



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA - CAEN  
MESTRADO EM ECONOMIA

AMARILIO LUIZ DE SANTANA

PREVISÕES PARA ARRECADAÇÃO DE ICMS NO CEARÁ: UMA ANÁLISE COM  
MODELO DE CORREÇÃO DE ERROS

FORTALEZA

2009

AMARILIO LUIZ DE SANTANA

PREVISÕES PARA ARRECADAÇÃO DE ICMS NO CEARÁ: UMA ANÁLISE COM  
MODELO DE CORREÇÃO DE ERROS

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

Área de Concentração: Economia do Setor Público

Orientador: Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares

FORTALEZA

2009

AMARILIO LUIZ DE SANTANA

PREVISÕES PARA ARRECADAÇÃO DE ICMS NO CEARÁ: UMA ANÁLISE COM  
MODELO DE CORREÇÃO DE ERROS

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

Dissertação aprovada em 25 de Novembro de 2009.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Fabrício Carneiro Linhares (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof. Dr. Roberto Tatiwa Ferreira  
Universidade Federal do Ceará

---

Prof. Dr. Emerson Luís Lemos Marinho  
Universidade Federal do Ceará

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro, agradeço aos meus pais, Luiz Antonio de Santana e Geralda Amélia de Santana, sempre presente ao modo deles, minha certeza perene.

Minha tia Regina Maria, uma eternidade é pouco para agradecer o que me dispôs.

À Dona Anilda Arraes, que me disciplinou ou empregou seu tempo com isso, minha querida diretora – Instituto São Vicente Férrer.

Ao Grupo Escolar Jose Alves de Figueiredo com suas professorinhas gripadas de giz branco.

Ao Colégio Estadual Wilson Gonçalves e meus queridos, agora inativos professores, a quem os faço meeiros de minha magra safra:

José Primo de Brito

José do Vale Arraes Feitosa

Alderico de Paula Damasceno.

A Carlos Eduardo Esmeraldo e sua Geometria Analítica

Ao Professor Ivan Limaverde pela disponibilidade de incursão no universo do Sistema Tributário Nacional.

Ao Professor Guilherme Irffi, cuja manipulação de dados econométricos possibilitou uma melhor explanação e sucesso da execução dessa empreitada.

Ao Professor Fabrício Carneiro, cuja orientação e paciência foram decisivas na conclusão e êxito desse esforço.

Em especial ao Professor Mauricio Benegas pelo esforço em recapitular álgebra linear esquecida.

Aos membros da Banca de julgamento.

Aos Colegas de Mestrados da primeira turma CAEN/Sobral.

Ao nobre e incansável coordenador do curso de Economia/UFC/Sobral, Professor Márcio Veras.

Ao meu colega de trabalho e doutorando em Economia, Carlos Eduardo Marinho, seus conselhos fizeram peso na escolha do presente projeto.

A minha nobre colega de mestrado do início ao fim, Veridiana Rosa, sempre presente.

A Sra. Geisa Benegas, a semeadora desse processo de mestrado a quem devemos sucesso da implantação.

Ao SINTAF-CE num momento de pura inspiração.

E ao Doutor Carlos Mauro Benevides Filho, disse que pagaria... Pagou!

## RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo oferecer aos gestores do Estado do Ceará uma opção de ferramenta para realizar previsão de arrecadação mensal do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), por meio de um modelo econométrico consistente e com um bom poder preditivo. Para isso, foram utilizados modelos de correções de erros, MCE, sendo que o vetor cointegrante foi estimado por DOLS (*Dynamic Ordinary Least Squares*). As previsões geradas pela pesquisa confirmam a capacidade do MCE para geração de previsão, devido à pequena margem de erro. Além disso, foram feitas comparações com as previsões realizadas pela SEFAZ-CE e com as de Rocha Neto (2008) ensejadas por modelos ARIMA, deste modo, pode-se dizer que o modelo empregado aqui é mais acurado do que o método utilizado pela Secretária da Fazenda e do que o ARIMA para realizar previsão de arrecadação mensal de ICMS.

**Palavras-chave:** Previsão, Arrecadação de ICMS, DOLS, Modelo de Correção de Erros.

## **ABSTRACT**

This research aims to offer managers of the State of Ceará a choice of tool to perform estimates of the monthly tax collection Movement of Goods and Services (ICMS) through econometric model consistent with a good predictive power. For that, it was used models of bug fixes, ECM, and the vector cointegrante was estimated by DOLS (Dynamic Ordinary Least Squares). The forecasts generated by the research confirms the ability of ECM for generation of prediction, due to the small error margin. In addition, comparisons were made with the forecasts made by SEFAZ-CE and the de Rocha Neto (2008) opportunity for ARIMA models, thus we can say that the model used here is more accurate than the method used by the Secretary of Finance and the ARIMA to perform estimates of monthly collections of ICMS.

**Keywords:** Prediction, Collection of ICMS, DOLS, Error Correction Model.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Teste de Raiz Unitária, Dickey-Fuller Aumentado (ADF) .....	29
Tabela 2 – Teste do Traço para Cointegração, realizado para as séries ICMS, Comb e Energ, para o período de janeiro de 2000 a julho de 2007. ....	32
Tabela 3 – Vetor de Cointegração Estimado por DOLS.....	33
Tabela 4 – Modelo de Correção de Erros, Arrecadação Mensal de ICMS.....	34
Tabela 5 – Previsão da arrecadação mensal de ICMS, ex-post (agosto de 2007 a janeiro de 2008).....	36
Tabela 6 – Comparação entre Modelos, Diferença Percentual. ....	37
Tabela 7 – Comparação entre as medidas de Eficiência das Previsões.....	38

## LISTA DE GRÁFICO

Figura 1 – Comportamento temporal da arrecadação de ICMS, e dos consumos de Energia Elétrica e Combustível. ....	21
--	----



## LISTA DE ABREVIATURAS

ADF	Dickey Fuller Aumentado
AIC	Critério de Informação de Akaike
ANP	Agência Nacional de Petróleo
AR	Auto Regressivo
ARIMA	Auto Regressivos Integrados à Média Móvel
CEMAS	Célula de Macro-Segmento Econômico
CGF	Cadastro Geral da Fazenda
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoas Jurídica
COELCE	Companhia de Energia Elétrica do Ceará
DOLS	Dynamic Ordinary Least Square
EPAM	Erro Previsão Médio
FPE	Fundo de Participação dos Estados
FPM	Fundo de Participação dos Municípios
FPM	Fundo de Participação dos Municípios
GMR	Gerenciamento Matricial da Receita
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICM	Imposto sobre Operações de Circulação de Mercadorias
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IR	Imposto de Renda
IVC	Imposto de Vendas em Consignações
IVM	Imposto de Vendas Mercantis
LRF	Lei de Responsabilidade Fiscal
MA	Média Móvel
MAE	Erro Médio Absoluto
MAPE	Erro Médio Percentual Absoluto
MCE	Modelos de Correção de Erros
MCE	Modelo de Correção de Erros
MQ2E	Mínimos Quadrados em dois estágios
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
PDCA	Planejamento Desenvolvimento Controle e Acompanhamento
REFIS	Programas de Recuperação dos Créditos Tributários
REQM	Raiz do erro quadrado médio
RMSE	Raiz do Erro Quadrado Médio
SARIMA	ARIMA Sazonal
SEFAZ-CE	Secretaria da Fazenda do Estado do Ceará
SPC	Sistema de Proteção ao Crédito
SRF	Secretaria da Receita Federal
TIC	Coefficiente de Desigualdade de Theil
VAR	Vetores Autorregressivos
VEC	Vetor Autorregressivo com Correção de Error

## SUMÁRIO

<b>Introdução.....</b>	<b>11</b>
<b>1. Revisão de Literatura.....</b>	<b>13</b>
<b>2 Breve Histórico do ICMS.....</b>	<b>16</b>
<b>3 Modelo Econométrico .....</b>	<b>19</b>
3.1 Base de Dados.....	20
3.2 Estimação da relação de equilíbrio de longo prazo: Stock e Watson – DOLS.....	22
3.3 Dinâmica de curto prazo, o Modelo de Correção de Erros (MCE) .....	24
3.4 Medidas de Eficiência das Previsões .....	25
<b>4 Análise Empírica e Discussão dos Resultados.....</b>	<b>27</b>
4.1 Teste de Raiz Unitária.....	28
4.2 Teste de Cointegração.....	31
4.3 Estimação do Vetor de Cointegração por DOLS: A Dinâmica de Longo Prazo .....	33
4.4 Estimação do Modelo de Correção de Erros: A Dinâmica de Curto Prazo .....	34
<b>5 Previsões.....</b>	<b>36</b>
5.1 Análise Comparativa.....	37
<b>6 Considerações Finais.....</b>	<b>40</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>42</b>

## Introdução

O imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS) representa uma parte bastante expressiva nas receitas correntes do estado do Ceará. Em 2005, a sua arrecadação representou cerca de 90% da receita tributária estadual. Em razão disso, prever a arrecadação de ICMS é de suma importância para o planejamento estratégico do Tesouro do Estado. Isto porque e, principalmente, a partir da Lei Complementar 101/00, conhecida como Lei de Responsabilidade Fiscal (LRF), as instituições fazendárias se viram obrigadas a fazer previsões mais acuradas de suas receitas.

Além do mais, a previsão em si traz enormes benefícios ao Estado, e exige ao mesmo tempo que a arrecadação do ICMS possibilite a conciliar mais adequadamente a receita com o custeio das despesas do governo estadual, dos investimentos públicos, do serviço da dívida do Estado, etc. permitindo uma melhor orientação do administrador público na tomada de decisão e na gerência das finanças estaduais. Previsões de arrecadação de ICMS também auxiliam os gestores na difusão de estratégias com relação a mudanças de conjuntura e a manutenção de seus programas de governo. Aliado a isso, pode-se considerar o fato de que as previsões de Receita Tributária são a base para elaboração do orçamento.

Tendo em vista o exposto, esse estudo provê e avalia previsões para a arrecadação mensal de ICMS para o estado do Ceará por meio de técnicas econométricas, no intuito de obter um modelo o mais eficiente possível. A eficiência do modelo, nesse caso, é definida pela sua capacidade de gerar previsões de arrecadação do ICMS com a menor margem de erro possível.

Assim sendo, este trabalho será capaz de auxiliar o gestor público na elaboração da política que vislumbre o aumento da arrecadação de ICMS por considerar variáveis econômicas como, por exemplo, o consumo de energia elétrica e de combustível. Vale destacar que estes dois setores são responsáveis por cerca de 45% da arrecadação de ICMS atualmente no Estado (SEFAZ-CE).

Não obstante, ainda será feita a estimação de um modelo de séries temporais multivariado, o qual se utiliza da metodologia de cointegração para mensurar a relação de

equilíbrio entre a arrecadação de ICMS e variáveis que reflitam a atividade econômica do Estado.

A metodologia aqui empregada foi desenvolvida por Stock & Watson (1993) conhecida como OLS Dinâmico (DOLS). A partir de então vários pesquisadores em diversos países têm-na utilizado devido as suas propriedades, as quais permitem que incluam componentes determinísticos e acomodem indistintamente variáveis de alta ordem de integração, cointegradas, bem como a possível simultaneidade entre as variáveis de um sistema de demandas (STOCK & WATSON, 1993). Mesmo assim, no Brasil o DOLS ainda seja pouco ou quase explorado se não fora o destaque laudável do trabalho de Irffi et. al. (2009).<sup>1</sup>

Para ensejar as previsões de arrecadação de ICMS, esta pesquisa utilizar-se-á de informações mensais do volume de combustível derivado do petróleo comercializado pelas distribuidoras, e do consumo de energia elétrica comercial e industrial, para o estado do Ceará a partir de janeiro de 2000 até julho de 2007. O período empregado na avaliação das previsões se inicia no mês de agosto de 2007 e se estende até janeiro de 2008. Sendo assim, poder-se-á calcular algumas medidas estatísticas para avaliar a qualidade da previsão, bem como fazer comparações com as previsões geradas por Rocha Neto (2008) e pela SEFAZ-CE.

O presente trabalho está organizado em mais seis capítulos exclusive da introdução. A próxima seção, ou o primeiro capítulo, compõe-se da revisão da literatura empírica e teórica acerca dos modelos de previsão de arrecadação tributária. O segundo capítulo sintetiza alguns dos principais aspectos referentes à receita estadual, seguida da base de dados, a metodologia econométrica, e as medidas de eficiência da previsão. Em seguida, no quarto capítulo, são apresentados os resultados dos testes econométricos necessários para o desenvolvimento do modelo estrutural. No quinto capítulo são sumarizadas as previsões para a arrecadação mensal de ICMS, bem como os resultados de eficiência das mesmas. E, por fim, as considerações finais se fazem presentes no sexto capítulo seguido pelas referencias teóricas e empíricas em que se arrimou a pesquisa.

---

<sup>1</sup> Irffi et al (2009) realizaram previsões para a demanda de energia elétrica para as classes residencial, comercial e industrial da região Nordeste do Brasil, para o período de 2004 a 2010. Estas previsões foram mais acuradas do que tanto as apresentadas por Siqueira, Cordeiro Jr. & Castelar (2006) quanta as ensejadas pela Eletrobrás.

## 1. Revisão de Literatura

Este capítulo traz uma revisão da literatura sobre previsão de receita tributária para o estado do Ceará, bem como para outras Unidades da Federação e para o Governo Federal, elucidando as técnicas utilizadas para realização de cada exercício empírico.

Modelos de regressão univariados são as ferramentas de previsão mais difundidas e utilizadas na atualidade. Uma das qualidades desse tipo de modelo, segundo Stevenson (1981), é prever os valores que uma variável poderá assumir no futuro a partir de seu comportamento passado.

Os modelos Auto-regressivos Integrados à Média Móvel, doravante ARIMA, desenvolvidos por Box-Jenkins (1976) pressupõem que observações dependentes se ajustam às séries temporais nas quais as observações são fortemente dependentes entre si. Além do mais, esta modelagem é bastante utilizada devido a precisão e acuidade das previsões geradas. Neste contexto, podem-se destacar os trabalhos de Arraes & Chumvichitra (1996), Castelar, Ferreira & Linhares (1996), Ferreira (1996) e Rocha Neto (2008), os quais utilizaram modelos auto-regressivos unidimensionais para o estado do Ceará.

Castelar, Ferreira & Linhares (1996) apresentaram previsões mensais da arrecadação de ICMS utilizando Alisamento Exponencial, modelo ARIMA e Função de Transferência e, ainda, fizeram uso da técnica de combinar previsões e verificaram que os modelos combinados são mais eficientes que modelos individuais. Ferreira (1996), por sua vez, empregou modelos unidimensionais e função de transferência para realizar previsão de ICMS no período de 1970 a 1995 e apresentou um erro percentual absoluto médio de 4,8%; enquanto Rocha Neto (2008) estimou modelo ARIMA com *dummy* sazonal para realização do exercício de previsão.

Da Silveira (2000) também se utilizou de modelo ARIMA para prever a arrecadação de ICMS para o estado de Goiás considerando ação fiscal e dívida ativa. Para isso, valeu-se de dados mensais, que compreende o período de janeiro de 1995 a dezembro de 1999. Não obstante, ainda, realizou previsões fora da amostra para um período de três meses.

De antemão Santa Cruz & Linhares (2009) fizeram previsões mensais de arrecadação de ICMS para o estado do Piauí, utilizando-se de modelo ARIMA, função de transferência e combinação de previsões. Eles obtiveram resultados mais acurados do que aqueles apresentados pela SEFAZ-PI.

Para realizar previsão da arrecadação tributária do estado de São Paulo, dividida pelos tributos ICMS, IPVA, ITCMD/ITBI e TAXAS, Camargo (2008) estimou modelos ARIMA considerando os eventos possíveis como a diferenciação da variável dependente, a inclusão de variáveis *dummies* mensais e a inclusão de *lags* de sazonalidade (modelo SARIMA, isto é, ARIMA sazonal), tendo como base as séries históricas dos respectivos tributos.

Melo (2001) realizou previsões para o imposto de renda (IR), por meio de alisamento exponencial, mediante a utilização do algoritmo de Holt-Winters sazonal aditivo, e de modelos SARIMA. Os resultados econométricos sugerem a superioridade estatística das metodologias alternativas baseadas na modelagem das séries temporais do IR, para fins de previsão de arrecadação tributária, em relação àquelas obtidas mediante o método indireto de indicadores pela Receita Federal. Finalmente, da análise comparativa dos resultados recomenda-se uma metodologia específica, para cada uma das subdivisões do imposto de renda considerado no estudo, de forma a complementar o método atualmente utilizado no âmbito da Secretaria da Receita Federal (SRF), e isto, pode aprimorar as previsões sobre a arrecadação deste tributo, fundamental para uma efetiva implementação das políticas fiscais do País.

Para fazer previsões das receitas tributárias federais administradas pela SRF, Siqueira (2002), optou pelo modelo SARIMA. Os resultados obtidos demonstram superioridade do modelo empregado em relação ao método de previsão SRF, pois das dez séries analisadas, oito geraram previsões mais acuradas.

Coccaro (2000) também se utiliza de informações mensais para realizar previsões de ICMS para o Rio Grande do Sul, no entanto, empregando redes neurais, modelo estrutural e modelo unidimensional ARIMA para realização dos exercícios. Comparando os resultados aponta um erro percentual absoluto médio de 3,85% com redes neurais (melhor situação).

Guaranga & Mello (2002) desenvolveram um método para realizar previsões de ICMS para o estado do Rio Grande do Sul em função do comportamento endógeno do próprio

imposto dentro de uma série histórica de dados da arrecadação que são tratados de tal forma que os “saltos” ou “depressões” ocorridos ao longo de uma série, em função de fatores atípicos diversos, sejam excluídos para que a série apresente um comportamento o mais regular e homogêneo possível.

No tocante ao emprego de modelos dinâmicos (que contemplem informações sobre a atividade econômica) para a realização de previsão tributária no Brasil, ainda, existem poucos trabalhos, todavia, cabe destacar os estudos de Corvalão (2002) e Campos (2009).

Corvalão (2002) fez uso do teste de causalidade de Granger e análise das equações de longo prazo para selecionar variáveis para o modelo de regressão dinâmica usufruindo da metodologia de cointegração e, posteriormente, de Modelo de Correção de Erros. Para isso, utilizou o faturamento da indústria, o consumo de energia elétrica e consultas ao serviço de proteção ao crediário (SPC). A escolha dessas variáveis foi feita por testes de causalidades de Granger e análise das equações de longo prazo.

Assim como Siqueira (2002) que procurou fornecer métodos alternativos de previsão de arrecadação tributária federal, Campos (2009) utilizou-se de diversas metodologias como modelos dinâmicos univariados, multivariados, quais sejam, Função de Transferência, Auto-regressão Vetorial (VAR), VAR com correção de erro (VEC), Equações Simultâneas, e de modelos estruturais para realizar previsão para o Imposto de Importação, Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas (IRPJ) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), no período de 2000 a 2007. Todavia, este considerou a comarca de São Paulo e, além disso, o autor comparou os resultados entre os modelos utilizados por meio da raiz do erro médio quadrático de previsão (RMSE). A redução média do RMSE foi de 42% em relação ao erro cometido pelo método dos indicadores e de 35% em relação à modelagem ARIMA, além da drástica redução do erro anual de previsão. A utilização de metodologias de séries temporais para a previsão da arrecadação de receitas federais mostrou ser uma alternativa viável ao método dos indicadores, contribuindo para previsões mais precisas, tornando-se ferramenta segura de apoio para a tomada de decisões dos gestores.

Diante dessa exposição, pode-se dizer que a metodologia empregada por este ensaio para ensinar previsão de arrecadação de ICMS para o estado do Ceará é pouco difundida, o que permite efetuar comparações com as previsões realizadas por Rocha Neto (2008) e pela SEFAZ-CE para verificar sua eficiência.

## 2 Breve Histórico do ICMS

Não há como falar de ICMS sem mencionar sua ascendência tributária que deriva do Imposto sobre Vendas e Consignações (IVC) e do Imposto sobre Circulação de Mercadorias (ICM).

O IVC tem como diploma legal a Lei Federal n.4.625, de 31/12/1922, é conhecido como imposto sobre vendas mercantis, sendo de competência da União, no entanto, com o advento da Constituição de 1934, que direcionou essa competência para os Estados, nos quais teve sua base tributária ampliada, entrando as consignações. Todavia, este tributo tinha a faculdade onerosa de incidir sobre a operação de vendas e consignações de um bem várias vezes economicamente. Seja na operação inicial, seja na operação final, isto é, a tributação ocorria em efeito cascata. Portanto, encarecia o produto e conseqüentemente causava impacto no custo de vida.

Foi com o olhar sobre essas falhas que foi nomeada uma comissão que elaborou a Reforma Tributária que teve como produto a Emenda Constitucional 18. Ficou patente, na análise da Comissão, a perpetuação do equívoco, desde a Carta de 1891, que consistia em tratar rendas como fato jurídico e nunca econômico. O que propiciava distorção de ordem econômica e fatalmente injustiça em alguns segmentos econômicos.

Fato digno de registro foi à ótica econômica dispensada ao tributo. Possibilitou-se assim, a inexistência de choques econômicos quando da alocação de recursos. Como tinha uma alíquota única, guardava uma neutralidade tributária, o que teve como resultado a criação do ICM.

O ICM era bem mais aperfeiçoado que seu antecessor, o IVC; pois possuía natureza jurídica e econômica. Jurídica porque sua alíquota única incidia sobre toda operação econômica, e porque trouxe a possibilidade concreta de compensação do tributo pago anteriormente na fase seguinte, não havia cumulatividade, a incidência real seria apenas sobre o valor agregado. Era fim do “efeito cascata”. Grande trunfo laboral da Comissão. Além disso, este foi o primeiro imposto sobre valor agregado das Américas (GIAMBIAGI e ALEM, 2007).



Embora o ICM não levasse o nome de “IVA” Imposto sobre Valor Agregado, tinha como pedra de toque o espectro da não-cumulatividade, fincada pela dedutibilidade tributária incidente na operação anterior (NOGUEIRA, 1977) Destarte, solidificou-se o objetivo de eliminar a extravagante aberração econômica de superpor incidências em cascatas em cada operação mercantil.

Em si tratando de um imposto estadual, necessário economicamente premia-se a ampliação da dedutibilidade além das operações internas, uma vez que algumas operações nasciam em outros estados. Foi com essa ampliação da dedutibilidade do montante pago nas operações anteriores que se aperfeiçoou parte do Sistema Tributário Nacional (NOGUEIRA, 1977).

No ICM ficou mais bem caracterizado um importante legado, o fato gerador. Tinha-se real conhecimento do início e fim de uma operação mercantil, a incidência impositiva ficou mais clara, definida e inequívoca. E foi solidificada a posição de que o fator gerador do imposto é um fato econômico, ao qual o Direito empresta relevância jurídica (FALCÃO, 1994). Com a conclusão dos trabalhos de reforma tributária, a Comissão parecia ter alcançado seu objetivo, ou seja, o fim da “multiplicidade e acumulação de incidências tributárias”

O ICMS previsto na Carta Constitucional de 1988 tem muito em comum com ICM. Ambos são impostos sobre valor agregado, não-cumulativos. Para alguns leigos, “apenas acrescentou-se os “s” dos serviços de transporte e comunicação”. Um equívoco fruto da observância sem acuidade. O ICM era o imposto de valor agregado e alíquota única, portanto, não era um imposto seletivo no que diz respeito aos produtos tributados. Era um imposto neutro; já o ICMS, por outro lado, e de acordo com a Carta Magna de 1988, no art. 155, parágrafo 2, poderá ser seletivo, em função da essencialidade das mercadorias e dos serviços.

Com o fim da neutralidade fiscal, os estados, em alguns casos, abusaram da prerrogativa e alteraram cargas tributárias com fim estritamente arrecadatório. Caso como energia elétrica e óleo diesel no Ceará (Decreto 24.569/97) ambos os produtos encontram-se no rol de jóias, armas de fogo, ultraleves, enfim, como supérfluos. Gravados com alíquotas de 25%.

Em sua trajetória depurativa o ICMS e tendo em vista seu aprimoramento econômico, surgiu a Lei Complementar 87/96 de 13 de setembro de 1996 com premissas inovadoras por

ênfatizar o conceito teórico de IVA, a partir do qual todos os insumos utilizados na cadeia produtiva geram créditos; permitir que os contribuintes se creditassem dos bens destinados ao ativo permanente, o IVA do tipo bruto foi transformado num IVA de consumo; adotar o princípio da destinação em relação aos produtos exportados, desonerando a exportação e facultando o crédito da matéria prima utilizada na produção do bem exportado.

A predita Lei tinha pretensões de coibir a “guerra fiscal”, já prevista na Lei Complementar 24/1975, ainda no tempo do ICM. Mas como é notório nenhuma ou outra lograram êxito nesse mister.

Quando foi criada em 2000, a LRF tinha como alvo principal a moralização das contas públicas das 5500 entidades federativas. Além disso, esta lei tinha a pretensão de controlar e dar transparência a gastos públicos desses entes federados. Nesse estudo, o interesse reside na previsão de arrecadação mensal do ICMS; ou seja, tange a administração estadual.

Mediante impossibilidade de endividamento expressos na LRF, de repente os estados sentiram-se esvaziados em sua faculdade de gerar recurso. Deste modo, eles foram tangidos para única saída que ora lhes foram apresentada, o ICMS. Todavia, esse imposto é o que representa a maior parcela na arrecadação dos estados.

A ocasião e a racionalidade sugerem que lancem mão da não neutralidade desse imposto, ICMS e imponham políticas extra-fiscais. Mas há de se observar que políticas desse naipe não lograrão êxito sem um modelo econometricamente exequível. Do contrário o remédio pode matar o enfermo.

### 3 Modelo Econométrico

O uso de modelos econométricos é recomendado para elaboração de previsões mais ajustadas. Tais modelos abordam um sistema de relacionamento entre variáveis de interesse, e esses relacionamentos são estimados a partir de informações (dados) disponíveis. Nestes termos, de acordo com Fildes (1985), os modelos econométricos são apenas uma das mais variadas formas de um sistema comportamental.

Assim como os demais modelos que fazem uso de dados em séries temporais, é importante descrever através de uma estrutura dinâmica a relação de equilíbrio de longo prazo presente no modelo. Sendo assim, é recomendado o uso de modelos econométricos para a elaboração de modelos. Por isso, a modelagem desenvolvida por Sims (1980) é utilizada em vários estudos dessa natureza, a qual se utiliza de vetores auto-regressivos (VAR).

Estes vetores auto-regressivos compõem o modelo estrutural, o qual é ajustado aos dados utilizando variáveis explicativas em nível e defasadas, buscando identificar resultados futuros para arrecadação de ICMS do estado do Ceará.

Dessa maneira, se faz necessário estimar uma relação de equilíbrio de longo prazo bem como a dinâmica de curto prazo, as quais serão descritas nas seções 3.2 e 3.3, respectivamente. No entanto, é preciso verificar a ordem de integração das séries individuais, através do teste de raiz unitária.

Em suma, para se estimar um modelo econométrico estrutural com a utilização de séries temporais é preciso, primeiramente, verificar a ordem de integração das variáveis. A seguir, é necessário averiguar se existe uma relação de equilíbrio de longo prazo que dá suporte ao modelo. Caso exista, se faz necessário estimar tal relação, bem como a relação de curto prazo descrita pelo MCE. A partir do MCE serão feitas as previsões e então, poder-se-á mensurar sua eficiência através dos testes estatísticos.

### 3.1 Base de Dados

O modelo econométrico é utilizado para explicar o comportamento do ICMS mensal em função de seus próprios valores passados e em função de variáveis econômicas que possam lhe afetar de forma exógena. Sendo assim, a hipótese utilizada é que a arrecadação de ICMS é definida basicamente pelo nível da atividade econômica do Estado.

Dessa maneira, para captar a influência do nível de atividade econômica na arrecadação de ICMS serão utilizadas duas variáveis para desempenhar tal função, como por exemplo, o consumo de energia elétrica mensurado em MWh e divulgado pela Companhia de Energia Elétrica do Ceará (COELCE), e o volume de combustível comercializados (em m<sup>3</sup>) no Estado divulgado pela Agência Nacional de Petróleo (ANP). A escolha dessas variáveis é também fruto das restrições de disponibilidade de séries mensais, bem como o grande peso que tais setores exercem sobre a arrecadação de ICMS.

Para realizar esse estudo, o período de tempo analisado é de janeiro de 2000 a julho de 2007, o que perfaz um total de 91 observações; ou seja, estas informações serão utilizadas para estimar o MCE.

O Gráfico 1 ilustra o comportamento temporal das séries ICMS, Energia e Combustível para o período de janeiro de 2000 a julho de 2007.

Cabe destacar que para a arrecadação de ICMS já se encontram disponíveis os valores até o mês de fevereiro de 2008. No entanto, o período de agosto de 2007 a janeiro de 2008 foi deixado de fora da amostra, para que as previsões possam ser comparadas com os valores observados, e para que seja possível avaliar a precisão das mesmas pelos testes estatísticos que serão descritos na seção 3.4.

Além disso, as previsões de setembro de 2007 a janeiro de 2008 serão comparadas com as geradas por Rocha Neto (2008) e pela SEFAZ-CE, para que seja possível inferir sobre a utilização de modelo dinâmico para realizar previsões de receita tributária, uma vez que a metodologia empregada por eles diverge da utilizada neste ensaio.

Ademais, será aplicado logaritmo natural em todas as variáveis para que se permita o uso de equações lineares e, ainda, os parâmetros resultam em medidas diretas de elasticidades.

Estas são utilizadas para fazer inferência sobre possíveis políticas que vislumbre possíveis aumentos no consumo de energia elétrica e de combustível.

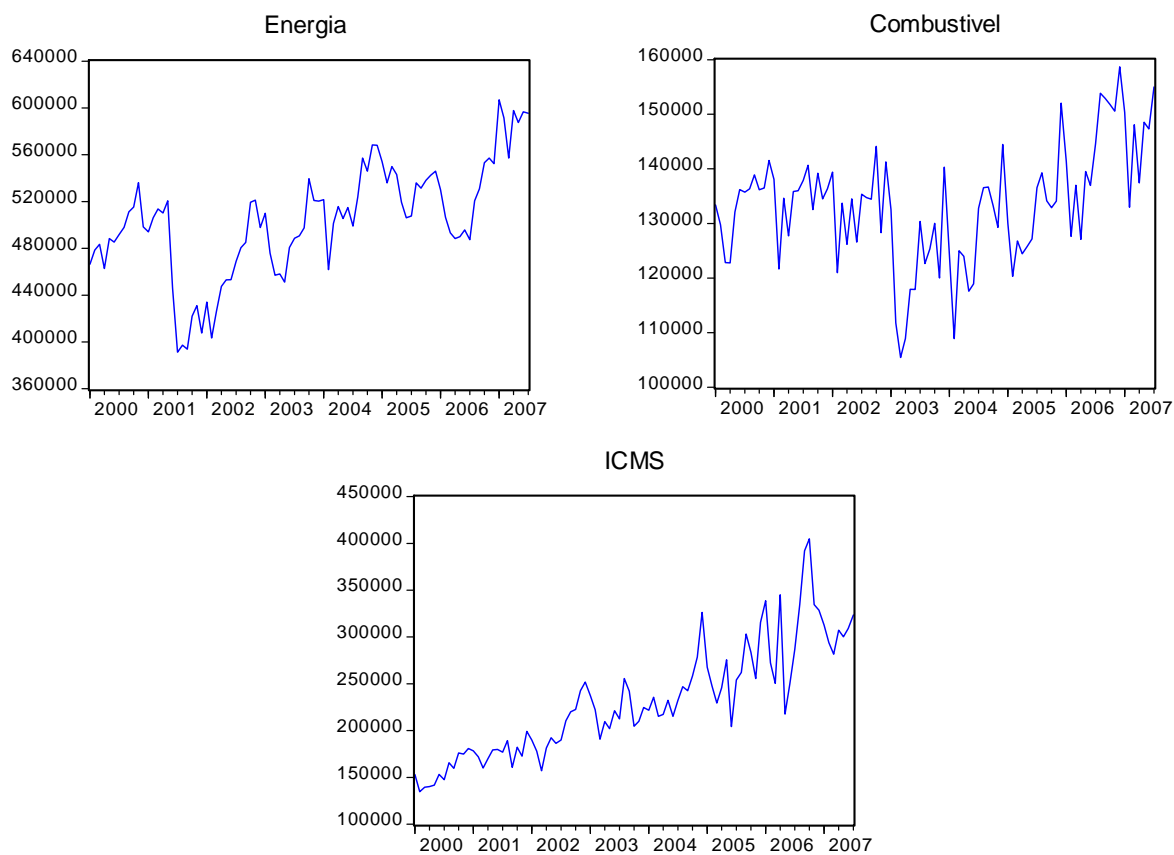


Figura 1 – Comportamento temporal da arrecadação de ICMS, e dos consumos de Energia Elétrica e Combustível.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2 Estimação da relação de equilíbrio de longo prazo: Stock e Watson – DOLS

No começo da década de 1990, século XX, surgiu uma nova metodologia econométrica que provém de estimadores mais robustos para séries co-integradas, para as quais as amostras são pequenas. Esta metodologia ficou conhecida como Mínimos Quadrados Ordinários Dinâmicos (DOLS), desenvolvida por Stock e Watson (1993).

Tal metodologia apresenta evidências, baseadas em simulações de Monte Carlo, de que os estimadores são mais robustos em pequenas amostras quando comparados com outros estimadores alternativos como Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), Mínimos Quadrados em dois estágios (MQ2E) e Vetores Auto-regressivos (VAR). Mais do que isso, é uma técnica para se obter estimadores eficientes para os vetores de cointegração que envolva componentes determinísticos e acomodem indistintamente variáveis de alta ordem de integração, de ordens distintas, co-integradas, bem como a possível simultaneidade entre os regressores de um sistema de demanda (STOCK & WATSON, 1993).

O estimador obtido por DOLS, conta também com um mecanismo para corrigir correlação serial e endogeneidade e é, ainda, assintoticamente equivalente ao estimador de Máxima Verossimilhança (CHOI & OH, 2003).

No caso das variáveis serem integradas de ordem um, ou seja, não estacionárias, regressa-se uma variável em nível contemporâneo na outra variável e nos *lags* e *leads*<sup>2</sup> da sua primeira diferença e um termo constante.

De acordo com Stock & Watson (1993), a presença de *leads* e *lags* de diferentes variáveis na equação de estimação, a qual possui um vetor cointegrante, elimina o viés de simultaneidade, bem como, o viés de pequenas amostras.

A equação (1) descreve a arrecadação de ICMS que será estimada por DOLS,

$$(1) \quad ICMS_t = X_t M_t + \sum_{i=-m}^{i=m} \phi_i \Delta COMB_{t-i} + \sum_{i=-n}^{i=n} \rho_i \Delta ENER_{t-i} + \varepsilon_t$$

---

<sup>2</sup> Os *lags* referem-se às informações passadas (i.e., defasadas), enquanto os *leads* são os valores futuros.

Sendo ICMS a arrecadação mensal de ICMS, COMB é o volume de combustível (derivados de petróleo) comercializado pelas distribuidoras, ENER é o consumo total de energia elétrica,  $\varepsilon_t$  é o termo de erro,  $M = [c, \alpha, \beta, \gamma]$ ,  $X = [1, COMB_t, ENER_t]$  e m, n, e l são os *leads* e (-m), (-n), e (-l) os *lags* dos regressores.

Logo, a estimação dos vetores cointegrantes, por DOLS será utilizada neste trabalho para que se tenham estimadores mais robustos para pequenas amostras, e posteriormente serão estimados os MCE, os quais servirão de base para se fazer previsões de arrecadação mensal de ICMS para os meses de agosto de 2007 a fevereiro de 2008.

### 3.3 Dinâmica de curto prazo, o Modelo de Correção de Erros (MCE)

A utilização de MCE se justifica pelo fato das séries serem não-estacionárias e existir ao menos um vetor cointegrante que dê suporte à relação de equilíbrio entre as variáveis. Além disso, o MCE pode ser considerado como uma generalização do modelo de ajustamento parcial e, ainda, permite estimar as elasticidades (efeitos) de curto e longo prazo.

De acordo com o procedimento proposto por Engle & Granger (1987) para estimar o vetor de cointegração é necessário estimar o MCE, o qual possui a seguinte forma,

$$(2) \Delta ICMS_t = c_0 + \sum_{j=1}^{n1} c_{1j} \Delta ICMS_{t-j} + \sum_{j=0}^{n2} c_{2j} \Delta ENERG_{t-j} + \sum_{j=0}^{n3} c_{3j} \Delta COMB_{t-j} + c_4 EC_{t-1}$$

sendo  $c_i$  são os parâmetros a serem estimados,  $EC_{t-1}$  é o termo de correção de erro defasado em um período, onde  $EC_{t-1} = ICMS_{t-1} - \beta_0 - \beta_1 ENERG_{t-1} - \beta_2 COMB_{t-1}$ .

No âmbito da equação (2), a dinâmica de curto prazo é influenciada pelos desvios em relação ao equilíbrio de longo prazo, sendo estimada por OLS, ressaltando que a dinâmica de longo prazo é capturada pela introdução dos termos de correção de erros defasados oriunda da estimação dos vetores de cointegração por DOLS.

Além disso, o MCE fornece a velocidade de ajustamento dos desequilíbrios de curto prazo em relação à trajetória de longo prazo. Por isso, estima-se o MCE e o coeficiente mais relevante dessa estimação é o do termo de correção de erros; ou seja, basta que este seja estatisticamente significativo que para o modelo seja satisfatório.



### 3.4 Medidas de Eficiência das Previsões

De acordo com o objetivo desse estudo, gerar previsão da arrecadação mensal de ICMS se faz necessário averiguar a eficiência das previsões ora realizadas. Sendo assim, foi deixada uma parte da amostra fora da estimação para que a mesma seja comparada com as previsões *ex-post*.

De posse dos resultados de previsão do modelo, bem como dos valores efetivamente realizados no período dentro da amostra, elencar-se-á um ou mais critérios para comparação dos valores obtidos.

Nesta pesquisa, utilizar-se-ão os critérios da Raiz do Erro Quadrado Médio (RMSW), o Erro Médio Absoluto (MAE), o Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE) e o Coeficiente de Desigualdade de Theil (TIC). O intervalo de previsão de agosto de 2007 a janeiro de 2008, o que perfaz um total de seis meses de comparação; ou seja, previsão *ex-post*. Sendo assim, pode-se descrever o intervalo de previsão como,  $J = T+1, T+2, \dots, T+6$ , e que os valores previstos e observados no instante  $t$  sejam  $\hat{y}_t$  e  $y_t$ , respectivamente, então essas estatísticas são calculadas através das seguintes fórmulas:

$$\text{Raiz do erro quadrado médio: } \sqrt{\left( \sum_{t=T+1}^{T+h} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h \right)}$$

$$\text{Erro médio absoluto: } \sum_{t=T+1}^{T+h} |\hat{y}_t - y_t| / h$$

$$\text{Erro médio percentual absoluto: } \sum_{t=T+1}^{T+h} |(\hat{y}_t - y_t) / y_t| / h$$

$$\text{Coeficiente de desigualdade de Theil: } \frac{\sqrt{\left( \sum_{t=T+1}^{T+8} (\hat{y}_t - y_t)^2 / h \right)}}{\sqrt{\left( \sum_{t=T+1}^{T+9} \hat{y}_t^2 / h \right)} + \sqrt{\left( \sum_{t=T+1}^{T+9} y_t^2 / h \right)}}$$

Em geral quanto menor os valores dessas estatísticas, melhor a qualidade da previsão. As duas primeiras estatísticas dependem da escala da variável dependente e podem ser usadas para comparar previsões da mesma série geradas por diferentes equações. As duas últimas estatísticas são invariantes em relação à escala da variável dependente. O coeficiente de Theil sempre tem valor entre zero e um, com o zero indicando uma previsão perfeita.

## 4 Análise Empírica e Discussão dos Resultados

Diante do modelo econométrico proposto no capítulo anterior, pode-se dizer que, em tal modelo não existem variáveis exógenas; ou seja, todas as variáveis são tratadas como endógenas e a estimação do modelo é feita de forma simultânea. Este tipo de modelo é chamado de multivariados e cada variável do modelo é função de valores passados dela mesma e das demais variáveis consideradas no modelo. Logo, é um modelo dinâmico.

Neste sentido, é preciso que algumas condições sejam verificadas antes da realização das previsões, pois é preciso estabelecer a ordem de integração das variáveis a fim de evitar relacionar séries temporais não estacionárias; ou seja, séries que não apresenta média e variância constante ao longo do tempo. Para isso, será realizado teste de raiz unitária.

Se as variáveis forem integradas (não estacionarias), o próximo passo se constitui na execução do teste de cointegração, ou seja, será realizado o teste do traço de Jonhansen (1991) para detectar a existência de algum vetor cointegrante que forneçam a relação de longo prazo do modelo. Se existir ao menos um, o mesmo será estimado por DOLS.

A partir do vetor de cointegração estimado por DOLS, poder-se-á estimar o Modelo de Correção de Erros, e a partir desse, gerar as previsões para o ICMS.

## 4.1 Teste de Raiz Unitária

O primeiro passo para se testar a existência de cointegração das variáveis, é o teste de raiz unitária. Para que as variáveis sejam co-integradas é preciso que as séries não sejam estacionárias em nível; ou seja, possuam ao menos uma raiz unitária.

A estacionariedade de uma série temporal constitui uma condição necessária para a formulação de modelos auto-regressivos, além de ter implicações nos modelos multivariados de regressão linear, na medida em que estes só têm suas propriedades asseguradas se todas as variáveis neles contidas forem estacionárias, sob pena de serem geradas regressões espúrias. Portanto, é fundamental testar se uma série é estacionária ou não antes de usá-la em uma regressão.

Nestes termos, as condições que precisam ser atendidas (em qualquer instante de tempo  $t$ ) para que um processo estocástico seja considerado fracamente estacionário, é preciso que sua média e variância sejam invariantes no tempo, enquanto que as auto-covariâncias a defasagens diversas ( $c$ ) variam apenas em relação à distância ( $k$ ) que separa as duas observações consideradas. Formalmente, essas condições seriam:

i) *Média* :  $E(x_t) = E(x_{t+k}) = \mu$

ii) *Variância* :  $V(x_t) = E[(x_t - \mu)^2] = \sigma^2$

iii) *Dependência Linear* :  $Cov(x_t, x_{t+k}) = E[(x_t - \mu)(x_{t+k} - \mu)]$

A escolha do número máximo de defasagens da serie ( $k$ ) é feita a partir de uma função fixa do tamanho da amostra. Este trabalho adota a metodologia desenvolvida por Schwert (1989), <sup>3</sup>  $K = \text{int}\{c(T/100)^{1/d}\}$ , sendo  $k$  um número (inteiro) de defasagens,  $T$  o tamanho da amostra,  $c$  e  $d$  são constantes. Os valores de  $c$  e  $d$  são definidos por análise de experimentos de Monte Carlo, onde  $c$  e  $d$  são iguais a 4. Como a amostra é composta de 91 observações, logo o número de defasagens máximo é igual a 4. Portanto,  $K \in [0;4]$ .

Uma vez definido o  $K$  máximo,  $K = 4$ , adotou-se o Critério de Informação de Akaike (AIC) para definir o número de defasagens utilizado no teste de raiz unitária, através do procedimento conhecido como do geral para o específico.

---

<sup>3</sup> Ver Schwert (1989), Tests for Unit Roots: A Monte Carlo Investigation.

Diante dessa exposição, e do tipo de modelo que se pretende estimar, será empregado o teste de Dickey-Fuller Aumentado, doravante ADF. Tal teste tem como hipótese nula a presença de raiz unitária. Para realizar o teste ADF, utiliza-se uma regressão auxiliar,

$$(3) \quad \Delta y_t = \phi y_{t-1} + \beta t + \sum_{j=1}^{p-1} \alpha_j^* \Delta y_{t-j} + u_t$$

Em que Y denota a variável dependente e  $\Delta$  denota o operador de diferença ( $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ ). Os parâmetros a serem estimados são  $\phi$ ,  $\beta$  e  $\alpha$ . As estatísticas  $\tau_\tau$ ,  $\tau_\mu$  e  $\tau$  apresentadas por Dickey & Fuller (1981) correspondem ao teste t para a estimativa do coeficiente da variável  $Y_{t-1}$  da equação (2). Essas estatísticas são especificadas para um modelo que inclui uma constante e uma tendência ( $\tau_\tau$ ), um modelo incluindo apenas constante ( $\tau_\mu$ ) e um modelo sem constante e sem tendência ( $\tau$ ). As hipóteses testadas nesses modelos correspondem a uma hipótese nula de que a série não é estacionária,  $H_0 : \phi = 0$  versus  $H_1 : \phi < 0$ ; ou seja, a hipótese nula é a presença de raiz unitária e é baseado na análise da estatística – t (com distribuição não padrão) do coeficiente  $\phi$ , o qual é estimado por MQO.

Diante disso, os testes ADF utilizados neste ensaio fazem uso apenas da constante, isto é, não se considera a tendência. Isso decorre do fato da tendência não ser estatisticamente significativa; ou seja, pode-se dizer que a não inclusão da tendência no teste ADF foi determinada pela estatística t.

Tabela 1 – Teste de Raiz Unitária, Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

Série	Equação do Teste *	Número de Defasagens**	Estatística do Teste (ADF)	Valor Crítico
				5%
ICMS	constante	1	-1,89	-2,89
$\Delta$ ICMS	Sem constante	0	-12,83	-1,94
ENERG	constante	0	-1,93	-2,89
$\Delta$ ENERG	Sem constante	0	-10,00	-1,94
COMB	constante	1	-2,96	-3,51
$\Delta$ COMB	Sem constante	11	-2,97	-2,60

Fonte: Resultados da pesquisa obtidos a partir do software Eviews 5.1.

(\*) foram incluídas nas equações de testes somente as constantes;

(\*\*) foi utilizado o número de defasagens que minimizou o critério de AIC.

A Tabela 1 apresenta o resultado do teste para todas as series utilizadas por esse estudo, e verifica-se que a hipótese nula de raiz unitária não pode ser rejeitada ao nível de 5% de significância para todas as variáveis em nível, no entanto, rejeita-se a hipótese nula em primeira diferença para todas elas. Logo, as variáveis são integradas de ordem 1. Sendo assim,

é possível que exista uma relação de longo prazo entre as variáveis  $e$ , essa relação será testada pelo teste de cointegração a ser apresentado na próxima subseção.

## 4.2 Teste de Cointegração

De acordo com o resultado apresentado pelo teste de raiz unitária, no qual as séries são integradas de mesma ordem, o próximo passo será testar a existência de cointegração entre elas.

Engle & Granger (1987) argumentaram que uma combinação linear de duas ou mais séries não-estacionárias pode ser estacionário. Caso tal combinação linear exista, as séries temporais, não-estacionária serão consideradas cointegradas, e são interpretadas como uma relação de equilíbrio de longo prazo entre a arrecadação de ICMS, o consumo de energia, e o volume de combustível comercializado no Ceará.

Nestes termos, quando duas séries possuem uma mesma tendência, decrescente ou crescente, isto pode ocasionar um alto valor do  $R^2$ , mas não necessariamente há a presença de uma relação de longo prazo verdadeira entre as séries, o que por sua vez pode significar um problema de uma regressão espúria. Sendo assim, a utilização de regressões estáticas em series econômicas não estacionárias pode levar a correlações espúrias. Além dos estimadores (coeficientes) resultantes do método de mínimos quadrados ordinários serem ineficientes, os desvios padrão dos resíduos são inconsistentes.

De forma geral, o teste de cointegração serve como um pré-teste para evitar problemas de regressão espúria. Quando as séries são co-integradas, suas tendências se anulam. Logo se duas séries são cointegradas significa que elas possuem relações de longo prazo e, portanto ao estimar um modelo de vetores auto-regressivos (VAR) é importante incluir essa informação de convergência no longo prazo. Sendo assim, estes modelos são conhecidos como VEC.

A priori, para realização do teste de cointegração se faz necessário estabelecer a defasagem a ser utilizada na realização do teste. Diante disso, adotou-se como sugestão do número ótimo de *lags* o AIC, o qual sugeriu 2 *lags*.

Este estudo utilizou o teste do traço proposto por Johansen (1991) para verificar a existência do numero de vetores cointegrantes entre o ICMS, a Energia e os Combustíveis. Tal teste tem como hipótese nula a presença de  $r$  vetores cointegrantes contra a alternativa de  $k$  vetores, sendo  $r = 0, 1, \dots, k-1$ .

Neste sentido, o teste proposto por Johansen (1988), é realizado com o objetivo de detectar, caso exista uma relação de longo prazo entre as variáveis utilizadas para cada modelo, ou seja, o número de vetores de cointegrantes. Para identificarmos se as séries são co-integradas faz-se uso do teste do traço para cointegração, desenvolvido por Johansen & Juselius (1991).

De acordo com a Tabela 2, pode-se verificar que o teste do traço identificou a presença de pelo menos um vetor cointegrante; ou seja, existe uma relação de longo prazo entre as variáveis. Cabe ressaltar que o teste do traço foi realizado na presença de tendência linear e constante. Isso se justifica pela tendência de crescimento apresentada pelas séries.

Diante da existência de ao menos um vetor cointegrante, o qual tende a dar suporte para a relação de equilíbrio do modelo; ou seja, existe uma relação de longo prazo entre a arrecadação mensal de ICMS, os consumos de energia e de combustível no estado do Ceará. Assim sendo, pode-se dizer que caso exista cointegração entre estas variáveis, então há uma relação de longo prazo entre elas. Neste caso, se faz apropriado estimar este vetor cointegrante.

Tabela 2 – Teste do Traço para Cointegração, realizado para as séries ICMS, Comb e Energ, para o período de janeiro de 2000 a julho de 2007.

Hipótese Nula (r vetores)	LR	Valor – p	Nível de Significância		
			10%	5%	1%
0*	47,03	0.0167	39.73	42.77	48.87
1	17,21	0.4071	23.32	25.73	30.67
2	6,79	0.3774	10.68	12.45	16.22

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados obtidos pelo software Eviews 5.1.

(\*) denota a rejeição de hipótese nula ao nível de 5% de significância.



### 4.3 Estimação do Vetor de Cointegração por DOLS: A Dinâmica de Longo Prazo

De acordo com o teste do Traço, existe um vetor cointegrante entre as séries, o qual será estimado por DOLS. Vale ressaltar que este vetor retrata a relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis utilizadas no modelo e, ainda, que este vetor será utilizado para estimar o MCE.

A Tabela 3 reporta o vetor de cointegração estimado por DOLS,<sup>4</sup> e verifica-se que o consumo de energia e o volume de vendas de combustível impactam de forma positiva na arrecadação do ICMS, como era esperado. Percebe-se ainda, de acordo com a estatística – t, os parâmetros não são estatisticamente significantes ao nível de 5% de significância.<sup>5</sup> No entanto, o consumo de energia (Ener) é significativo ao nível de 10%. Neste caso, pode-se dizer que um aumento no consumo de energia de 1% tenderá a aumentar a arrecadação de ICMS em 1,56%.

Na próxima seção são apresentadas as dinâmicas de curto prazo para as três classes de consumo, descritas pelo MCE.

Tabela 3 – Vetor de Cointegração Estimado por DOLS

Variáveis	Coefficientes	Erro-Padrão	Estatística – t
		Vetor Cointegrante	
C	-12.0711	13.8794	-0.87
Ener	1.5643	0.8159	1.92
Comb	0.9127	1.1023	0.83
		<i>Leads</i>	
Ener (t+1)	0.85	1.7159	0.50
Comb (t+1)	0.0338	1.1975	0.03
		<i>Lags</i>	
Ener (t-1)	-0.8071	1.6723	-0.48
Comb (t-1)	-0.5473	1.2081	-0.45

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados obtidos pelo software Gauss 6.1.

<sup>4</sup> A equação estimada é  $ICMS_t = X_t M_t + \sum_{i=-1}^{i=1} \phi_i \Delta COMB_{t-i} + \sum_{i=-1}^{i=1} \rho_i \Delta ENER_{t-i} + \varepsilon_t$ .

<sup>5</sup> Isto não apresenta certa preocupação, uma vez que, este trabalho tem como objetivo gerar um modelo robusto para realizar previsão de ICMS mensal para o estado do Ceará e a robustez do modelo esta associada ao menor erro de previsão possível, isto é, quanto mais próximo do valor observado (real) for à previsão menor o erro de previsão.

#### 4.4 Estimação do Modelo de Correção de Erros: A Dinâmica de Curto Prazo

Esta seção traz o MCE estimado para a arrecadação mensal de ICMS do Tesouro do estado do Ceará. Cabe destacar, que as defasagens foram escolhidas a partir da minimização do AIC, no entanto, o número máximo de defasagens é igual a 4.

De acordo com o resultado do MCE, pode-se observar que a arrecadação de ICMS corrente é influenciada pela ICMS do mês anterior, e pelas vendas de combustíveis derivados de petróleo no mês em exercício e no mês anterior. Ademais, com exceção do consumo de energia todos os demais coeficientes são estatisticamente significantes.

O coeficiente de  $EC_{t-1}$  é estatisticamente significativo, sugerindo que, após um determinado choque, o sistema se ajusta para o equilíbrio de longo prazo. Sendo assim, o ajuste necessita de um pouco mais de seis meses para voltar ao normal, uma vez que 15% dos desequilíbrios são corrigidos mensalmente.

Tabela 4 – Modelo de Correção de Erros, Arrecadação Mensal de ICMS.

Variáveis	Coefficientes	Estatística - t
C	0.0104	1.02
ICMS (-1)	-0.2799	-3.06
ENER	-0.0246	-0.09
COMB	0.3942	2.36
COMB (-1)	0.5932	3.49
EC (-1)	-0.1501	-2.65
$R^2 = 0,2976$		

Fonte: elaborado pelo autor com base nos resultados obtidos pelo software Gauss 6.1.

Nota: o valor entre parênteses indica a defasagem da variável.

Os demais coeficientes mensuram as elasticidades do consumo de energia e do volume de combustível vendido. Sendo assim, por exemplo, um aumento em 1% na venda de combustível derivado de petróleo pelas distribuidoras no Estado irá aumentar a arrecadação de ICMS em 0.3942% ao mês. Diante disso, uma política pública capaz de aumentar o consumo de combustível como, por exemplo, o aumento na venda de automóveis, irá repercutir positivamente na arrecadação de ICMS já no mesmo mês.

Além disso, passado um mês desta política, a venda de combustível derivado de petróleo ainda exerce um impacto positivo sobre a arrecadação de ICMS, agora em 0.5932%; ou seja, uma redução de algum tributo em 1% pelo Estado que impacte positivamente na venda de combustível,

não trará perda de receita tributaria para o Ceará, uma vez, que ele ira obter um retorno via arrecadação de ICMS de 0.3942% no mês corrente e de 0.5932% no mês subsequente.

O coeficiente de ajustamento,  $R^2$ , indica que aproximadamente 30% da variação na arrecadação de ICMS mensal são explicados pelo modelo. No entanto, conforme o objetivo dessa pesquisa poder-se-á ter uma boa previsão da arrecadação mensal mesmo o modelo não tendo apresentando um bom ajustamento. Diante disso, o próximo capítulo contempla o resultado das previsões realizadas para o período de julho de 2007 a janeiro de 2008, bem como as medidas de precisão das previsões.

## 5 Previsões

Este capítulo apresenta o exercício de previsão para a arrecadação mensal de ICMS para o Tesouro do Estado do Ceará, compreendendo os meses de julho de 2007 a janeiro de 2008, utilizando MCE.

Embora a arrecadação desse período já esteja disponível, a mesma foi deixada de fora do modelo estimado para que pudesse averiguar a capacidade de previsão (o ajustamento) do modelo DOLS através de uma comparação entre o valor previsto e o observado. Isto é conhecido como previsão *ex-post* ou previsão dentro da amostra. A partir do mês de fevereiro de 2008 não se tem o conhecimento da arrecadação, sendo assim, este tipo de previsão é chamado de fora da amostra (ou *ex-ante*).

Ademais, esta fonte de receita para o governo do estado pode evoluir de diferentes formas, dependendo da política fiscal adotada pelos gestores, dos incentivos concedidos a determinados setores, ou mesmo pelo programa luz para todos do governo federal. Desta maneira, as previsões foram elaboradas a partir do MCE oriundo dos vetores de cointegração estimados por DOLS.

A Tabela 5 reporta as previsões para o período de agosto de 2007 até janeiro de 2008; ou seja, previsão *ex-post* (dentro da amostra), bem como a diferença percentual entre os valores previsto e observado. Esta diferença é calculada a partir da razão entre os valores previstos e observados, isto é,  $\{[(\text{valor previsto}/\text{valor observado}) - 1] * 100\}$ .

De acordo com a Tabela 5, verifica-se que as previsões geradas a partir do MCE são satisfatórias, uma vez que, a maior diferença percentual entre os valores previstos e observados foi de 5,44% para o mês de setembro de 2007. Por sua vez, o mês de agosto apresentou a menor diferença, 0,23%.

Tabela 5 – Previsão da arrecadação mensal de ICMS, ex-post (agosto de 2007 a janeiro de 2008)

Ano	Mês	Valor Previsto	Valor Observado	Diferença Percentual
2007	Agosto	340.810.363,99	340.031.375,24	0.23
2007	Setembro	342.192.674,10	361.885.142,72	-5.44
2007	Outubro	342.165.252,18	343.196.361,19	-0.30
2007	Novembro	361.986.477,68	373.060.395,96	-2.97
2007	Dezembro	368.291.859,41	371.084.088,61	-0.75
2008	Janeiro	386.710.552,86	383.740.085,49	0.77

Fonte: elaborado pelo autor.

Todavia, para avaliar o poder de predição (eficiência) do modelo MCE-DOLS é preciso compará-lo a outros modelos. Deste modo, a próxima seção se dedica a comparar os resultados apurados por Rocha Neto (2008) e pela SEFAZ-CE para o período de setembro de 2007 a janeiro de 2008.

### 5.1 Análise Comparativa

Mediante estas análises, se faz pertinente comparar o poder preditivo do modelo dinâmico estimado na pesquisa por DOLS, com as previsões feitas por Rocha Neto (2008) e pela SEFAZ-CE.

Todavia, antes de fazer essas comparações, vale destacar que Rocha Neto (2008) utilizou-se de modelo temporal univariado conhecido por ARIMA, empregando *dummy* sazonal; enquanto a SEFAZ-CE, vale-se de métodos empíricos baseados na arrecadação de cada contribuinte (empresa) como tentativa de previsão das suas receitas futuras.<sup>6</sup>

Os resultados obtidos por Rocha Neto (2008) confirmam a capacidade dos modelos ARIMA para ensejar previsão, em virtude da pequena margem de erro. Além disso, este ainda desenvolveu uma análise comparativa entre as previsões realizadas pela SEFAZ-CE com as produzidas pelo modelo ARIMA, este foi mais eficiente do que o método empregado pela Secretaria da Fazenda para prever arrecadação de ICMS no Ceará.

Nestes termos, pode-se inferir que caso as previsões oriundas da estimação por DOLS se apresentem mais acuradas do que as de Rocha Neto e da SEFAZ-CE, sendo assim, estar-se-ão diante de uma alternativa ainda mais eficaz e útil do que os modelos univariados, uma vez que modelos dinâmicos permitem utilizar variáveis econômicas como consumo de energia elétrica e de combustível para avaliar o impacto na arrecadação de ICMS.

Tabela 6 – Comparação entre Modelos, Diferença Percentual.

Mês	Valores Previstos – modelos			Valor observado	Diferença percentual		
	DOLS	Rocha Neto (2008)	SEFAZ-CE		DOLS	Rocha Neto (2008)	SEFAZ-CE
<b>Set/2007</b>	342.192.674,10	355.060.941,89	439.726.550,03	361.885.142,72	-5.44	-1.89	21.51
<b>Out/2007</b>	342.165.252,18	353.007.549,02	437.332.033,10	343.196.361,19	-0.30	2.86	27.43
<b>Nov/2007</b>	361.986.477,68	345.395.259,87	379.940.024,06	373.060.395,96	-2.97	-7.42	1.84
<b>Dez/2007</b>	368.291.859,41	385.557.154,24	387.449.818,35	371.084.088,61	-0.75	3.9	4.41
<b>Jan/2008</b>	386.710.552,86	365.800.989,89	381.631.566,41	383.740.085,49	0.77	-4.67	-0.55

Fonte: elaborado pelo autor.

<sup>6</sup> Para maiores detalhes de como a SEFAZ-CE elabora suas previsões para arrecadação de ICMS, ver Rocha Neto (2008).

De acordo com a Tabela 6 pode-se inferir que as previsões por DOLS são mais acuradas que as fornecidas por Rocha Neto (2008), via modelo ARIMA com *dummies* sazonais, para os meses de outubro de 2007 a janeiro de 2008. Todavia, para o mês de setembro de 2007, a previsão feita pelo último são mais próximas do valor observado do que a gerada por este ensaio. Neste caso, de uma maneira geral, pode-se dizer que a previsão via MCE, estimado por DOLS, é uma ferramenta segura de apoio para a tomada de decisões pelos gestores da SEFAZ-CE.

Ademais, se faz pertinente apresentar algumas medidas clássicas em termos de eficiência das previsões, conforme foi descrito na seção 3.4. Sendo assim, a Tabela 7 reporta as medidas de eficiência das previsões (RMSE, o MAE, o MAPE e o TIC), para o período setembro de 2007 a janeiro de 2008.

Tabela 7 – Comparação entre as medidas de Eficiência das Previsões

Medidas	Sigla	Modelos		
		DOLS	Rocha Neto (2008)	SEFAZ-CE
Erro Absoluto Médio	MAE	7.512	15.342	32.888
Raiz do erro quadrado médio	REQM	10.277	16.967	50.399
Erro médio percentual absoluto	MAPE	0.021	0.041	0.091
Coefficiente de desigualdade de Theil	TIC	0.014	0.032	0.071

Fonte: elaborado pelo autor

A partir dessas medidas, é possível definir qual tipo de modelo (cointegração – DOLS, ARIMA com *dummy* sazonal e o analítico da SEFAZ-CE) é mais preciso para realizar previsões de arrecadação de ICMS de curto prazo (mensal) para o estado do Ceará.

Pela definição, quanto mais próximo de zero for o TIC, mais acurado é o modelo utilizado para fazer previsão, nestes termos, pode-se dizer que o modelo estimado por esta pesquisa é mais eficiente, pois o mesmo apresentou TIC igual à (0.014), enquanto Rocha Neto (2008) foi (0.032) e o modelo da SEFAZ-CE ficou em (0.071).

A análise do MAE ocorre de maneira análoga ao TIC e, mais uma vez, o modelo DOLS foi mais acurado do que os demais, uma vez que este apresentou MAE de R\$7.512 milhões, enquanto, Rocha Neto (2008) teve um MAE de R\$15.342 milhões e a SEFAZ-CE gerou MAE de 4 vezes superior ao do modelo DOLS.

Quanto menor a REQM significa que menor é o erro obtido pelo modelo utilizado para realizar a previsão, sendo assim o erro foi de aproximadamente R\$10 milhões. O modelo com

*dummy* sazonal, por sua vez, gerou uma REQM de quase R\$17 milhões, enquanto a metodologia empregada pela SEFAZ, atualmente, gerou uma REQM cinco vezes maior que o obtido por DOLS para o período de setembro de 2007 a janeiro de 2008.

A partir dessas comparações, poder-se-á inferir que o modelo dinâmico se apresenta de forma satisfatória no que diz respeito a previsões dentro da amostra (*ex-post*); ou seja, este modelo se adéqua bem a previsão mensal de ICMS para o estado do Ceará.

## 6 Considerações Finais

Este ensaio teve como objetivo gerar previsões mensais para a arrecadação de ICMS para o estado do Ceará, a partir, de um modelo dinâmico. Dessa maneira, a previsão foi gerada a partir do Modelo de Correção de Erros.

No entanto, se fez necessário adotar o seguinte procedimento antes da estimação do MCE. Primeiramente, para testar a estacionariedade das séries foi utilizado o Teste de Raiz Unitária, conhecido como Dickey-Fuller Aumentado, o qual rejeitou a hipótese nula aos níveis de 1 e 5% de significância. A seguir, foi realizado o Teste do Traço de Johansen para averiguar a presença de vetores de cointegração no modelo, e o resultado, sugeriu a presença de um vetor cointegrante.

Para estimar tal vetor, esta pesquisa fez uso da metodologia desenvolvida por Stock e Watson (1993), conhecida como DOLS. Tal metodologia difere da estimação do vetor por OLS, devido à necessidade de incorporar *leads* e *lags* ao vetor de cointegração. De posse do vetor, estimou-se o MCE que serviu de base para gerar as previsões de arrecadação de curto prazo (mensal) de ICMS para o estado do Ceará.

As previsões geradas pelo MCE apresentaram uma diferença percentual máxima de 5,44%, durante o mês de setembro de 2007. Por outro lado, a menor diferença percentual foi 0,23% para o mês de agosto.

No que concerne à análise das medidas de eficiência para as previsões, poder-se-á inferir de acordo com o Coeficiente de Desigualdade de Theil (por definição, quanto mais próximo de zero, melhor o ajuste do modelo) que o modelo estimado por essa pesquisa está muito bem ajustado para realizar previsões, pois tal coeficiente foi de 0,0053.

Não obstante, este ensaio, ainda realizou uma comparação às previsões ensejadas por Rocha Neto (2008) e pela SEFAZ-CE, para os meses de setembro de 2007 a janeiro de 2008. Vale destacar que as previsões geradas por este ensaio se mostraram mais acuradas do que as deles, exceto para o mês de setembro de 2007, pois a menor diferença percentual foi a de Rocha Neto (-1.89), seguida pelo modelo DOLS (-5.44) e pela SEFAZ-CE (21.51).



Diante disso, conclui-se que o modelo estrutural, DOLS, de previsão para a arrecadação mensal de ICMS para o estado do Ceará se mostrou bem ajustado, quando a análise recai sobre o valor predito dentro da amostra; ou seja, previsão *ex-post*.

## Referências Bibliográficas

ARRAES, R. A. & CHUMVICHITRA, P. **Modelos auto-regressivos e poder de previsão: uma aplicação com o ICMS**. Texto para Discussão n. 152. Programa de Pós-Graduação em Economia, UFC, 1996.

BERNARDO, J. R. **Análise da Arrecadação do ICMS do Estado de Roraima: Evolução e perspectiva de potencial**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia, 2001.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time Series Analysis: Forecasting and Control**. Holden Day, San Francisco, 1976.

CAMARGO, A. A. B. **Modelos de Previsão da Arrecadação Tributária do Estado de São Paulo: ICMS, IPVA, ITCMD e Taxas**. IBMEC, Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Profissionalizante em Finanças e Macroeconomia Aplicadas, 2008.

CASTELAR, I.; FERREIRA, R. T.; LINHARES, F. C. Modelos de Previsão para o ICMS do Estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v.27, n.4, p. 583-606, 1996.

COCCARO, S.M.B. **A arrecadação do ICMS: um enfoque econométrico**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

CORVALÃO, E. D. **Previsão da arrecadação do ICMS em Santa Catarina: aplicação da abordagem geral para específico em modelos dinâmicos**. Universidade Federal de Santa Catarina, Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2002.

DA SILVEIRA, A. L. Q. **Um modelo de Previsão da Arrecadação do ICMS em Goiás**. Fundação Getúlio Vargas, Escola Brasileira de Administração Pública, Monografia submetida ao curso de Administração Pública, Goiânia, 2000.

DICKEY, D.; FULLER, W. Distribution of Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 84, p. 427-431., 1979.

ENGLE, R. F., GRANGER, C. W. J. Co-integration and error correction: representation, estimation and testing, **Econometrica**, v. 55, p. 251-276, 1987.

FALCÃO, A. A. **Fato Gerador da Obrigação Tributária**. Forense, 1994.

FERREIRA, R. T. **Modelo de análise de séries temporais para previsão do ICMS mensal do Ceará**. Universidade Federal do Ceará, Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia, 1996.

FILDES, R. Quantitative Forecasting-The State of the Art: Econometric Models, **The Journal of the Operational Research Society**, v. 36, n. 7, p. 549-580, 1985.

GIAMBIAGI, F.; ALEM, A. C. D. **Finanças Públicas: Teoria e Prática no Brasil**. Campus, 2007.

GRANGER, C. W. J.; NEWBOLD, P. **Forecasting economic time series**, 1st ed., Academic Press, NY, 1986.

GUARANGA, P. R. S.; MELLO, M. R. Um modelo de previsão para a arrecadação do ICMS. IN: **Finanças Públicas: VII Prêmio Tesouro Nacional**, 2002. Brasília: STN: Editora Universidade de Brasília, 2003. 681 p.

GRANGER, C. W. J. **Time Series Analysis, Cointegration, and Applications**. Working paper, University of California, San Diego, 2004.

HENRY, E. Y. **Do imposto sobre circulação de mercadorias: comentários à legislação, doutrina, jurisprudência**. Saraiva, 1974.

IRFFI, G.; CASTELAR, I.; SIQUEIRA, M. L.; LINHARES, F. C. Previsão da demanda por energia elétrica para classes de consumo na região Nordeste, usando OLS dinâmico e mudança de regime. **Economia Aplicada**, v.13, n.1, p. 69-98, 2009.

JOHANSEN, S. Statistical analysis of co-integration vectors. **Journal of Economic Dynamic and Control**, v. 12, p. 231-254, 1988.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on co-integration – with applications to the demand for money. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 52, p. 169-210, 1990.

MELO, B. S. V. **Modelo de Previsão para Arrecadação Tributária**. Brasília: ESAF, 2001 97 p. Monografia vencedora em 1º lugar no VI Prêmio Tesouro Nacional – 2001. Orçamentos e Sistemas de Informação sobre a Administração Financeira Pública, Brasília (DF).

NOGUEIRA, R. B. **Direito tributário aplicado e comparado**. Forense, 1977.  
PINDYCK, R. S E RUBENFELD, D. L. **Econometric Models and Economic Forecasts**, Mcgraw-Hill 4ª Ed. 1998.

ROCHA NETO, A. **Previsões para o ICMS no Ceará**: comparação do desempenho da metodologia da SEFAZ-CE com o modelo ARIMA. Universidade Federal do Ceará, Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia, 2008.

SANTOS CRUZ, C. C.; LINHARES, F. C. Análise de Séries Temporais para Previsão Mensal do ICMS: O Caso do Piauí. In: ARRAES, R. A.; JORGE NETO, P. M.. (Org.). **Ensaio em Economia Aplicada**. 2 ed. Fortaleza: UFC, 2009, v. 1, p. 321-344.

SCHWERT, G. W. Tests for unit roots: A Monte Carlo investigation. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 7, n. 2, p. 147-159, 1989.

SIMS, C. A. Money, income and causality, **American Economic Review**, v. 62, p. 540-552, 1972.

SIQUEIRA M. L. **Modelos de séries temporais para a previsão da arrecadação tributária federal**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Pernambuco, Recife, 2002.

SIQUEIRA, M. L.; CORDEIRO JR., H. H.; CASTELAR, I. A demanda por energia elétrica no Nordeste brasileiro após o racionamento de 2001-2002: previsões de longo prazo. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 36, n. 1, p. 137-178, 2006.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. A simple estimator of co-integrating vectors in higher order integrated systems, **Econometrica**, v. 61, n. 4, p. 783-820, 1993.

VARSANO, R. A guerra fiscal do ICMS: quem ganha e quem perde. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 15, p. 13-18, 1997.