



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - CAEN
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA - MPE**

PAULO SÉRGIO BARROSO LOPES

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PREDITIVO DE MODELOS AUTO-
REGRESSIVOS NA ARRECAÇÃO DO IPVA DE VEÍCULOS NOVOS**

**FORTALEZA
2011**

PAULO SÉRGIO BARROSO LOPES

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PREDITIVO DE MODELOS AUTO-
REGRESSIVOS NA ARRECADAÇÃO DO IPVA DE VEÍCULOS NOVOS**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Economia – Mestrado Profissional – da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia do Setor Público

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares

**FORTALEZA
2011**

PAULO SÉRGIO BARROSO LOPES

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PREDITIVO DE MODELOS AUTO-
REGRESSIVOS NA ARRECADAÇÃO DO IPVA DE VEÍCULOS NOVOS**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Economia – Mestrado Profissional – da Universidade Federal do Ceará - UFC, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia. Área de Concentração: Economia do Setor Público.

Data de Aprovação: **14 de dezembro de 2010.**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares
Orientador

Prof. Dr. Francisco José Silva Tabosa
Membro

Dr. Nicolino Trompieri Neto
Membro

Prof. Ms. Guilherme Diniz Irffi
Membro Convidado

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial à minha esposa Luciene e filhos Natanael e Isabele, que me apoiaram nos momentos em que estive ausente do convívio familiar, por motivos de dedicação aos estudos.

Ao Professor Dr. Fabrício Linhares, por acreditar no tema e toda assistência na orientação que possibilitou a realização desse trabalho.

Ao Professor Guilherme Irfi, que contribuiu na análise dos resultados e na elaboração das tabelas.

Aos meus chefes imediatos Ivete e José Carlos, exemplos de competência e zelo pela administração fazendária, que acreditam no meu trabalho no tocante à administração do Sistema IPVA.

Ao meu amigo e colega de trabalho, Gladstone Castro, profissional de elevada competência técnica, que possibilitou a geração da série temporal, com dados exclusivos de veículos zero quilômetro.

Aos professores do Curso de Mestrado do Setor Público que, através do elevado nível conhecimento e ilibada competência profissional, desempenharam seu papel com muita eficiência.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Mirtes e Ximenes que deram todo apoio nos momentos em que me ausentei para elaboração de trabalho e avaliação.

Aos meus colegas do curso de mestrado do setor público, pelas horas dedicadas na elaboração de trabalho, e pelas trocas de conhecimentos em sala de aula que permitiram aprofundamento dos temas.

Ao corpo de funcionários da administração do curso de mestrado pela presteza no atendimento de nossas demandas.

RESUMO

O Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), nos últimos dez anos, tem apresentado crescimento expressivo, motivado pelas políticas econômicas e fiscais que estimularam o aumento do consumo de veículos. O IPVA, ocupando o segundo lugar no volume de arrecadação de tributos do estado, tem importante papel no custeio da máquina pública municipal e estadual, razão esta que levou a elaboração desse trabalho. A administração pública, ao dispor de modelos de previsão, poderá avaliar o comportamento da arrecadação desse importante imposto, como forma de identificar qual a modelagem que mais se adéqua na previsão dessa receita. O presente estudo é pioneiro no Brasil, pois trata da avaliação do desempenho preditivo de arrecadação do IPVA de veículo novo, com a utilização de modelos auto-regressivos, com e sem componentes sazonais. Os registros da arrecadação de IPVA de veículo novo foram extraídos do Sistema IPVA, da Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará, e consta o período de janeiro de 1999 a março de 2010, no total de 135 (cento e trinta e cinco) meses. Os modelos são avaliados com base nas previsões para os períodos de alta na arrecadação (de janeiro a março) e no período de baixa da arrecadação (de maio a julho). A série foi deflacionada pelo INPC-CE visando identificar as variações reais positivas ou negativas, sem a inflação. A sazonalidade é uma das principais características apresentadas na série estudada. O desempenho das previsões a partir das combinações desses modelos será, também, avaliado. A modelagem foi composta de 6 (seis) modelos acrescidos de variáveis de tendência, de *dummies* e de componente sazonal SAR(12), mais 3 (três) outros modelos combinados.

Palavras-chave: IPVA. Arrecadação. Sazonalidade.

ABSTRACT

The Tax on Motor Vehicles (property taxes) in the last ten years has shown significant growth, driven by economic and fiscal policies that encouraged increased consumption of vehicles. The property taxes rank second in volume of tax collections for the state, has an important role in the funding of municipal and state machine, the reason that led the preparation of this work. The government to dispose of forecasting models can evaluate the behavior of this important tax revenue as a way to identify which model that best suits in anticipation of this recipe. This study is a pioneer in Brazil, as evaluates the predictive performance of collection of property taxes from new vehicle, with the use of autoregressive models, with and without seasonal components. The records of the collection of property taxes from new vehicle has been taken from System property taxes, the Finance Secretary of the State of Ceará, and set the period from January 1999 to March 2010, a total of 135 (one hundred thirty-five) months. The models are evaluated on the bases for forecasts in periods of high inflow (January to March) and the low period of collection (May-July). The series was deflated by the INPC-CE to identify the real changes positive or negative, without inflation. Seasonality is a major feature in the series studied. The performance of the forecasts from combinations of these models will also be evaluated. The model was composed of six (6) models, plus variables for trend, seasonal dummies and component SAR (12), 3 (three) other models combined.

Keywords: IPVA. Collection. Seasonality.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Redução do IPVA – Função linear decrescente.....	18
FIGURA 2 – Valor nominal e valor deflacionado pelo INPCCE, em milhões de reais....	19
FIGURA 3 – Curva de arrecadação anual – Valores deflacionados.....	20
FIGURA 4 – Licenciamento de Veículos no Brasil.....	21
FIGURA 5 – Previsão XF01 - Período das observações 2010.01 a 2010.3.....	40
FIGURA 6 – Previsão XF02 - Período das observações 2009.05 a 2009.07.....	40
FIGURA 7 – Previsão XF11 - Período das observações 2010.01 a 2010.3.....	40
FIGURA 8 – Previsão XF12 - Período das observações 2009.05 a 2009.07.....	41
FIGURA 9 – Previsão XF21 - Período das observações 2010.01 a 2010.03.....	41
FIGURA 10 – Previsão XF22 - Período das observações 2009.05 a 2009.07.....	41
FIGURA 11 – Previsão XF31 - Período das observações 2010.01 a 2010.03.....	42
FIGURA 12 – Previsão XF32 - Período das observações 2009.05 a 2009.07.....	42
FIGURA 13 – Previsão XF41 - Período das observações 2010.01 a 2010.03.....	42
FIGURA 14 – Previsão XF42 - Período das observações 2009.05 a 2009.07.....	43
FIGURA 15 – Previsão XF51- Período das observações 2010.01 a 2010.03.....	43
FIGURA 16 – Previsão XF52- Período das observações 2009.05 a 2009.07.....	43

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Frota hipotética.....	15
TABELA 2 – Proporcionalidade da arrecadação do IPVA de veículo novo.....	18
TABELA 3 – IPI dos Carros.....	20
TABELA 4 – Quantidade veículos automotores novos licenciados no Brasil.....	21
TABELA 5 – Previsão da arrecadação mensal de IPVA, <i>ex-post</i>	32
TABELA 6 – Medidas de eficiência das previsões – Modelos auto-regressivos.....	32
TABELA 7 – Calculo dos pesos nos modelos combinados para o primeiro e segundo períodos.....	33
TABELA 8 – Erro de Previsão Absoluto e Percentual do Modelo Combinado – FC3...	33
TABELA 9 – Escolha da quantidade de defasagens por modelo pelo critério de informação de Akaike.....	39
TABELA 10 – Resumo dos critérios de Akaike, modelos e equação no Eviews.....	39
TABELA 11 – Série deflacionada: Janeiro de 1999 a Dezembro de 2004.....	44
TABELA 12 – Série deflacionada: Janeiro de 2005 a Março de 2010.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	IPVA - FUNDAMENTAÇÃO LEGAL, IMPORTÂNCIA, PREVISÃO DE RECEITA, CARACTERÍSTICAS, FATOS HISTÓRICOS E COMPARAÇÃO DA SÉRIE COM PREÇO	13
2.1	Origem, Incidência, Fato Gerador, Repartição de Receita	13
2.2	Importância na Arrecadação do Estado	14
2.3	Previsão de Arrecadação do IPVA para Veículos Usados	15
2.4	Arrecadação de IPVA de Veículos Novos	16
2.5	Características da Série: Sazonalidade, Ausência de Inadimplência e Proporcionalidade	16
2.5.1	IPVA de Veículo Novo com Característica Sazonal	16
2.5.2	Ausência de Inadimplência no Registro de Veículo Novo	17
2.5.3	Proporcionalidade do IPVA nos Veículos Novos	17
2.6	Tendência Apresentada na Série	19
2.7	Efeitos de Políticas Econômicas	19
2.8	Quantidade de Veículos Automotores Novos Licenciados no Brasil – Período 2005 a 2009	21
2.9	Arrecadação do IPVA de Veículo Novo em Comparação com o Preço	22
3	METODOLOGIA: MODELOS AUTO-REGRESSIVOS OU UNIVARIADOS	23
3.1	Modelos de Previsões de Arrecadação do IPVA de Veículo Novo	23
3.2	Avaliação das Previsões	27
3.3	Modelos de Previsões Combinados	28
4	RESULTADOS DOS MODELOS DE PREVISÕES	31
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
	REFERÊNCIAS	36
	APÊNDICES	39
	ANEXOS	44

1 INTRODUÇÃO

O Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) tem importante papel na captação de recursos públicos, haja vista se tratar da segunda maior fonte de receita tributária de competência do Estado. Segundo os registros da Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará, doravante SEFAZ-CE, informado no endereço eletrônico www.sefaz.ce.gov.br, na seção Finanças Públicas/Arrecadação Total, em 2009, o Estado arrecadou R\$ 5,45 bilhões de reais, sendo que o ICMS, o IPVA e os outros tributos registraram, respectivamente, os percentuais de 94,21%, 5,32% e 0,47%.

O percentual do IPVA de 5,32% representou uma arrecadação anual no exercício de 2009 em torno de R\$ 290,14 milhões de reais, ou seja, confirma a segunda maior fonte de receita de imposto estadual. Com esteio nestas informações, ensejar previsões para arrecadação de IPVA servirá de suporte para o gestor público mediante ao aprimoramento do planejamento estratégico do Tesouro do Estado.

Em outros termos, a administração pública, ao dispor de modelos de previsão, poderá avaliar o comportamento da arrecadação desse importante imposto como forma de identificar qual a modelagem que mais se adéqua na previsão dessa receita.

A previsão das receitas públicas já é uma realidade, haja vista que a própria Lei Complementar nº 101, de 04 de maio de 2000, Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF), que determina como um dos requisitos essenciais da responsabilidade na gestão fiscal a instituição, previsão e efetiva arrecadação de todos os tributos de competência constitucional do ente da Federação.

A LRF recomenda, ainda, que as previsões de receitas devam observar as normas técnicas e legais, considerarão os efeitos das alterações da legislação, da variação dos índices de preços, do crescimento econômico ou de qualquer outro fator relevante.

O gestor público com base na estimação de suas receitas estabelecerá planejamento de seus orçamentos com a finalidade de equilíbrio das contas públicas de forma que os valores arrecadados deverão ser superiores aos gastos públicos.

Os modelos de previsão de séries temporais necessitam de avaliação que servirá de parâmetro de comparação entre estes, de forma que o melhor modelo será o que apresentar menor erro de previsão. As modelagens mais simples podem trazer melhores resultados porque podem se adequar às características da série, pois determinados componentes se ajustam perfeitamente. A avaliação de desempenho dessas séries temporais é relativa, pois depende de mais um modelo ou de inclusão de componentes que servirão de comparação de resultados dos testes.

A avaliação de previsão da arrecadação de veículo usado, através de modelos auto-regressivos, não será abordada nesse trabalho, pois, o Estado já dispõe de todas as informações necessárias à previsão de receita desse segmento de veículo (usado). A frota de veículos disponibilizada no cadastro do Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN), mais o valor venal informado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas - FIPE e a alíquota do correspondente à cada modelo são suficientes para geração do lançamento do imposto e previsão de receita líquida e certa.

A arrecadação do IPVA de veículos usados tem como base a fórmula abaixo, que é uma função A(quantidade, valor venal, alíquota):

$$\text{ARRECAD.IPVA} = \sum \text{Qtde} \times \text{Valor venal} \times \text{Alíquota} \quad (1)$$

É importante observar que a equação acima não registra as aquisições de veículos zero no exercício seguinte. O problema de previsão de arrecadação do IPVA decorre da falta de conhecimento do montante de veículos a serem adquiridos por todos os meses futuros até dezembro do ano corrente. Em outras palavras: quanto será a previsão de arrecadação exclusivamente de veículo novo num determinado mês futuro?

A resposta do problema será a utilização de modelos econométricos capazes de captarem os efeitos sazonais da arrecadação através de uma base de dados extraída do passado se possa compreender o presente e estabelecer previsão para o futuro.

Dessa forma, o trabalho será focado no desempenho de previsão da arrecadação de IPVA de veículos novos mediante utilização de 6 (seis) modelos auto-regressivos e mais 3 (três) modelos combinados, com a utilização ou não da componente sazonal. A abordagem

desse estudo é pioneira no Brasil, pois, será avaliado o desempenho preditivo dos modelos mencionados.

De acordo com Cavaleri (2008) as técnicas de combinação de previsões podem incorporar todo o conhecimento associado ao ambiente de previsão. Além disso, as combinações têm como objetivo principal incorporar vários modelos com a finalidade de reduzir as medidas de erro de previsão.

A série temporal objeto desse estudo corresponde à arrecadação do IPVA de veículo novo, do Estado do Ceará, cujos dados foram obtidos junto à Secretaria da Fazenda, e extraídos diretamente do Sistema IPVA e do Sistema Receita. O período da série é janeiro de 1999 a março de 2010, que corresponde a 135 (cento e trinta e cinco) meses.

A componente sazonal tem uma relevante importância nos modelos, pois deve captar os períodos que sofrem maior demanda na aquisição de veículos, devido alguma motivação econômica, como por exemplo, a redução do IPI, o décimo terceiro salário. Diante disso, a inclusão do termo para captar a sazonalidade se justifica mediante a melhora no poder preditivo dos modelos, uma vez que a arrecadação de IPVA apresenta sazonalidade oriunda do método de cálculo deste imposto (proporcionalidade em relação aos meses de aquisição do veículo).¹

Conforme Wallis e Thomas (1971) a sazonalidade pode ser definida como o conjunto dos movimentos ou flutuações com período igual ou inferior a um ano, sistemáticos, mas não necessariamente regulares, que ocorrem numa série temporal.²

A antecipação de modelos de fabricação de veículos pode, ainda, estimular o aumento da demanda de veículos, o que implica no incremento da arrecadação e, mais uma vez, corrobora com o objetivo deste ensaio, isto é, avaliar o desempenho preditivo de modelos auto-regressivos na arrecadação do IPVA de veículos novos.

¹ Alguns trabalhos que fazem previsões com séries sazonais ver, por exemplo, Queiroz e Cavalheiro (2003), CANOVA (1993), Dagun (1975), BOWERMAN, KOEHLER, e PACK (1990), BARTOLOMEI e SWEET (1989).

² Para maiores informações sobre sazonalidade ver Pino *et. al.* (1994): Sazonalidade em séries temporais econômicas: um levantamento sobre o estado da arte.

Esta pesquisa está organizada em cinco capítulos, incluindo esta introdução. A seguir é feita uma descrição sobre o IPVA sintetizando alguns dos principais aspectos referentes a este tributo, de forma a privilegiar os fatos históricos, a fundamentação legal e os princípios do IPVA. O terceiro capítulo versa sobre a literatura empírica a respeito dos modelos univariados utilizados aqui para ensejar as previsões de IPVA. Posteriormente, são apresentados os resultados dos seis modelos de previsão utilizados, bem como, os três modelos combinados para cada período; ou seja, o capítulo exhibe as previsões para a arrecadação mensal de IPVA e, ainda, faz uma discussão sobre os resultados de eficiência dos modelos utilizados. E, por fim, as considerações finais da pesquisa se fazem presentes no quinto capítulo.

2 IPVA - FUNDAMENTAÇÃO LEGAL, IMPORTÂNCIA, PREVISÃO DE RECEITA, CARACTERÍSTICAS, FATOS HISTÓRICOS E COMPARAÇÃO DA SÉRIE COM PREÇO

Abordaremos neste capítulo alguns tópicos como a origem legal do IPVA, a importância desse imposto aos cofres públicos, a metodologia aplicada na previsão de receita para veículo usado, características do IPVA, os fatos históricos e comparação da série arrecadação com o preço.

2.1 Origem, Incidência, Fato Gerador, Repartição de Receita

O Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) foi instituído pela Emenda Constitucional nº. 27, de 1985. No Ceará, foi criado pela Lei nº 12.023, de 20 de janeiro de 1992, e regulamentado pelo Decreto nº 22.311, de 17 de dezembro de 1992. Na Constituição Federal de 1988, encontra-se previsto o artigo 155, III.

O tributo antecessor ao IPVA era chamado de Taxa Rodoviária Única - TRU, criada em 1969 e extinta em 1985, que tinha como finalidade a conservação de rodovias. Esta incidia sobre o licenciamento do veículo.

O IPVA incide sobre a propriedade do veículo automotor.

O fato gerador ocorre em 1º de janeiro de cada exercício, no caso de veículo usado, de acordo com a Lei n.º 12.023/92, Artigo 1º, § 1º. Na hipótese de veículo novo, o fato gerador ocorre no momento da aquisição por consumidor final, isto é, o imposto é devido a partir da data de emissão da Nota Fiscal de venda para o consumidor final.

O IPVA não deve ser confundido com taxa, ou seja, não existe contraprestação direta no tocante a prestação de serviços como, por exemplo, a manutenção ou a conservação de estradas. Assim como o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e

sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), o IPVA é destinado a qualquer finalidade econômica ou social.

A base de cálculo do imposto, em se tratando de veículo usado, é o valor corrente do veículo automotor, considerando-se os preços praticados no mercado e os divulgados em publicações especializadas. O veículo novo tem como base de cálculo valor da nota fiscal.

Do produto da arrecadação do imposto, inclusive os acréscimos moratórios correspondentes, 50% é distribuído ao próprio Estado e os outros 50% é destinado ao município onde estiver licenciado o veículo.

2.2 Importância na Arrecadação do Estado

O Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), nos últimos dez anos tem apresentado crescimento expressivo, motivado pelas políticas econômicas e fiscais que estimularam o aumento do consumo de veículos.

No mês de janeiro, o IPVA representa um percentual de 15% sobre a fatia de arrecadação de tributos estaduais, sendo que o maior imposto em volume de arrecadação é o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS).

O Estado necessita conhecer a sua arrecadação, como forma de planejamento, pois, numa possível queda do ICMS, o IPVA pode amenizar em parte os efeitos negativos gerados pela diminuição do outro imposto.

O terceiro maior tributo estadual é o Imposto sobre Transmissão de Causa Morte e Doação (ITCD).

Segundo os dados da Secretaria da Fazenda, em janeiro de 2009, a arrecadação de tributos estaduais (ICMS, IPVA, ITCD e taxa) somou R\$ 512.166.245,98, sendo desse montante o IPVA arrecadado um total de R\$ 81.455.862,45, um valor correspondente a

15,9%. Em janeiro de 2010, a arrecadação de tributos estaduais registrou um montante de R\$ 600.229.381,33, e desse total o IPVA arrecadado foi de R\$ 94.011.295,18, o que corresponde a 15,66%. Em relação ao valor arrecadado em janeiro de 2009 e o valor de janeiro de 2010, temos um aumento de 15,41%. Esse incremento de receita deve-se às aquisições de veículos novos em 2009 e em janeiro de 2010.

2.3 Previsão de Arrecadação do IPVA para Veículos Usados

Conforme já informado na introdução, o IPVA, no Estado do Ceará, tem previsão de receita para veículo usado, tendo em vista o conhecimento da frota, o valor venal e a alíquota são suficientes para estimar o valor a ser arrecadado no ano seguinte. A previsão de receita do IPVA, nessa hipótese (para veículo usado), é obtida pela multiplicação da frota de veículo ativa do estado, conhecida no exercício anterior, pela tabela do valor venal e a alíquota do veículo, deduzida de uma pequena inadimplência. A frota ativa de veículos automotores é aquela sob a qual incide o tributo, excluindo-se desse total os veículos isentos e com mais de 15(quinze) anos.

A receita do IPVA computada de veículos usados é adicionada por uma média de crescimento da frota observada nos exercícios anteriores, com finalidade de estimar aproximadamente o valor de veículos novos a serem adquiridos, no exercício seguinte, porém, sem a utilização de modelos econométricos.

Suponhamos numa situação hipotética que a frota do Estado do Ceará em 2009 seja num total de 20 (vinte) veículos, distribuídos na Tabela 1, a seguir, excluindo-se os veículos novos adquiridos em 2010, e que não haja desconto na cota única e que não haja inadimplência.

Tabela 1 – Frota hipotética

TIPO	QTDE	VALOR	ALÍQUOTA	TOTAL
MOTOS	5	6.000,00	2,00%	600,00
AUTOMÓVEL	10	25.000,00	2,50%	6.250,00
ONIBUS	2	100.000,00	1,00%	2.000,00
CAMINHÃO	3	80.000,00	1,00%	2.400,00
TOTAL	20			11.250,00

Fonte: Elaboração do autor

A coluna “valor” representa o valor médio de mercado informado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE) em que servirá de base de cálculo para cobrança do IPVA 2010, após a devida homologação pela administração fazendária, mediante a publicação da tabela do valor a recolher desse imposto através de ato normativo. O valor total corresponde à receita recebida se todos os proprietários recolherem o IPVA em 2010.

2.4 Arrecadação de IPVA de Veículos Novos

Entenda-se como “Arrecadação de veículo novo” ou “arrecadação veículo zero quilômetro” aquela oriunda da primeira tributação, a partir da fatura inicial do veículo, cujo imposto a recolher foi resultado do produto do valor da nota fiscal e a alíquota do veículo. A partir do ano seguinte ao da aquisição do veículo novo é considerado como arrecadação de veículos usados, cujo valor a pagar resultará no valor divulgado em publicação especializada, em conformidade com a Lei 12.023/92, Artigo 12, § 1º.

2.5 Características da Série: Sazonalidade, Ausência de Inadimplência e Proporcionalidade

A série temporal apresenta características importantes como: a sazonalidade, ausência de inadimplência no licenciamento e a proporcionalidade.

2.5.1 IPVA de Veículo Novo com Característica Sazonal

A sazonalidade é uma das características de grande importância para compreensão do modelo. Diversos fatores podem influenciar o aumento do consumo de veículos novos, como décimo terceiro salário, pacotes econômicos e fiscais, mudanças de governos dentre outros. Os modelos através do componente sazonal auto-regressivo (SAR) captarão os efeitos dessa sazonalidade a cada doze meses.

2.5.2 Ausência de Inadimplência no Registro de Veículo Novo

A arrecadação do IPVA de veículo novo é líquida e certa, pois não há sonegação desse imposto no primeiro lançamento, pois todos os controles informatizados da Secretaria da Fazenda e do Departamento Estadual de Trânsito são decisivos para eliminar a sonegação do imposto em foco.

Com isso, o veículo somente será licenciado se estiver cadastrado na SEFAZ com o imposto devidamente quitado. Essa premissa é possível devido integração dos sistemas informatizados entre os dois órgãos citados.

Certas decisões administrativas contribuíram na garantia do recolhimento integral, que se traduziu na eliminação da inadimplência. Citemos por exemplo a proibição do parcelamento do IPVA, para veículo zero quilômetro que foi permitido até 1995, conforme Instrução Normativa n.º 51, de 28 de julho de 1995. A partir dessa data se passou a exigir quitação no caso do primeiro licenciamento. Antes desse ato normativo existia inadimplência do IPVA de veículo novo, pois alguns usuários pagavam a 1ª parcela e atrasavam as demais.

2.5.3 Proporcionalidade do IPVA nos Veículos Novos

O veículo novo, quando adquirido a partir de fevereiro tem carga tributária proporcional. Qualquer que seja o valor venal X aplicado sobre uma alíquota y, resultará no valor a recolher, cuja redução ocorrerá a partir de fevereiro de acordo com a 4ª coluna, da tabela 2. Como exemplo, lançamos o valor de R\$ 100,00, no mês de janeiro, numa situação fictícia de que todo mês fosse comprado um veículo de R\$ 4000,00, ou seja, se mantida constante a variável preço e quantidade ao longo dos doze meses, sendo que a partir de janeiro o valor arrecadado seria $(R\$ 4000,00 * 2,5\%)*(12/12) = 100,00$, em fevereiro o valor arrecadado passaria para $(R\$ 4000,00 * 2,5\%)*(11/12) = 91,67$, em março o valor reduziria ainda para $(R\$ 4000,00 * 2,5\%)*(10/12) = 83,33$, de tal forma que o valor gerado até dezembro esteja disposto na tabela a seguir:

Tabela 2 – Proporcionalidade da arrecadação do IPVA de veículo novo

Mês	Vr. IPVA	Proporcionalidade	% red. s/ jan
Janeiro	100	12/12 AVOS	0,00%
Fevereiro	91,67	11/12 AVOS	-8,33%
Março	83,33	10/12 AVOS	-16,67%
Abril	75	9/12 AVOS	-25,00%
Mai	66,67	8/12 AVOS	-33,33%
Junho	58,33	7/12 AVOS	-41,67%
Julho	50	6/12 AVOS	-50,00%
Agosto	41,67	5/12 AVOS	-58,33%
Setembro	33,33	4/12 AVOS	-66,67%
Outubro	25	3/12 AVOS	-75,00%
Novembro	16,67	2/12 AVOS	-83,33%
Dezembro	8,33	1/12 AVOS	-91,67%

Fonte: Elaboração do autor

A redução do 1º IPVA é definida como uma função linear decrescente, segundo a equação abaixo:

$$f(x) = (\text{Valor Venal}) * \text{alíquota} * [(13-X)/12], \quad (2)$$

onde $X \in Z$, tal que $1 \leq x \leq 12$, representa o mês, se janeiro igual 1, se fevereiro igual a 2, assim por diante.

A reta do gráfico tem inclinação negativa, de acordo com a figura 1, é o que podemos chamar de tendência negativa na curva de arrecadação.



Figura 1 – Redução do IPVA – Função linear decrescente

Fonte: Elaboração do autor

2.6 Tendência Apresentada na Série

Ao longo de cada exercício verificamos tendências de aumento da arrecadação (de janeiro a março) e declinantes nos meses de maio a agosto. A figura 2 mostra a série com valor nominal e deflacionada pelo INPC-CE, com valores de referência a janeiro de 1999.

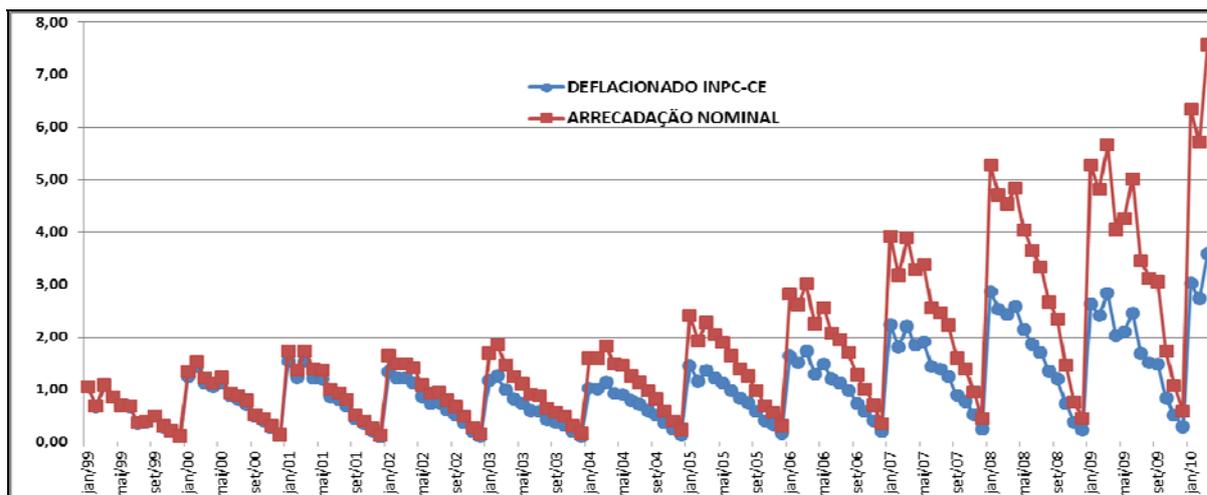


Figura 2 – Valor nominal e valor deflacionado pelo INPCCE, em milhões de reais

Fonte: Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará

A tendência de queda de arrecadação dentro de cada exercício deve-se, em grande parte, à proporcionalidade do imposto, conforme abordado anteriormente. Observando a figura 2, acima, percebe-se que os valores mínimos de arrecadação ocorrem no mês de dezembro. Os picos de arrecadação são observados no mês de janeiro, com alguns valores máximos até março.

2.7 Efeitos de Políticas Econômicas

Na figura 3 a seguir, verificamos um deslocamento um pouco mais acentuado para a direita da curva de arrecadação a partir de 2006, o que demonstra um aumento da receita no período de 2006 a 2009. A dispersão dos dados é menor no período de 1999 a 2005, contribuindo com leve deslocamento da curva de arrecadação.

Em relação aos picos de arrecadação ocorridos em 2009, observemos nos meses de janeiro a junho e setembro, daquele ano, registraram valores máximos na arrecadação, possivelmente em decorrência de medidas do governo federal no tocante à redução do IPI, que veio a contribuir no aumento do consumo de veículos.

Tal evidência pode ser constatada, segundo notas da imprensa em dezembro de 2008, período em que o governo anunciou medidas de redução do IPI que era prevista para durar até março de 2009. Em março, houve uma prorrogação de três meses que duraria até junho. Em junho de 2009 o governo resolveu prorrogar até setembro de 2009. A partir de outubro de 2009 haveria uma redução gradual do desconto, o que voltaria a nível normal em janeiro de 2010.

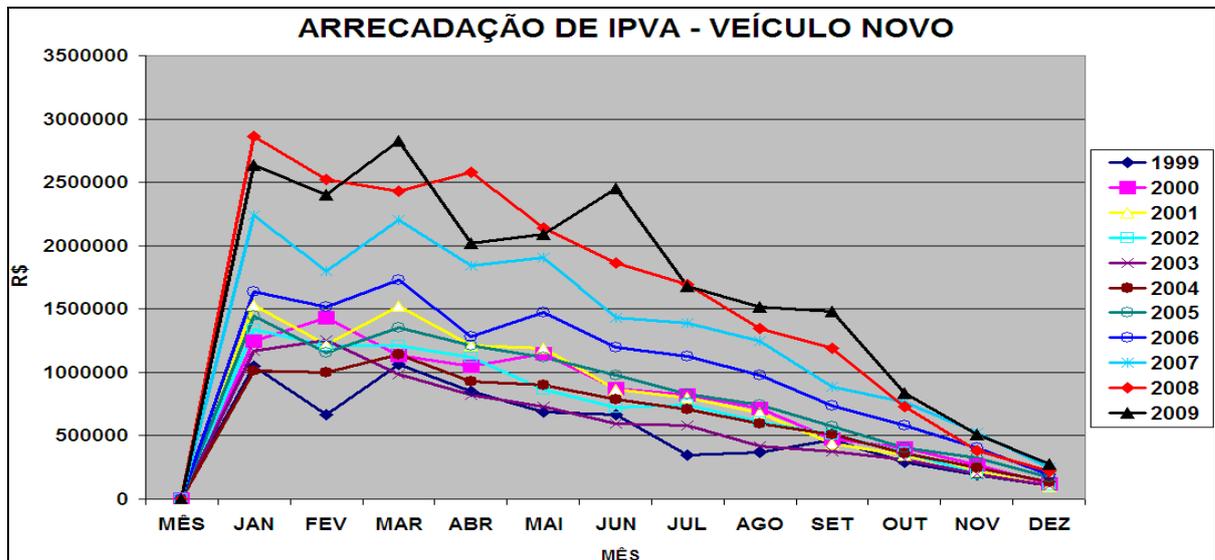


Figura 3 – Curva de arrecadação anual – Valores deflacionados
Fonte: Elaboração do autor a partir dos dados da SEFAZ

O governo Federal anunciou, ainda, medidas para estimular o consumo de carros flex e de baixa cilindrada até março de 2010, de acordo com tabela 3, divulgada em 24/11/2009, em que contempla carros flex de até 1000ccs e não superior 2000cc.

Tabela 3 – IPI dos Carros

CILINDRADAS	FLEX	GASOLINA
Até 1.000	3% até 31/3/2010 7% após 31/3/2010	7% em janeiro
De 1.000 a 2.000	7,5% até 31/3/2010 11% após 31/3/2010	13% em janeiro

Fonte: Uol Notícias/ Economia 24/11/2009

2.8 Quantidade de Veículos Automotores Novos Licenciados no Brasil – Período 2005 a 2009

A tabela 4, com dados extraídos do sítio da Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores Brasil – ANFAVEA, apresenta a quantidade de veículos novos licenciados no período de 2005 a 2009, no Brasil, em que se destacam os valores máximos de 2009, com oscilações crescentes e decrescentes, semelhantes aos dados de arrecadação do IPVA, excluindo-se os efeitos da proporcionalidade. Em 2009, veja que os valores maiores encontram-se registrados nos meses de março, junho e setembro.

Tabela 4 – Quantidade veículos automotores novos licenciados no Brasil

MÊS	2005	2006	2007	2008	2009
Jan	106.643	132.890	152.931	214.959	197.454
Fev	114.925	127.881	146.765	200.844	199.366
Mar	149.424	156.788	193.450	232.147	271.442
Abr	137.667	131.150	179.320	261.246	234.390
Mai	142.978	164.132	211.145	242.010	246.978
Jun	148.491	148.384	198.764	256.005	300.157
Jul	138.744	165.807	217.365	288.137	285.416
Ago	151.626	178.508	235.256	244.771	258.129
Set	144.354	159.368	204.026	268.686	308.718
Out	137.710	175.255	244.451	239.236	294.466
Nov	158.440	182.732	237.015	177.823	251.698
Dez	183.642	204.843	242.240	194.486	293.026
TOTAL	1.714.644	1.927.738	2.462.728	2.820.350	3.141.240

Fonte: ANFAVEA

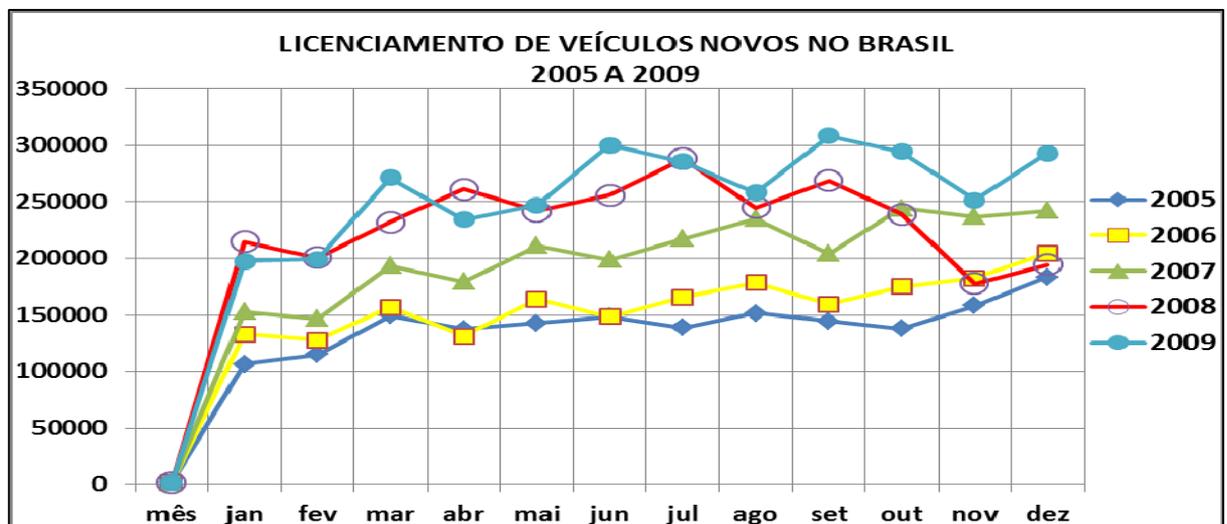


Figura 4 – Licenciamento de Veículos no Brasil

Fonte: Elaboração do autor a partir dos dados da ANFAVEA

Na figura 4, gráfico obtido da tabela 4, é verificada a queda do consumo de veículo acentuada no mês de novembro de 2008, em que se registrou 177.823 (cento e setenta e sete mil oitocentos e vinte e três) unidades vendidas, valor inferior aos registros de novembro de 2006, que totalizou 182.732 (cento e oitenta e dois mil, setecentos e trinta e dois) veículos, provocada pela crise financeira internacional. Em comparação com arrecadação do IPVA em 2008, verificamos no mesmo período uma tendência de queda na arrecadação, em comparação com os exercícios anteriores.

2.9 Arrecadação do IPVA de Veículo Novo em Comparação com o Preço

A arrecadação do IPVA de veículo novo pode ser comparada ao preço, isto porque sobre o valor do venal do veículo é aplicada a alíquota correspondente. Isto significa, na prática, que o valor do IPVA a recolher corresponde ao produto entre o preço do bem e a alíquota de 1%, de 2% ou de 2,5%, e a proporcionalidade abordada anteriormente.

$$\text{Valor do IPVA} = \text{Novo preço} \quad (3)$$

3 METODOLOGIA: MODELOS AUTO-REGRESSIVOS OU UNIVARIADOS

Os modelos auto-regressivos, também conhecidos como univariados, são bastante utilizados pela econometria contemporânea. O termo univariado decorre da utilização de uma única série para realização dos prognósticos. Esses registros por si próprios são capazes de explicar o comportamento da série com base nos valores passados e presentes. Assim, a série temporal y_t de arrecadação de IPVA de veículo novo pode ser explicada com base na arrecadação do passado acrescido de um ruído branco, resultado de um erro aleatório do presente e do passado.

$$y_t = f(y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, \varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}), \varepsilon_t \sim \text{iid}^3(0, \sigma^2\varepsilon) \quad (4)$$

Segundo Bueno (2008)⁴, uma sequência (ε_t) é um ruído branco se cada valor nela tiver média zero, variância constante e não for correlacionado com qualquer realização da própria série (autocorrelação igual a zero). A média zero, segundo o autor, é uma conveniência, pois seria possível especificar um ruído branco com média diferente de zero.

3.1 Modelos de Previsões de Arrecadação do IPVA de Veículo Novo

Os modelos univariados tem sido a ferramenta de previsão mais difundidas e utilizadas na atualidade, principalmente porque uma das qualidades desse tipo de modelo consiste em prever os valores que uma variável poderá assumir no futuro a partir de seu comportamento passado. Esta modelagem é bastante utilizada devido à precisão e acuidade das previsões geradas.

Os modelos auto-regressivos pressupõem que observações dependentes se ajustam às séries temporais. Diante disso, esse estudo procura avaliar o desempenho preditivo de modelos auto-regressivos, com e sem componentes sazonais, na previsão da arrecadação do

³ iid = independentes e identicamente distribuídos

⁴ BUENO, Rodrigo de Losso da Silveira, **Econometria de Séries Temporais**, São Paulo: CENGAGE LEARNING, 2008.

IPVA para veículos novos, mais especificamente, utilizar-se-á da arrecadação de IPVA do Estado do Ceará durante o período 1999 – 2010.⁵

A avaliação dos modelos, 6 (seis) modelos univariados mais três combinados, será desenvolvida com bases nas previsões para os períodos de alta na arrecadação (de janeiro a março) e período decrescente de arrecadação (de maio a julho).

Os modelos seguem a abordagem extrapolativa, isto é, a utilização de variáveis determinísticas como *dummies* sazonais, constantes e tendências de forma que modelo de previsão aproxime o máximo da realidade.

O modelo 1 conta com intercepto, tendência e defasagens. A inclusão da tendência se justifica pela busca de efeitos de decaimento mês a mês provocado pela proporcionalidade do IPVA. A componente *trend* varia de 1 a 135, sendo que mês de janeiro de 1999, recebe 1 e o último mês da série que corresponde a março de 2010, tem o valor de 135. Já a inclusão do termo auto-regressivo tende a captar a defasagem da série.

$$X_t = \alpha_0 + \beta_0 trend + \sum_{j=1}^{P_0} \phi_{0,j} X_{t-j} + \varepsilon_{0,t} \quad (5)$$

O modelo 2, por sua vez, não inclui o termo de intercepto, pois conta com 12 (doze) variáveis *dummies* que servirão para identificar o efeito mês da arrecadação durante o ano. Essas variáveis binárias buscarão identificar o quanto pode ser representativo um determinado mês que assume valor 1 para explicar os efeitos desse mês. O mês de janeiro assumindo valor 1(um), os demais assumirão valor 0 (zero). Nesse caso, poderão ser identificados os impactos dos meses jan/99, jan/00, jan/01 até jan/10, sempre assumindo valor igual a 1(um) e outros meses com valor 0(zero). O mesmo raciocínio será feito com os demais 11 meses, para medir a representatividade de cada mês no modelo. E mais uma vez, a tendência (*trend*) identificará a curva de inclinação de decaimento ou elevação mês a mês.

$$X_t = \sum_{d=1}^{12} \alpha_{1,d} D_{d,t} + \beta_1 trend + \sum_{j=1}^{P_1} \phi_{1,j} X_{t-j} + \varepsilon_{1,t} \quad (6)$$

⁵ Vale ressaltar que a arrecadação de IPVA de veículo novo, pode ser explicada com base na arrecadação do passado acrescido de um ruído branco, resultado de um erro aleatório do presente e do passado.

O modelo 3 faz uso de intercepto, termos auto-regressivos, mais duas variáveis para captar a tendência, a *trend* e a *trend12*. A inclusão deste último se justifica por tentar captar as variações positivas ou negativas da linha de tendência da série, em que ocorrem inclinações diferenciadas ao longo dos 10(dez) anos. Na linha de tempo os registros da série não se mostram constantes, pois há inclinações e deslocamentos da reta de arrecadação, conforme mostrado na **Figura 3**, com variações ao longo de cada ano, variações positivas ou negativas. Do ponto de vista econômico, esse fenômeno pode ser explicado por alguns fatores como o aumento da população, as políticas fiscais e econômicas que contribuíram com o aumento do poder aquisitivo da população que passou adquirir mais e melhores veículos, e na mudança de hábitos da população, sobretudo no interior, que resolveu mudar o tipo de transporte utilizado, antes por meio de animal, e agora motorizado. Isso proporciona uma tendência anual de incrementos na arrecadação mesmo que a outra *trend* direcione negativamente na arrecadação, decorrente da proporcionalidade. Daí a necessidade dessa nova componente, o que mostra mais uma peculiaridade da série estudada. Essa componente *trend12* tem a seguinte formação: (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12, 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,...., 1,2,3,4,5,6,7,8,...10,11,12.). Ou seja, em janeiro de cada ano assume o valor é igual a 1(um) e em dezembro de cada ano o valor é igual a 12 (doze). Essa variação tem como ponto inicial o mês de janeiro de 1999 até março de 2010.

$$X_t = \alpha_2 + \beta_2 trend + \gamma_2 trend12 + \sum_{j=1}^{P_2} \phi_{2,j} X_{t-j} + \varepsilon_{2,t} \quad (7)$$

O modelo 4 considera intercepto, tendência, termos auto-regressivos e componente sazonal, X_{t-12} , para captar o efeito sazonal de cada doze meses.

$$X_t = \alpha_3 + \beta_3 trend + \sum_{j=1}^{P_3} \phi_{3,j} X_{t-j} + \delta_3 X_{t-12} + \varepsilon_{3,t} \quad (8)$$

O modelo 5 não considera o intercepto, por outro lado conta com a inclusão de 12 (doze) variáveis *dummies*, com tendência, termos auto-regressivos e componente sazonal. Mesmo considerando que as variáveis *dummies* possam captar os efeitos sazonais, o acréscimo da componente sazonal auto-regressiva é necessário, pois a série apresenta sazonalidade, haja vista se derivar o valor como variável preço do veículo, que tem características puramente sazonais. Conforme já abordado na introdução, em outras palavras, a população procura adquirir novos veículos quando surgem novos modelos e ainda que por

motivos de redução da carga tributária, que ocasiona redução no preço e como consequência aumento das vendas e, ainda, o décimo terceiro salário. Esses eventos são sazonais e necessitam da componente sazonal auto-regressivas para melhor explicar a série.

$$X_t = \sum_{d=1}^{12} \alpha_{4,d} D_{d,t} + \beta_4 trend + \sum_{j=1}^{P_4} \phi_{4,j} X_{t-j} + \delta_4 X_{t-12} + \varepsilon_{4,t} \quad (9)$$

O modelo 6 reconsiderou o termo de intercepto, inclui duas variáveis de tendências, *trend* e *trend12*, sendo que esta última conforme já comentado, foi adicionada para identificar a inclinação de cada ano, nos últimos 12(doze) anos. Além disso, este modelo contempla ainda termos auto-regressivos e componentes sazonal. No que diz respeito a essa última componente, o IPVA a cada 12 (doze) meses apresenta picos em janeiro a março, mesmo que negativamente, impulsionado pela proporcionalidade a partir de fevereiro decorrente da redução do coeficiente de proporcionalidade e por fenômeno sazonal em que motiva as pessoas adquirirem veículos.

$$X_t = \alpha_5 + \beta_5 trend + \gamma_5 trend12 + \sum_{j=1}^{P_5} \phi_{5,j} X_{t-j} + \delta_5 X_{t-12} + \varepsilon_{5,t} \quad (10)$$

Vale ressaltar que no processo de estimação dos modelos, o número máximo de defasagens permitidas é 6 (P_{md} é no máximo 6), e que a quantidade de defasagens será selecionada pelo critério de informação de Akaike (AIC).

Para facilitar a exposição dos modelos, estes serão denominados de XF01 a XF51 para os modelos que irão ensejar previsões para o período de janeiro a março de 2010, enquanto os denominados por XF02 a XF52 se reservam as previsões para o período de maio a julho de 2009.

3.2 Avaliação das Previsões

Diante do objetivo deste exercício, qual seja avaliar o poder de previsão de arrecadação de IPVA para veículos novos a partir dos modelos univariados, se faz apropriado averiguar a previsões realizadas pelos modelos aqui empregados. Neste sentido, se optou por retirar uma parte da amostra para realizar a estimação dos modelos e, posteriormente, fosse possível avaliar as previsões *ex-post*.

De posse dos resultados de previsão do modelo, bem como dos valores efetivamente realizados no período dentro da amostra, optou-se por empregar o critério denominado como Erro Absoluto Percentual Médio (EAPM) como medida de eficiência das previsões.

No tocante ao intervalo de previsão, serão considerados os períodos de maio a julho de 2009 e de janeiro a março de 2010. Com isso, espera-se avaliar a capacidade preditiva dos modelos nos períodos de baixa e alta frequência, respectivamente. Além disso, pode-se dizer que serão utilizados três meses para computar o EAPM.

Nestes termos, os EAPM, para os modelos de queda e elevação da arrecadação são descritos como:

$$EAPM_1^{(md)} = \frac{\sum_{t=05/09}^{07/09} \frac{|\hat{X}_t^{(md)} - X_t|}{X_t}}{3} \quad (11)$$

$$EAPM_2^{(md)} = \frac{\sum_{t=01/10}^{03/10} \frac{|\hat{X}_t^{(md)} - X_t|}{X_t}}{3} \quad (12)$$

O subscrito md representa o modelo, uma vez que este exercício contempla 9 (nove) modelos como descrito na seção anterior. Vale ressaltar que, quanto menores os valores dessas estatísticas, melhor a qualidade da previsão e, ainda, que o EAPM por depender da escala da variável dependente (Arrecadação de IPVA), esta pode ser usada para

comparar previsões da mesma série geradas por diferentes equações. Após apresentar o mecanismo para avaliar a capacidade preditiva dos modelos de previsão descritos no capítulo anterior, se faz apropriado apresentar os modelos de previsão combinados.

3.3 Modelos de Previsões Combinados

A primeira técnica proposta para combinar os resultados obtidos a partir de modelos de previsão individuais foi feita por Bates e Granger (1969), sugerindo um esquema de combinação linear, cujos coeficientes (pesos) são calculados a partir da matriz de covariância de erros de previsões individuais.

Os autores sugerem a combinação de duas previsões não viciadas, ou mesmo corrigidas, dando pesos diferentes para cada um dos previsores. Isto deriva da crença que o desejável é dar maior peso a previsão que fornecer os menores erros quadráticos médios.

Posteriormente, Newbold e Granger (1974) ampliaram o número de modelos a serem combinados para n , mas mantendo as suposições feitas por Bates e Granger (1969). Isto é, os procedimentos de estimação foram mantidos e estendidos para combinar mais de duas previsões.⁶

Nesta pesquisa, os modelos combinados derivam dos seis modelos de previsão univariados, propostos na seção anterior, e do Erro Absoluto Percentual Médio (EAPM). Sendo assim, esta pesquisa acrescenta mais três modelos (para cada período) de previsão, os quais são combinações dos modelos apresentados e do EAPM.

O primeiro modelo combinado, FC1, gera previsões a partir da seguinte combinação das previsões dos modelos anteriores.

⁶ Cavaleri (2008) traz uma boa revisão e contextualização histórica das técnicas de combinação de modelos de previsão.

$$\hat{X}_t^{(FC1)} = \sum_{md=1}^6 w_{md}^{FC1} \hat{X}_t^{(md)} \quad (13)$$

onde w_{md}^{FC1} são as ponderações para cada previsão gerada pelo modelo md , isto é,

$$w_{md}^{FC1} = \frac{EAPM^{(md)}}{\sum_{md=0}^5 EAPM^{(md)}} \quad (14)$$

As previsões do modelo FC2 são geradas pela seguinte combinação das previsões dos 3(três) primeiros modelos anteriores ($md0$ a $md2$):

$$\hat{X}_t^{(FC2)} = \sum_{md=1}^3 w_{md}^{FC2} \hat{X}_t^{(md)} \quad (15)$$

onde:

$$w_{md}^{FC2} = \frac{EAPM^{(md)}}{\sum_{md=1}^3 EAPM^{(md)}} \quad (16)$$

As previsões do modelo FC3 são geradas pela seguinte combinação dos 3(três) últimos modelos anteriores:

$$\hat{X}_t^{(FC3)} = \sum_{md=4}^6 w_{md}^{FC3} \hat{X}_t^{(md)} \quad (17)$$

onde:

$$w_{md}^{FC3} = \frac{EAPM^{(md)}}{\sum_{md=4}^6 EAPM^{(md)}} \quad (18)$$

Vale ressaltar que as previsões destes três modelos combinados também são avaliadas pelo erro absoluto percentual médio para os períodos 05/2009 – 07/2009 e 01/2010 – 03/2010.

Diante dessa exposição, o próximo capítulo se reserva a apresentação dos resultados, isto é, das previsões geradas pelos modelos para os meses dos modelos estimados.

4 RESULTADOS DOS MODELOS DE PREVISÕES

Este capítulo apresenta o exercício de previsão para a arrecadação mensal de IPVA do Tesouro do Estado do Ceará, compreendendo os períodos de janeiro a março de 2010 e de maio a julho de 2009, para que se possam ensejar previsões para período de alta e de baixa arrecadação.

Embora as arrecadações desses períodos já estejam disponíveis, elas foram deixadas de fora do modelo estimado para que pudesse averiguar a capacidade de previsão (o ajustamento) dos modelos apresentados no capítulo anterior, por meio de comparação entre o valor previsto e o observado. Isto é conhecido como previsão *ex-post* ou previsão dentro da amostra.

Antes de apresentar as previsões, vale destacar que para estimar os modelos descritos pelas equações (1) a (6) mais os três modelos combinados, se utilizou do critério de informação de Akaike para a escolha da quantidade de defasagens empregadas em cada um dos modelos. É bom ressaltar que o número máximo de defasagens permitido é igual a 6, sendo assim, a escolha foi baseada na defasagem que minimiza o AIC. A Tabela 9, em anexo, reporta os resultados para cada um dos modelos.⁷

Diante disso, pode-se dizer que as escolhas dos modelos individuais foram feitas baseadas na significância estatística dos parâmetros, teste t, e pela minimização do AIC dentro da amostra. Este tipo de abordagem ficou conhecido na literatura como do geral para o específico, por testar o modelo com o maior número de defasagens até o modelo a ser estimado.

A Tabela 5 reporta as previsões para os períodos de janeiro a março de 2010, e de maio a julho de 2009, bem como os valores observados para os respectivos meses.

⁷ Em conformidade com a referida Tabela, nota-se que a maioria dos modelos são estimados considerando três defasagens.

Tabela 5 – Previsão da arrecadação mensal de IPVA, *ex-post*.

Meses	2010M01	2010M02	2010M03		2009M05	2009M06	2009M07	
Valores observados	3019333	2723359	3586787		2092174	2448711	1681890	
Valores previstos por modelo	XF01	785910.7	2587038	2754069	XF02	1715197	1558609	2009715
	XF11	1950580	2399045	2715086	XF12	2066993	1763857	2008665
	XF21	1882851	2413924	2562059	XF22	2054355	1754190	2014294
	XF31	2902038	2685668	3142932	XF32	2244221	1815813	1483928
	XF41	2734564	2530140	3006407	XF42	2173632	1831674	1742396
	XF51	2792655	2605241	2967272	XF52	2202755	1852112	1599698

Fonte: Elaboração do autor

Para avaliar o poder preditivo (isto é, a eficiência) dos modelos é preciso compará-los a partir do Erro Absoluto Percentual Médio. Sendo assim, o modelo que gerar o menor EAPM será considerado o de melhor desempenho para ensejar valores futuros da arrecadação de IPVA para carros novos.

Em conformidade com a Tabela 6, dos resultados apresentados nas estimações o modelo XF31 apresenta o melhor desempenho para realizar previsões dos meses de janeiro a março de 2010, enquanto que para os meses de maio a julho de 2009, o modelo mais acurado é o XF42. Esta análise decorre do fato destes modelos terem apresentado o menor valor para o EAPM. O Erro Médio Absoluto - EMA foi o menor apresentado nos dois períodos.

Vale ressaltar que o modelo XF31, quarto modelo, contempla um componente para captar o efeito sazonal, sendo assim, este modelo é denominado de SAR (auto-regressivo sazonal). O modelo XF42, quinto modelo, por sua vez, para captar tal efeito conta com *dummies* sazonais, uma *trend* e mais um SAR, como o anterior.

De uma maneira geral, seja para as previsões nos meses de alta (janeiro a março) ou de baixa (maio a julho) os modelos que apresentam os menores erros de previsão fazem uso de componente sazonal para captar o referido efeito.

Tabela 6 – Medidas de eficiência das previsões – Modelos auto-regressivos

Meses	Modelos	EMA	EMPA
2010M01 A 2010M03	XF31	199.613,70	0,06
2009M05 A 2009M07	XF42	253.000,30	0,11

Fonte: Elaboração do autor

A partir dos modelos de previsões individuais foram feitas combinações de previsão para mais três modelos. A Tabela 7 reporta os pesos utilizados em cada um dos

modelos combinados. Os três primeiros modelos, FC1, FC2 e FC3 são os modelos para realizar previsões para os meses de janeiro a março de 2010. Enquanto que os W's são os pesos atribuídos a cada modelo individualmente para combinar os respectivos modelos. Nota-se que, o modelo FC1 contempla os seis modelos anteriores, enquanto o modelo FC2 se utiliza apenas dos três primeiros modelos. Já o FC3 é combinado a partir dos três últimos modelos individuais apresentados no capítulo 3.

Tabela 7 – Cálculo dos pesos nos modelos combinados para o primeiro e segundo períodos

2009M05 A 2009M07						
	w0	w1	w2	w3	w4	w5
FC1	0,256	0,166	0,171	0,158	0,122	0,127
FC2	0,431	0,280	0,288			
FC3				0,388	0,300	0,312
2010M01 A 2010M03						
	w0	w1	w2	w3	w4	w5
FC1	0,303	0,214	0,234	0,057	0,100	0,091
FC2	0,403	0,285	0,311			
FC3				0,228	0,404	0,368

Fonte: Elaboração do autor

Os resultados obtidos, em termos de poder preditivo, para cada um dos modelos combinados para os respectivos períodos, janeiro a março de 2010 e maio a julho de 2009, são expostos na Tabela 8. Ou seja, são apresentados tanto o Erro de Previsão Absoluto quanto o Erro de Previsão Absoluto Percentual.

Em relação ao EPA nota-se que o modelo FC3 para o período maio a julho de 2009 apresenta o menor erro médio; logo, este seria o modelo mais acurado. Este resultado é confirmado pelo EPAP.

Em relação aos modelos combinados para ensejar as previsões para os meses de maior arrecadação de IPVA, janeiro a março, o modelo combinado FC3 (combinado a partir dos três últimos modelos apresentados no capítulo 3) também apresenta o menor erro de previsão, tanto absoluto quanto percentual.

Tabela 8 – Erro de Previsão Absoluto e Percentual do Modelo Combinado – FC3

Período	IPVA (X)	EPA	EPAP	Período	IPVA(X)	EPA	EPAP
2009M05	2.092.174,00	117.950,10	0,056	2010M01	3.019.333,00	201.622,50	0,067
2009M06	2.448.711,00	616.822,00	0,252	2010M02	2.723.359,00	109.407,00	0,040
2009M07	1.681.890,00	84.357,79	0,050	2010M03	3.586.787,00	539.570,80	0,150
Média		273.043,30	0,119	Média		283.533,40	0,086

Fonte: Elaboração do autor

Note que, ao comparar o EMPA do modelo combinado FC3 para os dois períodos, o poder preditivo de melhor desempenho foi o modelo individual FX31, apresentado na tabela 6. O resultado do EMPA de 0,0588 foi superior ao apresentado no modelo FC3, que registrou 0,086, no período de jan/10 a mar/10. Em relação ao modelo individual FX42, com o EMPA 0,108 foi mais eficiente que o modelo FC3 (com EPAP igual a 0,119) nesse mesmo período. Sendo assim, pode-se inferir que os modelos combinados nesta pesquisa, excetuando-se ao modelo FC3, a partir dos modelos individuais e dos seus erros de previsões geraram previsões menos acuradas do que os modelos individuais. Por conseguinte, pode-se concluir que para este exercício de previsão de arrecadação de IPVA para o Estado do Ceará os modelos individuais que contemplam componentes sazonais são mais acurados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo procurou verificar como os modelos auto-regressivos se comportam na predição da arrecadação do IPVA de veículo novo, a partir de seis modelos. Em todos os modelos propostos utilizou-se a referida modelagem adicionada uma *trend* e, ainda, que hora conta com intercepto, hora faz uso de componente sazonal. Já os modelos combinados com esta componente também foram significativos na avaliação dos erros de previsão.

A sazonalidade da série apresenta um ponto forte, haja vista a existência de picos em intervalos de 12 (doze) meses. Dessa forma a arrecadação no período Y_t pode ser explicada pela correlação entre os intervalos de Y_{t-12} e Y_{t+12} .

No que concerne à análise de previsão baseada na diferença percentual e na medida de eficiência EMPA, verificou-se que os modelos que contemplam componentes sazonais, sejam *dummies* sazonais ou um termo sazonal como o modelo sazonal auto-regressivo (SAR) foram o que geraram as melhores previsões, pois apresentaram os menores erros de previsões. Este resultado sugere que para ensejar previsões de séries temporais sazonais é preciso controlar este componente para obter previsões mais acuradas.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, Boston, v. 19, n. 6, p. 716-723, Dec. 1974.

ARRAES, Ronaldo de Albuquerque e; JORGE NETO, Paulo de Melo. **Ensaio em Economia Aplicada**. Fortaleza: Gráfica LCR, 2008, n. 1.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES BRASIL – ANFAVEA. **Licenciamentos RENAVAL**. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/tabelas.html>> Acesso em: 30 de junho de 2010.

BARTOLOMEI, Sonia M.; SWEET, Arnold L. A note on a comparison of exponential smoothing methods for forecasting seasonal series. **International Journal of Forecasting**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 111-116, 1989.

BATES J. M.; GRANGER, C. W. J. The Combination of Forecasts. **Operations Research Quarterly**, v. 20, p. 451-468, 1969.

BOWERMAN, Bruce L.; KOEHLER, Anne B.; PACK, David J. Forecasting time series with increasing seasonal variation. **Journal of Forecasting**, London, v. 9, n. 5, p. 419-436, oct./dec. 1990.

BRASIL. Decreto-Lei nº 999, de 21 de outubro de 1969. Institui Taxa Rodoviária Única. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 21 out. 1969.

BRASIL. Emenda Constitucional nº 27, de 28 de novembro de 1985. Extingue a Taxa Rodoviária Única. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, 28 nov. 1985. Artigo 2.

BRASIL. Lei Complementar nº 101, de 4 de maio de 2000 (Lei de Responsabilidade Fiscal – LRF).

BUENO, Rodrigo De Losso da Silveira. **Econometria de Séries Temporais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

CANOVA, Fabio. Forecasting time series with common seasonal patterns. **Journal of Econometrics**, Amsterdam, v. 55, n. 1/2, p. 173-200, apr./may. 1993.

CAVALERI, Rosangela. **Combinação de previsões aplicada à volatilidade**. Dissertação de Mestrado. Instituição Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciências Econômicas. Programa de Pós-Graduação em Economia. 2008.

DAGUM, Estela B. Seasonal factor forecasts from ARIMA models. In: PROCEEDINGS INTERNATIONAL STATISTICAL INSTITUTE, 40. s.l.p, ISI, p. 206-219, 1975.

DICKEY, D; FULLER, W. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366, p. 427-431, 1979.
FULLER, W. A. **Introduction to statistical time series**. New York: Wiley, 1976.

FUNDAÇÃO ESCOLA DE COMÉRCIO ALVARES PENTEADO – FECAP. **Manual de Normalização de Trabalhos Acadêmicos e Referencia Bibliográfica**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.fecap.br/portalinstitucional/biblioteca/pdf/manual_trabalhos_academicos.pdf>. Acesso em: 19 de jul. 2010.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS – FIPE. Disponível em: <<http://www.fipe.org.br/web/index.asp>>.

GOOIJER, J. G. de; HYNDMAN, R. J. 25 anos de previsão de séries temporais, **International Journal of Forecasting**, n. 22, p. 443-473, 2006.

GOVERNO manterá IPI reduzido para carro flex até março. **Jornal o Estado de S. Paulo On-line**, São Paulo, 24 nov. 2009. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/.../economia.governo-mantera-ipi-reduzido-para-carro-flex-ate-marco,471522,0.htm>>. Acesso em: 01 de jul. 2010.

GOVERNO prorroga redução de IPI para carros "verdes" até março. **UOL Notícias**, Disponível em: <<http://economia.uol.com.br/cotacoes/ultimas-noticias/2009/11/24/governo-prorroga-reducao-de-ipi-para-carros-verdes,jhtm>>. Acesso em: 28 de jun. 2010.

GUJARATI, D. N. **Econometria Básica**. 4. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

HOTTA, Luiz K.; CAZORLA, Irene M. X-11seasonal adjustment program options. **Revista de Econometria**, v. 10, n. 1, p. 161-179, 1990.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Boletim de Desenvolvimento Fiscal**, 02 de setembro de 2006. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/sites/000/2/publicações/dfb/bdf_02.pdf> Acesso em: 26 de jun. 2010.

MAKRIDAKIS, S.; WHELLWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting –Methods and applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc 1998.

MORETTIN, Pedro Alberto; TOLOI, Clelia M. C. **Análise de Séries Temporais**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

NEWBOLD, P.; GRANGER, C. W. J. Experience with Forecasting Univariate Time Series and the Combination of Forecasts. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 137, n. 2, p. 131-165, 1974.

PINHEIRO, Aurélio Ferreira; BARRETO, Flávio Ataliba F. D. Revisão orçamentária do FGTS com uso de modelos de séries temporais. In: ARRAES, Ronaldo de Albuquerque e; JORGE NETO, Paulo de Melo. **Ensaio em Economia Aplicada**. Fortaleza: Gráfica LCR, n. 1, 2008.

PINO, Francisco Alberto; FRANCISCO, Vera Lúcia Ferraz dos Santos; CÉZAR, Sérgio Augusto Galvão; SUEYOSHI, Maria de Lourdes Sumiko; AMARAL, Ana Maria Pereira. Sazonalidade em séries temporais econômicas: um levantamento sobre o estado da arte. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 103-133, 1994.

QUEIROZ, Abelardo Alves; CAVALHEIRO, Darlene. Método de previsão de demanda e detecção de sazonalidade para o planejamento da produção de indústrias de alimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23, 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto, 2003.

SECRETARIA DA FAZENDA DO ESTADO DO CEARÁ. Legislação Tributária. Disponível em: http://www.sefaz.ce.gov.br/Content/aplicacao/Internet/servicos_online/folio/legislacao_disponivel.asp#

WALLIS, K. F.; THOMAS, J. J. Seasonal variation in regression analysis. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 134, n. 1, p. 57-72, Série A, 1971.

APÊNDICES

APÊNDICE A – TABELAS 9 e 10

Tabela 9 – Escolha da quantidade de defasagens por modelo pelo critério de informação de Akaike

Modelo	Quantidade de defasagem/valores do critério							Defasagem
	6	5	4	3	2	1	0	
XF01	28.96865	28.96482	28.95709	28.95162	28.99567	28.97446	29.42563	3
XF02	28.97755	28.95796	28.94598	28.93810	2899692	2897419	2938815	3
XF11	27.57964	27.55428	27.53307	27.53858	27.51861	27.55890	28.16372	2
XF12	27.47712	27.46757	27.46160	27.44692	27.43031	27.47845	28.11588	2
XF21	27.53231	27.50759	27.48485	27.49221	27.48900	27.53962	28.08624	4
XF22	27.43052	27.41567	27.40727	27.38981	27.39856	27.46223	28.01346	3
XF31	27.10063	27.08373	27.06188	27.05137	27.22748	27.40784	27.54157	3
XF32	27.05754	27.04162	27.02362	27.02447	27.13754	27.39312	27.55996	4
XF41	27.17165	27.14934	27.12922	27.12118	27.24446	27.38297	27.56056	3
XF42	27.13463	27.11729	27.10887	27.10456	27.13718	27.32299	27.58428	3
XF51	27.04355	27.02762	27.00994	27.00517	27.12662	27.25661	27.42257	3
XF52	27.24884	26.98022	26.97223	26.97237	27.00753	27.19319	27.43115	4

Fonte: Elaboração do autor

Nota: Os valores em negrito são as escolhas para cada um dos modelos, a partir da minimização do critério de Akaike

Tabela 10 – Resumo dos critérios de Akaike, modelos e equação no Eviews

PERÍODO	AKAIKE	MODELO	NOMENCLATURA NO EIEWS
01/2010 03/2010	28,95162	XF01	x c trd ar(1) ar(2) ar(3)
05/2009 07/2009	28,93810	XF02	x c trd ar(1) ar(2) ar(3)
01/2010 03/2010	27,51861	XF11	x d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8 d9 d10 d11 d12 trd ar(1) ar(2)
05/2009 07/2009	27,43031	XF12	x d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8 d9 d10 d11 d12 trd ar(1) ar(2)
01/2010 03/2010	27,48485	XF21	x c trd trd12 ar(1) ar(2) ar(3) ar(4)
05/2009 07/2009	27,38981	XF22	x c trd trd12 ar(1) ar(2) ar(3)
01/2010 03/2010	27,05137	XF31	x c trd ar(1) ar(2) ar(3) sar(12)
05/2009 07/2009	27,02362	XF32	x c trd ar(1) ar(2) ar(3) ar(4) sar(12)
01/2010 03/2010	27,12118	XF41	x d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8 d9 d10 d11 d12 trd ar(1) ar(2) ar(3) sar(12)
05/2009 07/2009	27,10456	XF42	x d1 d2 d3 d4 d5 d6 d7 d8 d9 d10 d11 d12 trd ar(1) ar(2) ar(3) sar(12)
01/2010 03/2010	27,00517	XF51	x c trd trd12 ar(1) ar(2) ar(3) sar(12)
05/2009 07/2009	26,97223	XF52	x c trd trd12 ar(1) ar(2) ar(3) ar(4) sar(12)

Fonte: Elaboração do autor

APÊNDICE B – FIGURAS 5 a 16

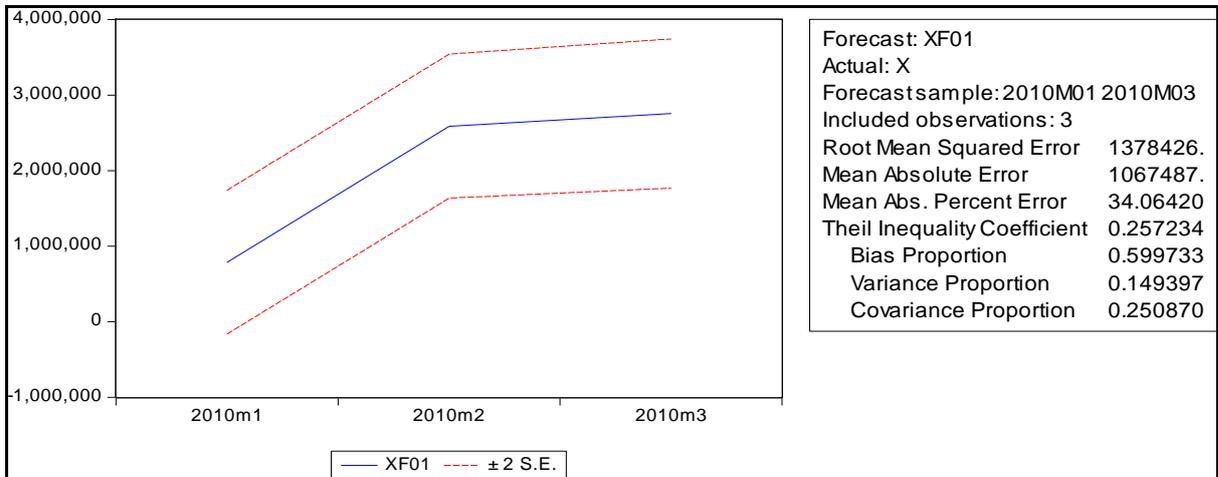


Figura 5 – Previsão XF01 - Período das observações 2010.01 a 2010.3
 Fonte: Elaboração do autor

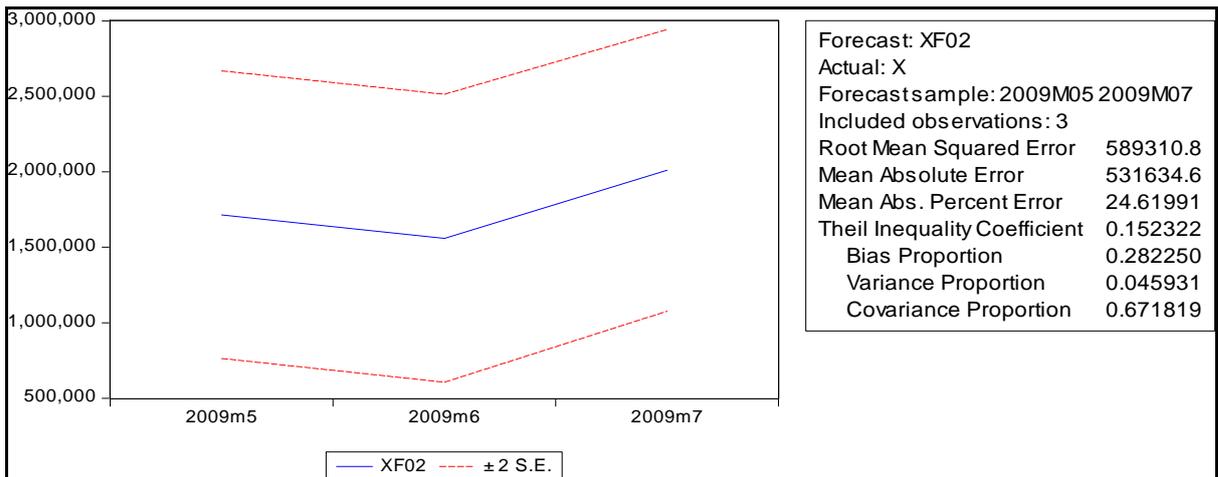


Figura 6 – Previsão XF02 - Período das observações 2009.05 a 2009.07
 Fonte: Elaboração do autor

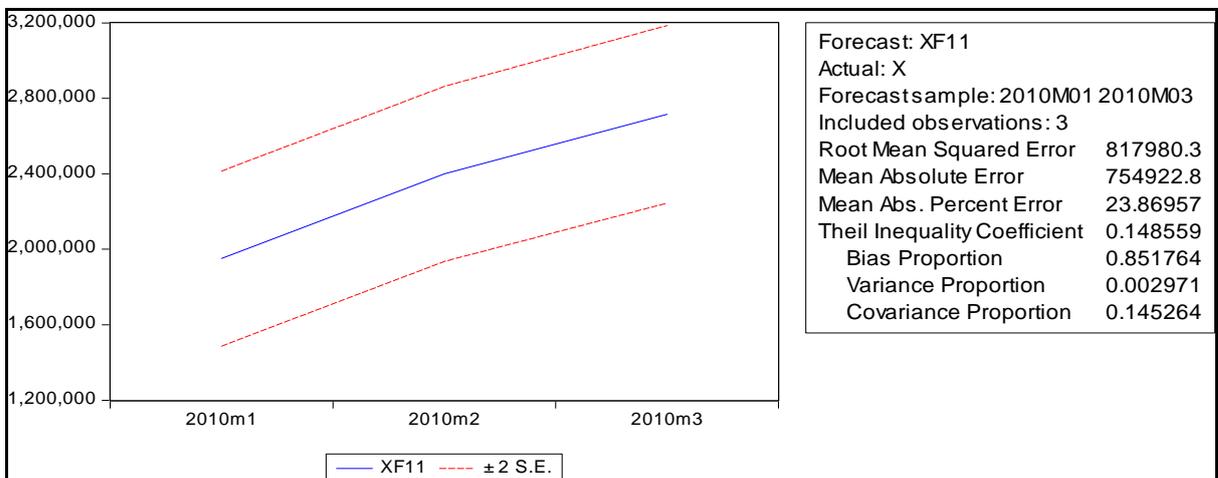


Figura 7 – Previsão XF11 - Período das observações 2010.01 a 2010.3
 Fonte: Elaboração do autor

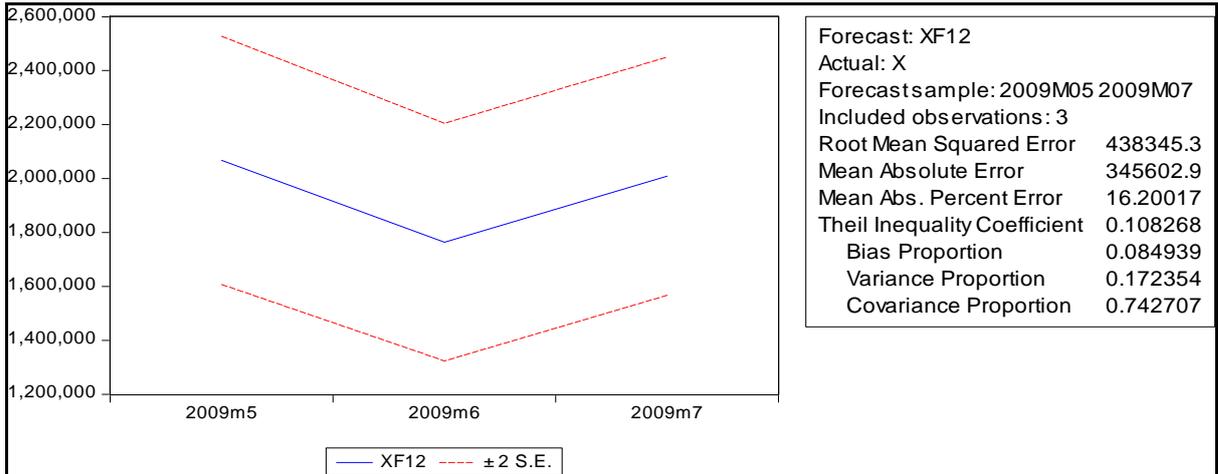


Figura 8 – Previsão XF12 - Período das observações 2009.05 a 2009.07
 Fonte: Elaboração do autor

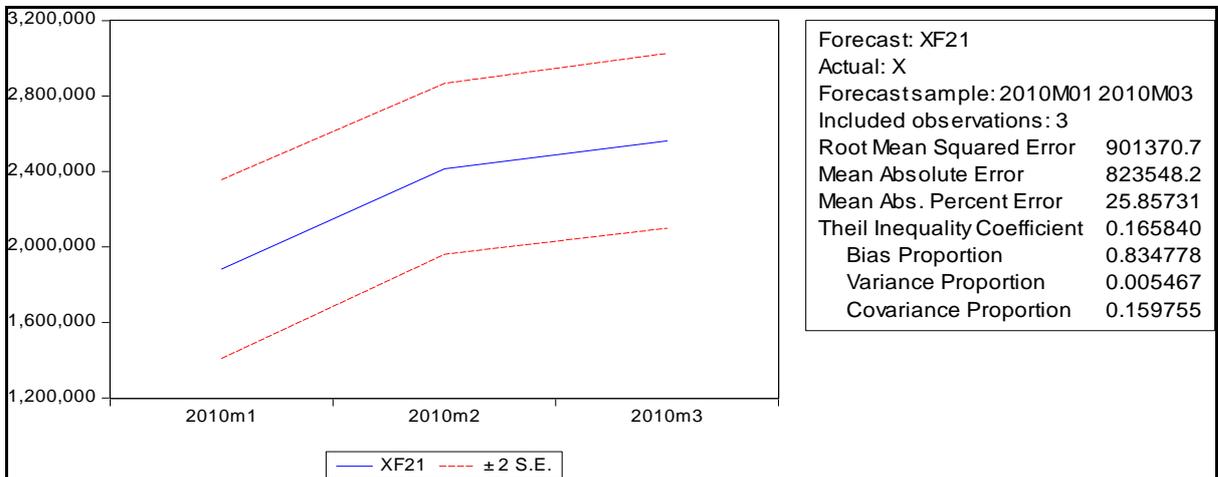


Figura 9 – Previsão XF21 - Período das observações 2010.01 a 2010.03
 Fonte: Elaboração do autor

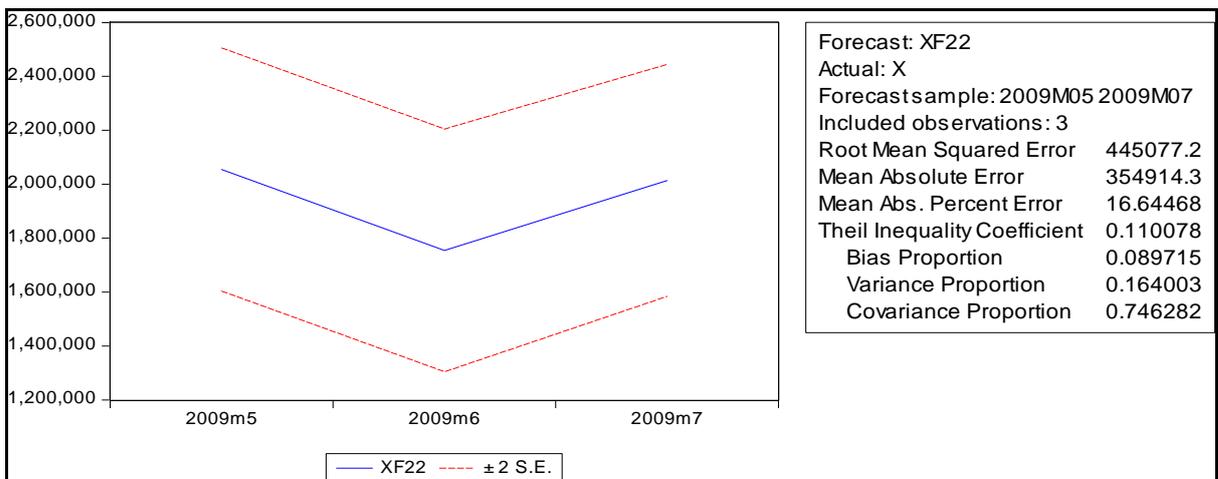


Figura 10 – Previsão XF22 - Período das observações 2009.05 a 2009.07
 Fonte: Elaboração do autor

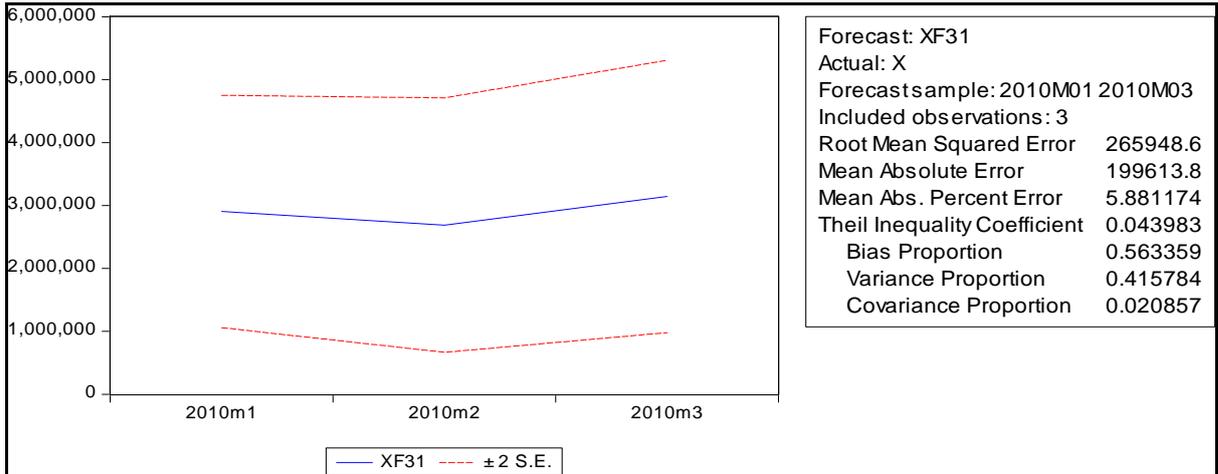


Figura 11 – Previsão XF31 - Período das observações 2010.01 a 2010.03
 Fonte: Elaboração do autor

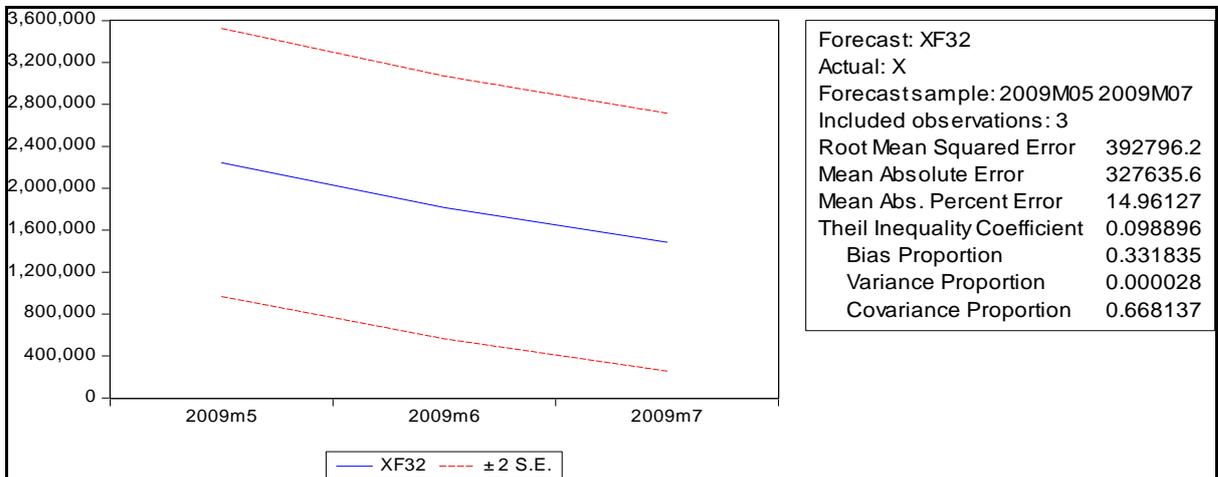


Figura 12 – Previsão XF32 - Período das observações 2009.05 a 2009.07
 Fonte: Elaboração do autor

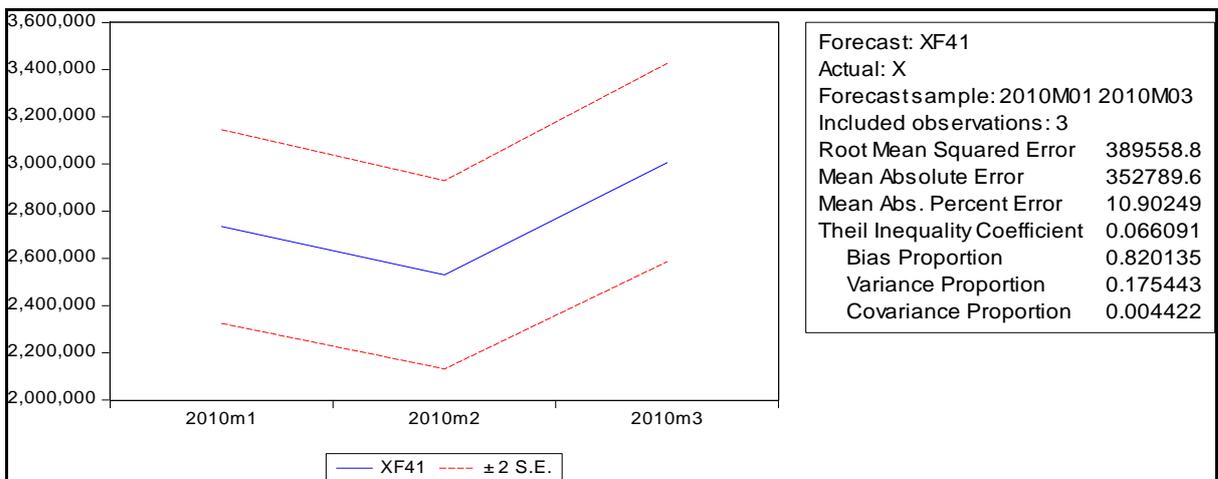


Figura 13 – Previsão XF41 - Período das observações 2010.01 a 2010.03
 Fonte: Elaboração do autor

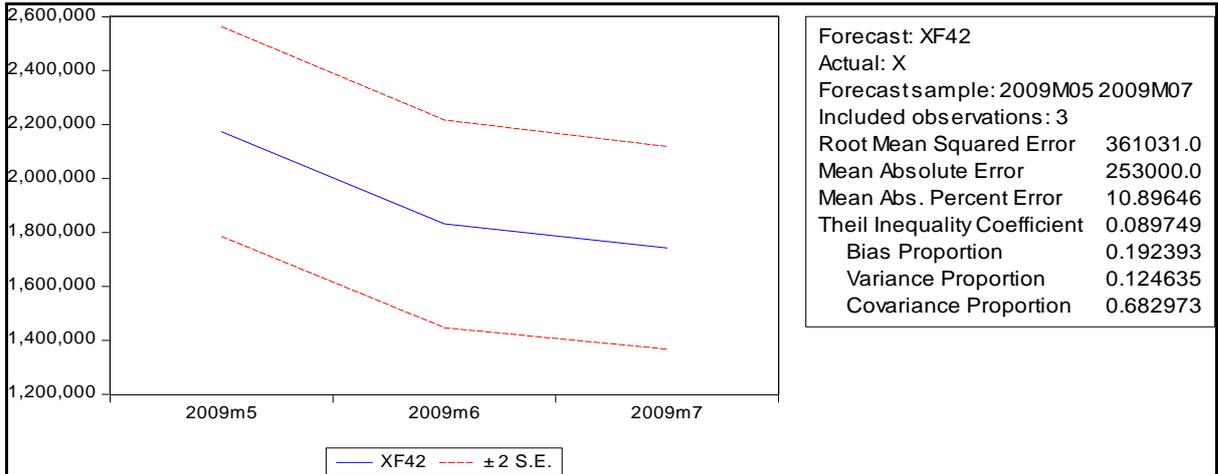


Figura 14 – Previsão XF42 - Período das observações 2009.05 a 2009.07
 Fonte: Elaboração do autor

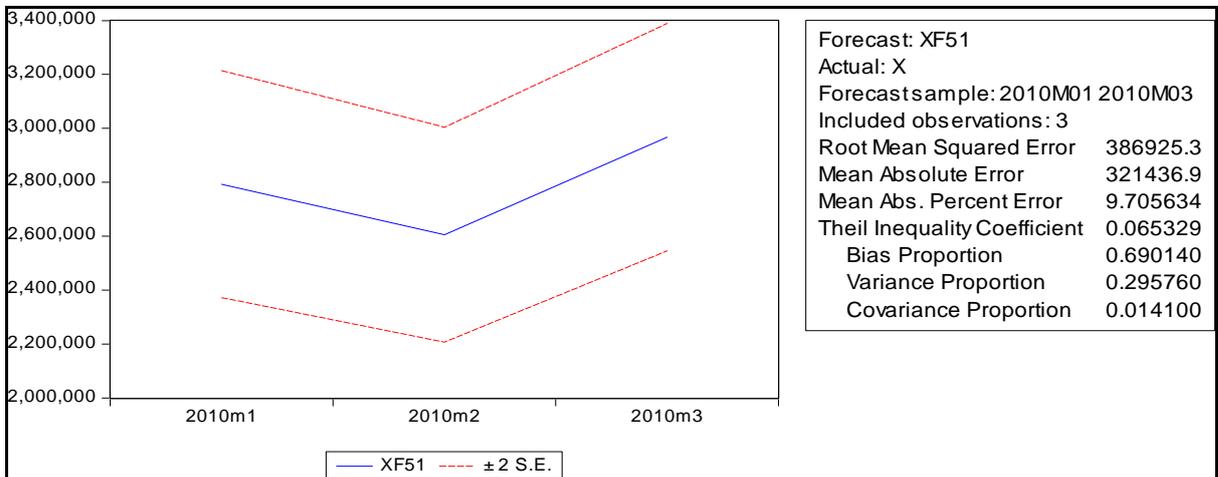


Figura 15 – Previsão XF51- Período das observações 2010.01 a 2010.03
 Fonte: Elaboração do autor

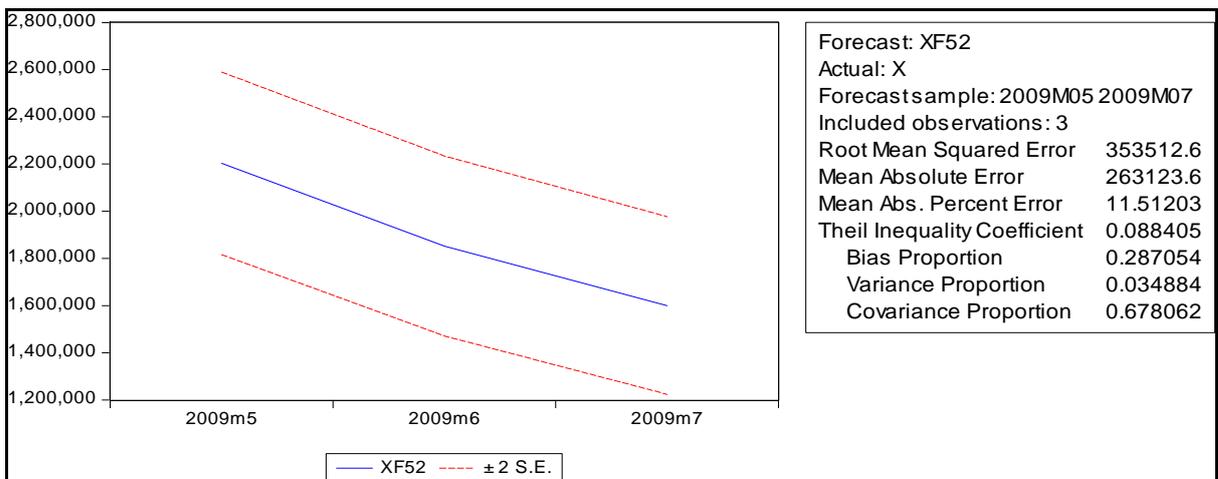


Figura 16 – Previsão XF52- Período das observações 2009.05 a 2009.07
 Fonte: Elaboração do autor

ANEXOS

Tabela 11 – Série deflacionada: Janeiro de 1999 a Dezembro de 2004

MÊS	1999	2000	2001	2002	2003	2004
JAN	1,046,498,71	1,243,532,41	1,533,026,15	1,336,798,36	1,166,629,69	1,015,563,23
FEV	666,361,23	1,429,413,61	1,221,532,40	1,213,869,16	1,257,363,50	1,002,421,22
MAR	1,061,023,43	1,131,089,56	1,521,569,26	1,210,245,89	986,553,83	1,143,764,89
ABR	848,157,02	1,047,244,57	1,208,951,19	1,120,783,07	818,702,04	925,155,48
MAI	685,135,96	1,147,042,55	1,192,045,67	864,637,83	729,832,40	899,052,35
JUN	663,406,50	873,062,17	861,484,81	723,598,64	592,635,14	783,304,10
JUL	344,554,66	821,279,35	801,357,08	744,639,21	578,985,18	710,965,34
AGO	371,229,78	716,288,29	680,092,36	612,378,10	419,626,28	592,544,34
SET	470,990,36	477,846,93	437,395,29	509,198,30	374,157,93	507,508,61
OUT	290,174,75	406,166,70	345,371,64	365,430,98	308,229,31	362,150,42
NOV	193,463,52	271,272,64	218,961,43	200,673,10	199,848,04	244,986,38
DEZ	105,850,60	122,421,60	100,545,46	108,449,06	109,287,20	135,976,62
TOTAL	6,746,846,54	9,686,660,38	10,122,332,73	9,010,701,69	7,541,850,53	8,323,392,98

Fonte: Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará

Tabela 12 – Série deflacionada: Janeiro de 2005 a Março de 2010

MÊS	2005	2006	2007	2008	2009	2010
JAN	1,444,693,10	1,636,683,53	2,236,441,98	2,864,401,33	2,632,471,53	3,019,332,86
FEV	1,152,251,03	1,512,877,85	1,801,127,53	2,525,366,06	2,403,170,04	2,723,359,16
MAR	1,353,987,44	1,730,047,63	2,202,628,89	2,427,897,21	2,828,850,98	3,586,786,93
ABR	1,208,120,49	1,285,858,37	1,844,943,62	2,580,069,96	2,017,647,52	
MAI	1,122,102,13	1,474,067,81	1,904,979,56	2,139,535,47	2,092,173,82	
JUN	974,493,54	1,194,124,71	1,434,068,25	1,860,157,27	2,448,710,63	
JUL	827,904,47	1,128,795,34	1,387,610,67	1,695,490,56	1,681,889,64	
AGO	745,630,39	980,991,48	1,243,654,14	1,349,111,25	1,512,901,19	
SET	575,555,80	734,492,18	886,664,81	1,192,263,25	1,479,055,37	
OUT	403,978,79	579,553,79	766,832,27	731,021,83	837,752,42	
NOV	322,607,54	402,515,36	525,349,45	379,826,23	511,068,42	
DEZ	172,448,67	193,895,89	244,475,85	220,820,15	278,958,56	
TOTAL	10,303,773,40	12,853,903,94	16,478,777,00	19,965,960,57	20,724,650,11	9,329,478,95

Fonte: Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará