



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PHABLO PATRÍCIO FERNANDES

**FATORES INFLUENTES NA PERDA DE DEMANDA POR TRANSPORTE PÚBLICO
EM RELAÇÃO A ÔNIBUS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (RMR)
ENTRE 2007 E 2019**

Recife

2023

PHABLO PATRÍCIO FERNANDES

**FATORES INFLUENTES NA PERDA DE DEMANDA POR TRANSPORTE PÚBLICO
EM RELAÇÃO A ÔNIBUS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (RMR)
ENTRE 2007 E 2019**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Graduação em Engenharia Civil
da Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Oliveira de
Andrade

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Fernandes, Phablo Patrício.

Fatores influentes na perda de demanda por transporte público em relação a ônibus na Região Metropolitana do Recife (RMR) entre 2007 e 2019 / Phablo Patrício Fernandes. - Recife, 2023.

52 p., tab.

Orientador(a): Maurício Oliveira de Andrade

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil - Bacharelado, 2023.

1. Demanda. 2. ônibus. 3. Recife. 4. fatores influentes. 5. dados. I. Andrade, Maurício Oliveira de. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

**FATORES INFLUENTES NA PERDA DE DEMANDA POR TRANSPORTE
PÚBLICO EM RELAÇÃO A ÔNIBUS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE
(RMR) ENTRE 2007 E 2019**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 20/04/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maurício Oliveira de Andrade (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Oswaldo Lima Neto
Universidade Federal de Pernambuco

Profª. Gracielle Gonçalves Ferreira de Araújo
Universidade Federal de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

“Chorando, chorando, sairão espalhando as sementes.

Cantando, cantando, voltarão trazendo os seus feixes”.

Escrito nos Salmos

Assim foi minha trajetória na UFPE, entre choros e louvor, fiz amigos e obtive apoio de uma rede de pessoas que não fizeram desistir de concluir essa graduação a longas penas. Agradeço a Jesus, por ser meu suporte em dias bons e em dias maus; agradeço a Ariel, minha noiva, que está se formando em Engenharia comigo, porque pegou na minha mão nos momentos em que quis largar e me incentivou a prosseguir e concluir; agradeço a minha mãe Edjane, minha irmã Emanuelle, minha avó Luzinete e minha tia Beta por cuidarem de mim; agradeço ao meu pai Patrício por me estimular a estudar, porque ele disse que eu chegaria longe através disso; agradeço as orações por mim da comunidade de fé que faço parte, igreja Mangue; agradeço ao meu orientador professor Maurício Andrade, que foi e é minha maior inspiração como professor e figura humana dentro do CTG na UFPE; e agradeço a todo mundo que torceu para que eu concluisse essa etapa da minha vida.

RESUMO

Este trabalho propõe analisar os fatores que têm influenciado a diminuição da demanda de usuários de ônibus na Região Metropolitana do Recife (RMR), em Pernambuco. Nos últimos 20 anos, tem ocorrido uma queda sistemática na demanda de usuários de ônibus, com mais intensidade nos últimos dez anos. Isso tem afetado não só a vida dos passageiros, mas também a Grande Recife Consórcio de Transporte, empresa governamental que gerencia os transportes da RMR, e o setor privado de ônibus, a Urbana-PE. Dessa maneira, foram utilizados modelos econométricos para analisar os dados que influenciam essa perda, com a contribuição da análise descritiva e da análise de regressão. Com isso, foram encontrados, entre os modelos 1 e 1A, alguns fatores influentes: idade da frota, percentual do SEI e tarifa média; renda média, renda *per capita* e cumprimento de viagens.

Palavras-chave: Demanda; ônibus; Recife; fatores influentes; dados.

ABSTRACT

This work proposes to analyze the factors that have influenced the decrease in the demand of bus users in the Metropolitan Region of Recife (RMR), in Pernambuco. In the last 20 years, there has been a systematic drop in demand from bus users, with more intensity in the last ten years. This has affected not only the lives of passengers, but also Grande Recife Consórcio de Transporte, the government company that manages RMR transport, and the private bus sector, Urbana-PE. Thus, econometric models were used to analyze the data that influence this loss, with the contribution of descriptive analysis and regression analysis. As a result, some influential factors were found between models 1 and 1A: age of the fleet, SEI percentage and average tariff; median income, per capita income and trip fulfillment.

Keywords: Demand; bus; Recife; influential factors; data.

LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

Figura 1 – Região Metropolitana do Recife (2010)

11

Gráfico 1 – Evolução da demanda de transporte público na RMR (jan./2007 a dez./2019)	17
Gráfico 2 – Evolução da oferta de transporte público na RMR em km de produção mensal	18
Gráfico 3 – Evolução do Índice de Passageiros por Quilômetro (IPK) na RMR (jan./2007 – dez./2019)	19
Gráfico 4 – Relação passageiro equivalente transportado x habitante na RMR	20
Gráfico 5 – Evolução do Índice de Quebra	21
Gráfico 6 – Evolução da participação percentual do SEI em relação à demanda no tempo	22
Gráfico 7 – Evolução da idade da frota	23
Gráfico 8 – Evolução do Índice de Cumprimento de Viagens	24
Gráfico 9 – Evolução das reclamações registradas pelos usuários	25
Gráfico 10 – Evolução da tarifa média corrigida pelo INPC	26
Gráfico 11 – Evolução da renda média do trabalho assalariado corrigida pelo INPC	28
Gráfico 12 – Evolução da Taxa de Desemprego	29
Gráfico 13 – Evolução do estoque de empregos formais	30
Gráfico 14 – Evolução da frota de automóveis de passeio	31
Gráfico 15 – Evolução da frota de motocicletas (2007-2019)	32
Gráfico 16 – Evolução do preço da gasolina corrigido pelo INPC (2007–2019)	33
Gráfico 17 (A a H) – Comparaçao das variáveis operacionais em relação aos distintos períodos	35
Gráfico 18 (A a H) – Comparaçao das variáveis operacionais em relação à competição com aplicativos	38
Gráfico 19 – Plotagens das variáveis independentes em relação à demanda mensal	43
Gráfico 20 – Histograma e regressão dos resíduos acumulados	45
Gráfico 21 – Resíduos padronizados x valor predito padronizado	46
Gráfico 22 – Histograma e regressão dos resíduos acumulados do Modelo 1A	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo descritivo das variáveis vinculadas à operação do transporte	16
Tabela 2: Resumo descritivo das variáveis socioeconômicas influentes na demanda	27
Tabela 3: Teste de normalidade para demanda, produção, IPK, % do SEI e linhas	33
Tabela 4: Estatísticas de teste de Mann-Whitney	34
Tabela 5: Estatísticas de teste de Kruskal-Wallis	37
Tabela 6: Resumo descritivo da variável dependente (Demanda mensal)	41
Tabela 7: Resumo descritivo das variáveis independentes	42
Tabela 8: Modelo 1 de regressão linear múltipla (lin x lin)	44
Tabela 9: Coeficientes da regressão do Modelo 1	44
Tabela 10: Modelo 1A de regressão linear múltipla (lin x lin)	46
Tabela 11: Coeficientes da regressão do Modelo 1A	47

LISTA DE SIGLAS

- ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPK – Índice de Passageiros por Quilômetro
PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
RMR – Região Metropolitana do Recife
SEI – Sistema Estrutural Integrado
STPP/RMR – Sistema de Transporte Público na Região Metropolitana do Recife
TP – Transporte Público

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa e motivação do trabalho	2
1.2 Objetivo do trabalho	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Conceito de demanda	4
2.1.1 Definição de elasticidade	5
2.2 Conceito de mobilidade urbana	6
2.3 Transporte público coletivo	7
2.4 Fatores influentes na demanda por transporte público	8
3 CARACTERIZAÇÃO DOS ÔNIBUS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (RMR)	11
3.1 Região Metropolitana do Recife (RMR) e Sistema de Transporte Público na Região Metropolitana do Recife (STPP/RMR)	11
3.1.1 <i>Stakeholders</i>	12
4 METODOLOGIA	14
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5.1 Análise descritiva	16
5.1.1 Análise descritiva a partir de variáveis vinculadas à operação do transporte	16
5.1.2 Análise descritiva a partir de variáveis socioeconômicas influentes na demanda	27
5.2 Análise de regressão	41
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
7 REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

É possível definir a cidade como um grande emaranhado urbano, onde coexistem pessoas, casas, vias, rios, pontes, trilhos, meios de transportes para a locomoção etc. Dentro dessa dinâmica de complexidades que é a cidade, existe um serviço essencial e imprescindível para o funcionamento dela: o transporte público. Define-se transporte público como sendo aquele que permite que as pessoas se desloquem de um lugar a outro em veículos compartilhados, geralmente oferecidos pelo governo.

Na Região Metropolitana do Recife (RMR), há três grandes *stakeholders*¹ que norteiam a utilização do serviço e as atividades de gestão e operação do transporte público, eles são: o passageiro, a Grande Recife Consórcio de Transporte e a Urbana-PE. Nos últimos anos, a escala de sustentação dos serviços, baseada unicamente no pagamento de tarifas, tem ficado cada vez mais comprometida por conta da perda da demanda dos usuários de ônibus na Região Metropolitana do Recife (RMR).

Ao longo dos últimos 20 anos, tem ocorrido uma queda sistemática na demanda de usuários de ônibus, com mais intensidade nos últimos cinco anos. Esse problema, consequentemente, começou a afetar não só a vida dos passageiros, mas também a Grande Recife Consórcio de Transporte, empresa governamental que gerencia os transportes da RMR, e o setor privado de ônibus, Urbana-PE. A Grande Recife tem como funções: planejar e gerir o Sistema de Transporte Público de Passageiros da Região Metropolitana do Recife (STPP/RMR), assegurando a qualidade e a universalidade dos serviços; contratar os serviços de transportes por meio de licitação pública; regulamentar as atividades concedidas; fiscalizar e atualizar os contratos de concessão. A Urbana-PE, por sua vez, tem como objetivo principal representar as empresas operadoras de transporte público de passageiros em Pernambuco, visando à sustentabilidade econômica da prestação desse serviço e atendendo às obrigações de serviço público, mas com rentabilidade econômica.

O desequilíbrio do sistema, que se reflete no interesse dos usuários de ônibus, na tutela do Grande Recife e na representação das empresas pela Urbana-PE, centra-se na perda de passageiros, o que gera a diminuição de arrecadação pelo setor privado de ônibus e força a elevação de tarifas. Consequentemente, a Grande Recife, ao exercer a função de regulamentar os preços das passagens a partir de uma modicidade tarifária, entra em conflito, pois para poder cumprir o contrato feito com a Urbana-PE precisa aumentar a tarifa, e dessa maneira afastará ainda mais os usuários desse serviço essencial para as cidades.

¹ Stakeholder é qualquer grupo ou indivíduo que pode afetar ou ser afetado pela realização dos objetivos de uma empresa (FREEMAN, 1984); ou seja, são indivíduos, grupos e organizações que se interessam pelas ações de uma empresa e que são habilidosos em influenciá-la.

Portanto, este trabalho está organizado em justificativa e motivação, no qual o tópico 1.1 explicita as razões pelas quais a pesquisa é importante, como também em objetivos gerais e específicos, no tópico 1.2, no qual detalha-se quais serão as finalidades gerais e específicas. Já no capítulo 2, foram destacados alguns autores e descritos os conceitos que norteiam este trabalho, como mobilidade urbana, demanda por transporte e *stakeholders*. No capítulo 3, explica-se sobre o transporte público na Região Metropolitana do Recife, especificamente o ônibus. A metodologia, por sua vez, está situada no capítulo 4, na qual estão identificados os métodos e materiais utilizados para investigar a significância dos fatores influentes na perda de demanda. No capítulo 5, estão dispostas as análises dos dados e verificação dos possíveis fatores que influenciam a perda de demanda do transporte público em relação a ônibus na RMR. Finalmente, está disposta a hipótese inicial da pesquisa e o resultado encontrado no capítulo 6 e, em seguida, todas as referências utilizadas nesta pesquisa.

1.1 Justificativa e motivação do trabalho

Este trabalho consiste em analisar, por meio de métodos econométricos, os fatores que ocasionam a perda de demanda no transporte público da Região Metropolitana do Recife (RMR). Sendo assim, pretende-se testar variáveis teóricas micro e macroeconômicas, as quais podem estar influenciando essa tendência, como a tarifa, a renda da população, a qualidade do transporte, o desemprego etc; e os serviços substitutos também serão testados, tais como motocicletas, bicicletas, carros, entre outros modos de locomoção. Isso será feito para entender e solucionar esse problema, que é tanto da população, pela pressão sobre as tarifas; quanto do Estado, pela obrigação do provimento; e do setor privado, pela solvência do setor.

Além de o transporte público ser um direito social garantido no Art. 6º da Constituição Federal, o Art. 8º da Lei nº 12.587/2012, da Política Nacional de Mobilidade Urbana, determina que ele tenha caráter essencial para: a promoção da equidade no acesso aos serviços; a melhoria da eficiência e da eficácia na prestação dos serviços; seja instrumento da política de ocupação equilibrada da cidade de acordo com o plano diretor municipal, regional e metropolitano; a contribuição dos beneficiários diretos e indiretos para custeio da operação dos serviços; a simplicidade na compreensão, transparência da estrutura tarifária para o usuário e publicidade do processo de revisão; a modicidade da tarifa para o usuário; a integração física, tarifária e operacional dos diferentes modos e das redes de transporte público e privado nas cidades; a articulação interinstitucional dos órgãos gestores dos entes federativos por meio de consórcios públicos.

Esta pesquisa é relevante no sentido de perceber se esse direito social e essas diretrizes estão sendo garantidos. Também é importante, sobretudo, porque é de interesse das empresas pública e privada entenderem os fatores que ocasionam a diminuição de usuários de transporte. O resultado dessa pesquisa pode ser utilizado para auxiliar no desenvolvimento e planejamento de novas soluções para o restabelecimento de um serviço universal, social, ambiental e economicamente sustentável.

1.2 Objetivo do trabalho

O objetivo geral é identificar quais fatores são influentes na perda de demanda por transporte público em relação a ônibus na Região Metropolitana do Recife (RMR) entre 2007 a 2019.

Como objetivos específicos, pode-se listar:

- Identificar as variáveis que influenciam a demanda de transporte público tanto no contexto local como na literatura técnica;
- Analisar os dados que caracterizam a demanda de ônibus na Região Metropolitana do Recife ao longo dos últimos 20 anos;
- Avaliar, por métodos estatísticos, sobre a base de dados de 2007 a 2019, as causas da perda de demanda de transporte público na Região Metropolitana do Recife (RMR).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceito de demanda

A microeconomia diz respeito ao comportamento de unidades econômicas de cada indivíduo; isto é, qualquer indivíduo — consumidores, trabalhadores e investidores — ou entidade que participe do funcionamento da economia (PINDYCK; RUBINFELD, 2013). O estudo da microeconomia é importante para a construção de uma teoria com resultados econômicos decorrentes da interação entre essas unidades.

Essa unidade econômica, assim, evidencia como os indivíduos tomam decisões de compra e de que maneira suas escolhas são influenciadas pelas variações de preço e renda. Ela também explica como as empresas estabelecem o número de funcionários que serão contratados e como os trabalhadores decidem onde e por quanto trabalhar, por exemplo. No interior desse estudo, existem os conceitos de oferta e de demanda; contudo, para este trabalho, será descrito e aprofundado o conceito de demanda.

Pode-se entender como demanda a quantidade de um bem ou serviço que o consumidor pode e está disposto a adquirir a partir de um determinado preço. Essa demanda está fundamentalmente relacionada às necessidades e aos desejos do consumidor. Segundo Byrns e Stone (1997, p. 580), “demandas são as quantidades de vários bens que as pessoas desejam e podem comprar durante um certo período, dadas as alternativas disponíveis”. A relação do consumidor com a demanda e o preço trata-se da capacidade de pagamento, ou seja, se não for possível pagar, não há demanda efetiva.

O preço, por sua vez, é quando o consumidor paga por uma unidade de determinado bem ou serviço. Sendo assim, a quantidade demandada é a quantidade do que o consumidor deseja e pode pagar. Com isso, o aumento no preço do bem ou do serviço diminui a quantidade demandada destes. E quando existe uma queda no preço, aumenta a quantidade demandada.

No entanto, o preço em si do bem ou serviço não é o único fator que interfere na demanda, existem inúmeros outros como renda, mudança de preferência, preços de bens relacionados, tamanho ou composição da população etc. E isso é chamado de deslocamento de demanda, o qual altera as curvas de demanda. As curvas de demanda são gráficos que informam a quantidade demandada a cada preço, e elas são diferentes para cada bem ou serviço. Essas curvas podem aparecer relativamente íngremes ou planas, como também podem ser retas ou curvas. Elas compartilham a principal semelhança de suas inclinações serem decrescentes da esquerda para a direita, incorporando a lei da demanda: à medida que o

preço aumenta, a quantidade demandada diminui, e à medida que o preço diminui, a quantidade demandada aumenta. Ao analisar os fatores que modificam as curvas, como preço, renda do consumidor, bens substitutos etc., é possível compreender o funcionamento do mercado e, assim, buscar alternativas para que haja um equilíbrio entre a oferta e a demanda.

Rabay (2019, p. 21) explica que “os pares de observações relativos ao preço e à renda irão demonstrar as escolhas dos consumidores na curva de demanda relacionando o preço com a quantidade demandada”. Assim, é possível analisar o efeito de uma mudança de preço no bem-estar dos indivíduos, por exemplo.

Os bens podem ser definidos como normais, quando a demanda cresce devido ao crescimento da renda e inferiores quando ocorre o inverso, ou seja, a demanda sofre uma redução com o aumento da renda. Mesmo sendo trivial supor que uma queda de preço resultará numa maior demanda, conhecido como bem comum, a situação inversa também é possível. (RABAY, 2019, p. 21)

Quando um bem ou serviço aumenta, a renda aumenta concomitantemente, esse é o bem normal. Contudo, quando a demanda desse bem ou serviço diminui e a renda aumenta, esse bem é chamado de inferior. Isto é, a curva de demanda de bens inferiores se desloca para a esquerda quando a renda aumenta.

Outro conceito importante do estudo da oferta e da demanda e que baseia este trabalho é o de elasticidade, o qual será abordado a seguir.

2.1.1 Definição de elasticidade

A elasticidade está inserida no campo de estudo da oferta e da demanda da microeconomia. Pode-se afirmar que a elasticidade mede quanto uma variável é afetada por outra. Pindyck e Rubinfeld (2013, p. 33) explicam que a elasticidade “é um número que nos informa a variação percentual que ocorrerá em uma variável como reação a um aumento de um ponto percentual em outra variável”.

Além disso, eles exemplificam que “a elasticidade preço da demanda mede quanto a quantidade demandada pode ser afetada por modificações no preço” (p. 33). Assim, a elasticidade pode explicitar qual será a variação percentual na quantidade demandada de uma bem ou serviço após um aumento de 1% no preço destes (PINDYCK; RUBINFELD, 2013).

Em geral, a elasticidade preço da demanda para uma mercadoria depende da disponibilidade de outras mercadorias que possam ser substituídas por ela. Quando há substitutos próximos, um aumento no preço fará o consumidor comprar menos da mercadoria e mais da substituta. A demanda, então, será altamente elástica ao preço. Quando não existem substitutos, a demanda tenderá a ser inelástica ao preço. (PINDYCK; RUBINFELD, 2013, p. 34)

A quantidade demandada pelos consumidores com relação ao preço está atrelada à elasticidade preço de demanda, ou seja, a variação percentual na quantidade demandada é resultante de determinada variação percentual no preço.

Essa vontade reduz à medida que a oferta do bem aumenta, ou seja, o preço que o consumidor está disposto a pagar diminui com o crescimento da oferta. Este desejo é definido como a elasticidade e mede a intensidade da modificação da demanda através de mudanças no preço, na renda e em outras variáveis que possam influenciar a demanda, ou seja, a variação percentual da quantidade demandada dado uma variação percentual no preço, na renda ou em outros fatores. (RABAY, 2019, p. 22)

Na elasticidade, existem modelos matemáticos que explicam a relação entre a demanda e a oferta, e os fatores que as modificam. Sendo assim, os quatro modelos matemáticos são:

1. Elasticidade preço da demanda: mede o aumento ou a diminuição, em porcentagem, da quantidade de demanda devido a uma mudança percentual nos preços;
2. Elasticidade renda da demanda: mede o quanto a quantidade de demanda de um bem muda com uma alteração na renda dos indivíduos;
3. Elasticidade preço cruzada da demanda: mede a reação dos consumidores às mudanças de preços substitutos;
4. Elasticidade preço da oferta: mede o quanto a quantidade oferecida responde às alterações no preço do bem.

Neste trabalho, esses modelos matemáticos — especialmente a elasticidade preço de demanda — serão desenvolvidos nas análises dos dados para saber quais são os fatores que influenciam a perda de demanda de transporte público em relação a ônibus na Região Metropolitana do Recife (RMR). Por causa disso, é importante conhecer sobre a mobilidade urbana, a qual envolve o transporte público, especificamente ônibus e como ocorre a demanda deste, o que será visto nos próximos tópicos e capítulos.

2.2 Conceito de mobilidade urbana

Segundo Lopes, Martorelli e Costa (2020, p. 40), “mobilidade urbana deve ser entendida como a capacidade de dar suporte aos deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano para a realização das atividades diárias”. Mobilidade urbana é o termo que se refere ao

deslocamento de pessoas e bens dentro de uma cidade, por diversos meios de locomoção: a pé, bicicleta, transporte público, carro particular, motocicleta, táxi, entre outros.

A mobilidade urbana também inclui as infraestruturas, políticas e regulamentações que influenciam a maneira como as pessoas se deslocam pela cidade; a disponibilidade e a qualidade das estradas, calçadas, ciclovias, os transportes públicos, estacionamento, sinalização e planejamento urbano estão inclusos nesse grande sistema.

O objetivo da mobilidade urbana é garantir que as pessoas possam se deslocar de maneira eficiente, segura, acessível e sustentável pela cidade, minimizando congestionamentos, acidentes de trânsito, emissões de gases poluentes e impactos negativos na saúde pública. Para isso, é necessário um planejamento integrado e estratégico que leve em conta as necessidades de mobilidade de toda a população, especialmente dos grupos mais vulneráveis, como idosos, pessoas com deficiência e baixa renda.

2.3 Transporte público coletivo

O transporte público é um serviço de transporte oferecido à população em geral, geralmente em áreas urbanas, para permitir que as pessoas se desloquem de um lugar a outro em veículos compartilhados. Esse tipo de transporte é, geralmente, operado pelo governo ou por empresas privadas e inclui ônibus, trens, metrôs, bondes, barcos e outros tipos de transporte coletivo. Segundo a Lei nº 12.587/2012, da Lei de Mobilidade Urbana, é um “serviço público de transporte de passageiros acessível a toda a população mediante pagamento individualizado, com itinerários e preços fixados pelo poder público”.

O objetivo do transporte público é fornecer uma opção acessível e conveniente para as pessoas se deslocarem dentro da cidade, especialmente para aqueles que não possuem um veículo particular ou não têm condições de utilizá-lo por motivos financeiros, de mobilidade ou de saúde. Além disso, o transporte público também tem a função de ajudar a reduzir o congestionamento nas estradas e melhorar a qualidade do ar.

Os sistemas de transporte público costumam ter rotas e horários estabelecidos, com paradas ou estações pré-determinadas, e os passageiros pagam uma tarifa para utilizar o serviço. Esses sistemas são regulados pelas autoridades locais de transporte, que são responsáveis pela definição de políticas, regulamentos, financiamento e planejamento, os quais têm a função de garantir a eficácia e qualidade do serviço de transporte público.

2.4 Fatores influentes na demanda por transporte público

Durante as décadas de 1960 e 1970, houve algumas mudanças consideráveis, que refletem ainda hoje o modelo atual de transporte público. Até certo tempo, o transporte coletivo era reconhecido como essencial para a forma de vida que as pessoas viviam, no entanto, depois de oferecido, esse serviço foi considerado uma atividade geradora de lucro.

Nessa época, foi realizada uma pesquisa colaborativa entre alguns países desenvolvidos como Alemanha, Austrália, Canadá, EUA, França, Holanda, Nova Zelândia, Reino Unido e Suécia, no qual este ponto de vista foi refutado. O transporte público coletivo começou a ser visto como um serviço público ou questão social, e que não mais conseguiria ser tratado exclusivamente a partir de parâmetros da lógica do mercado. A luta pelo incentivo público ao transporte coletivo foi inserida com a premissa de ampliar os benefícios indiretos e diretos do transporte (WEBSTER; BLY, 1981).

Dependendo das circunstâncias particulares, acredita-se que esses benefícios residem na eficiência geral do transporte; na proteção do meio ambiente; na segurança e na melhoria da mobilidade para os setores desfavorecidos da sociedade; e na conservação de energia. Paradoxalmente, o desprezo aos requisitos comerciais normais de desempenho levou à necessidade de mais compreensão de como o trânsito — ou seja, o transporte público — atrai seus usuários, uma vez que a medida de um sistema bem-sucedido não é mais a simples rentabilidade, mas, sim, a satisfação (dentro de uma restrição financeira) de uma série de objetivos sociais, que, muitas vezes, são complexos e ocasionalmente conflitantes (WEBSTER; BLY, 1981).

Considerando que a demanda por transporte pode ser influenciada por vários aspectos de demanda, segundo Webster e Bly (1981), o fator viagem é bem diferente de qualquer outro bem ou serviço que pode ser adquirido. Visto que a viagem não há serventia em si mesma, ela só é útil porque está intimamente relacionada à atividade no final da viagem. Nesse sentido, a viagem envolve dois tipos de gasto: o de dinheiro e o de tempo; no entanto, o tempo em viagens no transporte público é especialmente complexo, pois as viagens dependem da frequência e do tempo do serviço oferecido pela empresa.

É possível expressar matematicamente, por meio da função de demanda, a relação entre a quantidade de pessoas que viajam por uma modalidade específica e os fatores que influenciam essa demanda. A relação entre a demanda e os vários fatores de demanda é estimada observando como a demanda responde à medida em que os fatores mudam ao longo do tempo — processo que pode ser chamado de análise de série temporal — ou analisando

como a demanda varia em diferentes áreas nas quais os fatores tomam valores diferentes — processo que pode ser chamado de análise transversal — (WEBSTER; BLY, 1981).

Conforme Webster e Bly (1981), os fatores que afetam a demanda por transporte público são: renda, uso do solo, tarifa do transporte público e qualidade do serviço. A renda influencia porque, a partir do momento que os usuários recebem maiores salários, ou seja, aumentam a renda, elas trocam o transporte público por um bem substituto, que seria um automóvel ou outro bem equivalente.

Além disso, por um lado, os indivíduos de baixa renda geralmente dependem mais do transporte público como seu meio de transporte primário, enquanto os de alta renda têm mais probabilidade de possuir e usar veículos particulares. Isso significa que a demanda por transporte público pode ser maior em áreas onde a população tem uma renda mais baixa. Por outro lado, em algumas áreas, os indivíduos de alta renda podem optar por usar o transporte público para evitar congestionamentos e dificuldades de estacionamento, ou para reduzir seus custos de viagem. Isso pode aumentar a demanda por transporte público em certas rotas ou áreas.

A renda, como já explicitado, também pode influenciar as escolhas dos usuários de transporte público em relação a quais tipos de serviços de transporte público eles usam, tratando-se da qualidade do serviço. Por exemplo, usuários com maior renda podem estar mais propensos a usar serviços mais caros e confortáveis, como ônibus executivos ou trens de alta velocidade. Em resumo, a renda pode influenciar a demanda por transporte público de várias maneiras, e entender essas relações é importante para desenvolver políticas e serviços de transporte público que atendam às necessidades dos diferentes grupos de usuários.

O uso do solo é um outro fator influente, pois o padrão de uso do solo em uma área pode determinar a densidade populacional e a disponibilidade de locais de trabalho, comércio e lazer, que podem aumentar ou diminuir a demanda por transporte público. Por exemplo, áreas urbanas com alta densidade populacional e mix de usos do solo (comércio, serviços e habitação) geralmente têm maior demanda por transporte público do que áreas com baixa densidade populacional e usos do solo predominantemente residenciais.

A tarifa elevada, por sua vez, pode desestimular o uso do transporte público, principalmente pelos usuários de baixa renda. Por outro lado, uma tarifa muito baixa pode levar a uma sobrecarga do sistema, com uma grande demanda que não pode ser atendida adequadamente. Os autores destacam que é importante encontrar um equilíbrio entre a tarifa e a demanda, e que a tarifa deve ser vista como uma das várias ferramentas que os operadores de transporte têm para gerenciar a demanda. Além disso, eles apontam que o impacto da tarifa

na demanda pode ser medido por fatores como: o valor percebido do serviço e a qualidade do transporte.

Por conseguinte, a qualidade do serviço se refere a vários aspectos do serviço prestado, como conforto, pontualidade, segurança, confiabilidade, entre outros. Webster e Bly (1981) afirmam que a percepção dos usuários em relação à qualidade do serviço pode influenciar diretamente a demanda por transporte público, pois um serviço de alta qualidade tende a atrair mais usuários e aumentar a demanda. Enquanto um serviço de baixa qualidade pode levar à perda de usuários e à diminuição da demanda.

Segundo Rabay (2019), os autores nem sempre entram em consenso com relação à comparação do nível de importância de um parâmetro comparado ao outro. Isso ocorre porque fatores relativos à localidade do estudo, ao tipo de metodologia e ao foco da análise afetam intensamente os resultados. Rabay (2019) ainda explica que, para Balcombe *et al.* (2004), o parâmetro mais discutido com relação à demanda por transporte público é possivelmente a tarifa, principalmente porque é mais fácil identificar e mensurar as mudanças tarifárias.

Existe uma parcela da população que utiliza o transporte público por ter apenas essa alternativa, ou porque não tem renda, ou porque não possui idade adequada — pois não tem renda própria —, ou porque apresenta alguma deficiência. Dentro desses aspectos, estão os idosos, os indivíduos de baixa renda e os jovens, os quais são chamados de usuários cativos, visto que eles não têm escolha.

Contudo, existe também um grupo de usuários do transporte público que encontra uma oportunidade, devido ao crescimento de suas condições financeiras, e pode comprar uma motocicleta, ou utilizar um veículo por aplicativo, como o Uber, entre outras. Se a gasolina estiver barata e a motocicleta também estiver nas condições do indivíduo, por exemplo, este pode ser levado a consumir um transporte individual. Pode-se afirmar, então, que, quando a renda do indivíduo aumenta, as possibilidades de consumo dele também aumentam. Portanto, os elementos que afetam a demanda são: tarifa, qualidade do serviço, renda e produtos comparáveis.

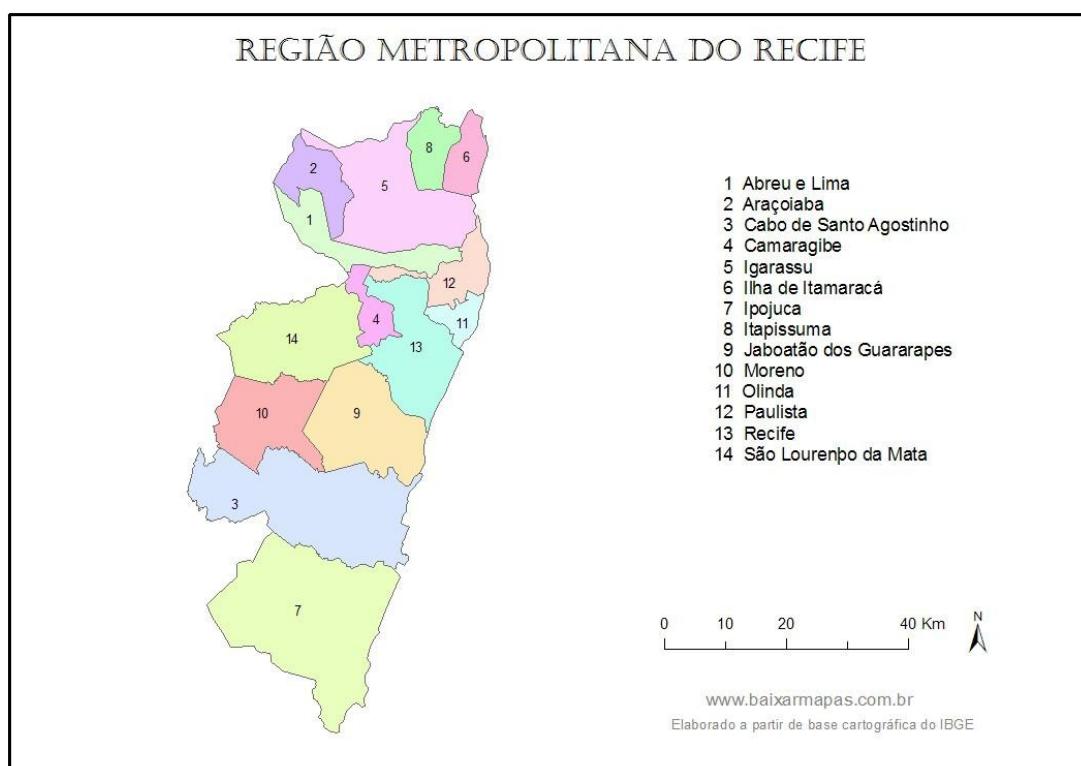
3 CARACTERIZAÇÃO DOS ÔNIBUS DA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE (RMR)

3.1 Região Metropolitana do Recife (RMR) e Sistema de Transporte Público na Região Metropolitana do Recife (STPP/RMR)

Foi por meio da Lei Complementar Federal nº 14, de 8 de junho de 1973, que a Região Metropolitana do Recife foi instituída. Além disso, juntamente com a do Recife, foram criadas outras sete regiões metropolitanas no Brasil a partir dessa lei. Os municípios se tornaram entes federativos com autonomia administrativa, financeira e política a partir da Constituição Federal de 1988. Nesse sentido, com o poder descentralizado, houve uma municipalização da prestação de serviços, como no caso do transporte intramunicipal. Atualmente, o Brasil conta com 74 regiões metropolitanas, de acordo com a Agência Brasil (2020).

Segundo o IBGE, no Censo de 2010, a Região Metropolitana do Recife (RMR) possui cerca de 3,69 milhões de pessoas e é formada pelos seguintes municípios: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata.

Figura 1 – Região Metropolitana do Recife (2010).



Fonte: Baixe Mapas (<https://www.baixarmapas.com.br/mapa-da-regiao-metropolitana-de-recife-rmr/>).

3.1.1 Stakeholders

Os *stakeholders* envolvidos nesta pesquisa são: Grande Recife Consórcio de Transporte, Urbana-PE e os usuários de ônibus. A Grande Recife Consórcio e Transporte é uma organização responsável pela gestão do sistema de transporte público da Região Metropolitana do Recife, em Pernambuco. O consórcio foi criado em 8 de setembro de 2008, após a extinção da Empresa Metropolitana de Transportes Urbanos (EMTU), com o objetivo de integrar os sistemas de transporte de vários municípios da região, a fim de melhorar a eficiência e a qualidade do serviço prestado à população.

Formalmente criado em 08 de setembro de 2008, o CTM tem como objetivo a gestão plena e associada do STPP/RMR. Entre suas principais atribuições estão a de planejamento, fiscalização e regulação do Sistema de Transporte Público de Passageiros da RMR. Vale ressaltar que o CTM atua apenas na área dos entes consorciados. (BEST, 2011, p. 173)

O Grande Recife Consórcio constitui um consórcio público de natureza jurídica de direito privado e sem fins lucrativos (BEST, 2011). Esse consórcio apresenta uma nova forma de gestão do transporte público, com foco em um serviço público de qualidade, bem como de acessibilidade e mobilidade. De acordo com o Grande Recife Consórcio, suas principais funções são: assegurar a qualidade e a universalidade dos serviços prestados; contratar os serviços através de licitações públicas; e fiscalizar os contratos de concessão, entre outros.

Já a Urbana-PE é o Sindicato das Empresas de Transporte de Passageiros de Pernambuco, isto é, uma organização sem fins lucrativos que representa as empresas de transporte público de passageiros do estado de Pernambuco. A associação foi fundada em 1944 e tem o objetivo de promover o desenvolvimento e a melhoria do setor de transporte coletivo no estado. Esse sindicato tem a missão de representar e defender os interesses das empresas de transporte público de passageiros junto aos órgãos governamentais e à sociedade em geral. Ele também atua como um canal de comunicação entre as empresas de transporte, compartilhando informações sobre as melhores práticas, tecnologias e tendências do setor.

Além disso, a Urbana-PE trabalha em conjunto com as autoridades locais de transporte, com o objetivo de melhorar a qualidade do transporte público e aprimorar as políticas públicas relacionadas ao setor. A associação também promove programas de capacitação e

treinamento para os profissionais das empresas de transporte, buscando aprimorar a qualidade dos serviços prestados aos usuários.

As empresas que fazem parte da Urbana-PE e, consequentemente, atendem os municípios da RMR são: Itamaracá Transportes, Expresso Vera Cruz, Mobi-PE, Rodotur, São Judas Tadeu, Transcol, Pedrosa, Metropolitana, Rodoviária Caxangá, Borborema Imperial Transportes LTDA, Viação Mirim LTDA, Transportadora GLOBO, Conorte-PE e Cidade Alta.

Os usuários de ônibus, por sua vez, são indivíduos que utilizam o transporte coletivo por meio de ônibus para se deslocar de um lugar a outro — podendo ser estudantes, trabalhadores, idosos e pessoas com deficiência etc. Estes representam uma parcela grande da população que depende do transporte público para acessar o trabalho, a escola, os serviços públicos e outras atividades. Para isso, pagam uma tarifa para utilizar o serviço e podem ter acesso a diferentes tipos de ônibus — BRT, opcional e micro-ônibus —, dependendo da linha, da região e do horário de circulação.

Usuários: utilizam o serviço público para suprir suas necessidades de deslocamento e não tem maiores preocupações com a operação dos serviços. Na tomada de decisão quanto ao uso do transporte público, levam em consideração a regularidade, tempo de deslocamento, conforto, custos, entre outros atributos. (EMPRESA BRASILEIRA DE TRANSPORTES URBANOS, 1998)

Os usuários de ônibus têm grande importância para a economia e a sociedade, pois o transporte público é uma forma de garantir o deslocamento, para quem os utiliza, à cidade e aos seus serviços de maneira mais acessível, além de ser uma alternativa sustentável e menos poluente em relação ao transporte particular.

4 METODOLOGIA

A metodologia desenvolvida neste estudo baseia-se na análise exploratória de dados, que se divide em análise descritiva e análise inferencial. A análise descritiva apresenta os dados de forma univariada por meio de suas distribuições estatísticas e gráficos de suas evoluções no tempo. Já a análise inferencial está dividida em formulação de testes de hipóteses para verificar a influência de fatores de controle sobre as variáveis e em modelos preditivos, que buscam estimar a influência conjunta sobre as variáveis dependentes ou explicadas, como demanda, oferta ou IPK.

A análise descritiva de dados é uma técnica utilizada em estatística e em pesquisa de dados para descrever e resumir as principais características e padrões presentes em um conjunto de dados. É um processo que tem a finalidade de resumir e organizar as informações contidas nos dados de modo a torná-las mais compreensíveis e úteis para análises posteriores.

Essa análise pode incluir a utilização de várias medidas estatísticas, como média, desvio padrão, mediana, quartis, amplitude, entre outras, para descrever características como a centralidade, a variabilidade e a distribuição dos dados. Além disso, também pode envolver a visualização de dados por meio de gráficos, tabelas e histogramas a fim de ajudar a entender as relações entre as variáveis e identificar possíveis padrões.

Inicialmente, cabe descrever estatisticamente os dados relativos às variáveis operacionais, vinculadas ao sistema de transportes públicos de passageiros da RMR (STPP/RMR) e às variáveis socioeconômicas, influentes no uso dos transportes públicos, durante o período de análise de 156 meses (jan/2007 a dez/2019). Com isso, as análises descritivas na forma de distribuição dos dados são complementadas por análises gráficas do comportamento temporal da evolução das variáveis.

Dessa forma, foi realizado um levantamento por meio de uma base de dados de janeiro de 2007 a dezembro de 2019 com todas as informações dessas variáveis obtidas nos anuários estatísticos da Grande Recife Consórcio de Transporte, e complementados por dados secundários de órgãos como o IBGE, o Ministério de Trabalho, a ANP, o Detran e o Denatran, que é possível consolidar mês a mês. Os dados econômicos, como tarifa, renda, PIB, salário, preço da gasolina, foram deflacionados pelo INPC a partir de 2007.

Os dados, então, mostram que a demanda de transporte público tem caído nos últimos anos, independentemente da pandemia da covid-19, visto que os dados referidos são anteriores à pandemia. Nas análises, será notado como ocorre essa queda de demanda. O índice de quebra, a idade da frota e o cumprimento de viagens etc. dizem respeito à qualidade do serviço. Quando se pensa na renda, trata-se do PIB, pois, quando o PIB cresce, a princípio,

a renda dos indivíduos aumenta concomitantemente. Quando há um crescente desemprego, há menos usuários do transporte. O IBGE, por sua vez, é o órgão que trata das taxas de desemprego, da população e da renda.

Por meio da análise exploratória, foi observado esse conjunto de dados para entender o comportamento das principais variáveis através da descrição desses valores, mostrando a distribuição, a média, o desvio padrão; e os gráficos são importantes para realizar uma interpretação de como, ao longo desses 156 meses (jan./2007 a dez./2019), essas variáveis se comportaram ano a ano. A partir do programa SPSS, os dados obtidos foram manipulados, a fim de que fosse gerado um relatório para a análise dos resultados. Portanto, será possível elencar quais são os fatores influentes na perda de demanda por transporte público em relação a ônibus na RMR.

Para a metodologia, foi operado outro tipo de análise: a de regressão. A análise de regressão é uma técnica estatística utilizada para avaliar a relação entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes. É uma técnica comumente usada em pesquisa e análise de dados para prever ou explicar o comportamento da variável dependente com base em informações das variáveis independentes.

Essa análise pode ser usada tanto para análise descritiva quanto para análise inferencial. Na análise descritiva, a regressão pode ser usada para descrever a relação entre as variáveis, enquanto na análise inferencial, a regressão pode ser usada para testar hipóteses e fazer previsões.

Existem vários tipos de regressão, e os principais são: regressão linear simples e regressão linear múltipla. Na regressão linear simples, uma variável independente é usada para prever uma variável dependente, enquanto na regressão linear múltipla, várias variáveis independentes são usadas para prever uma variável dependente. Além disso, existem outros tipos de regressão, como regressão logística e regressão não linear, que servem a diferentes tipos de dados e problemas.

Em geral, a análise de regressão é uma ferramenta muito significativa para entender e prever o comportamento dos dados, e é amplamente utilizada em áreas como finanças, ciências sociais, saúde, engenharia e outras áreas de pesquisa.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise descritiva

Em geral, a análise descritiva é usada como uma etapa inicial na análise de dados, e pode fornecer uma base sólida para outras técnicas de análise mais complexas, como a análise inferencial, que é usada para testar hipóteses e fazer previsões com base em dados amostrais. Nesse sentido, parte deste capítulo desenvolve sobre a análise descritiva a partir de variáveis vinculadas à operação do transporte e a partir de variáveis socioeconômicas influentes na demanda.

5.1.1 Análise descritiva a partir de variáveis vinculadas à operação do transporte

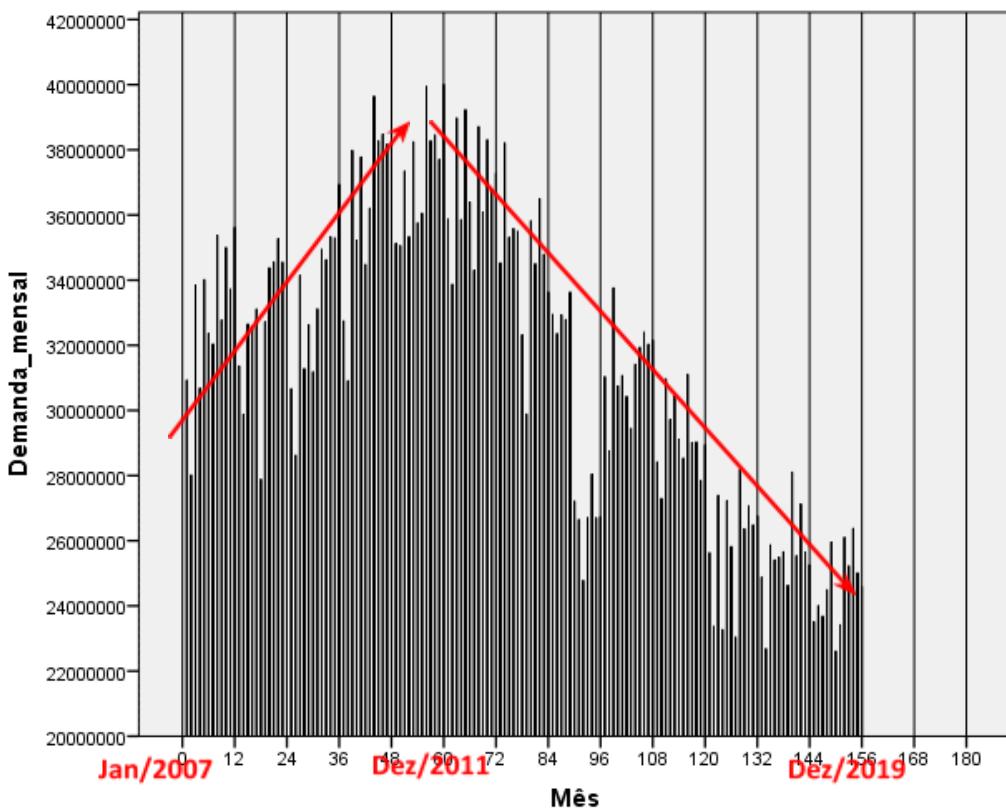
Tabela 1: Resumo descritivo das variáveis vinculadas à operação do transporte.

	Demandas mensais	Produção	IPK	I. quebra	Id. Frota	% SEI	C. viagens	Reclamações	Tarifa
Média	31.548.820	18.385.286	1,709	2.626	4.248	0,402	97,82	941	1,64
Desvio Padrão	4.662.107	1.745.305	0,121	0,8607	0,3851	0,121	1,62	318	0,09
25%	27.237.543	16.992.263	1,623	2.1200	3.902	0,277	96,20	694	1,57
50%	32.237.228	18.615.743	1,716	2.4055	4.280	0,366	97,87	937	1,65
75%	35.308.292	19.720.622	1,805	2.8350	4.567	0,535	99,41	1181	1,71

Fonte: SPSS (2022).

De janeiro de 2007 a dezembro de 2011, a demanda mensal por transporte público da RMR em passageiros equivalentes aumentou, em média, 95.746 passageiros ao mês. Por outro lado, de janeiro de 2012 a dezembro de 2019, a demanda mensal decresceu na ordem 127.014 passageiros ao mês. Essa evolução da demanda está apresentada em uma série temporal no Gráfico 1.

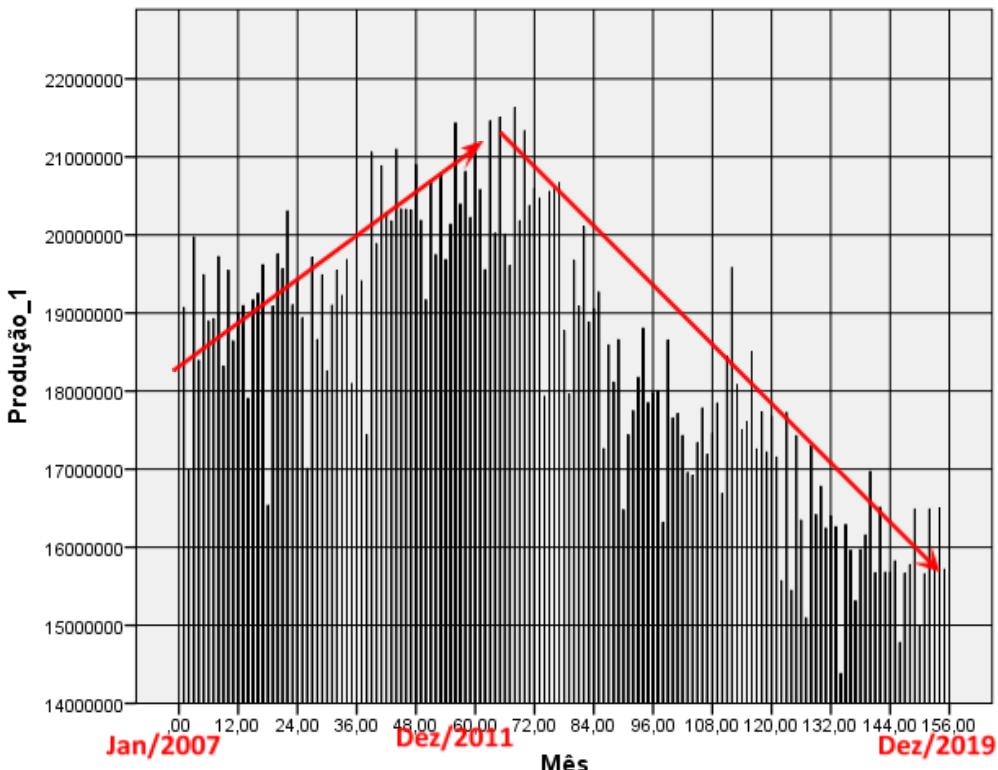
Gráfico 1 – Evolução da demanda de transporte público na RMR (jan./2007 a dez./2019).



Fonte: SPSS (2022).

Com relação à oferta, representada pela quilometragem produzida pelo sistema, pode-se observar que, de 2007 a 2011, a produção mensal cresceu, em média, de 19.000.000 km para 21.500.000 km, acompanhando o aumento da demanda, que aconteceu até o final de 2011. A partir de 2012, o sistema de transporte público da RMR foi paulatinamente reduzindo sua oferta na ordem 60.000 km mensais, acomodando-se à redução da demanda (ver Gráfico 2).

Gráfico 2 – Evolução da oferta de transporte público na RMR em km de produção mensal.

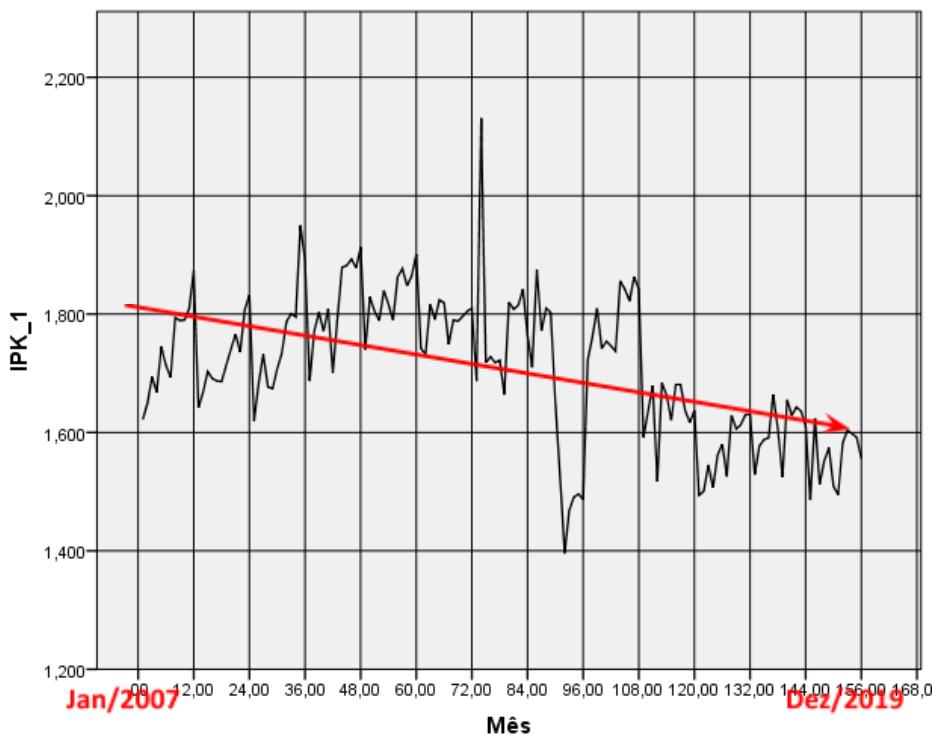


Fonte: SPSS (2022).

Mesmo com a tentativa de acomodação da oferta à demanda, o sistema tende para um desequilíbrio financeiro pela redução de sua produtividade, ou seja, a demanda tem caído mais que a oferta. Assim, a produtividade do sistema, medida pelo Índice de Passageiros Pagantes por Quilômetro (IPK) — que significa o total de passageiros dividido pelo total de quilômetros que eles percorrem — está em queda. O IPK do sistema apresenta uma redução quando cai de 1,8 em média entre 2007 e 2015, para 1,6 em média entre 2016 e 2019 (ver Gráfico 3). Essa redução de IPK pode apontar o desequilíbrio financeiro do sistema. Então, descobrir as causas dessas flutuações de demanda, de oferta e de produtividade representa o objetivo deste trabalho.

Como é possível perceber, a demanda e a oferta crescem e decrescem no mesmo período: entre o início de 2007 e o fim de 2011, e o fim de 2011 e o fim de 2019. Contudo, a oferta cai em uma intensidade menor que a demanda. Se o IPK estiver muito baixo, isso significa que existe muito ônibus circulando para poucos usuários, logo a receita não sustenta os custos. Uma maneira de ajustar essa insustentabilidade financeira será reduzir a oferta de ônibus, que, consequentemente, diminuirá os custos gastos com o transporte.

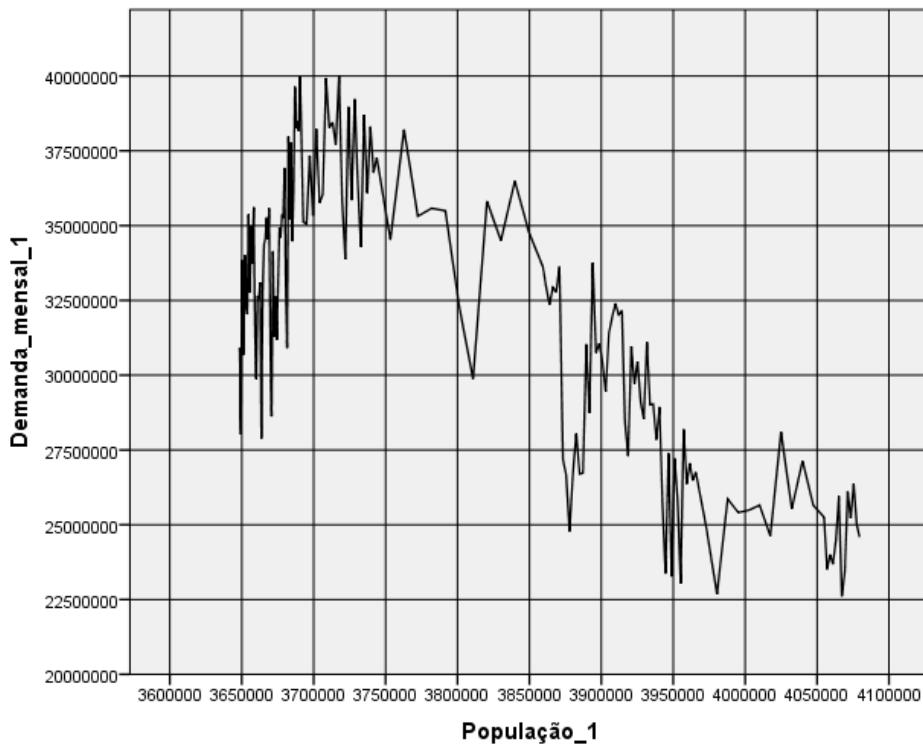
Gráfico 3 – Evolução do Índice de Passageiros por Quilômetro (IPK) na RMR (jan./2007 – dez./2019).



Fonte: SPSS (2022).

Uma outra maneira de verificar a perda da participação do transporte público na matriz de transportes de passageiros metropolitana é a relação apresentada no Gráfico 4, entre a demanda mensal por transporte público e a população metropolitana. Observa-se que, de 2007 ao final de 2011, a relação entre essas variáveis era crescente, passando de cerca 8,5 para 10,7 passageiros mensais de transporte público por habitante, e daí reduzindo-se a 6,0 passageiros transportados mensalmente por habitante. Essa redução pode ser explicada pela competição com os transportes individuais, como automóveis, motocicletas e veículos por aplicativos, ou pela redução generalizada da demanda por mobilidade devida a fatores econômicos, tais como recessão, desemprego e perda de renda.

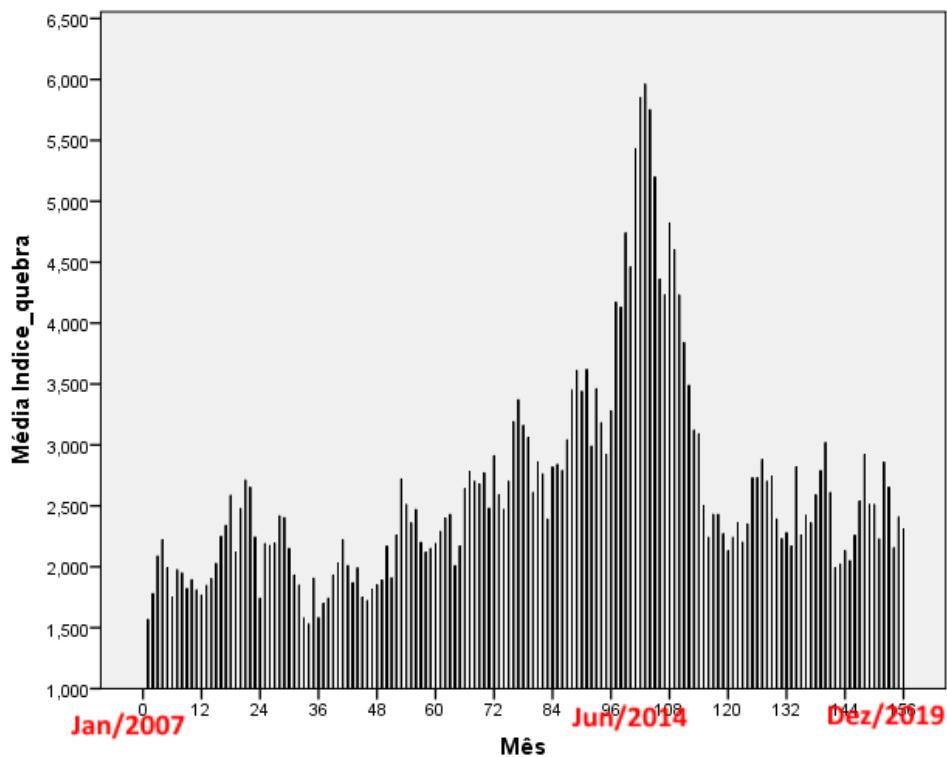
Gráfico 4 – Relação passageiro equivalente transportado x habitante na RMR.



Fonte: SPSS (2022).

Quanto ao Índice de Quebra, uma variável *proxy* da qualidade do serviço, não parece revelar uma relação direta com a demanda ou com a oferta. Este variou de forma crescente de início do período de análise até meados de 2014 (1,5 a 6), atravessando períodos de demanda crescente e declinante. Do pico em 2014, iniciou-se um processo de redução, estabilizando nos últimos três anos em torno do valor 2,5.

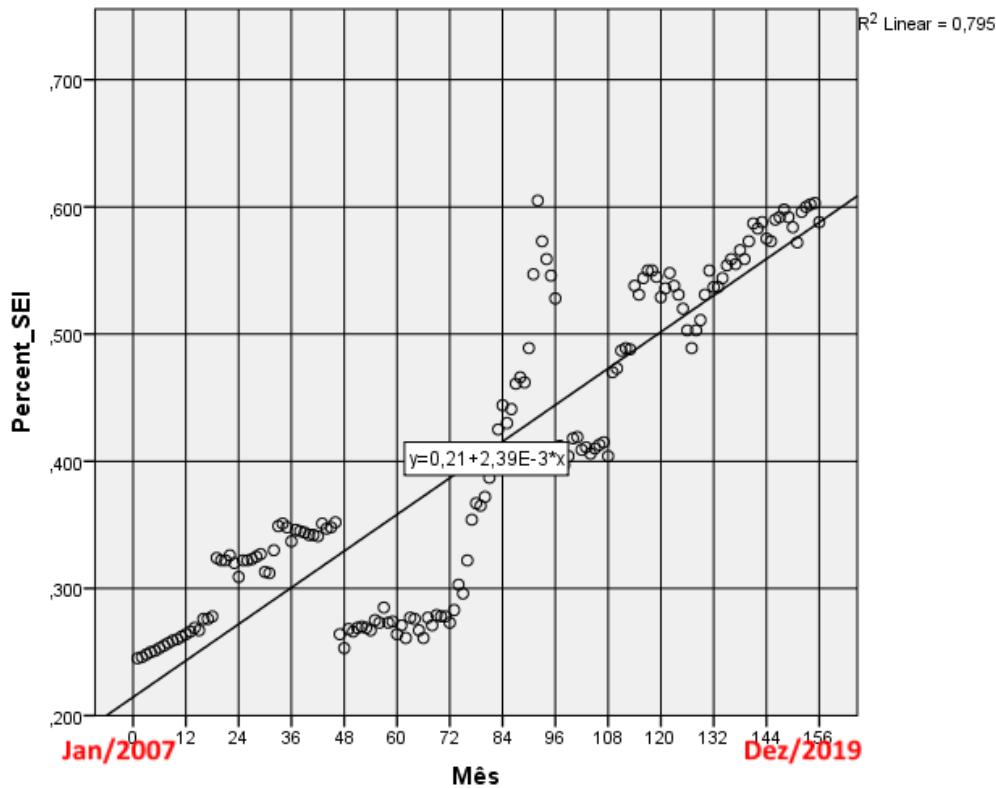
Gráfico 5 – Evolução do Índice de Quebra.



Fonte: SPSS (2022).

No entanto, há um fator que deve ser investigado na perda de demanda crescente, principalmente nos últimos cinco anos. Esse fator refere-se à influência do aumento dos passageiros integrados no sistema de transportes (SEI) em relação ao total de passageiros equivalentes. O Gráfico 6 mostra uma tendência crescente, que, se considerada linear no período de análise, demonstra que a cada ano em média aumentou em 2,87% ($12 \times 0,00239$) a participação do SEI dentro do sistema de transportes públicos (STPP) da RMR. Essa variável pode indicar que, com o aumento das integrações, é reduzido relativamente o número de passageiros pagantes, mas não necessariamente o número de passageiros transportados pelo sistema.

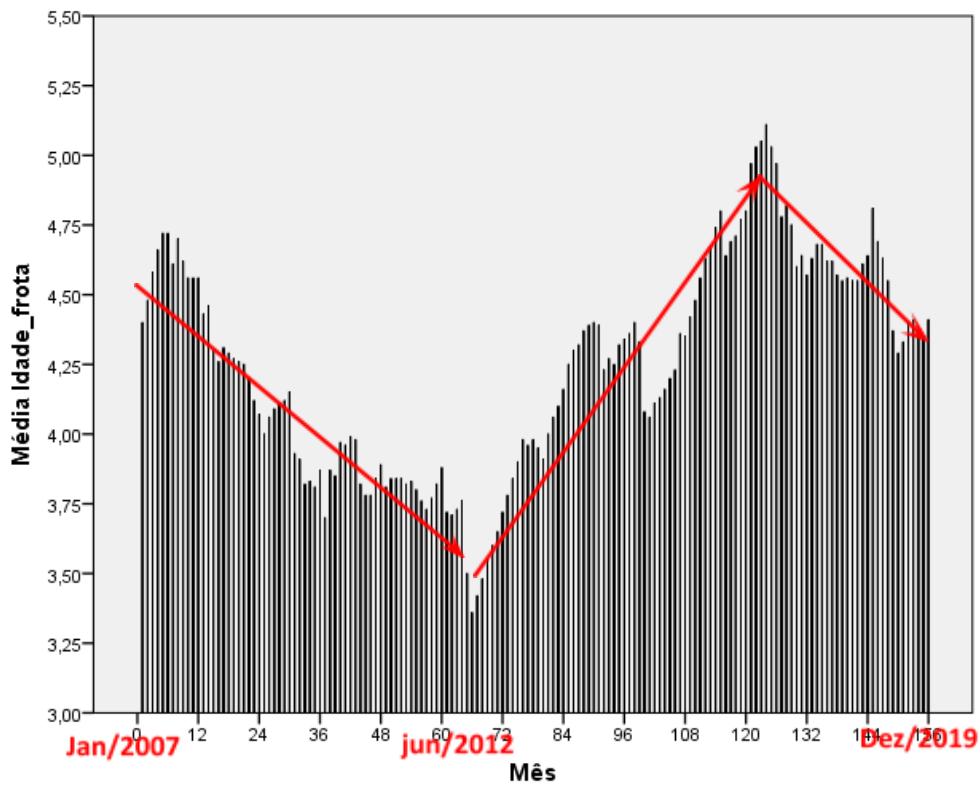
Gráfico 6 – Evolução da participação percentual do SEI em relação à demanda no tempo.



Fonte: SPSS (2022).

Quando analisada a evolução da idade média da frota, também considerada uma variável que expressa a qualidade do serviço, inicialmente percebe-se que, na fase de crescimento da demanda (jan./2007 a dez./2011), ela reduzia de forma consistente (de 4,7 a 3,5 anos). No entanto, a partir do período consistente de redução da demanda de passageiros, a idade da frota começou a aumentar, pelo menos até meados de 2016, quando atingiu cerca de cinco anos. Nesses períodos iniciais de aumento e perda de demanda, economicamente, parece fazer sentido, tanto de redução quanto de aumento da idade da frota, como reflexo das variações nas receitas do sistema. Desse período em diante, apesar da continuação da redução da demanda, o sistema voltou a renovar a frota reduzindo, até 2019, a idade média para o valor médio do período analisado de 4,25 anos. A renovação da frota explica-se pela elevada idade da frota, que também gera aumento de custos operacionais. O Gráfico 7 apresenta essa evolução. Então, pode-se afirmar que, quando a frota envelhece, os custos sobem.

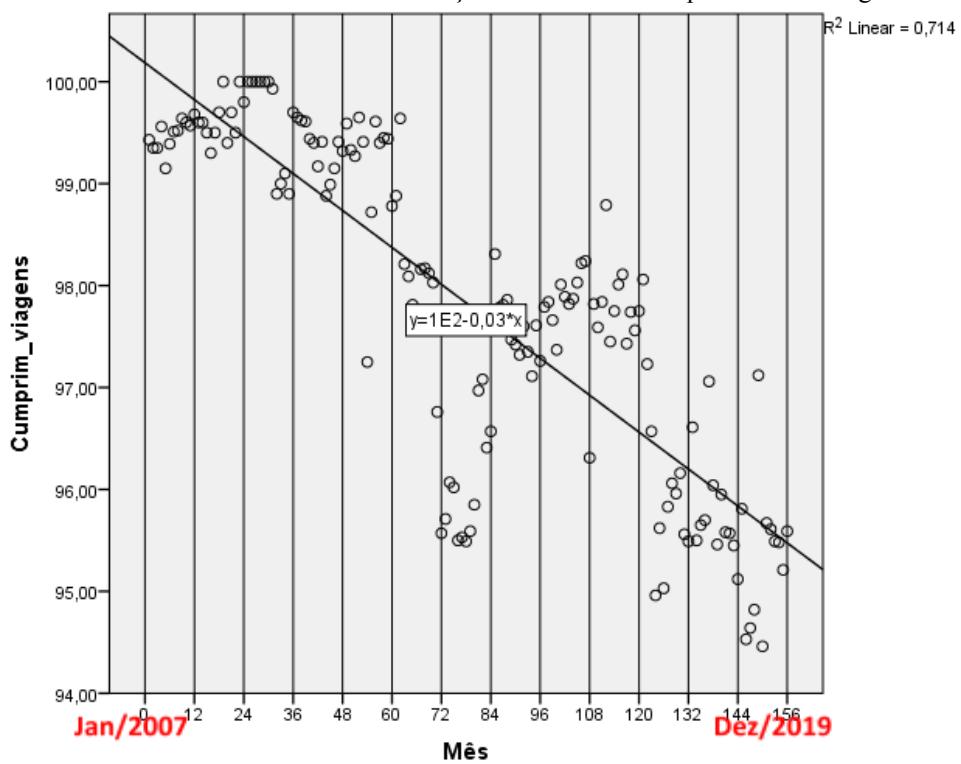
Gráfico 7 – Evolução da idade da frota.



Fonte: SPSS (2022).

Quando analisado o Índice de Cumprimento de Viagens, apresentado no Gráfico 8, percebe-se uma redução não tão expressiva, mas persistente, de cerca de 0,36 pontos percentuais por ano, independentemente da variação de demanda, oferta ou IPK. Talvez esse fato demonstre a gradativa deterioração do trânsito na cidade, pelo uso mais intenso de modos individuais de transporte, que reduz velocidade média operacional e compromete a realização das viagens programadas.

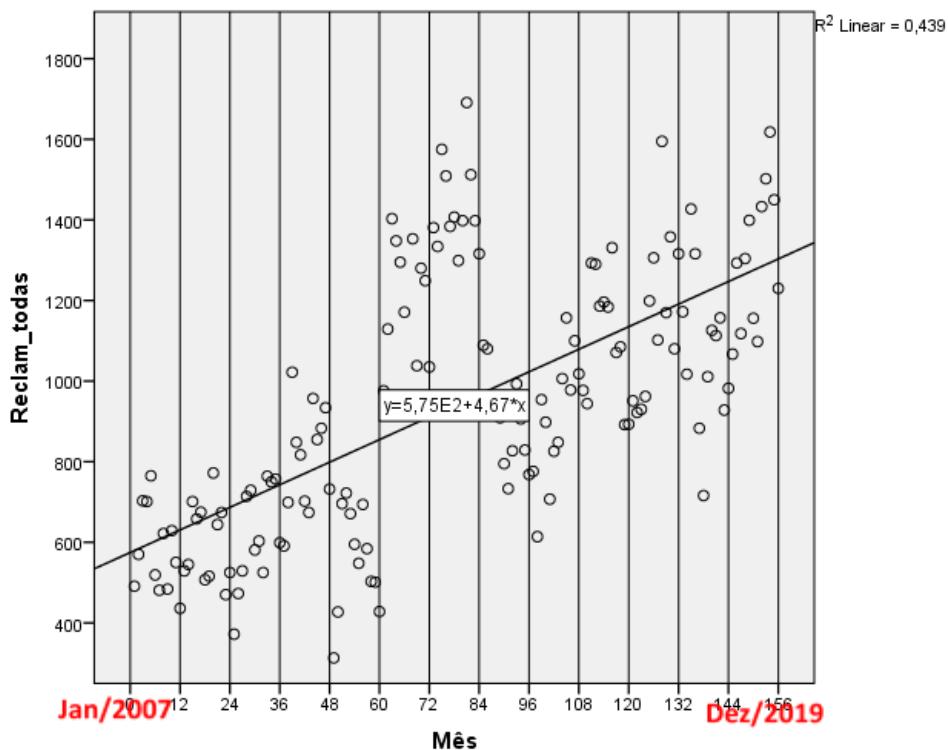
Gráfico 8 – Evolução do Índice de Cumprimento de Viagens.



Fonte: SPSS (2022).

O número de reclamações registradas no Grande Recife Consórcio de Transportes, órgão gestor do sistema, apresenta tendência de crescimento quando analisado o período como um todo, independentemente da evolução da demanda. Essa relação inversa com o Índice de Cumprimento de Viagens pode explicar parte do aumento das reclamações dos usuários. A taxa de crescimento média das reclamações é da ordem de 56 novas reclamações por ano, conforme modelo linear apresentado no Gráfico 9, a seguir, com coeficiente de determinação R^2 de 0,439.

Gráfico 9 – Evolução das reclamações registradas pelos usuários.



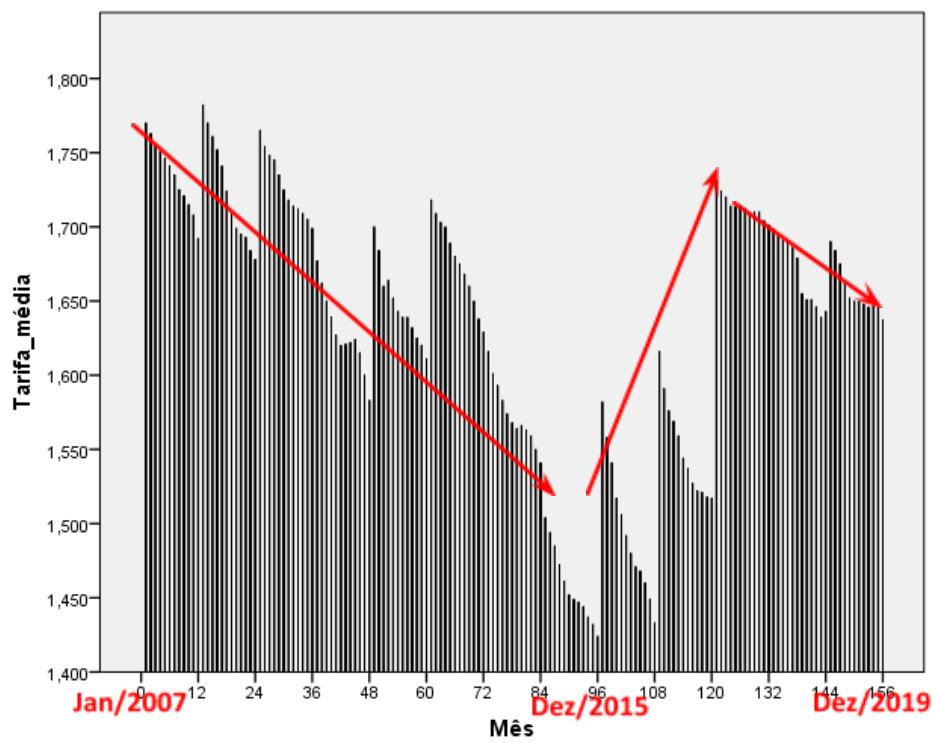
Fonte: SPSS (2022).

Analizando-se a evolução da tarifa média praticada na RMR, há períodos de correção anual repondo a inflação do período anterior alternados com anos de congelamento de tarifa. A tarifa inicial em janeiro de 2007 de R\$ 1,75 (base de comparação) corrigida pelo INPC foi atualizada nos anos seguintes: 2008 e 2009; em 2010, a tarifa ficou congelada ao nível de 2009, e perdeu cerca de 10% do seu valor até chegar a valores equivalentes a R\$ 1,60 no final de 2010; em 2011 e 2012, a tarifa foi recomposta para cerca de R\$ 1,70, com perda média de 3% em relação a 2007; em 2013 e 2014, a tarifa permaneceu congelada no mesmo nível de 2011, provavelmente devido aos protestos contra o aumento da tarifa dos transportes públicos em todo o Brasil em 2013, chegando ao final de 2014 a uma tarifa corrigida de R\$ 1,42 (cerca de 20% de perda acumulada); em 2015 e em 2016, as tarifas foram parcialmente recompostas para R\$ 1,60, mesmo assim acumulando perdas de cerca de 10% em relação a 2007; em 2017, houve uma recomposição praticamente aos valores de 2007 (R\$ 1,74), mas com valores praticamente congelados nos anos de 2018 e 2019, que levam à tarifa, ao final do período analisado, a R\$ 1,65, que equivale a 95% da tarifa inicial de referência.

Esse problema de redução tarifária associado à perda de demanda e redução do IPK conduz a um desequilíbrio financeiro do sistema, que pode ser a causa da perda de qualidade e, por sua vez, retroalimentar uma perda de demanda continuada. Dessa questão, percebe-se a

necessidade de subsídio à tarifa para manter sua modicidade, sem gerar uma perda de receita ao sistema que conduza a sua deterioração.

Gráfico 10 – Evolução da tarifa média corrigida pelo INPC.



Fonte: SPSS (2022).

Após a análise descritiva das variáveis operacionais, passa-se à análise descritiva e gráfica das variáveis socioeconômicas, que caracterizam o ambiente que influencia a demanda por transporte, tais como dados econômicos agregados: renda média da população, PIB *per capita*, taxa de desemprego, número de empregos e empresas, dados da oferta de produtos substitutos, como automóveis e motos, e complementares, como combustíveis. A Tabela 2 apresenta o resumo estatístico das distribuições dessas variáveis.

5.1.2 Análise descritiva a partir de variáveis socioeconômicas influentes na demanda

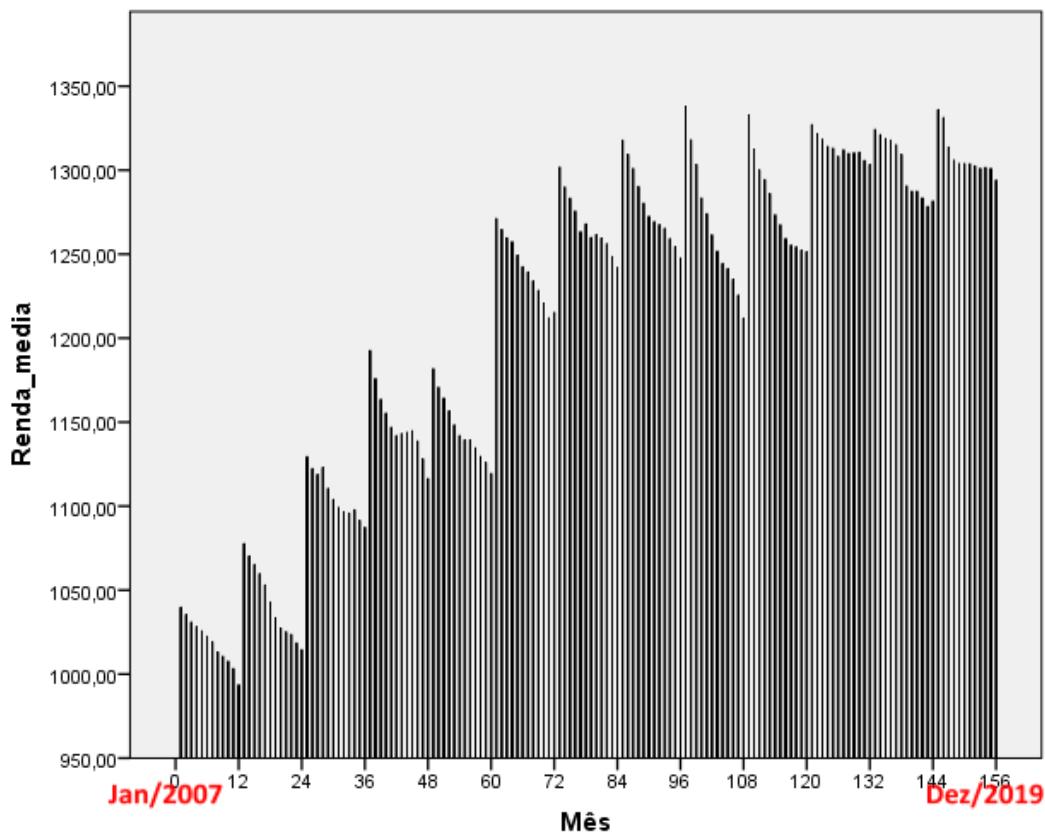
Tabela 2: Resumo descritivo das variáveis socioeconômicas influentes na demanda.

	Renda Média (R\$)	Desemprego (%)	Empresas	Empregos	PIB <i>per capita</i> (R\$)	Auto	Moto	Gasolina (R\$)
Média	1.208,88	11,03	96.005	1.017.760	13.061	660.929	234.015	2,05
Desvio padrão	101,57	4,70	6.348	119.840	1.668	101.771	76.131	0,19
25%	1.128,37	6,80	90.316	941.553	11.987	563.290	162.963	1,92
50%	1.251,95	9,70	97.981	1.028.368	13.154	689.789	254.194	2,00
75%	1.298,53	15,73	101.334	1.115.023	14.322	746.592	300.491	2,15

Fonte: SPSS (2022).

O Gráfico 11 apresenta a evolução do salário médio da RMR corrigido pelo INPC, com base em janeiro de 2007. No período inicial da análise até início de 2012, a renda média cresceu em torno de 25%, com aumento da demanda da ordem de 30%, mostrando a relação elástica renda-demanda. No período de 2012 a 2015, a renda cresceu à taxa acumulada menor (5%) e a demanda aponta uma perda acumulada da ordem 25%, denotando, assim, uma elasticidade-renda negativa, própria dos bens considerados inferiores (como o transporte público). Já de 2016 a 2019, a renda média fica estagnada com a demanda de transporte público ainda reduzindo, caracterizando uma situação de demanda indiferente à renda.

Gráfico 11 – Evolução da renda média do trabalho assalariado corrigida pelo INPC.

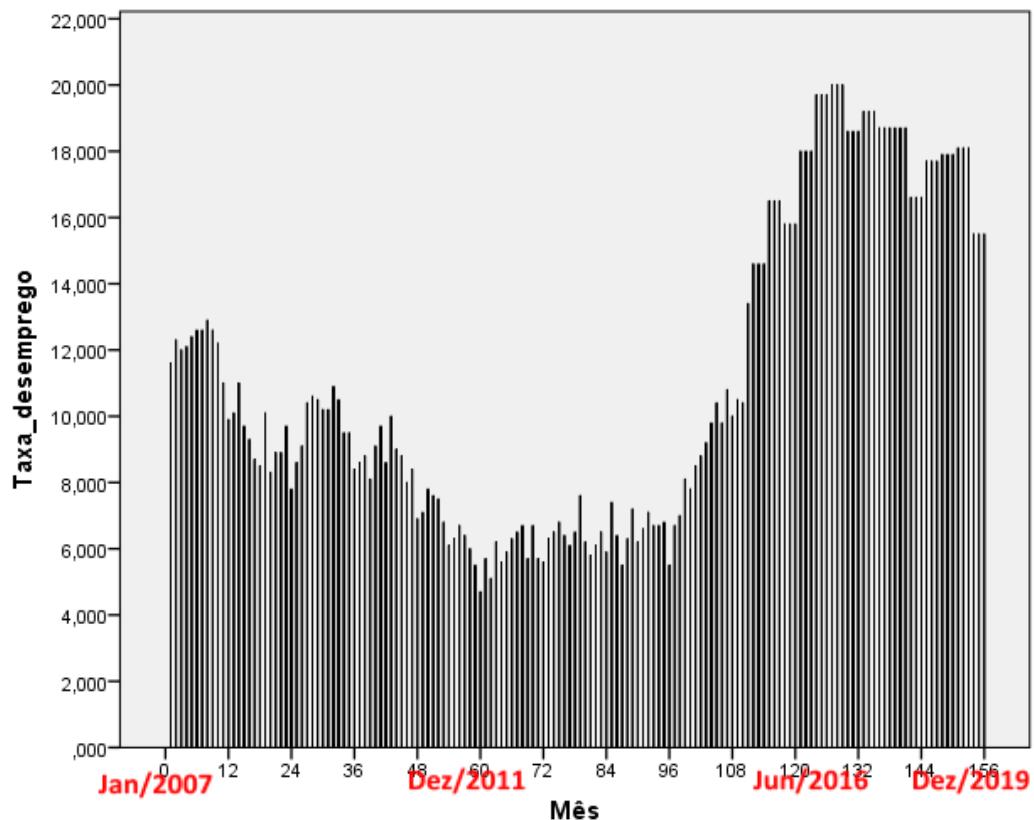


Fonte: SPSS (2022).

Com relação à taxa de desemprego, observa-se que, no período de janeiro de 2007 a dezembro de 2011, caiu de 12% para 5%, enquanto a renda média do trabalho assalariado cresceu 25%, e a demanda de transporte cresceu cerca de 30%. Nesse cenário, com mais trabalhadores e maior renda, tudo funciona bem para a economia e, assim, o sistema de transporte não sofre maiores riscos de desequilíbrio, apesar da ligeira perda do valor real da tarifa entre 2 e 2,5%..

Nos anos de 2012 a 2015, o Índice de Desemprego fica estacionado em cerca de 6%, o crescimento da renda desacelera e a demanda de transporte cai quase 30%. A partir de 2016, começa a fase mais crítica do desemprego, que atinge o máximo de 20% em meados de 2017 (ver Gráfico 12). Entre 2018 e 2019, houve uma rápida redução na taxa de desemprego, embora persistindo em patamares altos (entre 15 e 19%), mas ainda com queda de demanda um pouco mais aliviada. Dessa forma, poderia haver um começo de reversão do processo, contudo, foi exatamente nesse período que a pandemia da covid-19 iniciou-se, a qual, pela sua gravidade e complexidade, merece uma análise à parte, por isso não será analisada nesta pesquisa.

Gráfico 12 – Evolução da Taxa de Desemprego.

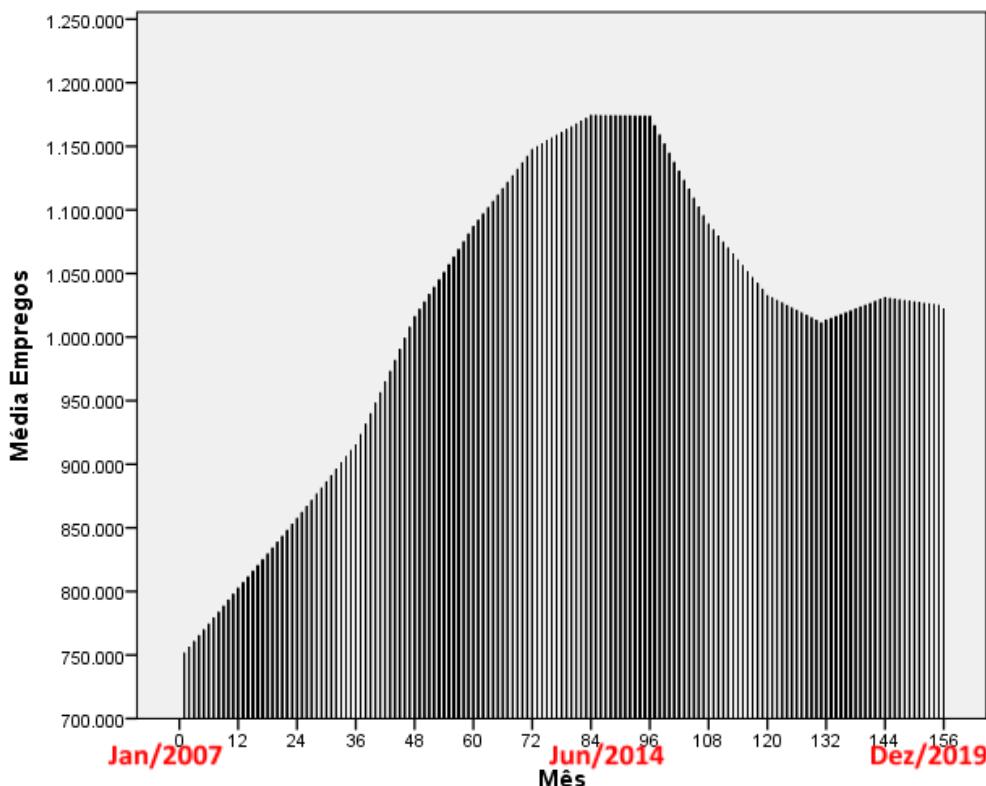


Fonte: SPSS (2022).

O Gráfico 13 apresenta a evolução do estoque de empregos formais, observando-se um crescimento consistente do início do período de análise em 2007 até 2014, que corresponde de forma inversa à redução da taxa de desemprego, como mostra o Gráfico 12. Em termos de demanda de transportes, esse período alterna uma fase inicial de crescimento até final de 2011 e outra de decrescimento.

De 2015 a 2017, o estoque de empregos decresce e a demanda por transportes continua diminuindo. Entre 2017 e 2018, o estoque de empregos se estabiliza, mas a demanda continua declinando, embora a taxas menos expressivas. Esse fato demonstra que apenas o nível de emprego pode não explicar de forma significativa a demanda por transporte público, embora essa verificação ainda seja feita nos modelos de regressão a serem desenvolvidos adiante.

Gráfico 13 – Evolução do estoque de empregos formais.

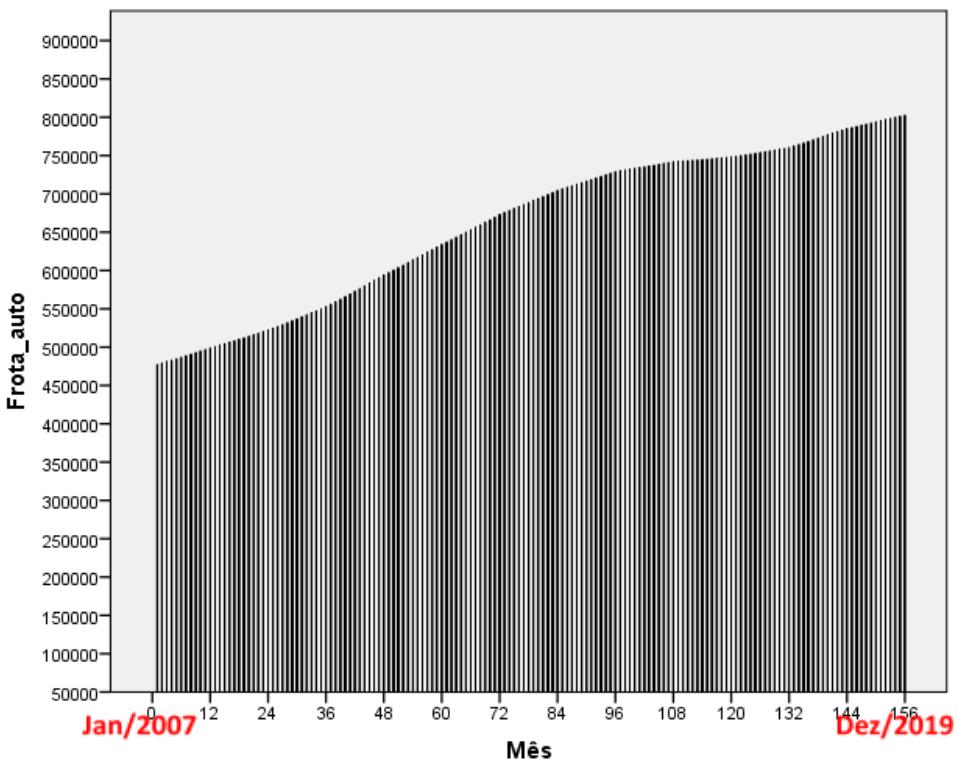


Fonte: SPSS (2022).

De acordo com o Gráfico 14, percebe-se que a frota de automóveis, considerada como uma alternativa ao transporte público, pelo menos para os que dispõem de renda para tal, cresce de forma contínua, embora alterne períodos de maior ou menor intensidade. No período de 2010 a 2014, a frota cresceu a uma taxa mais elevada, enquanto que, a partir de 2015 a 2017, as taxas se desaceleraram, com leve recuperação em 2018 e 2019.

Como no período completo analisado houve situações de crescimento e decrescimento da demanda por transporte público, percebe-se que não se pode afirmar *a priori* a influência da posse do automóvel. A seguir, nas análises inferenciais, serão incluídas estratégias para testar a divisão em etapas de comportamento mais uniforme da demanda para verificar se há uma influência do automóvel como modo substituto do transporte público.

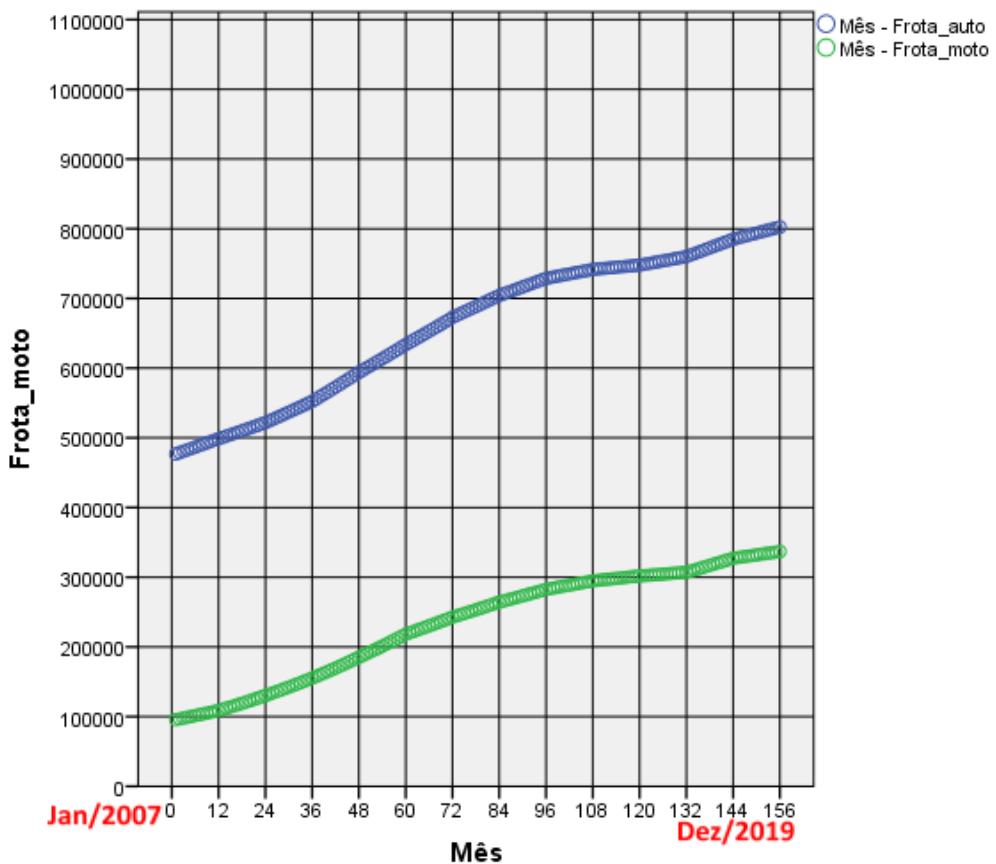
Gráfico 14 – Evolução da frota de automóveis de passeio.



Fonte: SPSS (2022).

O comportamento da evolução do estoque de motocicletas segue basicamente a configuração apresentada pelo estoque de automóveis, conforme apresentado conjuntamente no Gráfico 15. Como as curvas são aproximadamente paralelas, ou seja, a diferença absoluta se mantém em torno de 400.000 unidades a mais de automóveis em relação às motocicletas. No entanto, a relação percentual entre os dois fatores é reduzida. Em 2007, a relação entre o estoque de motocicletas e de automóveis, que era de cerca de 20%, dobra para 40% no final de 2019. Esse tipo de veículo — a bicicleta —, pelo seu menor preço de aquisição e de operação, pode ser considerado um competidor mais efetivo do transporte público do que o automóvel particular.

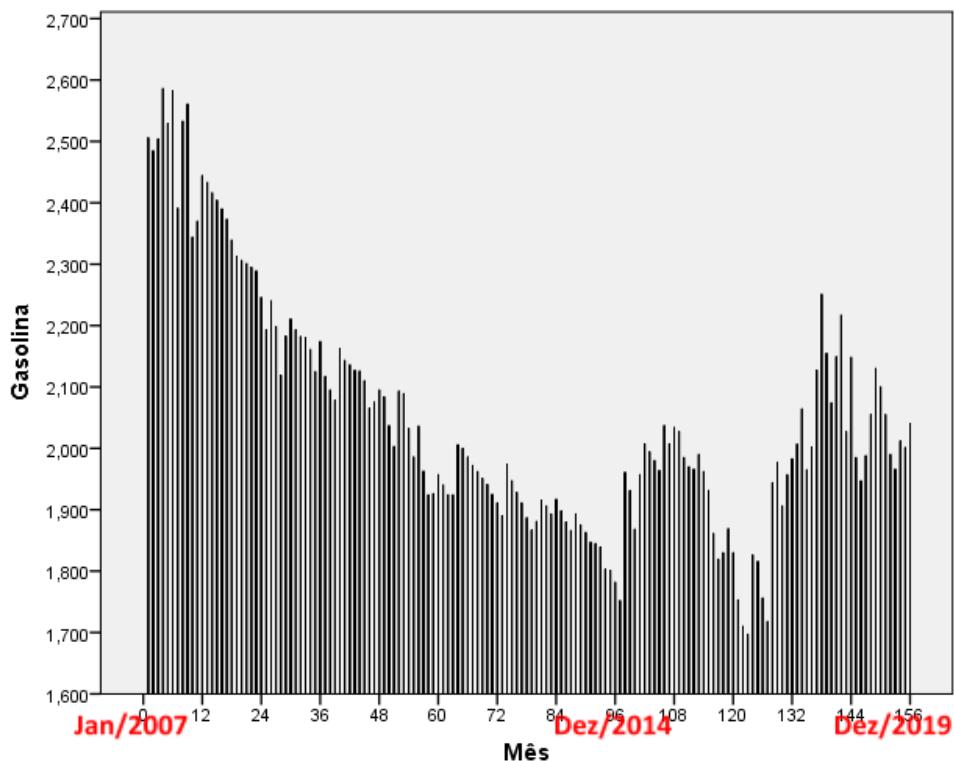
Gráfico 15 – Evolução da frota de motocicletas (2007-2019).



Fonte: SPSS (2022).

A gasolina, como insumo do transporte individual e pela elasticidade cruzada com os custos do transporte público, pode representar um estímulo ou um afastamento do transporte público. A configuração da curva do Gráfico 16 mostra que pelo menos do início de 2007 até o final de 2014, a gasolina baixou de preço em termos de valores deflacionados pelo INPC. Em 2015, houve alguma tentativa de recomposição dos preços, mas, mesmo assim, os valores ainda ficaram em torno de 25% defasados em relação a 2007. Em 2017, houve nova redução de preços relativos chegando a valores 35% dos preços em 2007. Nos anos 2018 e 2019, os preços voltaram a crescer, mas ainda com muita flutuação.

Gráfico 16 – Evolução do preço da gasolina corrigido pelo INPC (2007–2019).



Fonte: SPSS (2022).

Após essas análises iniciais da evolução ao longo do tempo das variáveis demanda mensal, produção mensal, IPK e percentual do SEI, passa-se a uma análise de inferência por testes estatísticos para verificar a sensibilidade de algumas variáveis quando comparadas em categorias ou blocos.

Inicialmente, cabe verificar a normalidade dos dados que serão testados como variável dependente, sejam elas demanda, oferta (produção) e IPK. Foram então aplicados a essas variáveis os testes paramétricos de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk.

Como visto nos testes apresentados na Tabela 3, o p-valor é sempre menor do que a significância do teste ($\alpha = 0,05$), assim não se pode deixar de rejeitar a hipótese nula de que os dados provêm de distribuições normais. Assim, a partir deste ponto, ao se fazer testes de hipóteses comparando distribuições com essas variáveis devem ser utilizados testes não paramétricos para amostras independentes.

Tabela 3: Teste de normalidade para demanda, produção, IPK, % do SEI e linhas.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	gl	Sig.	Estatística	Gl	Sig.
Demandas_mensal_1	,077	156	,025	,964	156	,000
Produção_1	,079	156	,020	,972	156	,003
IPK_1	,087	156	,005	,982	156	,035
SEI_per_1	,149	156	,000	,886	156	,000
Linhos	,166	156	,000	,924	156	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Então se passou a testar as distribuições de variáveis relevantes à análise, comparando-as nos momentos entre o início da análise, quando as demandas estavam em crescimento, e no período a partir de 2012, quando a demanda começou a diminuir. Objetiva-se com esses testes observar quais fatores isoladamente podem ter influenciado de forma significativa nos resultados.

Inicialmente, foram testadas as variáveis operacionais como demanda, produção (oferta), percentual do SEI, número de linhas, idade da frota e tarifa entre outras. A Tabela 4 apresenta os resultados do teste não paramétrico de Mann-Whitney para duas amostras independentes. O p-valor calculado inferior à significância do teste ($\alpha = 5\%$), para todas as variáveis aponta para a rejeição da hipótese nula de igualdade das distribuições, indicando que os resultados são significativamente diferentes nos dois momentos. Isso sugere que se deve tentar nos modelos de regressão, além de utilizar todo o período (2007 a 2019), dividir as análises em dois momentos por apresentarem tendências significativamente diferentes.

Tabela 4: Estatísticas de teste de Mann-Whitney.

	Demand	Produção	SEI_per	IPK	Linhos	Cumpr_vitag.	Idade_frot	Tarifa	Reclam.
U de Mann-Whitney	1161,000	1144,000	533,000	1448,500	440,000	92,000	1817,500	1194,000	168,000
Wilcoxon W	5817,000	5800,000	2363,000	6104,500	2270,000	4748,000	3647,500	5850,000	1998,000
Z	-6,262	-6,324	-8,550	-5,215	-8,894	-10,157	-3,871	-6,142	-9,879
Significância Assint. (Bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig exata (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Sig exata (unilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000
Probabilidade de ponto	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

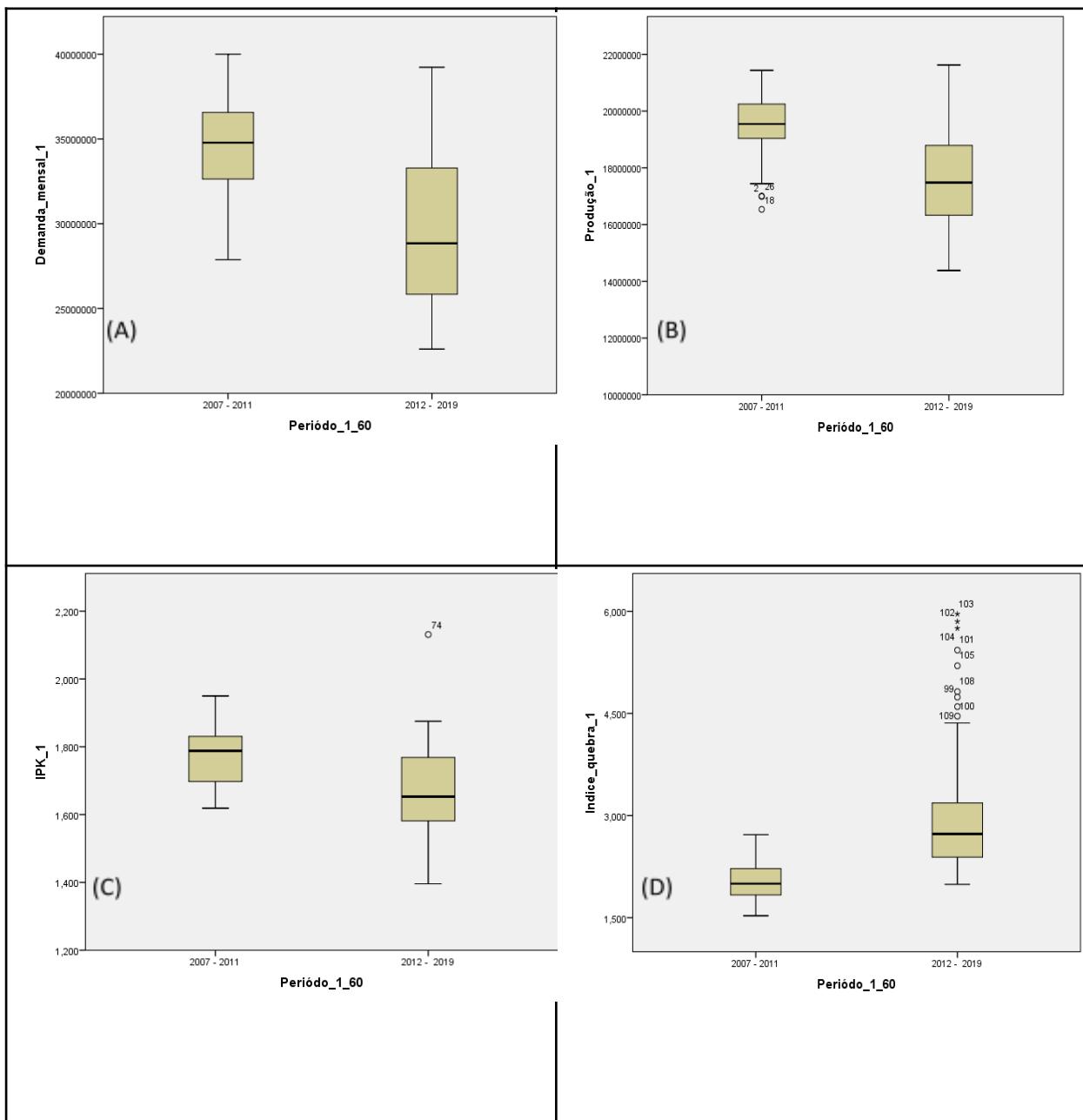
a. Variável de Agrupamento: Período 2007 a 2011.

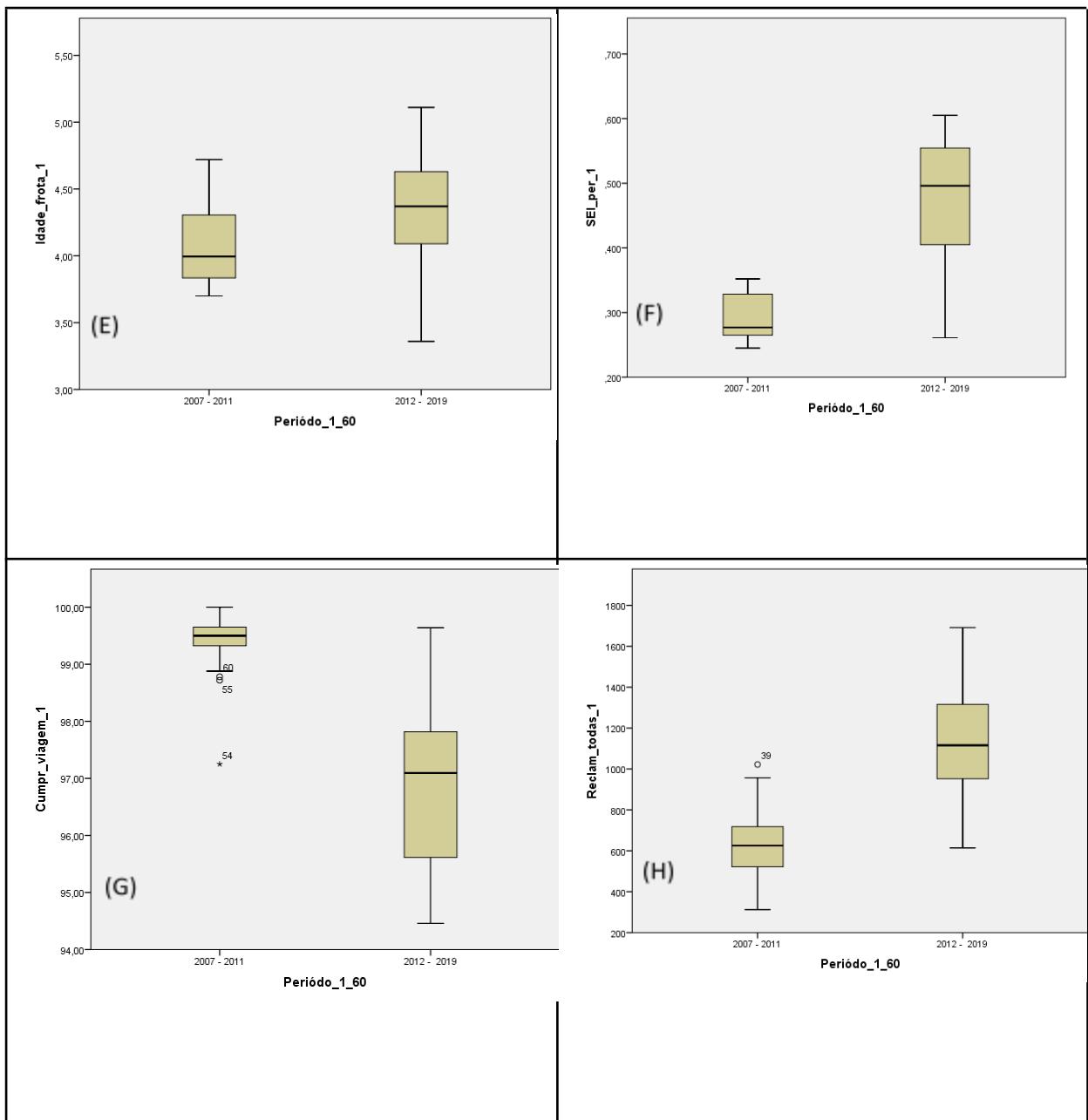
O Gráfico 17 apresenta um conjunto de gráficos em Box-plot (A a H) comparando as distribuições dos dados, seus valores extremos e intervalos interquartis nos dois momentos desta análise. Em primeiro plano, confirma-se o resultado dos testes de Mann-Whitney das diferenças nas distribuições, ou seja, o comportamento das variáveis muda sensivelmente.

Constata-se uma perda na qualidade do transporte ao usuário quando se observa o aumento na quantidade de reclamações por diversos motivos: aumento da idade da frota e consequente elevação no índice de quebra com a redução da taxa de cumprimento de viagens.

Com relação aos indicadores de oferta e procura, observa-se redução na demanda mensal acompanhada de redução na produção de viagens em quilômetros percorridos. A redução observada no IPK indica que a redução na demanda foi proporcionalmente mais elevada do que a redução da oferta. Outro fator que sensivelmente foi alterado na comparação entre os períodos foi o aumento da participação dos passageiros integrados (SEI) em relação aos passageiros equivalentes.

Gráfico 17 (A a H) – Comparaçao das variáveis operacionais em relação aos distintos períodos.





Fonte: SPSS (2022).

Após testar por comparação das distribuições das variáveis operacionais em relação aos períodos de crescimento e de redução da demanda, passou-se a testar essas mesmas variáveis com relação à variável categórica ordinal “disponibilidade de aplicativos de transporte”. Busca-se verificar a influência da disponibilidade dessas alternativas de transporte sobre a demanda. Então, passou-se a testar as distribuições de variáveis relevantes à análise, comparando-as em quatro situações: i) Aplicativos ainda não disponíveis (categoria 0); ii) disponibilidade apenas do Uber (categoria 1); iii) disponibilidade dos aplicativos Uber e 99 (categoria 2); e iv) disponibilidade conjunta dos aplicativos Uber, 99 e inDriver (categoria 3). Objetiva-se, com esses testes, observar quais variáveis operacionais podem ter sido

significativamente afetadas pela disponibilização de serviços concorrentes representados pelos aplicativos.

Inicialmente, foram testadas as variáveis operacionais como demanda, produção (oferta), percentual do SEI, número de linhas, idade da frota e tarifa, entre outras. A Tabela 5 apresenta os resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para mais de duas variáveis categóricas. O p-valor calculado inferior à significância do teste de 5%, para todas as variáveis, exceto o índice de quebra, aponta para a rejeição da hipótese nula de igualdade das distribuições, indicando que os resultados são significativamente diferentes nas quatro situações. Quanto ao variável índice de quebra, aceita-se a hipótese nula da sua indiferença significativa na distribuição para todas as condições da variável categórica relativa à disponibilidade de aplicativos de transporte.

Tabela 5: Estatísticas de teste de Kruskal-Wallis.

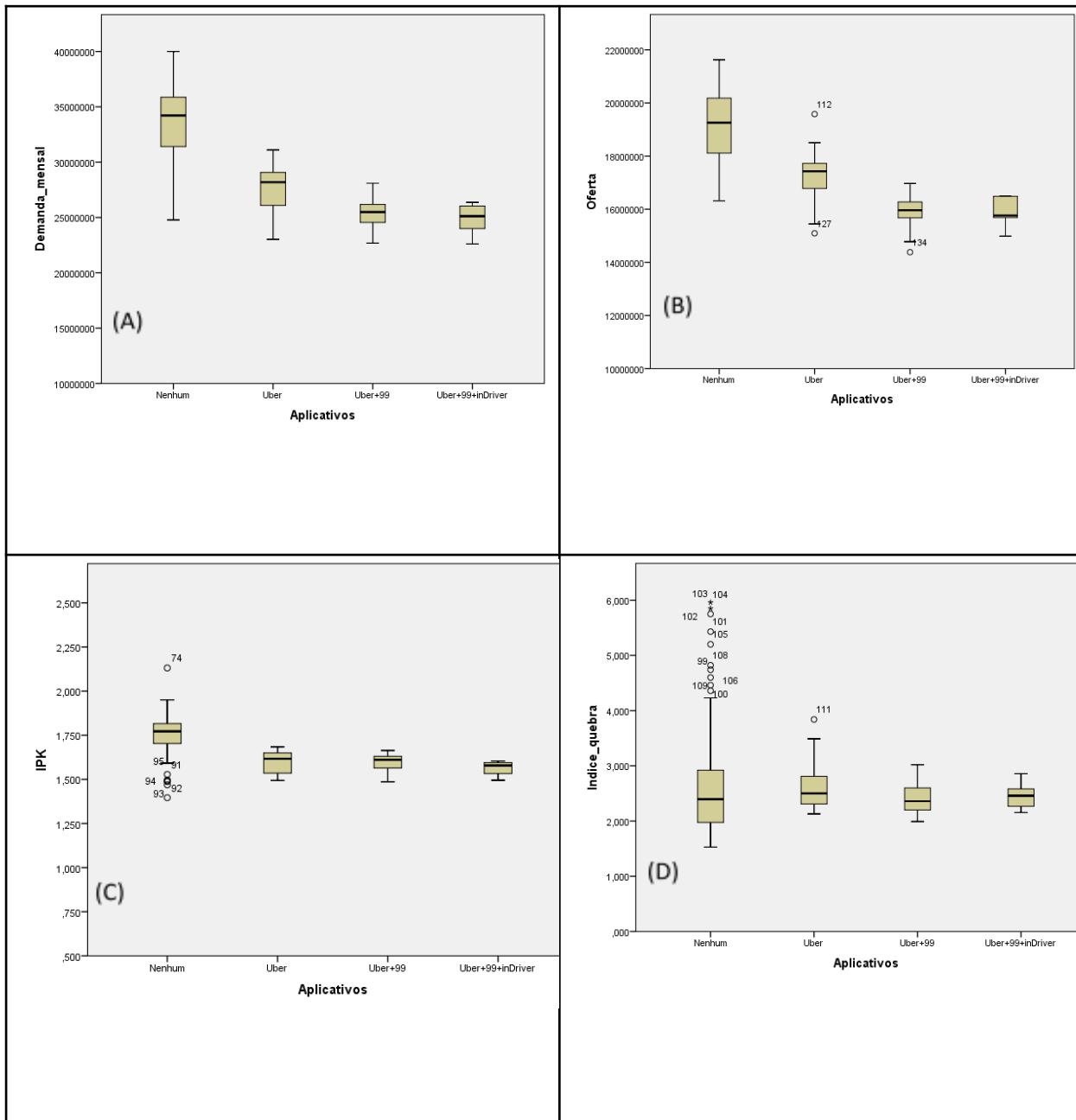
	Demandamensal	Produção	IPK	PercentSEI	Reclam_todas	Cumprim_vagens	Índice_qu ebra
Qui-quadrado	83,698	79,768	70,802	88,724	38,707	67,292	2,402
Gl	3	3	3	3	3	3	3
Significância Assint.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,493
a. Teste Kruskal Wallis							
b. Variável de Agrupamento: Aplicativos							

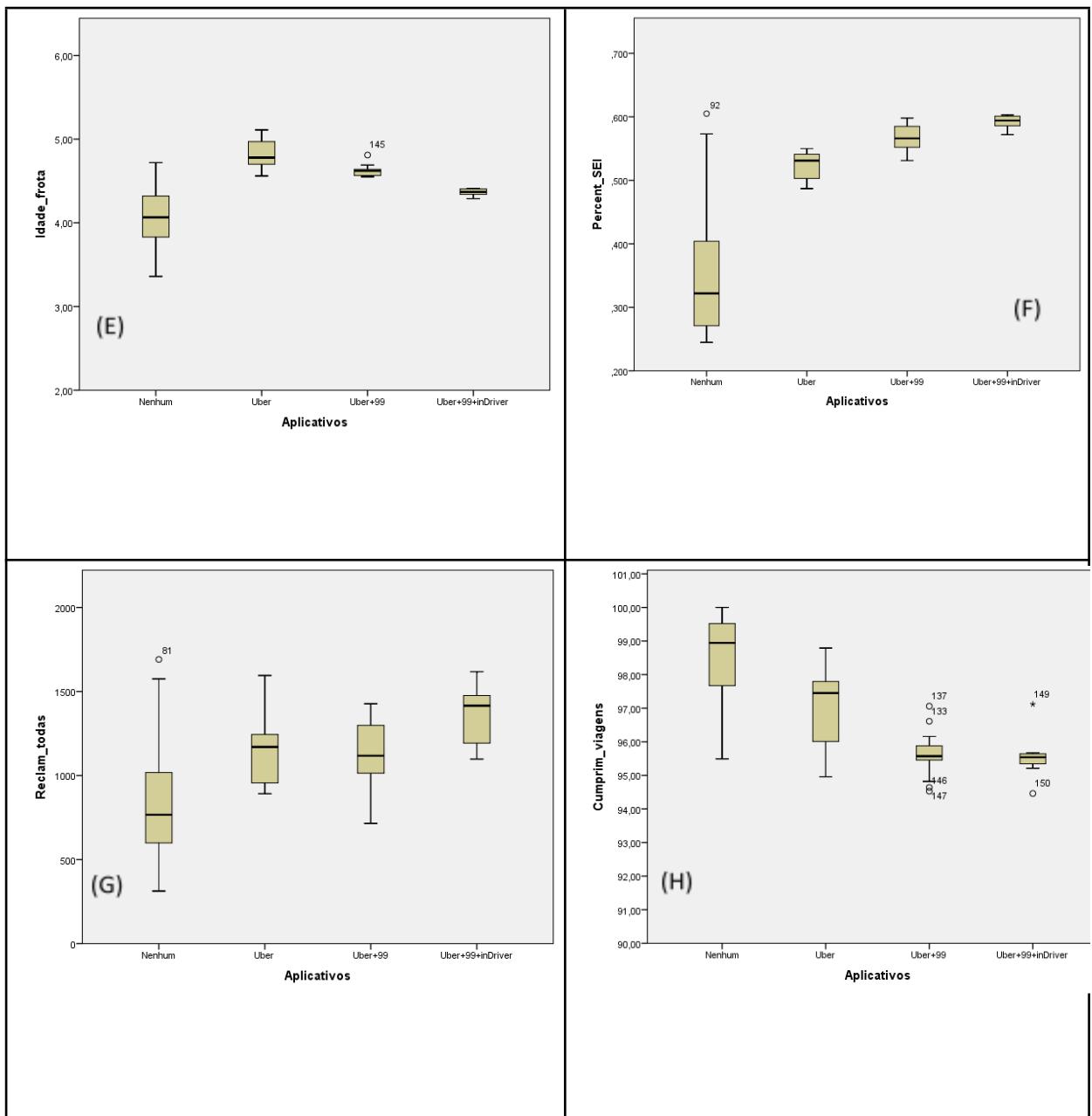
Fonte: SPSS (2022).

O Gráfico 18 apresenta um conjunto de gráficos em Box-plot comparando as distribuições, seus valores extremos e intervalos interquartis nas quatro categorias desta análise. Em primeiro plano confirmam-se os resultados dos testes de Kruskal-Wallis das diferenças nas distribuições, ou seja, o comportamento das variáveis muda sensivelmente a partir da disponibilidade de aplicações. Constatata-se nessas comparações uma perda na qualidade do transporte ao usuário quando se observa aumento na quantidade de reclamações por diversos motivos, bem como, aumento da idade da frota e consequente elevação no índice de quebra com a redução da taxa de cumprimento de viagens. Com relação aos indicadores de oferta e procura, observa-se redução na demanda mensal acompanhada de redução na produção de viagens em quilômetros percorridos principalmente no estágio 0 para o 1, com a entrada da Uber no mercado. Pelo Gráfico 18 A e B, a contribuição da inDriver na perda de demanda e na redução da oferta foi apenas marginal. A redução observada no IPK indica que a redução na demanda foi proporcionalmente mais elevada do que a redução da oferta. Outro fator que sensivelmente se alterou na comparação entre os períodos foi o aumento da participação dos passageiros integrados (SEI) em relação aos passageiros equivalentes,

demonstrando que pode ter contribuído significativamente para a redução da demanda em passageiros equivalentes (pagantes). Como exceção, como já demonstrado no teste de hipóteses, cita-se o índice de quebra. Graficamente, as distribuições dos dados dessa variável entre as quatro categorias em relação aos aplicativos são praticamente as mesmas (Gráfico 18-D).

Gráfico 18 (A a H) – Comparação das variáveis operacionais em relação à competição com aplicativos.





Fonte: SPSS (2022).

A seguir, é realizada uma síntese das principais conclusões da análise univariada e de inferência estatística por testes de hipóteses, que devem ser levadas em conta na montagem dos modelos de regressão.

1. As variáveis dependentes não apresentam distribuição normal no período analisado.
2. A evolução da oferta e da demanda ao longo do tempo de análise apresenta um período inicial (jan./2007 a dez./2011) com crescimento contínuo seguido de um período de redução consistente (jan./2012 a dez./2019).
3. Há uma redução de uso *per capita* do transporte público a partir de dezembro de 2011. Essa redução pode ser explicada pela competição com os transportes individuais, como

automóveis, motocicletas e veículos por aplicativos, ou pela redução generalizada da demanda por mobilidade devida a fatores econômicos, sejam eles: recessão, desemprego e perda de renda.

4. No período analisado, a participação dos passageiros integrados em relação ao total de passageiros equivalentes cresceu continuamente. Essa variável pode indicar que, com o aumento das integrações, é reduzido relativamente o número de passageiros pagantes, mas não necessariamente o número de passageiros transportados pelo sistema.
5. A redução do Índice de Cumprimento de Viagens ao longo de todo o período, apesar de não muito expressiva, pode ser causada pela gradativa deterioração do trânsito pelo uso mais intenso de modos individuais, que reduz a velocidade operacional e compromete a realização do quadro de viagens programadas.
6. A gradativa perda do valor real da tarifa ao longo de praticamente todo o período analisado compromete a sustentabilidade financeira do sistema. Com isso, percebe-se a necessidade de subsídio à tarifa para manter sua modicidade sem gerar uma perda de receita ao sistema, que conduz a sua deterioração com prejuízo final aos usuários.
7. O crescimento da renda média e do nível de emprego coincidem com o período de elevação da demanda, sendo o contrário verdadeiro para os períodos de perda de demanda. Há clara relação da demanda por mobilidade em transporte público com a dinâmica da economia.
8. No período analisado (2007 a 2019), a relação entre o estoque de motocicletas e de automóveis dobrou de 20% para 40%. Pelo menor preço de aquisição e de operação da motocicleta, esses números mostram que estes representam um competidor efetivo do transporte público.
9. A redução do preço relativo da gasolina ao longo de grande parte do período de análise (jan./2007 a dez./2014) representa um incentivo indireto ao uso do transporte individual em detrimento do transporte público.
10. A análise univariada gráfica da variável emprego (e desemprego) comparada com a variável demanda sugere uma relação inversa, ou seja, os períodos de redução do desemprego coincidem com os períodos de aumento da demanda e vice-versa.
11. Todas as variáveis operacionais, quando divididas em dois períodos (de crescimento e de redução contínua da demanda), apresentam distribuições diferentes, sugerindo a validade da tentativa da análise de regressão em dois grupos de dados.

12. Na fase de encolhimento da demanda, houve também uma redução no IPK, indicando que a redução da oferta foi proporcionalmente menor do que a perda equivalente da demanda e sugerindo perda de produtividade e sustentabilidade financeira dos serviços.
13. A análise da oferta e da demanda de transporte público em face da disponibilidade dos aplicativos, observada por variável ordinal, sugere uma relação inversa que precisa ser investigada nos modelos de regressão.

5.2 Análise de regressão

Pelos testes de hipóteses e análises gráficas, observou-se que há dois períodos distintos que devem ser analisados. O primeiro diz respeito à demanda que cresce (jan./2007 a dez./2011) e o segundo, à demanda que decresce sistematicamente (jan./2012 a dez./2019). No entanto, a análise é iniciada considerando o período completo, ou seja, analisando todo o conjunto de dados.

A variável dependente, neste estudo, é a demanda mensal de passageiros de transporte público da RMR. A seguir, na Tabela 6, é apresentada sua estatística descritiva, destacando média, amplitude e desvio padrão.

Tabela 6: Resumo descritivo da variável dependente (Demanda mensal).

	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
Demandas_mensais	156	17.390.439	22.608.659	39.999.098	31.548.819	4.662.107

Fonte: SPSS (2022).

Para buscar explicar as razões dessas flutuações de demanda, um conjunto de variáveis independentes foi estudado. Primeiro, buscou-se representar as variáveis microeconômicas teóricas na explicação da demanda, tais como tarifas, custos de combustíveis, renda da população, oferta de produtos substitutos e dados macroeconômicos como PIB *per capita*.

Além desses, foram levantados elementos que representem a qualidade do serviço, como idade da frota, índice de quebras, reclamações documentadas, cumprimento de viagens, entre outras. A análise descritiva desse conjunto, denominado de conjunto de variáveis, está apresentada na Tabela 7 abaixo.

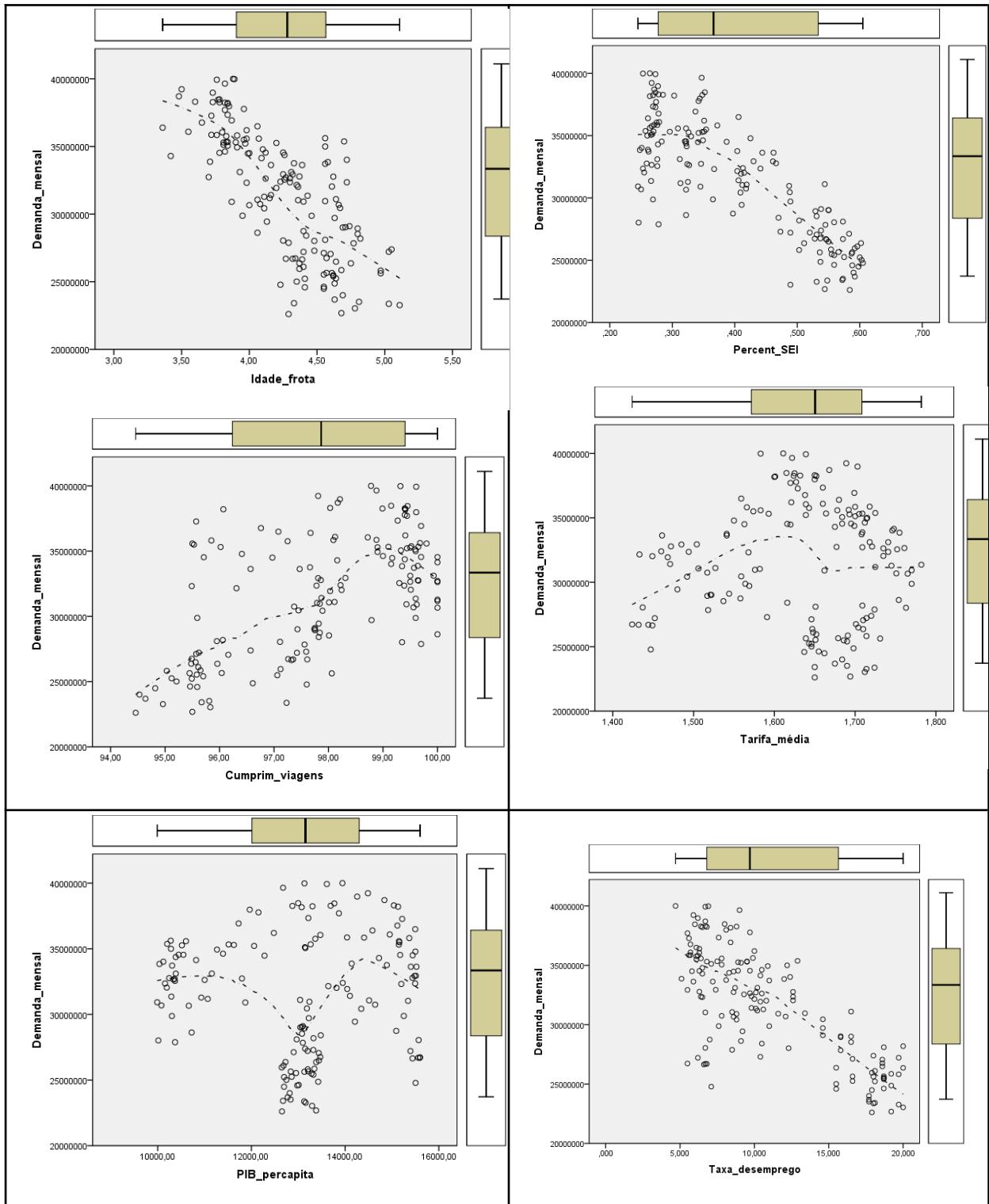
Tabela 7: Resumo descritivo das variáveis independentes.

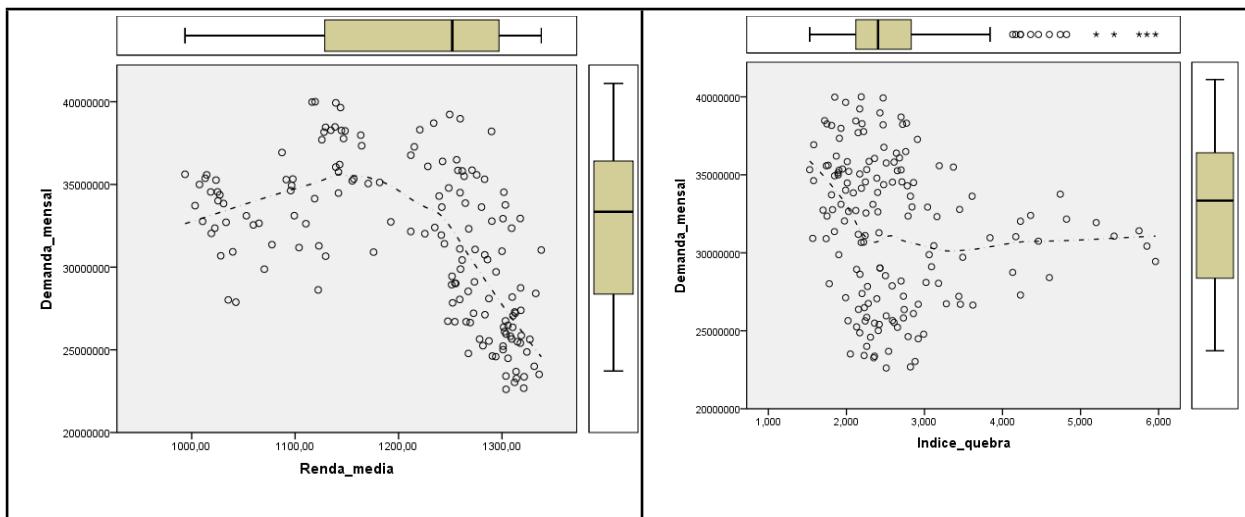
Variável	Tipo	Fonte
Demandas_mensal	Discreta	Grande Recife
Índice_quebra	Contínua	Grande Recife
Idade_frota	Contínua	Grande Recife
Percent_SEI	Razão	Grande Recife
IPK	Contínua	Grande Recife
Cumprim_viajantes	Contínua	Grande Recife
Reclam_todas	Discreta	Grande Recife
Reclam_itinerário	Discreta	Grande Recife
Reclam_segurança	Discreta	Grande Recife
Reclam_urbanidade	Discreta	Grande Recife
Reclam_horário	Discreta	Grande Recife
Reclam_queima	Discreta	Grande Recife
Tarifa_média	Contínua	Grande Recife
Produção	Discreta	Grande Recife
CTransp_Renda	Contínua	Grande Recife / IBGE
Renda_média	Contínua	IBGE
Taxa_desemprego	Contínua	IBGE
Gasolina	Contínua	CNP
Frota_auto	Discreta	Detran-PE
Carrros_novos	Discreta	Detran-PE
Frota_moto	Discreta	Detran-PE
Motos_novas	Discreta	Detran-PE
Aplicativos	Ordinal	0 = sem aplicativos; 1= Uber; 2= Uber + 99; 3=Uber+99+inDriver
Empresas	Discreta	Ministério do Trabalho
Empresas_novas	Discreta	Ministério do Trabalho
Empregos	Discreta	Ministério do Trabalho
Empregos_novos	Discreta	Ministério do Trabalho
PIB	Discreta	IBGE
PIB_per_capita	Contínua	IBGE
Mês	Discreta	1 a 156
Período	Nominal	0= 2007 - 2011 e 1=2009 – 2019

Fonte: SPSS (2022).

A série de gráficos em Scatter Plot demonstra a associação entre a variável dependente demanda mensal e várias variáveis independentes a serem testadas em modelos de regressão de passageiros do SEI e taxa de desemprego, eles apresentam correlação negativa e de intensidade regular com a demanda de passageiros. Vê-se, através desse conjunto de gráficos, que as variáveis tarifa média, renda média e PIB *per capita*, por exemplo, não apresentam correlação linear com a demanda no período completo analisado.

Gráfico 19 – Plotagens das variáveis independentes em relação à demanda mensal.





Fonte: SPSS (2022).

Para tentar entender a influência dos fatores que produziram, inicialmente, um crescimento de demanda (entre 2007 e 2012) e depois um período mais longo de declínio na demanda do transporte público na RMR, montou-se o modelo de regressão linear múltiplo seguinte (Tabela 8), denominado Modelo 1 apenas com variáveis lineares (lin x lin):

Tabela 8: Modelo 1 de regressão linear múltipla (lin x lin).

R ²	R ² ajustado	Erro padrão da estimativa	Estatísticas de mudança					Durbin-Wa tson
			Mudança de R ²	Mudança F	gl1	gl2	Sig. Mudança F	
0,836	0,830	1919736	0,006	5,513	1	150	0,020	1,776

Fonte: SPSS (2022).

Tabela 9: Coeficientes da regressão do Modelo 1.

	Coeficientes não padronizados		Coef. Padron.	T	Sig.	Estatísticas de colinearidade	
	B	Erro Padrão				Tolerância	VIF
(Constante)	64.560.473,65	8.423.896,56		7,664	0,000		
Índice_quebra	-1.459.451,97	269.685,87	-0,269	-5,412	0,000	0,441	2,266
Idade_frota	-2.959.102,94	569.646,63	-0,244	-5,195	0,000	0,494	2,024
Percent_SEI	-32.071.285,30	256.1375,46	-0,834	-12,521	0,000	0,247	4,055
Tarifa média	-16.440.807,30	2.615.753,051	-0,320	-6,285	0,000	0,421	2,373
Empresas	121,259	51,516	0,165	2,354	0,020	0,222	4,498

Fonte: SPSS (2022).

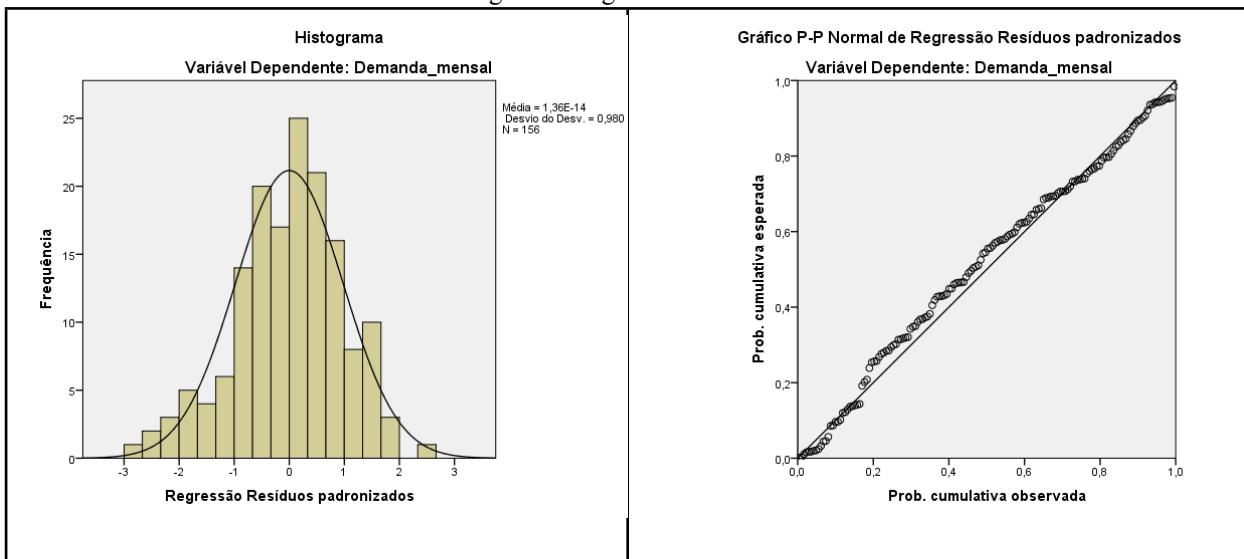
A equação resultado do Modelo 1 é a seguinte:

$$\text{Demanda mensal} = 64.560.473 - 1.459.451 \cdot \text{Índice de quebra} - 2.959.102 \cdot \text{Idade da frota} - 32.071.285 \cdot \text{Percentagem do SEI} - 16.440.897 \cdot \text{Tarifa média} + 121,259 \cdot \text{Empresas} \quad (\text{Equação 1})$$

Neste modelo, com coeficiente de determinação (R^2) de 0,836, apenas cinco variáveis resultaram significativas e nelas todos os coeficientes apresentam nível de significância (α) inferiores a 5%. Os sinais negativos dos coeficientes, exceto do número de empresas, estão coerentes com a teoria microeconômica. Por exemplo, o índice de quebra e a idade da frota maiores sugerem perda de qualidade do serviço e prejudicam a demanda. A variável tarifa média (corrigida pela inflação) também está compatível com a teoria microeconômica, na qual se espera redução de demanda com a elevação dos preços. O sinal negativo da porcentagem dos passageiros integrados em relação ao total também está coerente, pois o aumento de passageiros integrados reduz o total de passageiros equivalentes, já que algumas viagens não geram dupla tarifação. O número de empresas registradas com proxy da dinâmica econômica com sinal positivo indica que afeta positivamente na demanda de transportes.

Para verificar os pressupostos do modelo de normalidade dos resíduos, homocedasticidade, não multicolinearidade e não autocorrelação dos resíduos foram feitas as seguintes verificações: i) O teste de Durbin-Watson com valor $D = 1,776$ e $(4 - D) = 2,224 > DU = 1,802$ para cinco variáveis mais a constante e 156 dados revela que não há autocorrelação entre os resíduos. Os valores VIF inferiores a dez revelam que no modelo não há multicolinearidade significativa entre as variáveis independentes. A comprovação da normalidade dos resíduos da regressão pode ser interpretada no histograma e no Gráfico P-P Normal da regressão dos resíduos padronizados (Gráfico 20).

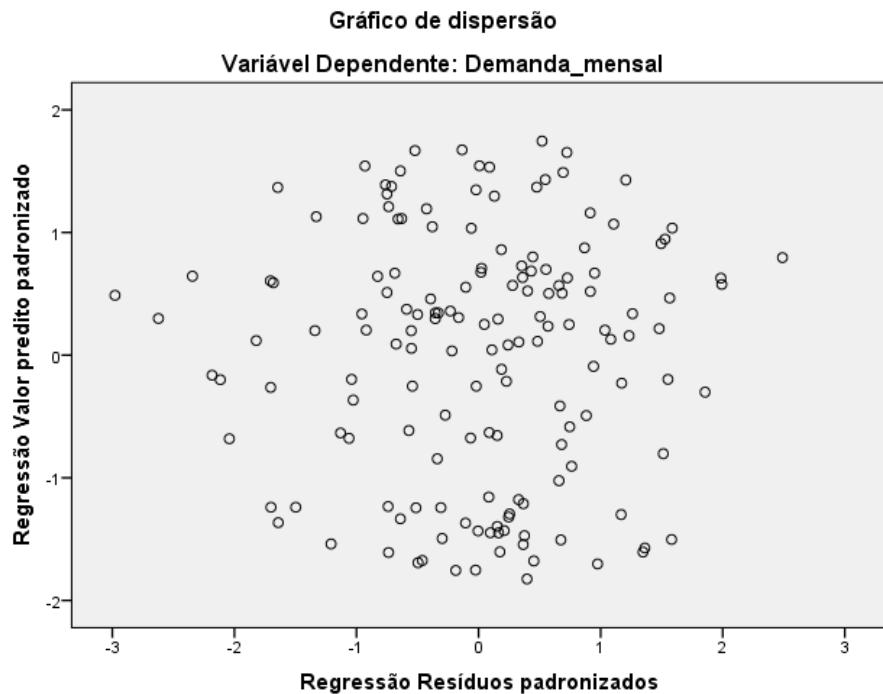
Gráfico 20 – Histograma e regressão dos resíduos acumulados.



Fonte: SPSS (2022).

Observando-se o Gráfico 5 dos resíduos padronizados, percebe-se que se distribuem aleatoriamente, sem padrões óbvios e nenhum valor incomum (entre os limites de três desvios padrão). Assim, comprova-se a homocedasticidade da distribuição dos resíduos.

Gráfico 21 – Resíduos padronizados x valor predito padronizado.



Fonte: SPSS (2022).

O coeficiente B padronizado da variável percentual de usuários do SEI revela que esta é muito dominante em relação às demais, já que se trata de um percentual da demanda total. Assim, passa-se agora a desenvolver o Modelo 1 sem essa variável, que, na realidade, demonstra a perda de passageiros pagantes, a qual induz à perda de receita, mas não necessariamente à perda de usuários.

Tabela 10: Modelo 1A de regressão linear múltipla (lin x lin).

R^2	R^2 ajustado	Erro padrão da estimativa	Estatísticas de mudança					Durbin-Watson
			Mudança de R^2	Mudança F	gl1	gl2	Sig. Mudança F	
0,763	0,757	2.298.916	0,013	8,201	1	151	0,005	1,203

Fonte: SPSS (2022).

Tabela 11: Coeficientes da regressão do Modelo 1A.

	Coeficientes não padronizados		Coef. Padron.	T	Sig.	Estatísticas de colinearidade	
	B	Erro padrão				Tolerância	VIF
(Constante)	15.823.647,19	22.712.280		0,697	0,487		
Renda média	-28.403,31	4.204,02	-0,619	-6,756	0,000	0,187	5,348
Idade_frota	-5.096.252,42	660.484,56	-0,421	-7,716	0,000	0,527	1,898
PIB <i>per capita</i>	1.304,35,	214,21	0,417	6,089	0,000	0,267	3,746
Cump.. Viagens	558.987,43	195.193,00	0,194	2,864	0,005	0,343	2,915

Fonte: SPSS (2022).

A equação resultado do Modelo 1A é a seguinte:

$$\text{Demanda mensal} = 15.823.647 - 28.403 \cdot \text{Renda média} - 5.096.252 \cdot \text{Idade da frota} + 1.304,35 \cdot \text{PIB per capita} + 558.987,43 \cdot \text{Cumprimento de viagens} \quad (\text{Equação 2})$$

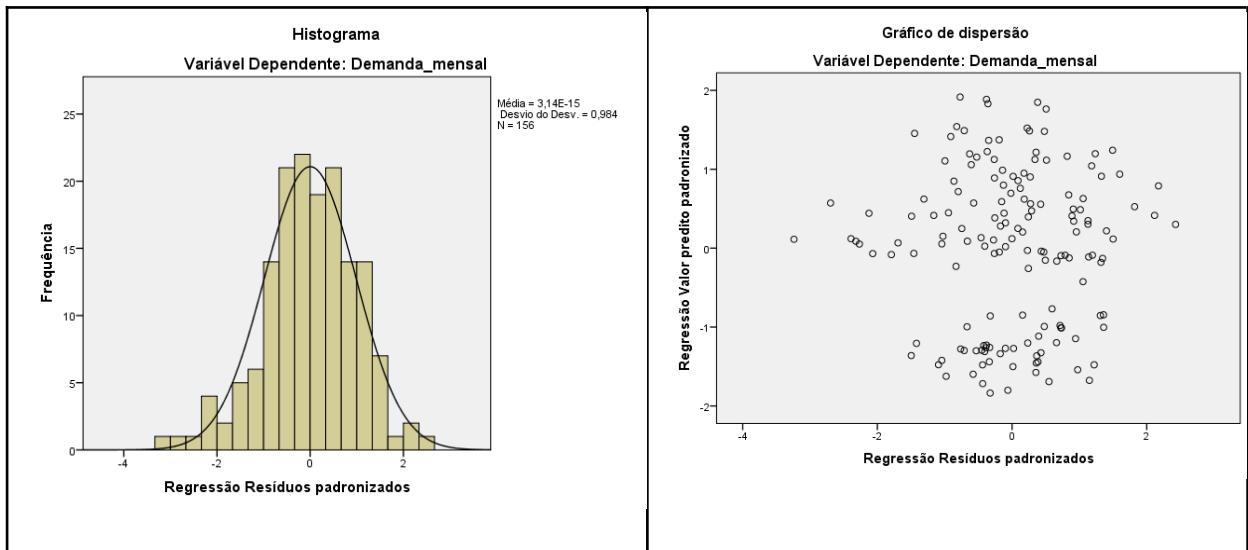
Este modelo, sem o percentual do SEI, apresenta coeficiente de determinação (0,763) ligeiramente menor do que o modelo 1 (0,836). Nele, apenas quatro variáveis resultaram significativas e nelas todos os coeficientes apresentam nível de significância menor do que 5%. Em resumo, são significativas neste modelo como preditoras, duas variáveis vinculadas à qualidade operacional do serviço (idade da frota e índice de cumprimento de viagens) e duas variáveis macroeconômicas vinculadas à renda dos trabalhadores e à produção *per capita*.

Os sinais negativos dos coeficientes das variáveis Renda Média e Idade da Frota estão coerentes com a teoria microeconômica. O coeficiente da renda da população empregada com sinal negativo significa que o transporte público é considerado um serviço inferior, no qual sua demanda reduz quando a renda cresce. Como variáveis proxy da qualidade, percebida pelo usuário, o envelhecimento da frota pode induzir à redução de demanda, enquanto a redução no cumprimento de viagens também pode gerar efeitos negativos sobre a demanda. Por outro lado, o sinal positivo do coeficiente do PIB *per capita*, como uma variável exógena ao sistema de transporte, influencia de forma direta a demanda.

Para verificar os pressupostos do modelo de normalidade dos resíduos, homocedasticidade, não multicolinearidade e não autocorrelação dos resíduos, foram feitas as seguintes verificações: i) O teste de Durbin-Watson com valor $D = 1,203$ e $(4 - D) = 2,797 > DU = 1,788$ para quatro variáveis mais a constante e 156 dados revela que não há autocorrelação entre os resíduos. Os valores VIF inferiores a dez revelam que, no modelo, não há multicolinearidade significativa entre as variáveis independentes. A comprovação da

normalidade dos resíduos da regressão pode ser interpretada no histograma e nos resíduos padronizados (Gráfico 21).

Gráfico 22 – Histograma e regressão dos resíduos acumulados do Modelo 1A.



Fonte: SPSS (2022).

Com relação às análises de regressão, foram extraídas as seguintes conclusões:

1. No Modelo 1 com todas as variáveis independentes, abrangendo todo o período e em escala linear, foram significativas e com sinais negativos: o índice de quebra e a idade da frota, que representam a qualidade dos serviços; a tarifa média com variável econômica; e o percentual de passageiros do SEI, em relação ao total, como variável operacional. Já o estoque de empresas registradas apresenta sinal positivo, variando diretamente com a demanda. Neste modelo, a variável mais significativa na explicação da demanda em passageiros equivalentes foi o percentual de participação do SEI na demanda total.
2. No Modelo 1A, abrangendo todo o período com as variáveis em escala linear, mas excluindo a variável relativa ao percentual de passageiros do SEI em relação ao total, para testar perda real de demanda, foram significativas as variáveis independentes socioeconómicas renda média e PIB *per capita* e variáveis operacionais idade da frota, e índice de cumprimento de viagens. Neste modelo, a demanda é explicada com mais intensidade pelas variáveis socioeconómicas do que pelas variáveis operacionais que representam uma *proxy* da qualidade do serviço.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve o objetivo de encontrar os fatores que influenciam a perda de demanda por transporte público em relação a ônibus da Região Metropolitana do Recife (RMR), entre os anos de 2007 e 2019, que poderiam ser renda da população, tarifa do transporte, qualidade do serviço, uso do solo, entre outros. O trabalho foi desenvolvido com a coleta de dados desses anos, com base em modelos econométricos.

A partir da aplicação desses modelos, foi possível perceber que, no Modelo 1, foram utilizados os parâmetros índice de quebra, idade da frota, percentual do SEI, tarifa média e empresas. Enquanto no Modelo 1A, as constantes foram renda média, idade da frota, renda *per capita* e cumprimento de viagens. Sendo assim, foram encontrados diversos fatores que influenciaram essa perda, com resultados expressivos que alertam os cuidados que os que ofertam os serviços precisam ter.

Este trabalho também foi importante porque é de interesse das empresas pública e privada entenderem os fatores que ocasionam a diminuição de usuários de transporte, a fim de que elas planejem e executem novas soluções para o restabelecimento de um serviço universal, social, ambiental e economicamente sustentável. Considerando o que afirma Lopes, Martorelli e Costa (2020, p. 40): “mobilidade urbana deve ser entendida como a capacidade de dar suporte aos deslocamentos de pessoas e bens no espaço urbano para a realização das atividades diárias”, foi relevante entender por quais motivos a mobilidade urbana não estava sendo efetiva na RMR nos últimos 20 anos justamente porque os ônibus estavam perdendo demanda.

Os próximos passos desta pesquisa poderiam ser a investigação da influência da pandemia da covid-19 nessas tendências de demanda no transporte público da RMR. No entanto, já existem trabalhos que tratam acerca da relação entre transporte público e a pandemia da covid-19, como o que tem por título “Impactos da pandemia de covid-19 na mobilidade por transporte coletivo na Região Metropolitana de Goiânia”, trabalho de conclusão de curso de Beatriz Oliveira Leles de Faria, no ano de 2022. Esse trabalho trata dos impactos que a pandemia causou nos serviços de transporte, com isso, a autora analisou dados de demanda de transporte, tendo como resultado mais de 99% na queda da demanda do transporte público coletivo, o que é estatisticamente significativo.

REFERÊNCIAS

- BALCOMBE, R.; MACKETT, R.; PAULLEY, N.; PRESTON, J.; SHIRES, J.; TITHERIDGE, H.; WARDMAN, M.; WHITE, P. **The Demand for Public Transport: A Practical Guide.** TRL Report TRL593. Wokingham, UK: Transport Research Laboratory, 2004. Disponível em: <https://TRL.co.uk/sites/default/files/TRL593%20-%20The%20Demand%20for%20Public%20Transport.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2023.
- BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE PERNAMBUCO. **Estatística:** Frota de veículos - Denatran. Recife, 2023. Disponível em: http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?CodInformacao=288&Codigo=3. Acesso em: 26 jan. 2023.
- BEST, N. J. **Cooperação e Multi-level Governance:** o Caso do Grande Recife Consórcio de Transporte Metropolitano, 2011. Dissertação. 215 f.
- BETARELLI, A. A. **Economia dos transportes:** curso introdutório de economia dos transportes. dez. 2016. 15 f. Notas de aula. Disponível em: https://www.ufjf.br/lates/files/2016/12/Conte%C3%A3o-1-%E2%80%93-N_Introdu%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-Economia-dos-Transportes1.pdf. Acesso em: 02 dez. 2020.
- BRASIL, C. I. IBGE atualiza lista de municípios de regiões metropolitanas. **Agência Brasil**, Rio de Janeiro, 17 nov. 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-11/ibge-atualiza-lista-de-municipios-de-regioes-metropolitanas-no-pais>. Acesso em: 20 fev. 2023.
- BYRNS, R. T.; STONE JR., G. W. **Microeconomia.** São Paulo: Makron Books, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE TRANSPORTES URBANOS. **Planejamento e Operação:** Elementos Intervenientes, v. 2. EBTU: Brasília, 1998.
- GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Perfil Socioeconômico do Estado de Pernambuco.** Recife: Secretaria de Planejamento e Gestão, 2015. Disponível em: http://www.portais.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=19954&folderId=495712&name=DLFE-17752.pdf. Acesso em: 26 fev. 2023.
- GOOLSBE, A.; LEVITT, S.; SYVERSON, C. **Microeconomia.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- GRANDE RECIFE. **Sistema Estrutural Integrado SEI.** Recife: Grande Recife Consórcio de Transporte, 2018. Disponível em: <http://www.granderecife.pe.gov.br/sitegrctm/transporte/>. Acesso em: 28 nov. 2022.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica.** 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- FREEMAN, R. E. **Strategic management:** a stakeholder approach Massachusetts: Pitman, 1984.
- HENSHER, D. A.; BUTTON, K. J.; HAYNES, K. E. (2017). **Handbook of Transport Strategy, Policy & Institutions.** Emerald Group Publishing Limited.

IBGE. **Cidades.** [S. l.], 2016. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/pesquisa/19/29765?ano=2016&indicador=29765&llocalidade1=260790&llocalidade2=260775>. Acesso em: 26 fev. 2023.

IBGE. **Cidades e Estados:** Pernambuco. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/.html?> Acesso em: 26 fev. 2023.

IBGE. **Mapas e dados.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72421>. Acesso em: 26 fev. 2023.

IBGE. **Panorama Recife.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/recife/panorama>. Acesso em: 26 fev. 2023.

IBGE. **Suplementos PME.** [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/administracao-publica-e-participacao-politica/19902-suplementos-pme3.html?edicao=17945&t=downloads>. Acesso em: 26 fev. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Base de dados das pesquisas e censos do IBGE.** Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 11 out. 2022.

IPEA. **Taxa de desemprego.** [S. l.], 2021. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/tag/taxa-de-desemprego/>. Acesso em: 26 fev. 2023.

LOPES, D. R.; MARTORELLI, M.; COSTA, A. **Mobilidade urbana:** conceito e planejamento no ambiente brasileiro. Curitiba: Appris, 2020.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Estatísticas:** Frota de veículos - Denatran. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estat%C3%ADsticas-frota-de-ve%C3%ADculos-denatran.html>. Acesso em: 26 fev. 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Consulta Evolução do Emprego.** [S. l.], 2023. Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/eec/pages/consultas/evolucaoEmprego/consultaEvolucaoEmprego.xhtml#relatorioSetor>. Acesso em: 26 fev. 2023.

PINDYCK, R.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia.** 8. ed. São Paulo: Pearson, 2013.

RABAY, L. **Demanda por transporte público em metrópoles brasileiras a partir de modelos de regressão em painéis estáticos e dinâmicos.** 2019. 128 f. (Dissertação) Mestrado - Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2019.

RABAY, L.; MAGALHÃES, I. C. de O.; de ANDRADE, M. O.; BRASILEIRO, A. **Prospecção de fatores influenciadores da demanda por transporte público para aplicação ao mercado brasileiro.** In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, 2017, Recife, PE. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, 2017, p. 1-12.

SAVAGE G. T.; NIX, T. W.; WHITEHEAD, C. J.; BLAIR, J. D. (1991). **Strategies for assessing and managing organizational stakeholders.** Academy of Management Executive, 5(2), 61-75.

SOUCHÉ, S. Measuring the structural determinants of urban travel demand. **Transport Policy**, v. 17, n. 3, p. 127-134, 2010.

SMALL, K. A.; VERHOEF, E. T. **The economics of urban transportation.** 1. ed. Abingdon: Routledge, 2007.

TAPSCOTT, D.; TICOLL, D. (2005). **A empresa transparente São Paulo:** M. Books do Brasil.

VASCONCELLOS, E. A. **Mobilidade urbana e cidadania.** São Paulo: Senac, 2019.

WEBSTER, F. V.; BLY, P. H. The demand for public transport: Part I. the changing environment in which public transport operates. **Transport Reviews**, v. 1, n. 4, p. 323-351, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1080/01441648108716470>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01441648108716470>. Acesso em: 28 jan. 2023.

WEBSTER, F. V.; BLY, P. H. The demand for public transport. Part II. Supply and demand factors of public transport. **Transport Reviews**, v. 2, n. 1, p. 23-46, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1080/01441648208716480>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01441648208716480>. Acesso em: 28 jan. 2023.