

## UM ESTUDO DO TRANSPORTE COLETIVO URBANO DE FORTALEZA - PREVISÃO DE DEMANDA PARA 2015

José Messias Magalhães Jr, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, E-mail: magalhaes@ita.br  
Alessandro V. M. de Oliveira, Instituto tecnológico de Aeronáutica, E-mail: a.v.m.oliveira@gmail.com

**Resumo:** O presente artigo pretende apresentar um estudo sobre transporte coletivo urbano da cidade de Fortaleza, mostrando uma previsão de passageiros transportados para o ano de 2015. Esta previsão foi feita para dois cenários distintos, um otimista e outro pessimista. A metodologia utilizada para o cálculo da previsão de demanda de passageiro por transporte coletivo teve como base a modelagem econométrica de demanda. O modelo desenvolvido foi obtido a partir das seguintes variáveis independentes: tarifa de ônibus, o produto interno bruto nacional (PIB), quilômetros percorridos pela frota e uma variável binária para representar os efeitos da greve de 2008 e 2010. O tamanho da malha rodoviária urbana e a variável binária greve se mostraram fatores importantes no modelo de previsão de demanda. Em 2015, a demanda por transporte urbano deve atingir a marca de 350 milhões passageiros/ano para o cenário otimista e 330 milhões passageiros/ano no cenário pessimista.

**Palavras-chave:** transporte urbano; econometria; produto interno bruto; estudo de demanda.

## A STUDY OF URBAN TRANSPORTATION IN FORTALEZA - DEMAND FORECAST FOR 2015

**Abstract:** This article aims to present a study of urban transportation in the city of Fortaleza-Ceará, showing a forecast of passengers for 2015. This prediction was made for two different scenarios, one optimistic and other pessimistic. The methodology used to calculate the forecast demand for passenger transportation was based on econometric modeling of demand. The mathematical model was obtained from the following independent variables: bus fare, national Gross Domestic Product (GDP), kilometers traveled by the fleet and a binary variable to represent the effects of the employees strike in 2008 and 2010. The size of the urban road network and the binary variable strike proved to be important factors in the model of demand forecast. In 2015, the demand for urban transportation should reach 350 millions passenger/year, for the optimistic scenario, and 330 millions passenger/year for the pessimistic scenario.

**Keywords:** urban transportation, econometrics, gross domestic product, demand study

### 1. INTRODUÇÃO

Estudos na área de transporte indicam que, em muitas cidades, o sistema de transporte coletivo é considerado um dos principais meio de circulação dentro do espaço urbano. E esse sistema é de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social da cidade, pois é o responsável pela interligação da população dos lugares de residência aos locais de trabalho e de lazer.

Um sistema de transporte coletivo eficiente é importante para o crescimento ordenado de uma cidade. Congestionamentos geram altos custos sociais, o transporte público torna-se mais lento e menos confiável, reduzindo sua demanda e sua receita. São necessários mais veículos para prestar o mesmo serviço e os custos aumentam. Os usuários cativos (população de baixa renda) são prejudicados e os usuários potenciais são desestimulados. Aqueles que podem transferem-se para o transporte particular, aumentando o congestionamento e alimentando o círculo vicioso.

É importante que o prefeito de uma cidade seja capaz de prever a necessidade da população por transporte coletivo, e assim demandar os investimentos necessários em infraestrutura para garantir a população um serviço público de qualidade.

Este trabalho tem como objetivo central fazer um estudo de demanda de passageiros por transporte urbano na cidade de Fortaleza. A metodologia utilizada para o cálculo de previsão de demanda terá como base conceitos de econometria, principalmente a regressão linear, estimando assim o modelo matemático que mais se adequa a realidade da cidade.

Este artigo está estruturado em quatro seções, além desta introdutória. A segunda seção apresenta o setor de transporte da cidade de Fortaleza e suas principais características. Na terceira seção será abordado o estudo econométrico, e está dividido em três subseções que são: a apresentação da base de dados, o estudo econométrico, bem como o modelo e os seus resultados e finalmente a previsão de passageiros. Por fim, a seção quatro apresentará as conclusões deste trabalho.

## 2. TRANSPORTE URBANO - FORTALEZA

O transporte realizado por ônibus em Fortaleza é denominado de Sistema Integrado de Transportes (SITFOR). Esse sistema entrou em operação em 1992 com fins de proporcionar o deslocamento através da integração tarifária e física em terminais de integração. A rede de linhas do SITFOR baseia-se numa configuração de sistema tronco-alimentado contando com dois tipos básicos de linhas: as que fazem a integração bairro-terminal (linhas alimentadoras) e as que integram um terminal ao centro (linhas troncais).

Atualmente, Fortaleza possui sete terminais fechados integrados e dois terminais abertos não integrados. O controle dos horários dos ônibus é feito nos terminais fechados e via rastreamento remoto por GPS.

Além das duas linhas já mencionadas, linhas adicionais, de configurações diferenciadas, complementam a estrutura tronco-alimentadora, permitindo a difusão da demanda em outros eixos de deslocamento. Em situações pontuais, linhas especiais são operadas com fim de aumentar a oferta de transporte para locais e em dias específicos de alta demanda como: eventos culturais, artísticos, esportivos, religiosos, cívicos e outros.

As descrições das linhas que operam em Fortaleza estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Linhas de ônibus de Fortaleza.

<b>Linha</b>	<b>Descrição</b>
Alimentadora	Levam demanda dos bairros aos terminais
Troncais	Coletam a demanda dos terminais e levam até a área central
Complementares	Complementam o sistema tronco-alimentador fazendo a ligação direta de bairros mais distantes aos terminais
Convencionais	Ligam diretamente os bairros ao centro, sem passar pelos terminais
Circulares	Ligam diversos terminais passando pelos bairros, evitando o tráfego das regiões centrais
Corujões	Realizam o transporte de passageiros a partir das 00h00min quando as demais linhas cessam a operação
Especiais	Linhas usadas em situações especiais, quando ocorre uma alta demanda por transporte

Fonte: ETUFOR

Este serviço transporte público é administrado pela prefeitura através da Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza (ETUFOR). A prefeitura publica regularmente o anuário estatístico com informações sobre o sistema de transporte público de passageiros por ônibus.

Além do transporte de ônibus convencional, é oferecido à população o sistema Seletivo, voltado para o atendimento turístico. O sistema Seletivo é composto por duas linhas, com veículos equipados com ar condicionado, tarifa diferenciada, com horários e itinerários pré-definidos.

## 2.1 Demanda

Em 2010, a SITFOR era composta por uma frota de 1850 ônibus e 289 linhas, transportando mais de 900 mil passageiros por dia. A evolução mensal da demanda desde 2000 é apresentada no gráfico abaixo.

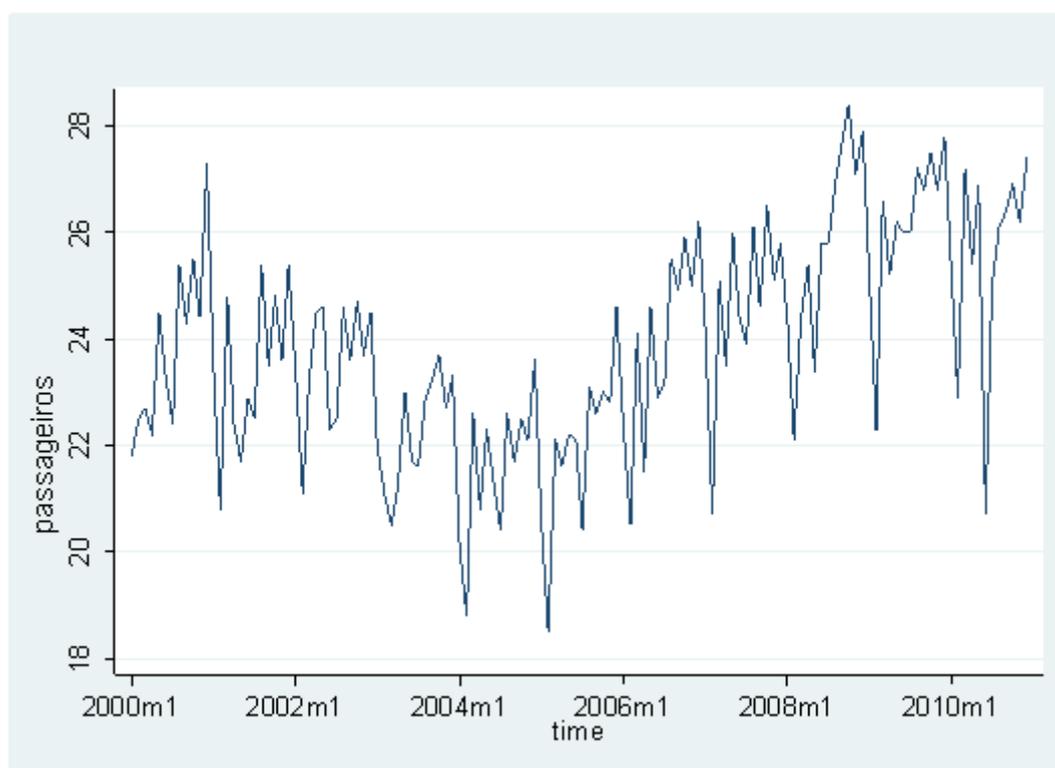


Figura 1 – Demanda mensal de passageiros, em milhões.

## 2.2 Tarifa

Em Fortaleza, as tarifas de ônibus ficaram congeladas em R\$1,60 durante o período de Dez/2004 até Maio/2009. Para viabilizar o congelamento das tarifas, a prefeitura e o estado implementaram algumas medidas de desoneração dos custos do transporte, como a redução de 50% na alíquota do ISS incidente sobre a tarifa de ônibus e do ICMS sobre o preço do diesel consumido pelas empresas operadoras.

Foram mais de quatro anos de congelamento da tarifa que, na prática, representou uma redução de 22% no seu valor real ao longo desse período, considerando-se a inflação medida pelo IPCA. O resultado observado foi o aumento de cerca de 16% na demanda em 2008 em relação a 2004. A figura 3 apresenta a evolução da tarifa de ônibus, valor real, desde 2000.

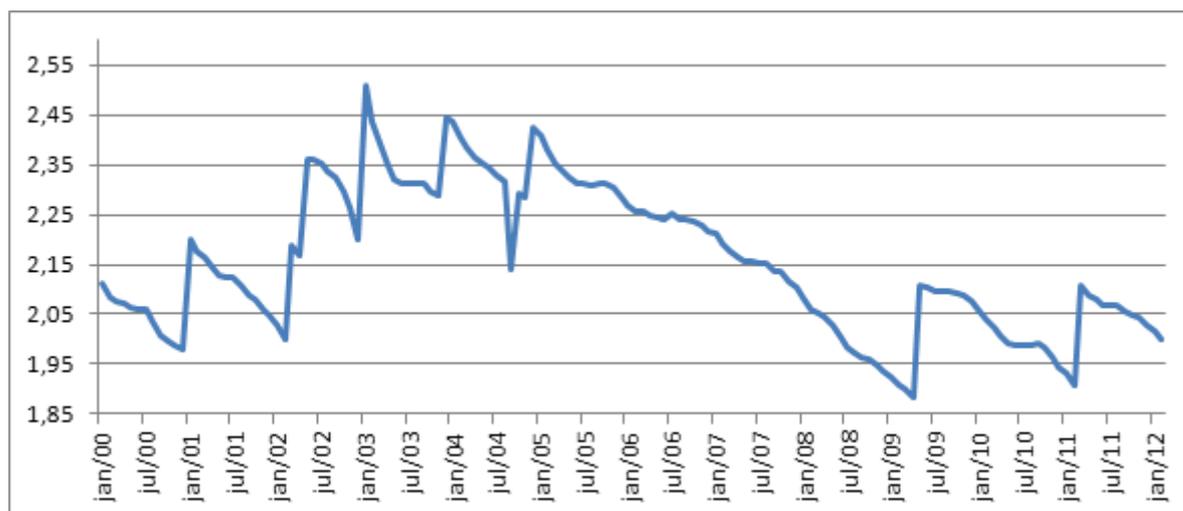


Figura 2 – Evolução do valor real da tarifa de ônibus

### 3. ESTUDO ECONOMÉTRICO

Nesta seção será apresentada a base de dados considerada no modelo. Posteriormente será desenvolvido o modelo econométrico e, por fim, os resultados serão apresentados e analisados.

#### 3.1 Apresentação da base de dados

A base de dados considerada foi coletada junto a FIPE, ETUFOR, BACEN e SEADE. Os dados considerados foram: demanda de passageiro, tarifa de ônibus, PIB mensal e quilômetros rodados. Todas as variáveis monetárias foram deflacionadas pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Abaixo são explicadas com mais detalhes as séries que foram consideradas.

- Demanda passageiro (variável *pax\_dem*): são dados fornecidos pela ETUFOR. A série fornece medições mensais realizadas de Jan/2000 a Dez/2010. É a variável que se deseja prever neste trabalho. Esses números serão correlacionados com alguns fatores que se supõe serem determinantes no aumento da demanda de passageiros.
- Quilômetros rodados (variável *km*): dados fornecidos pela ETUFOR. A série fornece medições mensais de Jan/2000 à Dez/2010; É plausível presumir que quanto mais quilômetros a frota de ônibus percorrer, mais bairros serão atendidos e portanto, mais passageiros transportados.
- Tarifa (variável *tarifa*): Dados fornecidos pela ETUFOR. Os valores coletados são nominais e portanto, foram deflacionados pelo IPCA. Informação relevante no estudo de oferta/demanda.
- Produto interno bruto (variável *pib*): Os dados mensais do PIB foram obtidos junto ao Banco Central. Os valores são nominais, e foram deflacionados pelo IPCA; Este dado é um indicador da economia do país, e será usado para verificar a correlação entre essa variável e a demanda de passageiros.

Tabela 2 – Estatísticas descritivas das variáveis consideradas

Variável	Nº de elementos	Média	Desvio Padrão	Min	Max
pax_dem	132	23,87	2,11	18,50	28,40
tarifa	132	2,17	1,48	1,88	2,51
Km	132	10,86	0,414	9,60	11,60
pib	132	268,993	39,156	204,247	377,257

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis consideradas. Os valores das variáveis pax\_dem e pib estão em milhões.

Com objetivo de obter um modelo matemático mais próximo da realidade, foi introduzida uma variável binária dgreve para controlar os efeitos da greve ocorrida em 2008 e 2010. Também foram criadas variáveis temporais do tipo mês para controlar a sazonalidade, principalmente devido ao período de férias escolares.

Tabela 3 – Matriz de correlações

	pax_dem	tarifa	Km	pib
pax_dem	1,000			
tarifa	-0,619	1,000		
Km	0,444	0,076	1,000	
pib	0,622	-0,467	0,131	1,000

A tabela 3 apresenta a matriz de correlações. Observa-se que a demanda e a tarifa de ônibus estão correlacionadas negativamente, o que já era esperado. As variáveis km e pib estão correlacionadas positivamente com a variável pax\_dem.

### 3.2 Análise de resultados

Foram analisadas diferentes modelos matemáticos usando combinações das variáveis apresentadas na seção anterior. Foi testada a variável dummy dgreve com o objetivo de modelar os efeitos das greves em 2008 e 2010.

Considerou-se a demanda por passageiro como a variável dependente ( $y = \text{pax\_dem}$ ), as variáveis independentes são a tarifa, PIB e quilômetro (km), além da variável dgreve. As variáveis m\_i (meses) foram utilizadas para controlar os efeitos da sazonalidade.

O resumo das combinações analisadas é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Comparação de diferentes modelos

Variáveis	1	2	3	4	5	completo
tarifa	-0.7635***	-0.7909***	-0.6049***	-0.7986***	-0.6157***	-0.6413***
km	-	-	-	0.8085***	0.7801***	0.7788***
pib	-	-	0.2113***	-	0.1865***	0.2086***
dgreve	-	-0.0015	-0.0026**	-	-	-0.0026**
m_1	0.0003	0.0003	0.0011	0.0013	0.0019	0.0020
m_2	-0.0072***	-0.0072***	-0.0055***	0.0004	0.0016	.0018
m_3	0.0031	0.0031	0.0039***	0.0041**	0.0049***	.0050***
m_4	-0.0005	-0.0005	0.0004	0.0028	0.0035**	.0035**
m_5	0.0040*	0.0048**	0.0053**	0,0041*	0.0040**	.0053**
m_6	0.0001	0.0008	0.0012	0.0022	0.0020	.0033**
m_8	0.0067***	0.0067***	0.0066***	0.0060***	0.0059***	.0059***
m_9	0.0040*	0.0040*	0.0044***	0.0059***	0.0063***	.0063***
m_10	0.0074***	0.0074***	0.0069***	0.0068***	0.0064***	.0064***
m_11	0.0039**	0.0038**	0.0032**	0.0064***	0.0058***	.0057***
m_12	0.0087***	0.0087***	0.0083***	0.0085***	0.0081***	.0080***
R <sup>2</sup> ajust	0.672	.677	.767	0.701	.774	.795

legenda: \*p<.1; \*\* p<.05; \*\*\* p<.01

Ao analisar as colunas “1” e “completo” da tabela 4 percebe-se a importância das variáveis km, pib e dgreve no modelo. Ao se retirar estas variáveis, o R<sup>2</sup> ajustado associado cai consideravelmente de 0.795 para 0.672, indicando a importância destas variáveis explicativas.

O modelo contemplando todas as variáveis explicativas, e com controle de sazonalidade, apresenta melhor R<sup>2</sup> e portanto, é o modelo matemático mais adequado para o estudo da demanda de passageiros. A escolha deste modelo é baseada na significância estatística das variáveis consideradas, bem como na qualidade do ajuste verificado através do R<sup>2</sup> ajustado. Vale ressaltar que parâmetros com melhor significância estatística são aqueles cujos valores t são elevados e onde os p-valores são baixos. Esta análise permite excluir a hipótese de influência nula.

No modelo escolhido tem-se o maior R<sup>2</sup> e todas as variáveis exógenas possuem p-valor<0.01, ressaltando a influência destas variáveis na demanda por passageiro. Neste estudo, teve-se o cuidado de fazer o controle da heteroscedasticidade e da autocorrelação. Foram feitas análises usando modelos logarítmicos. Esses modelos não apresentaram ganhos que justificassem seu uso neste estudo.

O modelo linear matemático escolhido fica na forma apresentado na equação 1.

$$pax\_dem = \beta_0 + \beta_1(tarifa) + \beta_2(km) + \beta_3(pib) + \beta_4(dgreve) + \sum_{i=1}^{12} \beta_{(i+4)} m\_i \quad (1)$$

Os valores de  $\beta_i$  são apresentados na tabela 5 assim como outros resultados estatísticos.

Tabela 5 –Valores dos coeficientes  $\beta_i$ 

Variáveis	Coef	Desvio Padrão	Z	P> z	[ 95% C.I. ]
Tarifa	-7.057	.6252	-11.29	0.000	-8.2952 -5.8184
Km	1.7110	.4362	3.92	0.000	0.8470 2.5750
Pib	0.0185	0.0024	7.66	0.000	0.01377 0.0232
dgreve	-2.0149	1.005	-2.00	0.047	-4.006 -0.0246
m_1	0.5746	.3639	1.58	0.117	-0.1463 1.2954
m_2	0.5134	.7359	0.70	0.487	-0.9441 1.971
m_3	1.4193	.3398	4.18	0.000	0.7464 2.092
m_4	1.0085	.4235	2.38	0.019	0.1696 1.8475
m_5	1.5084	.5913	2.55	0.012	0.3373 2.6795
m_6	0.9435	.4101	2.30	0.023	0.1311 1.7557
m_8	1.6939	.3135	5.40	0.000	1.0729 2.3149
m_9	1.8203	.4583	3.93	0.000	0.8953 2.7110
m_10	1.9203	.3989	4.56	0.000	1.0302 2.6104
m_11	1.6196	.4316	3.75	0.000	0.7648 2.4745
m_12	2.2996	.3734	6.16	0.000	1.5600 3.0392
_cons	14.4023	4.4713	3.15	0.002	5.3481 23.456

### 3.3 Previsão de demanda até 2015

Com base no modelo escolhido, pode-se calcular a demanda futura de passageiros. Para esta previsão, é necessário fazer algumas estimativas para as variáveis exógenas.

Consideraram-se dois cenários: otimista e pessimista.

Cenário pessimista: Já é sabido que o PIB de 2011 foi de 2,7%. Nos demais anos, consideremos que o crescimento do PIB seja de 2,5%. A tarifa aumenta 5% no terceiro ano. Há pouco investimento em novas linhas de ônibus, e a quantidade de km cresce somente 5% no terceiro ano e estagna.

Cenário Otimista: O PIB cresce 3.0% em 2012 e se mantém em 3.2% nos demais anos. Devido a incentivos fiscais, a tarifa se mantém no mesmo valor nos próximos 5 anos. Há investimentos em infraestrutura, e a malha rodoviária cresce 3% anualmente a partir do terceiro ano.

A figura 3 apresenta a previsão de passageiros, milhões/ano, no cenário otimista e pessimista.

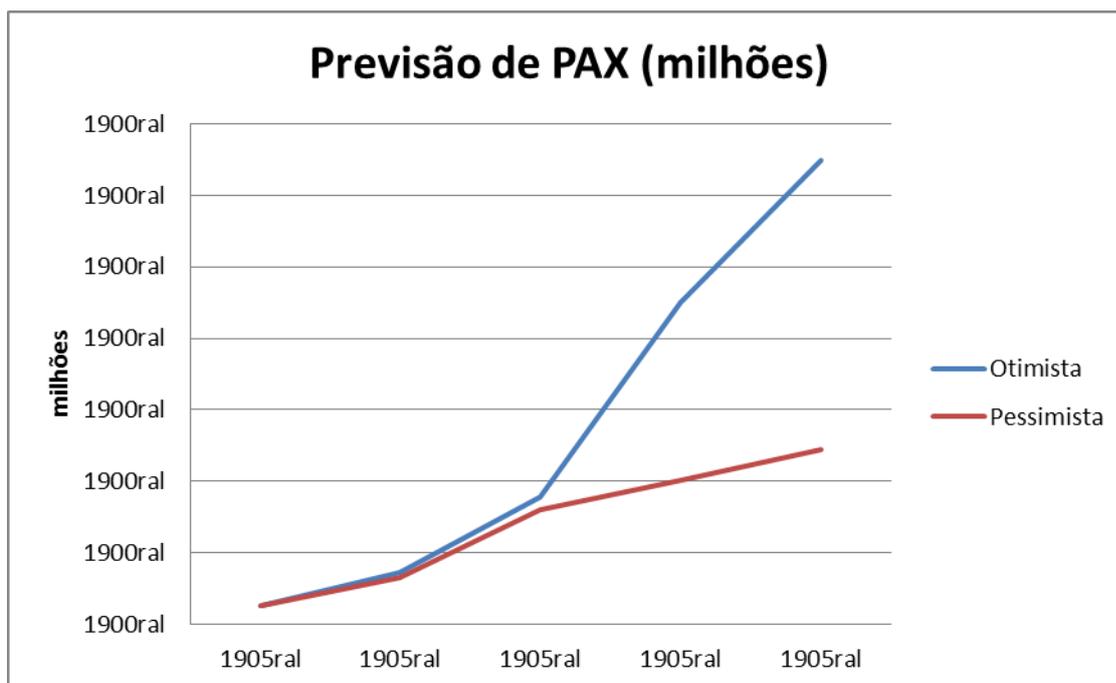


Figura 3 – Previsão de passageiros até 2015

#### 4. CONCLUSÕES

O sistema de transporte urbano é de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e social de uma cidade. Seu governante deve se valer de estudos neste setor para melhor decidir sobre o orçamento do município.

Este trabalho apresentou um estudo econométrico do transporte coletivo urbano de Fortaleza. A demanda de passageiros por este serviço público irá crescer, mesmo em um cenário pessimista do país.

O modelo matemático escolhido para este estudo foi modelo linear contemplando todas as variáveis sugeridas: tarifa, PIB e km. A escolha deste modelo se deve primeiramente ao fato de que todas as variáveis apresentarem significâncias estatísticas menores de 1%, ou seja, são altamente representativas para estimar a demanda, além de apresentar um bom valor de R<sup>2</sup>. Incluir o tamanho da malha rodoviária urbana, representada pela variável km, apresentou bons resultados no modelo econométrico. Além disso, foi incluída no modelo a variável binária de greve para absorver os efeitos da greve de 2008 e 2010. Nesse estudo, teve-se o cuidado de fazer o controle de sazonalidade, da heteroscedasticidade e da autocorrelação.

A previsão de passageiros por transporte público no ano de 2015 é de 350 milhões de passageiros/ano no cenário otimista e de 330 milhões de passageiros/ano no cenário pessimista.

#### REFERÊNCIAS

ETUFOR, Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza, *Anuário de Transporte de Fortaleza*. Disponível em <http://www.etufor.ce.gov.br>. Acesso em 01/05/2012.

**IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará,** *Anuário estatístico.* Disponível em <http://www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em 01/06/2012.

**ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos,** *Dados de tarifas das capitais no Brasil..* Disponível em [http://portal1.antp.net/site/simob/Lists/trfs/trfs\\_atuais.aspx](http://portal1.antp.net/site/simob/Lists/trfs/trfs_atuais.aspx). Acesso em 01/06/2012.

**IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada,** *Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil.* Disponível em [www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/tds/TD\\_1595\\_Web.pdf](http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicacoes/tds/TD_1595_Web.pdf). Acesso em 01/06/2012.

**IDT, Instituto de Desenvolvimento do Trabalho,** *Estudo e pesquisa sobre mercado de trabalho em Fortaleza.* Disponível em <http://www.sineidt.org.br/Institucional/EstudosPesquisas.aspx>. Acesso em 01/06/2012.