente, para rodar o modelo de ajuste parcial (PAM), foi necessário transformar as variáveis: Passageiros pagantes, PIB (produto interno bruto), viagens e tarifa média real em logaritmos.

Após certificar-se de que todas as variáveis do modelo tivessem sido transformadas em logaritmos foi rodado o modelo de ajuste parcial (PAM) usando a variável dependente, passageiros pagantes, com um período de defasagem, sendo este um mecanismo de ajuste parcial.

Os resultados abaixo demonstram que a estatística F do modelo (1.710,71) é grande o suficiente para indicar uma forte relação linear entre a variável dependente, passageiros pagantes e as variáveis independentes do modelo, tarifa média real, PIB (produto interno bruto) e viagens. O R^2 ajustado do modelo é 0,983, sugerindo um modelo bem explicável.

Já foi evidenciado na tabela (13) de correlação entre as variáveis independentes que nenhuma delas consideradas no modelo apresenta multicolinearidade, que, por sua vez, resultaria na possibilidade de influenciar a estabilidade dos coeficientes da regressão. Essa conclusão da não existência de multicolinearidade ocorre em razão de que o valor da correlação na maioria dos casos ficou abaixo de 0,30, isto é, fraca correlação entre as variáveis. A exceção

ocorre apenas em um caso quando se confronta preço da gasolina e preço do etanol. Nessa comparação ficou evidenciado um valor próximo de 0,60, no entanto ainda abaixo de possuir forte correlação. Além disso, nem preço da gasolina nem preço do etanol se mostraram estatisticamente significantes para explicar a demanda de passageiros pagantes na cidade do Rio de Janeiro.

Tabela 16 – Resultados das Elasticidades do Modelo de Ajuste Parcial (PAM)

Variável Dependente: LOGTRANSP
 Método: Mínimos Quadrados
 Data: 02/12/15 Horário: 17:33
 Amostra (ajustada): 2004M11 2014M12
 Observações incluídas: 122 depois dos ajustes

Variável	Coefficiente	D. Padrão	Estatística-t	P-Valor
C	-2.903137	0.629934	-4.608636	0.0000
LOGPIB	1.805021	0.110584	16.32259	0.0000
LOGTARIFA	-0.852700	0.046989	-18.14697	0.0000
LOGVIAGENS	0.661216	0.054450	12.14362	0.0000
LOGTRANSP(-1)	0.203901	0.040984	4.975079	0.0000
R ²	0.983189	Mean dependent var		17.92029
R ² Ajustado	0.982615	S.D. dependent var		0.286543
S.E. of regression	0.037782	Critério Akaike		-3.673860
Sum squared resid	0.167013	Critério Schwarz		-3.558942
Verossimilhança Log	229.1055	Critério Hannan-Quinn		-3.627184
Estatística-F	1710.710	Estatística Durbin-Watson		1.239899
Prob(Estatística-F)	0.000000			

Fonte: Elaboração própria

Cumprе realçar que as elasticidades de curto prazo do modelo de ajuste parcial (PAM) são os coeficientes que se encontram na tabela acima e geraram as seguintes elasticidades de curto prazo: tarifa média real (-0,85), PIB (1,81) e viagens (0,66).

O coeficiente de ajuste (λ) denota a velocidade de ajuste com que a demanda de passageiros pagantes responde as alterações das variáveis independentes ou explicativas do modelo. Quanto maior o (λ) que varia entre 0 e 1 maior será a velocidade de ajuste da demanda de passageiros pagantes às oscilações dos seus determinantes. Pode-se notar na tabela (16) que a variável dependente, passageiros pagantes, com um período de defasagem é estatisticamente significativa e possui o valor de 0,2039. O coeficiente de ajuste parcial λ é calculado usando a equação (14).

Vale destacar que no presente estudo, a velocidade de ajuste é de:

$$\lambda = 1 - \beta_2 \quad (25)$$

$$\lambda = 1 - 0,2039 \quad (26)$$

$$\lambda = 0,796 \quad (27)$$

O valor de 0,2039 é demonstrado na tabela (16) pelo coeficiente da variável dependente passageiros pagantes transportados no passado LOGTRANSP(-1).

A partir do cálculo da velocidade de ajuste e das elasticidades de curto prazo é possível quantificarmos a elasticidade de longo prazo por meio da seguinte divisão:

$$ELP \text{ (Elasticidade de Longo Prazo)} = \frac{\text{Elasticidade de Curto Prazo } (\beta_2)}{\text{Coeficiente de ajuste } (\lambda)} \quad (28)$$

$$ELP \text{ (Tarifa)} = \frac{-0,85}{0,796} = -1,071 \quad (29)$$

$$ELP \text{ (PIB)} = \frac{1,81}{0,796} = 2,268 \quad (30)$$

$$ELP \text{ (Viagens)} = \frac{0,66}{0,796} = 0,831 \quad (31)$$

Portanto, as elasticidades de longo prazo seguindo o modelo parcial de ajuste (PAM) é: tarifa média real (-1,07), PIB (2,27) e viagens (0,83). Com isso podemos comparar apenas com estudos internacionais pesquisados, já que os nacionais não fizeram a distinção do espaço temporal das elasticidades. As elasticidades de curto e longo prazo de cada variável que foi estatisticamente significativa são as seguintes respectivamente: tarifa média real (-0,85; -1,07), PIB (1,81; 2,27), viagens (0,66; 0,83). Esses valores nos autorizam a atestar que a tarifa no curto prazo possui demanda inelástica e relação negativa, ao passo que no longo prazo essa demanda se torna elástica, isto é, o aumento da tarifa média real no longo prazo não será suficiente para cobrir a queda da demanda de passageiros. O PIB tanto no curto quanto no longo prazo apresenta demanda elástica e relação positiva, portanto se a economia do estado do Rio de Janeiro estiver aquecida o setor de transporte por ônibus absorverá os deslocamentos diários dos usuários. Esse dado de elasticidade indica ao estado arquitetar

condições para que sejam criadas empresas, que por consequência fomentará o emprego e o uso do transporte público. Por fim a variável número de viagens realizadas pela frota da cidade do Rio de Janeiro possui demanda inelástica tanto no curto quanto no longo prazo e relação positiva, portanto um aumento de viagens expandirá o número de passageiros pagantes que demandam transporte público por ônibus na cidade do Rio de Janeiro, no entanto essa variável deve ser cuidadosamente analisada para as empresas de ônibus, uma vez que o custo do aumento de viagens não pode ser superior à receita gerada pela elevação dos passageiros pagantes transportados.

Comparando os resultados do presente estudo com as pesquisas internacionais pode-se verificar que os resultados da cidade do Rio de Janeiro se equiparam a pesquisa de Owen e Phillips (1987), os precursores, da distinção das elasticidades porque observaram que a resposta da demanda não era instantânea e as respostas de curto prazo poderiam ser diferentes das de longo prazo. Os resultados da pesquisa de Owen e Phillips (1987) para a tarifa de curto e longo prazo foram respectivamente (-0,69; -1,08) e PIB (0,93; 1,39). No caso da elasticidade de longo prazo para tarifa e PIB, tanto o presente estudo quanto Owen e Phillips (1987) encontraram demanda elástica. Esses resultados foram diferentes dos descobertos por Dargay e Hanly (2002), Wijeweera e Charles (2009), Tsai *et al.* (2013). Respectivamente no caso da tarifa de curto e longo prazo os resultados foram os seguintes: Dargay e Hanly (2002) -0,43 e -0,74; Wijeweera e Charles (2013) -0,032 e -0,07 e Tsai *et al.* (2013) -0,22 e -0,29. Vale destacar, finalmente, que muitos estudos encontraram uma relação de que a elasticidade de longo prazo é duas vezes maior que a de curto prazo, embora, no presente estudo essa relação não foi comprovada em razão do coeficiente de ajuste ($\lambda = 0,796$) ter sido próximo de uma unidade, cuja representação é que a demanda consegue responder rapidamente às oscilações das variáveis explicativas.

4.3. Resultados do Modelo de Correção de Erros (ECM) e Cointegração

O Modelo de Correção de Erros (ECM) e a Cointegração são técnicas usadas para o cálculo das elasticidades de curto e longo prazo. No que tange ao processo usado para o cálculo das elasticidades, inicialmente todas as séries das variáveis usadas no modelo foram transformadas em logaritmos. Após a transformação conforme recomenda a teoria foi realizado o teste de Dickey-

Fuller para cada uma das variáveis do modelo. O teste informa se as séries possuem raiz unitária ou não, isto é, se são estacionárias ou não. Identifica-se a raiz unitária por meio do p-valor de cada uma delas. Abaixo se encontram os testes de Dickey-Fuller realizados para cada uma das variáveis do modelo sendo ela dependente ou explicativa:

Tabela 17 – Resultados do teste Dickey-Fuller para Tarifa Média Real

Hipótese Nula: LOGTARIFA tem raiz unitária

Exogenous: Constant

Grau de defasagem: 0 (Automático–baseado no SIC, máxima defasagem=12)

	Estatística-t	P-Valor.*
Teste estatístico Dickey-Fuller Aumentado	-2.983200	0.0393
Teste Valores Críticos: Nível de 1%	-3.484653	
Nível de 5%	-2.885249	
Nível de 10%	-2.579491	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 18 – Resultados do teste Dickey-Fuller para PIB

Hipótese Nula: LOGPIB tem raiz unitária

Exogenous: Constant

Grau de defasagem: 1 (Automático –baseado no SIC, máxima defasagem=12)

	Estatística-t	P-Valor.*
Teste estatístico Dickey-Fuller Aumentado	-2.121773	0.2366
Teste Valores Críticos: Nível de 1%	-3.485115	
Nível de 5%	-2.885450	
Nível de 10%	-2.579598	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 19 – Resultados do teste Dickey-Fuller para Viagens

Hipótese Nula: LOGVIAGENS tem raiz unitária

Exogenous: Constant

Grau de defasagem: 1 (Automático – baseado no SIC, máxima defasagem=12)

	Estatística-t	P-Valor.*
Teste estatístico Dickey-Fuller Aumentado	-2.685214	0.0795
Teste Valores Críticos: Nível de 1%	-3.485115	
Nível de 5%	-2.885450	
Nível de 10%	-2.579598	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fonte: Elaboração própria

Tabela 20 – Resultados do teste Dickey-Fuller para Passageiros Pagantes Transportados

Hipótese Nula: LOGTRANSP tem raiz unitária

Exogenous: Constant

Grau de defasagem: 0 (Automático- baseado no SIC, máxima defasagem=12)

	Estatística-t	P-Valor.*
Teste estatístico Dickey-Fuller Aumentado	-1.247184	0.6523
Teste Valores Críticos: Nível de 1%	-3.484653	
Nível de 5%	-2.885249	
Nível de 10%	-2.579491	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fonte: Elaboração própria

O teste Dickey-Fuller foi realizado para constatar a existência ou não de raiz unitária para as variáveis do modelo que foram estatisticamente significantes. Vale enfatizar que todas as variáveis possuem raiz unitária evidenciada pelo p-valor de cada uma delas. Tarifa média real (p-valor de 0,0393), viagens (p-valor de 0,0795), PIB (p-valor de 0,2366) e passageiros pagantes transportados (p-valor de 0,6523). Com esses resultados encontrados, tarifa média real não é significativa estatisticamente a 1%, viagens não é significativa estatisticamente a 5% e PIB e passageiros pagantes transportados não são estatisticamente significantes a 10%.

Nesse contexto, observa-se que todas as variáveis possuem raízes unitárias e, portanto não são estacionárias. A partir dessa constatação cada uma das variáveis foi diferenciada para se certificar o nível de aderência entre a ordem de diferenciação. Nesse caso foi realizado novamente o teste de Dickey-Fuller com as séries diferenciadas e observou que todas as séries quando diferenciadas em primeira ordem tornam-se estacionárias e segundo o que preconizam Engle e Granger (1987), com esse panorama há possibilidade de haver Cointegração entre as variáveis do modelo.

Após esses passos, foi realizado o teste Dickey-Fuller para os resíduos e o resultado encontra-se na tabela (21):

Tabela 21 – Resultados do teste Dickey-Fuller os Resíduos

Hipótese Nula: RESIDCOINT tem a raiz unitária

Exogenous: Constant

Grau de defasagem: 0 (Automático –baseado no SIC, máxima defasagem=12)

	Estatística-F	P-Valor.*
Teste estatístico Dickey-Fuller Aumentado	-5.485188	0.0000
Teste Valores Críticos: Nível de 1%	-3.484653	
Nível de 5%	-2.885249	
Nível de 10%	-2.579491	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Fonte: Elaboração própria

A partir do resultado referido na tabela (21) pode-se admitir que os resíduos são estacionários, uma vez que o p-valor é 0,00. Com a série de resíduos estacionária e todas as variáveis se tornando estacionárias em primeira ordem, pode-se concluir que há cointegração entre as variáveis, isto é, elas possuem relação de longo prazo e as elasticidades podem ser calculadas pela regressão de Cointegração.

Com isso foi rodada a regressão de cointegração que está demonstrada na tabela (22):

Tabela 22 – Resultados da Regressão de Cointegração

Variável Dependente: LOGTRANSP

Método: Mínimos Quadrados

Data: 02/12/15 Horário: 18:09

Amostra: 2004M10 2014M12

Observações incluídas: 123

Variável	Coeficiente	D. Padrão	Estatística-t	P-Valor
C	-2.643051	0.685039	-3.858248	0.0002
LOGTARIFA	-1.047626	0.026409	-39.66919	0.0000
LOGPIB	2.302267	0.053953	42.67144	0.0000
LOGVIAGENS	0.745954	0.056516	13.19907	0.0000
R ²	0.979595	Mean dependent var		17.91901
R ² Ajustado	0.979081	S.D. dependent var		0.285721
S.E. of regression	0.041325	Critério Akaike		-3.502716
Sum squared resid	0.203224	Critério Schwarz		-3.411262
Verossimilhança Log	219.4170	Critério Hannan-Quinn		-3.465567
Estatística-F	1904.332	Estatística Durbin-Watson		0.793852
Prob(Estatística-F)	0.000000			

Fonte: Elaboração própria

A partir dos resultados gerados pode-se sustentar que a elasticidade de longo prazo das variáveis explicativas do modelo são as seguintes: tarifa média real (-1,05), PIB (2,30) e viagens (0,75). Esses resultados estão próximos dos descobertos pelo modelo de ajuste parcial (PAM) no presente estudo: tarifa média real (-1,07), PIB (2,27) e viagens (0,83).

Com a comprovação da relação de longo prazo dos resíduos e as elasticidades de longo prazo calculadas é factível calcular as elasticidades de curto prazo do modelo por meio do Modelo de Correção de Erros (ECM).

Nesse modelo, os resíduos são estimados como uma variável de correção de erro e vale notar que se os resíduos, variável de correção de erro, no passado forem estatisticamente significantes significa dizer que há Cointegração. Com essa constatação, os coeficientes da regressão demonstrados na tabela (23) podem ser considerados como as elasticidades de curto prazo.

A equação para o cálculo das elasticidades de curto prazo deve usar as variáveis diferenciadas, inclusive os resíduos. Vale acentuar que o coeficiente gerado para os resíduos deve ser negativo. Em sendo negativo, o resultado é satisfatório, já que a velocidade de ajuste é negativa (-34,46) e estatisticamente significativa a 1%, o que implica que se houver qualquer distúrbio de curto prazo da relação de longo prazo, cuja estimação foi realizada pela regressão da Cointegração (tabela 22), esse distúrbio vai ser corrigido e a relação de longo prazo será restaurada.

Tabela 23 – Resultados das Elasticidades do Modelo de Correção de Erros (ECM)

Variável Dependente: DTRANSP

Método: Mínimos Quadrados

Data: 02/12/15 Horário: 18:17

Amostra (ajustada): 2004M11 2014M12

Observações incluídas: 122 depois dos ajustes

Variável	Coefficiente	D.Padrão	Estatística-t	P-Valor
C	0.264761	0.275071	0.962519	0.3378
DVIAGENS	0.801541	0.037752	21.23194	0.0000
DTRARIFA	-0.861291	0.041752	-20.62888	0.0000
DPIB	0.909666	0.372501	2.442046	0.0161
RESIDCOINT(-1)	-34.45618	6.547704	-5.262331	0.0000
R ²	0.871772	Mean dependent var		0.470929
R ² Ajustado	0.867388	S.D. dependent var		7.996746
S.E. of regression	2.912093	Critério Akaike		5.015741
Sum squared resid	992.1935	Critério Schwarz		5.130660
Verossimilhança Log	-300.9602	Critério Hannan-Quinn		5.062418
Estatística-F	198.8585	Estatística Durbin-Watson		2.131946
Prob (Estatística-F)	0.000000			

Fonte: Elaboração Própria

A tabela (23) demonstra os valores das elasticidades de curto prazo do modelo de correção de erros (ECM). Os resultados apurados foram os seguintes: tarifa média real (-0,86), PIB (0,91) e viagens (0,80). Comparando com os resultados de elasticidade de curto prazo do modelo de ajuste parcial (PAM) é possível asseverar que existe certa semelhança nos números principalmente no que tange a tarifa média real, já que os resultados de curto prazo para as variáveis foram os seguintes: tarifa média real (-0,85), PIB (1,81) e viagens (0,66).

Tabela 24 - Comparação de Resultados das Elasticidades com distinção temporal:

Variáveis	PAM		ECM e Cointegração	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo	Longo Prazo
Tarifa	-0,85	-1,07	-0,86	-1,05
PIB	1,81	2,27	0,91	2,30
Viagens	0,66	0,83	0,80	0,75

Fonte: Elaboração própria

Os resultados da tabela (24) demonstram certa equivalência entre os métodos, exceto no caso específico do PIB no curto prazo, uma vez que o modelo parcial de ajuste (PAM) gerou uma demanda elástica (1,81), ao passo que o modelo de correção de erros (ECM) demonstrou demanda inelástica (0,91). Embora, vale notar, que no longo prazo, o nível de sensibilidade do PIB para ambos os métodos é bem próximo e com demanda elástica.

Comparando com os estudos internacionais, destaco Owen e Phillips (1987) em razão dos resultados terem semelhança conforme apresentado na tabela (25), embora haja outros autores que também pesquisaram as elasticidades da demanda de passageiros para curto e longo prazo, porém com resultados diferentes dos encontrados no presente estudo e na pesquisa de Owen e Phillips (1987) conforme tabela (26).

Tabela 25 - Comparação dos Resultados das Elasticidades do Presente Estudo com Owen e Phillips (1987):

Variáveis	PAM		ECM e Cointegração		Owen e Phillips (1987)	
	Curto Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo	Longo Prazo
Tarifa	-0,85	-1,07	-0,86	-1,05	-0,69	-1,08
PIB	1,81	2,27	0,91	2,30	0,93	1,39
Viagens	0,66	0,83	0,80	0,75	Não se Aplica	

Fonte: Elaboração própria

Tabela 26 - Comparação de Resultados das Elasticidades de Curto e Longo Prazo com Estudos Internacionais:

Variáveis	Presente Estudo											
	Presente Estudo PAM		ECM e Cointegração		Owen e Phillips (1987)		Dargay e Hanly (2002)		Tsai <i>et al.</i> (2013)		Wijeweera e Charles (2013)	
	CP	LP	CP	LP	CP	LP	CP	LP	CP	LP	CP	LP
Tarifa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,85	1,07	0,86	1,05	0,69	1,08	0,33	0,68	0,22	0,29	0,03	0,07
PIB	1,81	2,27	0,91	2,30	0,93	1,39	NA		NA		NA	
Viagens	0,66	0,83	0,80	0,75	NA		NA		NA		NA	

Fonte: Elaboração Própria

Os resultados do presente estudo estão em linha com os descobertos por Owen e Phillips (1987) na Inglaterra tanto para tarifa média real quanto para PIB (produto interno bruto).

A elasticidade de longo prazo de Owen e Phillips (1987) foi quase congruente aos encontrados para a cidade do Rio de Janeiro, principalmente para tarifa média real.

No caso específico do PIB (produto interno bruto) vale notar, que no longo prazo, as elasticidades dos modelos usados na vigente pesquisa geram demanda elástica, assim como os resultados encontrados por Owen e Philips

(1987) e, por fim, no caso de comparar a elasticidade de curto prazo do modelo de correção de erros (ECM) do corrente estudo da variável PIB com os valores achados pelos precursores dos modelos que distinguem a elasticidade de curto e longo prazo, os resultados são praticamente o mesmo e com demanda inelástica.

5 Conclusões

O estudo demonstrou que nem todos os fatores pesquisados são estatisticamente significantes para explicar a demanda de passageiros por ônibus na cidade do Rio de Janeiro. Os fatores que não explicam a demanda de passageiros por ônibus na cidade do Rio de Janeiro foram: Preço do Etanol, Preço da Gasolina, População, Rendimento Real do Trabalho Principal, Taxa de Desemprego, Frota de Veículos, Frota de Ônibus, ao passo que os fatores que explicaram a demanda de passageiros por ônibus no município do Rio de Janeiro foram: Produto Interno Bruto, Tarifa e Número de Viagens.

O modelo Log-Log que observa a elasticidade sem a distinção temporal e, portanto o valor corresponde a todo o período estudado. O presente estudo apontou semelhanças no caso da tarifa média real com (FOWES *et al.*, 1985; CHEN, 2007) e no caso do produto interno bruto similaridades com os resultados de (CHEN, 2007; DOUGLAS e KARPOUZIS, 2009).

Para o cálculo das elasticidades, considerando-se distinção temporal, fez-se uso dos modelos: PAM e ECM com técnicas de Cointegração. A título de comparação, os resultados do estudo para as variáveis: produto interno bruto e tarifa média real foram similares aos encontrados por (OWEN e PHILLIPS, 1987) e os modelos usados no estudo não apresentaram discrepâncias em termos de resultados de curto e longo prazo, portanto caso seja usado o Modelo Parcial de Ajuste (PAM) ou a combinação das técnicas de Cointegração e o Modelo de Correção de Erros (ECM) a conclusão acerca das elasticidades de curto e longo prazo é semelhante.

Os resultados encontrados no presente estudo para os fatores estatisticamente significantes foram os seguintes:

- Para a tarifa média real, a demanda foi inelástica no curto prazo com relação negativa, ao passo que no longo prazo a demanda foi elástica, porém também com relação negativa

- No caso do número de viagens realizados pela frota municipal, tanto no curto prazo quanto para o longo prazo a demanda foi inelástica para ambos modelos aplicados com relação positiva.
- Para o produto interno bruto apresentou demanda elástica no curto prazo utilizando o modelo de ajuste parcial (PAM) e demanda inelástica se fazendo uso do modelo de correção de erros (ECM).

Entretanto, no longo prazo a demanda para ambos os modelos foi elástica e em todos os casos com relação positiva.

Tabela 27 – Resultados das Elasticidades dos Modelos: Log-Log, PAM, ECM e Cointegração

Variáveis	Log-Log	PAM		ECM e Cointegração	
	Período Estudado (Sem Distinção Temporal) Longo Prazo	Curto Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo	Longo Prazo
Tarifa	-0,83	-0,85	-1,07	-0,86	-1,05
PIB	0,80	1,81	2,27	0,91	2,30
Viagens	0,79	0,66	0,83	0,80	0,75

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 28 – Comparação dos Resultados do Presente Estudo por Modelo Aplicado

Variáveis	Log-Log	PAM		ECM e Cointegração	
	Período Estudado (Sem Distinção Temporal) Longo Prazo	Curto Prazo	Longo Prazo	Curto Prazo	Longo Prazo
Tarifa	DIN	DIN	DEN	DIN	DEN
PIB	DIP	DEP	DEP	DIP	DEP
Viagens	DIP	DIP	DIP	DIP	DIP
Sigla	Descrição				
DIN	Demanda Inelástica com relação negativa				
DIP	Demanda Inelástica com relação positiva				
DEN	Demanda Elástica com relação negativa				
DEP	Demanda Elástica com relação positiva				

Fonte: Elaboração Própria.

Desta forma, os resultados indicam que se o Estado arquetetar condições para um ambiente empresarial saudável, fomentando a criação de empresas, estimulando o empreendedorismo, desonerando as empresas, desburocratizando a abertura e manutenção das companhias terá provavelmente um aumento do Produto Interno Bruto estadual e com isso todo o ecossistema econômico se beneficiaria inclusive o setor de transporte de passageiros, que por consequência terá melhores condições para reinvestir no sistema e melhorar ainda mais as condições de vida da população, papel básico do poder público e que está alinhado com o que preconiza a Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012.

Embora o estudo tenha apresentado elasticidades de curto e longo prazo com relação positiva para a variável, viagens, as empresas de ônibus devem calibrar esse número de viagens, a fim de não ter um aumento do custo operacional proporcionalmente maior que o incremento da receita pela expansão dos números de passageiros pagantes transportados no município do Rio de Janeiro.

O tratamento da tarifa é o mais delicado de todas as variáveis estatisticamente significantes para a demanda de passageiros por transporte de ônibus na cidade do Rio de Janeiro. Nesse caso específico, há dois lados que devem ser levados em consideração. O primeiro é que o preço da tarifa atual da cidade do Rio de Janeiro não tem incorporado todo o aumento previsto no contrato de concessão. Esse panorama favorece uma situação, cuja expansão dos custos dos principais insumos que compõem a tarifa pode gerar um sufocamento do sistema de transporte de passageiros de ônibus em termos de liquidez e muitas empresas podem vir a falir. Outras que por ventura permanecerem no sistema podem ter dificuldades para renovar a frota, que por consequência interfere de forma negativa na qualidade de vida da população. Entretanto, por outro lado, o estudo demonstrou que um aumento da tarifa acima da inflação, no longo prazo, reduz a demanda de passageiros mais que proporcionalmente.

Em se considerando proposições para novas pesquisas, vale frisar que um estudo não pode compreender todos os determinantes da demanda de passageiros por transporte público num único contexto. Sugerimos a mensuração de possíveis variáveis que possam explicar em parte as mudanças na demanda de passageiros por ônibus na cidade do Rio de Janeiro, como, por

exemplo, índice de congestionamento, índice de assaltos nos ônibus, expectativa de vida da população e índice de acidentes.

Além da inclusão de outros fatores que não estão contemplados no modelo do presente estudo, vale destacar a possibilidade de se desenvolver modelos de previsão de demanda de passageiros de ônibus na cidade do Rio de Janeiro, contribuindo para um planejamento mais assertivo a nível municipal e com isso balancear o nível de reinvestimento no sistema.

O estudo abre possibilidade para compreender os determinantes da demanda de passageiros em outras regiões do país e do Estado do Rio de Janeiro. Regiões com relevância no cenário de transporte no Estado do Rio de Janeiro, como por exemplo, a região metropolitana, região de Niterói e São Gonçalo podem ser interessantes recortes para futuros estudos, desde que haja dados disponíveis.

Os modelos para cálculo das elasticidades da demanda de passageiros de curto e longo prazo podem ser aplicados para outros modais que compõem a matriz de transporte como: trem, metrô e barcas.

Por fim, uma das recomendações para o poder público ou para os atores do sistema de transporte de passageiros é desenvolver pesquisas anuais ou com outra periodicidade nos moldes do senso realizado pelo IBGE, a fim de engendrar um nível de estratificação diferente dos dados e entender de forma mais apurada o impacto das características sócio-demográficas na demanda de passageiros por transporte público.

6

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Levantamento de Preços e de Margens de Comercialização de Combustíveis. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=78475&m=sistema%20de%20levantamento%20de%20pre%27os&t1=&t2=sistema%20de%20levantamento%20de%20pre%27os&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1450300012436>>. Acesso em: 10 set. 2015.

ALBALATE, D.; BEL, G. **Factors explaining urban transport systems in large European cities: A cross-sectional approach**, Barcelona, Espanha. Research Institute of Applied Economics. Working Paper, 2009.

ALBALATE, D.; BEL, G. What shape local public transportation in Europe? Economics, mobility, institutions, and geography. **Transportation Research Part E**, v.46, p.775-790, 2010.

ALVES, D. C. O.; BUENO, R. D. L. S. Short-run, long-run and cross elasticities of gasoline demand in Brazil. **Energy Economics**, v.25, p. 191-199, 2003.

ANDRADE, N. P.; CORREA, M. M. **A bilhetagem automática e a tarifa do transporte público por ônibus**. Revista dos Transportes Públicos – ANTP. Ano 19, 3º Trimestre, p.99-108, 1997.

ALCOMBE, R.; MACKETT, R.; PAULLEY, N.; PRESTON, J.; SHIRES, J.; TITHERIDGE, H.; WARDMAN, M.; WHITE, P. **The demand for public a practical guide**. TRL limited, Transport Research Laboratory, Wokingham, the United Kingdom, 2004.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. Dados do Transporte Público por Ônibus 2011/2012. Disponível em: <<http://www.ntu.org.br/novo/AreasInternas.aspx?idArea=7>>. Acesso em: 20 set. 2015.

ASTERIOU, D.; HALL, S. G. **Applied Econometrics**. Palgrave Macmillian, 2nd Edition, 2011.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Índice de Atividade Econômica Regional com ajuste sazonal. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>>. Acesso em: 11 set. 2015.

BOWERMAN, B. L.; O'CONNELL, R. T.; KOEHLER, A. B. **Forecasting Time Series and Regression: An Applied Approach**, 4ª Edição, Thomson Brooks/Cole, California, USA, 2005.

BRESSON, G.; DARGAY, J.; MADRE, J. L.; PIROTTE, A. Economic and structural determinants of the demand for public transport: an analysis on a panel of French urban areas using shrinkage estimators. **Transportation Research**, v.38, p.269-285, 2004

BROOKS, C. **Introductory Econometrics for Finance**. Cambridge University Press: Cambridge, 3rd Edition, 2014.

CAMERON, I.; LYONS, T. J.; KENWORTHY, J. Trends in vehicle kilometers of travel in world cities, 1960-1990: underlying drivers and policy responses. **Transport Policy**, v.11, p.287-298, 2004.

CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. Efeitos da variação da tarifa e da renda de transporte público coletivo urbano no Brasil. **Revista de Transportes**, v.20, n.1, p. 31-40, 2012.

CERVERO, R. Transit Pricing Research, **Transportation**, vol. 17, p.117-139, 1990.

CHEN, N. Modelling Demand for Rail Transport with Dynamic Econometric Approaches. **International Review of Business Research Papers**, v.3, p. 85-96, 2007.

CORDERA, R.; CANALES, C.; DELL'OLIO, L.; IBEAS, A. Public transport demand elasticities during the recessionary phases of economic cycles. **Transport Policy**, v.42, p. 173-179, 2015.

CUDDINGTON, J. T.; DAGHER, L. **A Primer on Estimating Short and Long-Run Elasticities: Energy Sector Applications**, 2011.

DARGAY, J. M.; HANLY, M. The demand for local bus services in England. **Journal of Transport Economics and Policy**, v.36, p. 73-91, 2002.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. Frota de veículos. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.htm>>. Acesso em: 10 set. 2015.

DOI, M.; ALLEN, W. B. A Time Series Analysis of Montly Ridership for an Urban Rail Rapid Transit Line. **Transportation**, v.13, p. 257-269, 1986.

DOUGLAS, N.; KARPOUZIS, G. **An Explorative Econometric Model of Sydney Metropolitan Rail Patronage**. ATRF 2009: 32nd Australian Transport Research Forum Proceedings, New South Wales, Australia, p. 1-12, 2009.

ELTONY, M. N.; AL-MUTAIRI, N. H. Demand for gasoline in Kuwait. An empirical analysis using cointegration techniques. **Energy Economics**, v.17, n.3, p.249-253, 1995.

FOWKES, A. S.; NASH, C. A.; WHITEING, A. E. Understanding Trends in Inter-city Rail Traffic in Great Britain. **Transportation Planning and Technology**, v.10, p. 65-80, 1985.

GOMES, F. C. **Os Modelos ARIMA e a Abordagem de Box-Jenkins. Uma aplicação na previsão do IBOVESPA a curtíssimo prazo.** Revista de Administração de Empresas, v.29(2), p. 63-70, 1989.

GOODWIN, P. B. **A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes.** Working paper 682, Transport Studies Unit, University of Oxford, v26, n.2, p. 155-169, 1992.

GUJARATI, D. A. **Basic Econometrics**, New York: McGraw-Hill, 3rd edition, 1995.

HENDRICKSON, C. A. Note on the Trends in Transit Commuting in the U.S Relating to Employment in the CBD. **Transportation Research**, Part A: General 20A, p. 33-37, 1986.

HOLMGREN, J. Meta-Analysis of Public Transport Demand. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 41A, n. 10, p. 1021-1035, 2007. Holmgren, Johan, (2007).

HOLMGREN, J. An analysis of the determinants of local public transport demand focusing the effects of income changes. **European Transportation Res. Review**, v.5, p. 101-107, 2013.

INSTITUTO DE ECONOMIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. A Previsão com a Metodologia de Box-Jenkins. Disponível em: <<http://www.ie.ufrj.br/download/APrevisaoComMetodologiadeBox-Jenkins.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estimativas populacionais para os municípios e para as unidades da federação. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm>. Acesso em: 05set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contagem da População 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Índice de Preços: IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo. Disponível em:

<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=0&de=52&no=11>. Acesso em: 03 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto Interno Bruto a preços correntes e Produto Interno Bruto per capita segundo as Grandes Regiões, as Unidades da Federação e os Municípios. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2012/default_base.shtm>. Acesso em: 11 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeção da População das Unidades da Federação por sexo e idade: 2000-2030. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm>. Acesso em: 05 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeção da População das Unidades da Federação por sexo e idade: 2000-2030. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm>. Acesso em: 05 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rendimento médio real do trabalho principal, habitualmente recebido por mês, pelas pessoas de 10 anos ou mais de idade, ocupadas no trabalho principal. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/trabalhoerendimento/pme_nova/defaulttab_hist.shtm>. Acesso em: 05 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sinopse do Censo Demográfico 2010. População residente em 2000 e 2010, por situação de domicílio, com indicação da população urbana na sede municipal, área total e densidade demográfica. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=33>>. Acesso em: 10 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Taxa de desocupação das pessoas de 10 anos ou mais de idade, por sexo. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PE62>>. Acesso em: 05 set. 2015.

JONES, I. S.; NICHOLS, A. J. The Demand for Inter-city Rail Travel in The United Kingdom. **Journal of Transport Economics and Policy**, v.17, p. 133-153, 1983.

LEITE, T. M. G.; ALMEIDA, R. S. **Fetranspor 50 anos**. Rio de Janeiro: Arquimedes edições, 2005.

LITMAN, T. **Understanding Transport Demands and Elasticities. How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior.** Victoria Transport Policy Institute, 2013.

MATAS, A. Demand and revenue implications of an integrated public transport policy: the case of Madrid. **Transport Rev: A Transnat. Transdisciplinary J.**, v. 24, p.195-217, 2004.

McGEEHAN, H. Forecasting the demand for inter-urban railway travel in the Republic of Ireland. **Journal of Transport Economics and Policy**, v.18, p.275-291, 1984.

MURÇA, M. C. R.; MÜLLER, C. Transporte coletivo urbano: Uma análise de demanda para a cidade de Salvador. **Journal of Transport Literature**, v.8, n.1, p. 265-284, 2014.

NOEL, F. L.; MEZZONATO, V. **Rio Ônibus, um trajeto de 70 anos.** Rio de Janeiro: Walprint gráfica e editora, edição atualizada, 2011.

NURDDEN, A.; RAHMAT, R. A. O. K.; ISMAIL, A. **Effect of transportation policies on modal shift from private car to public transport in Malaysia.** J. Applied Sci., v.7, p.1013-1018, 2007.

ODGERS, J. F.; SCHIJNDEL, L. A. V. **Forecasting annual train boardings in Melbourne using time series data.** ATRF 2011: Australian Transport Research, Melbourne, p. 1-20, 2011.

OLIVEIRA, A. V. M.; PAMPLONA, D. A.; FILHO, D. P. P. **Estudo e previsão de demanda do transporte urbano coletivo na Região Metropolitana de São Paulo.** Revista dos Transportes Públicos – ANTP. Ano 37, 1º Quadrimestre, p.61-73, 2015.

OWEN, A. D.; PHILLIPS, G. D. A. The Characteristics of Railway Passenger Demand. **Journal of Transport Economics and Policy**, v.21, p. 231-253, 1987.

OXERA. **How do Rail Passengers Respond to Change?** Report Prepared for Passenger Demand Forecasting Council, Oxera Consulting Ltd, Oxford, 2005.

PAULLEY, N.; BALCOMBE, R.; MACKETT, R.; TITHERIDGE, H.; PRESTON, J. M.; WARDMAN, M. R.; SHIRES, J. D.; WHITE, P. The demand for public transport: the effects of fares, quality of service, income and car ownership. **Transport Policy**, nº 13, p.295-306, 2006.

PINHO, D. V.; VASCONCELLOS, M. A. S e Equipe de Professores da USP. **Manual de Economia.** São Paulo: Editora Saraiva, 5ª Edição, 2008.

POLAT, C. The Demand Determinants for Urban Public Transport Services: A Review of the Literature. **Journal of Applied Sciences**, v.12, p. 1211-1231, 2012.

PORTAL ACTION. Modelos ARIMA. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/series-temporais/modelos-arima>>. Acesso em: 10 out. 2015.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Decreto Nº 32.842, de 1º de outubro de 2010, regulamenta a Lei nº 5211, de 01 de julho de 2010, que institui o Bilhete Único no Município do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4800832/4138120/Decreto_32842_2010.pdf>. Acesso em: 21 set. 2015.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – CASA CIVIL. Política Nacional da Mobilidade Urbana. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 21 set. 2015.

RIO ÔNIBUS (SINDICATO DAS EMPRESAS DE ÔNIBUS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO). 70 anos trabalhando pela qualidade do transporte. Disponível em: <<http://www.rioonibus.com/rio-onibus/historia>>. Acesso em: 20 set. 2015.

SOUCHE, S. Measuring the structural determinants of urban travel demand. **Transport Policy**, v.17, p.127-134, 2010.

TAYLOR, B. D.; FINK, C. N. Y. **The Factors Influencing Transit Ridership: A Review and Analysis of Transit Ridership Literature**, Working Paper, UCLA. Department of Urban Planning, Los Angeles, CA, UCLA. Institute of Transport Studies, 2003.

TAYLOR, B. D.; HASS, P.; BOYD, B. **Increasing transit Ridership: Lessons From the Most Successful Transit System in the 1990s**. MTI Report, p.01-22, San Jose University, San Rose, CA, 2002.

TAYLOR, B. D.; MILLER, D.; ISEKI, H.; FINK, C. **Analyzing the Determinant of Transit Ridership Using a Two-Stage Least Squares Regression on a National Sample of Urbanized Areas**, Working paper, Annual Meeting Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC, 2003.

TSAI, C. H. P.; MULLEY, C.; CLIFTON, G. **Forecasting public transport demand for the Sydney Greater Metropolitan Area: a comparison of univariate and multivariate methods**. Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings, Brisbane Australia, p. 1-24, 2013.

VENTURA, C.; PESTANA, D.; GOMES, M. I.; PESTANA, P. **Glossário de Termos Estatísticos (Alemão/Francês/Inglês/Português)**. Lisboa, Portugal: Instituto Nacional de Estatística de Portugal, 2013.

VOITH, R. The Long-Run Elasticity of Demand for Commuter Rail Transportation. **Journal of Urban Economics**, v.30, p. 360-372, 1991.

WARDMAN, W. Inter-urban Rail Demand Elasticities and Competition in Great Britain: Evidence from Direct Demand Models. **Logistics and**

Transportation Reviews, v.33, p. 15-28, 1997.

WEBSTER, F. V.; BLY, P. H. **The demand for public transport. Report of an international collaborative study**, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, 1980.

WIJEWEERA, A.; CHARLES, M. An Empirical Analysis of Determinants of Passenger Rail Demand in Melbourne, Australia. **Economic Analysis & Policy**, v.43, n.3, p. 249-263, 2013.

WIJEWEERA, A.; CHARLES, M.; HONG, T.; SLOAN, K. A time series analysis of passenger rail demand in major Australian cities. **Economic Analysis & Policy**, v.44, p. 301-309, 2014.

ZHENG, L.; ROSE, J. M.; HENSHER, D. A. Forecasting automobile petrol demand in Australia: An evaluation of empirical models. **Transportation Research Part A**, v.44, p.16-38, 2010.

7 Anexos

Definição de cada tipo de veículo:

Termos e Definições	
Grandes Regiões e Unidades da Federação	Regiões Norte, Nordeste, Sul, Suldeste e Centro Oeste e Estados
AUTOMÓVEL	veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, exclusive o condutor
BONDE	veículo de propulsão elétrica que se move sobre trilhos
CAMINHÃO	veículo automotor destinado ao transporte de carga, com carroçaria, e peso bruto total superior a 3500 Kg
CAMINHÃO TRATOR	veículo automotor destinado a tracionar ou arrastar outro
CAMINHONETE	veículo automotor destinado ao transporte de carga, com peso bruto total de até 3500 Kg.
CAMIONETA	veículo automotor, misto, com quatro rodas, com carroçaria, destinado ao transporte simultâneo ou alternativo de pessoas e carga no mesmo compartimento.
CHASSI PLATAFORMA	veículo inacabado, com equipamento que permita seu deslocamento em vias de rolamento, preparado para receber carroçaria de ônibus
CICLOMOTOR	veículo de duas ou três rodas, provido de um motor de combustão interna cuja cilindrada não exceda a 50 cm ³ (3,05 polegadas cúbicas) e cuja velocidade máxima de fabricação não exceda a 50 Km/h
MICROÔNIBUS	veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para até 20 passageiros
MOTOCICLETA	veículo automotor de duas rodas, com ou sem side-car, dirigido em posição montada.
MOTONETA	veículo auto-motor de duas rodas, dirigido por condutor em posição sentada
ÔNIBUS	veículo automotor de transporte coletivo com capacidade para mais de 20 passageiros, ainda que, em virtude de adaptações com vista à maior comodidade destes, transporte número menor
QUADRICICLO	veículo de estrutura mecânica igual às motocicletas, possuindo eixos dianteiro e traseiro, dotados de quatro rodas
REBOQUE	veículo destinado a ser engatado atrás de um veículo automotor
SEMI-REBOQUE	veículo de um ou mais eixos que se apóia na sua unidade tratora ou é a ela ligado por meio de articulação.
SIDE-CAR	carro ou caçamba provido de uma roda acoplada na lateral da motocicleta
OUTROS	Argumento que não se enquadra em nenhuma definição estabelecida
TRATOR ESTEIRA	trator que se movimenta por meio de esteira
TRATOR RODAS	trator que se movimenta sobre rodas, podendo ter chassi rígido ou articulado
TRICICLO	veículo rodoviário automotor de estrutura mecânica igual à motocicleta dotado de três rodas.
UTILITÁRIO	veículo misto caracterizado pela versatilidade do seu uso, inclusive fora da estrada.
Fonte: Ministério das Cidades, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN, Sistema Nacional de Registro de Veículos/RENAVAM, Sistema Nacional de Estatística de Trânsito/SINET	