

Contribuição da modelagem de valores atípicos na previsão da arrecadação do ICMS do Estado de Minas Gerais

CAIO PEIXOTO CHAIN CAIO

UFLA - Universidade Federal de Lavras
caiochain@hotmail.com

DANIEL FONSECA COSTA

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
daniel.costa@ifmg.edu.br

NATÁLIA CAROLINA DUARTE DE MEDEIROS

UNIFOR - MG
nataliamedeiros15@hotmail.com

NAIARA LEITE DOS SANTOS SANT' ANA

UFLA - Universidade Federal de Lavras
naisantana13@gmail.com

GIDEON CARVALHO DE BENEDICTO

UFLA - Universidade Federal de Lavras
gideon.benedicto@gmail.com

ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA

CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM DE VALORES ATÍPICOS NA PREVISÃO DA ARRECADAÇÃO DO ICMS DO ESTADO DE MINAS GERAIS

RESUMO

A previsão de arrecadação tributária é considerada uma ferramenta útil aos gestores públicos, além de ser uma obrigatoriedade pela Lei de Responsabilidade Fiscal. Assim, este estudo teve como objetivo estimar um modelo preditivo da arrecadação de ICMS pelo governo de Minas Gerais para o período de janeiro de 1998 a agosto de 2011. O método utilizado foi a análise de séries temporais por meio dos modelos da família Box-Jenkins. Como resultado foi verificado que o método SARIMAX, ao considerar eventos diferentes do padrão histórico da série, apresentou melhor desempenho em relação às medidas de erro quando comparado aos métodos ARIMA, ARFIMA e SARIMA. Foi concluído que a modelagem de valores atípicos contribuiu para uma melhor previsão das receitas de ICMS em Minas Gerais, ou seja, deve ser levada em consideração pelos gestores públicos.

PALAVRAS CHAVE: Finanças Públicas. Gestão Tributária. Modelos Box-Jenkins.

ABSTRACT

The tax revenue forecast is considered a useful tool for policy makers, and it is also a requirement by the “Lei de Responsabilidade Fiscal”. This study aimed to estimate a predictive model of ICMS collection by the government of Minas Gerais from January 1998 to August 2011. The method used was the time series analysis through models of Box-Jenkins’ family. As a result, it was found that the SARIMAX method, while considering different events of the historical standard of the series, showed better performance against error measurements when compared to ARIMA, ARFIMA and SARIMA methods. It was concluded that the modeling of outliers contributed to a better forecasting of State Tax (ICMS) revenue in Minas Gerais, so should be taken into account by policy makers.

KEY WORDS: Public Finance. Tax Management. Box-Jenkins Models.

1 INTRODUÇÃO

A estimativa sobre o futuro de um determinado fenômeno é de grande importância na tomada de decisão, seja qual for o ambiente em que ocorra a observação do mesmo. Nas atividades econômicas e gerenciais, a previsão sobre o comportamento de uma variável serve de ferramenta estratégica para os agentes econômicos, viabilizando uma redução dos níveis de incerteza.

Desse modo, os modelos estatísticos de previsão emergem com a finalidade de buscarem, no comportamento histórico das séries temporais, respostas para os acontecimentos futuros (WALTER et al., 2013). Assim, os modelos de séries temporais oferecem técnicas de estimação e avaliação que produzem resultados de previsão em diferentes intervalos de tempo (CHEN; BLOOMFILELD; CUBBAGE, 2008).

Além disso, os modelos de previsões podem servir de apoio para a elaboração de orçamentos, permitindo a compreensão dos resultados futuros e auxiliando os gestores nas decisões orçamentárias (COSTA et al., 2014). Desta forma, esses modelos podem ser úteis para os Estados, auxiliando-os na melhoria da elaboração orçamentária e no planejamento da arrecadação tributária (SANTOS; LIMA, 2006).

Ao considerar que o Estado é um agente econômico que tem sua fonte de receita na arrecadação tributária, Castelar, Ferreira e Linhares (1993) ressaltaram que a previsão desta informação é crucial para o planejamento da máquina estatal, no que diz respeito ao custeio, investimentos e endividamento. No curto prazo, a previsão tem como propósitos auxiliar na gestão do fluxo de receita e atuar como indicador estratégico em relação às mudanças conjunturais. No longo prazo, as estimativas fornecem subsídios macroeconômicos para a adoção de medidas de políticas econômicas que viabilizem mudanças estruturais.

No Brasil, a necessidade de previsão com a arrecadação tributária federal, estadual e municipal também encontra respaldo jurídico no Artigo 12, da Lei Complementar 101 de 04/05/2000 (Lei de Responsabilidade Fiscal), que estabelece a obrigatoriedade da previsão de receitas tributárias, por meio de métodos e premissas adequadas para os devidos cálculos, englobando as esferas de governo municipal, estadual e federal.

O sistema tributário brasileiro está dividido entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios. Essa matriz é definida pela Constituição Federal (CF) de 1988, que atribui a esses entes a competência de instituir e cobrar os impostos (Art. 153 a 155). Em geral, os tributos incidem sobre o patrimônio, a renda, operações financeiras e sobre o consumo. Os tributos sobre consumo, também denominados de indiretos, são aqueles que incidem sobre a produção, sobre a circulação de mercadorias e sobre os serviços, sendo repassados para o preço final dos produtos e serviços (PEGAS, 2006).

Dentre os tributos indiretos, destaca-se o Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual, Intermunicipal e de Comunicação (ICMS), que foi objeto de análise do presente estudo, pela sua importância na receita dos Estados e do Distrito Federal.

O ICMS é previsto pelo inciso II, do Artigo 155 da Constituição Federal e instituído pela Lei Complementar 87, de 13 de setembro de 1996, que define os aspectos gerais de aplicação desse imposto. A Lei Complementar nº 87, conhecida como Lei Kandir, foi relevante para as finanças dos Estados, por ter sido instituída com o objetivo de estimular a competitividade internacional, por meio da não incidência do ICMS sobre a saída para o exterior de produtos primários e semielaborados (LEITÃO; IRFFI; LINAHRES, 2012).

O inciso I do, §2, do Artigo 155, da Constituição Federal, concomitante com o Artigo 19, da Lei Complementar nº 87 dizem que o ICMS é um imposto não cumulativo, o que significa que o valor que for devido de ICMS em cada operação relativa à circulação de mercadorias ou prestação de serviços será compensado com o montante de ICMS pago nas operações anteriores. Assim, a não cumulatividade demonstra que a arrecadação mensal do ICMS vai sendo realizada, pelos Estados, à medida em que as mercadorias vão circulando pela cadeia de suprimentos, até chegar ao consumidor final. Este fato ressalta a importância de se prever a arrecadação tributária futura para fins de planejamento da aplicação do erário.

No entanto, a arrecadação de ICMS, assim como qualquer série temporal, pode ser afetada por eventos externos como alterações na legislação, na política econômica, entre outras, que tendem a gerar valores atípicos (ou *outliers*). Estes podem ser entendidos como observações que os modelos estatísticos não estão aptos a prever devido ao seu comportamento fora do padrão histórico (CHEN; LIU, 1993).

A previsão da arrecadação de ICMS de Minas Gerais (MG), utilizando modelos da família Box e Jenkins (1976), foi estudada por Santos e Lima (2006) e Pessoa, Coronel e Lima (2013). No primeiro caso foi incorporada a sazonalidade pelo método SARIMA (Autorregressivo de Médias Móveis Sazonais) e, no segundo, os componentes relativos à memória de curto e longo prazo pelos métodos ARIMA (Autorregressivos integrados de Médias Móveis) e ARFIMA (Autorregressivos Fracionalmente Integrados de Médias Móveis). No entanto, estas análises assumem que o comportamento futuro é determinado pelo passado ao desconsiderarem a presença de valores atípicos na série. Diante do exposto, este estudo tem a seguinte hipótese: A modelagem dos *outliers* na arrecadação do ICMS de Minas Gerais tende a reduzir consideravelmente o erro de previsão.

O objetivo deste trabalho foi estimar um modelo de previsão da arrecadação de ICMS de Minas Gerais para o período de janeiro de 1998 a agosto de 2011. Especificamente pretendeu-se considerar os valores atípicos na previsão deste tributo, comparar as principais medidas de erro do modelo estimado com os modelos que desconsideram essa característica, assim como verificar sua validade para previsão de dados não amostrados doze meses à frente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estudos sobre previsão de receitas tributárias estão amplamente difundidos na literatura nacional e internacional devido à importância do tema. Os diversos autores que abordam a temática buscam, em geral, ajustar diferentes modelos que resultem em um melhor poder de previsão, ou seja, um nível aceitável entre o valor real e o estimado.

Uma exaustiva revisão de literatura em nível internacional sobre previsão fiscal pode ser encontrada em Leal et al. (2008). Segundo os autores, em especial para o caso da União Europeia, a crescente relevância do tema foi devido ao Tratado de Maastricht e ao Pacto de Estabilidade e Crescimento que elevou a vigilância orçamentária multilateral. Os maiores desafios apontados foram a mensuração do desempenho das previsões (viés, eficiência, acurácia e causas dos erros de previsão) e o processo decisório para uma melhor previsão (método, dados, horizonte e nível de desagregação).

Por exemplo, Favero e Marcellino (2005) utilizaram diversos tipos de modelagens estatísticas como modelos Autorregressivos de Média Móveis (ARIMA), Vetores autoregressivos (VAR), equações simultâneas (ES) e a “*forecast pooling*” (FP) para previsão de variáveis fiscais e macroeconômicas na zona do Euro, no período semestral de 1981 a

2001. Utilizando como medida a raiz do Erro Quadrado Médio de Previsão (REMP) um passo à frente da série de receita fiscal, o modelo ARIMA apresentou os melhores resultados para França e Itália, enquanto para Alemanha e Espanha foram a FP e a ES, respectivamente.

Além dos métodos estatísticos tradicionais, os métodos computacionais também apresentam crescente contribuição na modelagem e previsão de receitas tributárias. Li-xia, Yi-qi e Liu (2011) propuseram a combinação dos métodos “*Support Vector Machine*” com o “*Particle Swarm Optimization*” para previsão de tributos na China, no período anual de 1990 a 1997. O resultado do método proposto foi superior ao das redes neurais. O erro percentual médio de previsão (EPMP) fora da amostra foi de 1,18% pelo primeiro método e 5,20% pelo segundo.

A previsão de tributos no Brasil encontra respaldo na literatura recente. Em geral, a maior fonte de arrecadação tributária dos Estados brasileiros é o ICMS. No caso de Minas Gerais, este tributo foi responsável por cerca de 80% da receita tributária do Estado durante o período de 1998 a 2011, segundo a Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais (SEF-MG, 2014).

Contreras e Cribari-Neto (2006) buscaram estimar a arrecadação de ICMS de Pernambuco (PE), Rio de Janeiro (RJ) e São Paulo (SP) para o período mensal de 1994 a 2004, com correção de *outliers*. Os autores compararam métodos estatísticos, computacionais e a combinação de ambos para fazerem previsões para 2005. Considerando seis passos à frente em 2004, o menor EPMP para PE e RJ foi de 5,60% e 6,04%, respectivamente, por meio de redes neurais. Para São Paulo, o menor EPMP foi de 1,69% pelo método SARIMA.

O ICMS de Santa Catarina foi previsto por Corvalão, Samohyl e Brasil (2010), os quais utilizaram regressões dinâmicas em dados mensais de 1995 até 2001. Este método, além da variável arrecadação de ICMS, também levou em consideração: atividade industrial; consumo de energia elétrica, combustíveis e cimento; e a quantidade de consultas das empresas ao Serviço de Proteção ao Crédito. Os valores observados de 2001 foram comparados com a previsão da regressão dinâmica e com o modelo vigente no Departamento de Orçamento, ARIMA (1,0,2) e computaram um EPMP de 2,51% e 4,63%, respectivamente. Para os quatro meses de 2002 utilizados como estimativas fora da amostra o EPMP da regressão foi 2,55%.

A metodologia Box-Jenkins foi utilizada por Clemente e Clemente (2011) para estimar as receitas de ICMS de Santa Catarina com base em dados mensais de 2001 a 2011. Devido à identificação da sazonalidade de 12 meses, estes autores trabalharam com a comparação entre modelos SARIMA e elegeram como melhor opção um SARIMA (2,1,0) (0,1,1). A previsão fora da amostra foi realizada de 2011 a 2012, logo não foram reportadas às medidas de erro.

Conforme mencionado na introdução, em Minas Gerais a previsão do ICMS foi estudada por Santos e Lima (2006) e por Pessoa, Coronel e Lima (2013). O trabalho de Santos e Lima (2006) utilizou uma série de arrecadações de janeiro de 1992 a maio de 2004 e concluíram que, dentre os modelos estimados, o melhor ajuste foi um SARIMA (12,1,12)(0,1,1), ou seja, foi utilizado para previsões de junho de 2004 a maio de 2005 e apresentou um EPMP de 4,56%.

Pessoa, Coronel e Lima (2013) utilizaram em seu estudo o período mensal de janeiro de 1998 a agosto de 2011. Os modelos com melhor ajuste e utilizados para comparação foram um ARIMA (1,0,1) e um ARFIMA (1,0,36,1) que apresentaram um EPMP dentro da amostra de 6,13% e 6,03%, respectivamente. É válido ressaltar que outras medidas de erro, como

REMP e Erro Absoluto Médio (EAP), apuradas pelos autores, indicaram o modelo ARIMA para previsões mais acuradas.

3 METODOLOGIA

3.1 Modelo analítico

Uma série temporal univariada é composta pela soma de três componentes, ou seja, $Y_t = T_t + S_t + a_t$ em que T_t é a tendência, S_t a sazonalidade e a_t o termo aleatório (ou erro) em geral, supõe-se que a_t seja puramente aleatório ou represente um ruído branco independente de média zero e variância constante (SÁFADI, 2004).

Como caso geral dos modelos da família Box e Jenkins (1976), um modelo Autorregressivo de Médias Móveis (ARIMA) é útil para descrever séries de tempo que não possuem uma média constante ao longo do tempo (não estacionárias) e que demandam poucos parâmetros de ajuste (parcimônia). Um modelo ARIMA que leve em consideração uma tendência ao longo do tempo, apresenta ordem (p,d,q) e pode ser formalizado por:

$$\phi(B)(1 - B)^d Y_t = \theta(B)a_t \quad \text{Equação 1}$$

Em que $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ o polinômio autoregressivo de ordem p ; $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ o polinômio de médias móveis de ordem q ; B o operador de defasagem, em que $B^j Y_t = Y_{t-j}$ e d é a ordem da diferença necessária para tornar a série estacionária retirando sua tendência.

Quando o conjunto de dados em análise possui um comportamento periódico dentro de um ano (sazonalidade), pode-se considerar que seu modelo possui uma componente sazonal. O modelo sazonal SARIMA (p,d,q)(P,D,Q)_s pode ser descrito como:

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1 - B)^d(1 - B)^D Y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)a_t \quad \text{Equação 2}$$

Em que: $(B)\Phi_P$ e $(B)\Theta_Q$ são os polinômios de sazonalidade autorregressivos e de médias móveis de ordem P e Q , respectivamente e D é o número de diferenças para eliminar a sazonalidade.

O operador geral de diferença, tanto para tendência quanto para sazonalidade, pode ser definido quando duas observações que estão distantes entre si por s intervalos de tempo apresentam comportamento similar. Esse operador (∇_s) pode ser formalizado por: $\nabla_s Y_t = (1 - B)^s Y_t = Y_t - Y_{t-s}$.

Segundo Kaiser e Marvall (2001) uma série temporal com *outliers* pode ser representada por:

$$Y_t^* = \sum_{j=1}^k \xi_j(B)\omega_j I_t^{(\tau_j)} + Y_t \quad \text{Equação 3}$$

Sendo Y_t^* a série observada (com a presença de *outliers*); Y_t o processo ARIMA; ω_j é o impacto inicial do *outlier* no tempo $t = \tau_j$; $I_t^{(\tau_j)}$ é uma variável indicadora que assume o valor 1 quando $t = \tau_j$ e 0 caso contrário; e $\xi_j(B)$ determina a dinâmica do *outliers* conforme as seguintes possibilidades:

Additive Outlier (AO): $\xi_j(B) = 1$;
Level Shift (LS): $\xi_j(B) = 1/(1 - B)$;
Temporary Change (TC): $\xi_j(B) = 1/(1 - \delta B)$, $0 < \delta < 1$;
Innovational Outlier (IO): $\xi_j(B) = \theta(B)/\phi(B)$.

De acordo com Chen e Liu (1993), exceto pelo IO, o efeito destes *outliers* é independente do modelo estimado e AO e LS são casos específicos de TC, quando $\delta=0$ e $\delta=1$, respectivamente. O efeito de AO é abrupto e temporário, o de LS é abrupto e permanente, por sua vez, TC apresenta um impacto gradual e temporário a uma taxa de decaimento de “ δ ”. Já o IO pode causar diversos efeitos visto que depende do modelo ajustado para Y_t . Em geral esse efeito é explosivo e aumenta na medida em que a ocorrência do fenômeno fica mais distante.

Em resumo, o método ARIMA ao incorporar a sazonalidade e valores atípicos (uma ou mais variáveis exógenas binárias, no caso deste estudo $I_t^{(\tau_j)}$) pode ser chamado de SARIMAX.

3.2 Fonte de dados

Para a composição da série temporal analisada no presente estudo, foram coletados os dados com a arrecadação de ICMS de Minas Gerais, em R\$, disponibilizados pela Secretaria Estadual de Fazenda. Esta série foi referente ao período mensal de 1998 a agosto 2011 e totalizou 164 observações.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A Figura 1, que representa a arrecadação de ICMS de Minas Gerais, foi possível verificar que a série possui uma tendência crescente e uma sazonalidade com picos no mês de dezembro. Essa sazonalidade é comum em dados que indicam níveis de atividade econômica como o PIB, consumo de energia, nível de empregos, entre outras. No entanto, foram aplicados os devidos testes estatísticos para confirmar a presença desses elementos.

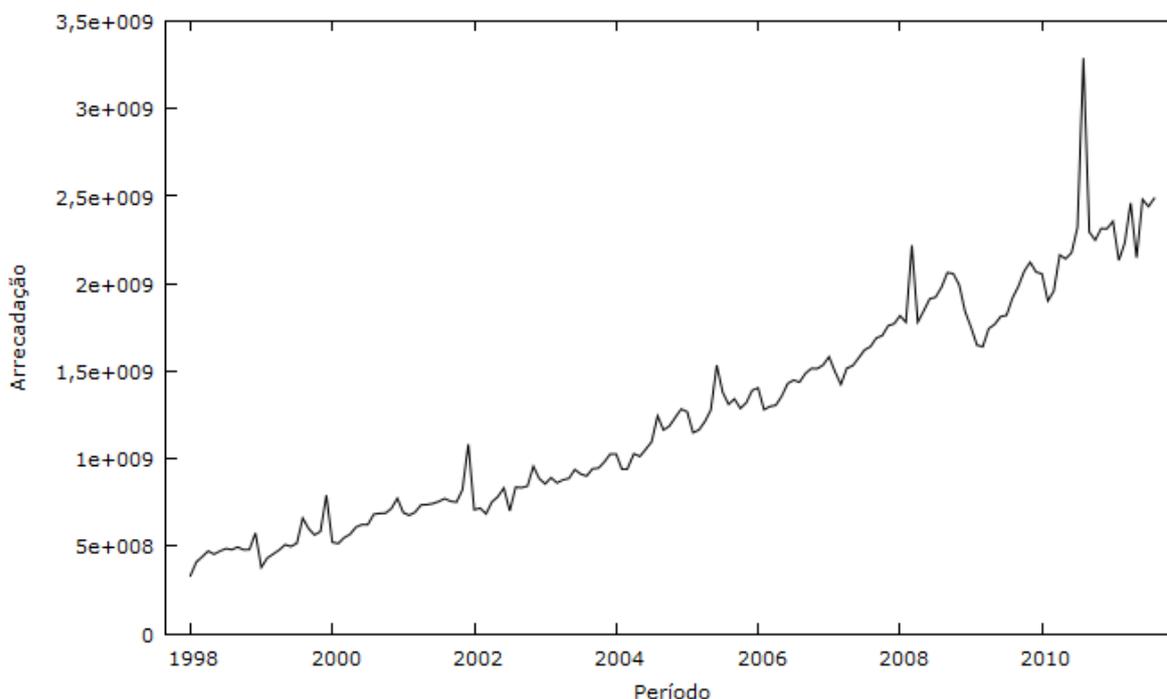


Figura 01- Arrecadação de ICMS mensal de Minas Gerais, 1998 - 2011

Fonte: Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais (SEF-MG, 2014).

Para verificar a hipótese de que a série apresentou raiz unitária, foram aplicados os testes de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) com constante e com tendência, enquanto para a hipótese de ausência de sazonalidade o teste utilizado foi o de Kruskal-Wallis. Os testes confirmaram a não-estacionariedade da série temporal, conforme apresentado na Tabela 01. Dessa forma, procedeu-se a primeira diferença para retirar a tendência e a diferença sazonal para retirar a sazonalidade.

Tabela 01 – Resultado dos testes ADF e Kruskal-Wallis

Teste	p-valor da série em nível	p-valor da série diferenciada
ADF com const.	0,99	<0,00
ADF com const. e tend.	0,49	<0,00
Kruskal-Wallis	<0,00	0,93

Fonte: Elaborada pelos autores.

Em seguida, foi gerado o correlograma da série transformada, que pode ser visualizado na Figura 2. Assim, foi possível verificar os *lags* em que ainda existiam correlações significativas diferentes de zero, de maneira que estas pudessem ser modeladas por componentes autorregressivos (AR), de médias móveis (MA) e sazonais (SAR de SMA).

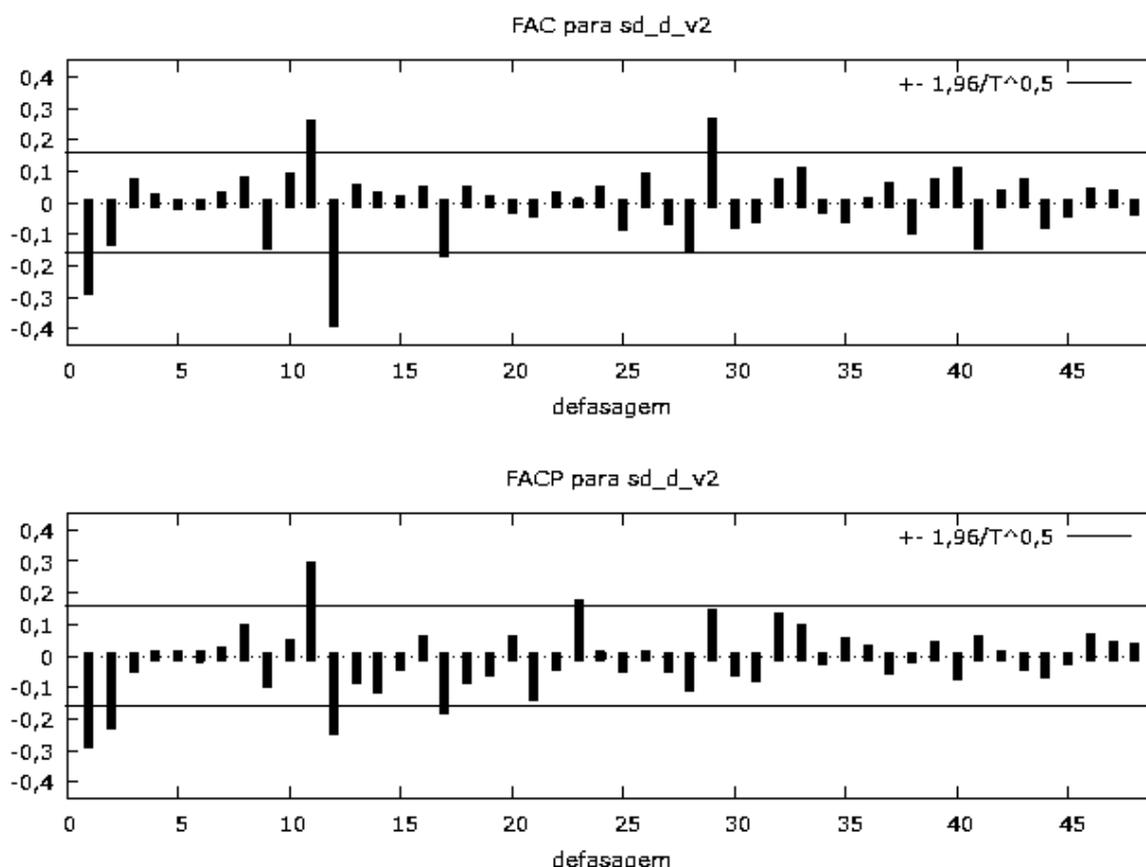


Figura 02 Função de autocorrelação total (FAC) e parcial (FACP) da série transformada
 Fonte: Elaborado pelos autores com base no software Gretl.

Pela Função de Autocorrelação Total pode-se verificar que somente o primeiro *lag* foi significativo, assim como a parte sazonal apresentou um *lag* significativo na 12ª defasagem. Esta inspeção foi utilizada para modelagem dos processos MA e SMA. Para a análise dos processos AR e SAR, foram considerados, respectivamente, os dois primeiros *lags* significativos, assim como a 12ª defasagem da Função de Autocorrelação Parcial.

Após a inspeção destas duas funções, diversos modelos foram ajustados. Segundo Walter et al. (2013) a metodologia Box-Jenkins é composta por três etapas cíclicas: (i) identificar o modelo por meio do correlograma, (ii) estimar os parâmetros AR e/ou MA e (iii) diagnosticar os resíduos. Os critérios de seleção de modelos utilizados foram o de Schwarz, Akaike, em conjunto com o melhor desempenho relativo às métricas de erros de previsão (EPMP, REQm e EAM).

O modelo selecionado foi um SARIMA (1,1,1) (1,1,1)₁₂ e pode ser visualizado na Tabela 02. O teste de autocorrelação residual de Ljung-Box não rejeitou a hipótese nula (p-valor: 0,24), o que indicou que os resíduos não são correlacionados. O teste ARCH não rejeitou a hipótese de que os resíduos apresentaram comportamento homoscedástico (p-valor: 0,99). Pelo teste de Jarque-Bera, a hipótese de normalidade dos resíduos não foi aceita (p-valor: < 0,00).

Tabela 02 – Modelo SARIMA (1,1,1) (1,1,1) para arrecadação de ICMS de Minas Gerais

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Z</i>	<i>p-valor</i>
Const	1,03138e+06	155985	6,6121	<0,00001
phi_1	0,322414	0,0753006	4,2817	0,00002
Phi_1	-0,252035	0,125402	-2,0098	0,04445
theta_1	-0,999988	0,026129	-38,2712	<0,00001
Theta_1	-0,651647	0,117398	-5,5508	<0,00001
Critério de Schwarz = 6100,481				
Critério de Akaike = 6082,377				

Fonte: Elaborado pelos autores com base no software Gretl.

Com base no método proposto por Findley et al. (1998) e Gomez e Marvall (2001) os *outliers* encontrados foram tratados como do tipo aditivo (*Additive Outlier* - AO). Em outras palavras, o processo iterativo de controle de valores atípicos se deu com base na inclusão de uma variável *dummy* unitária em cada um dos resíduos que, em geral, excedeu 2,5 vezes o erro padrão das estatísticas de avaliação da previsão.

Segundo Kaiser e Marvall (2001) o principal objetivo da correção de *outliers* é transformar os dados até que a hipótese de normalidade dos resíduos seja aceita. Foram encontrados cinco *outliers* ao longo do período analisado até que o critério de normalidade fosse alcançado, a saber: 12/2001, 06/2005, 03/2008, 08/2010 e 05/2011. Foi então estimado um modelo SARIMAX(1,1,1) (1,1,1), apresentado na Tabela 03.

Tabela 03 – Modelo SARIMAX (1,1,1) (1,1,1) para arrecadação de ICMS de Minas Gerais

	<i>Coefficiente</i>	<i>Erro Padrão</i>	<i>Z</i>	<i>p-valor</i>
Const	1,02696e+06	234859	4,3727	0,00001
phi_1	0,752274	0,0614338	12,2453	<0,00001
Phi_1	-0,0117554	0,115157	-0,1021	0,91869
theta_1	-1	0,0350624	-28,5206	<0,00001
Theta_1	-0,548104	0,0856778	-6,3973	<0,00001
12/2001	2,47002e+08	3,93449e+07	6,2779	<0,00001
06/2005	1,90881e+08	3,92256e+07	4,8662	<0,00001
03/2008	4,98028e+08	3,93448e+07	12,6581	<0,00001
08/2010	9,80543e+08	4,19613e+07	23,3678	<0,00001
05/2011	-3,01172e+08	4,44848e+07	-6,7702	<0,00001
Critério de Schwarz = 5878,597				
Critério de Akaike = 5845,407				

Fonte: Elaborado pelos autores com base no software Gretl.

Não foram encontrados na literatura os fatores que ocasionaram estes *outliers*. No entanto, deve-se ressaltar que o objetivo do trabalho foi uma modelagem preditiva e não explicativa, logo os resultados não foram prejudicados. A própria definição de *outlier* - proposta por Chen e Liu (1993) considera que a estimação deste fenômeno se aplica quando não existem informações *a priori* sobre a causa ou o tempo em que o mesmo foi gerado.

Todos os valores atípicos incluídos no modelo foram significativos a 1%, ou seja, foi demonstrado que de fato influenciaram a arrecadação de ICMS de MG. Vale destacar que exceto no período de 05/2011, todos os demais representaram momentos de impacto positivo

na arrecadação. O de maior relevância foi em agosto de 2010, quando foi arrecadado, aproximadamente, R\$1bilhão acima do que era esperado pelo padrão histórico da série.

Após o controle dos *outliers*, os resíduos do modelo SARIMAX (1,1,1)(1,1,1) mantiveram as condições de ausência de autocorrelação serial (p-valor: 0,53) e homoscedasticidade (p-valor: 0,05). Adicionalmente, a normalidade dos resíduos não foi rejeitada ao nível de significância de 10% (p-valor: 0,13), ou seja, os resíduos apresentaram comportamento do tipo ruído branco. Os critérios de Schwarz e Akaike também foram reduzidos consideravelmente, indicando melhor ajuste do modelo.

Para previsões da arrecadação de ICMS dentro da amostra - janeiro de 1998 a agosto de 2011 - os modelos com sazonalidade apresentaram melhor desempenho em relação às principais medidas de erro. Em especial, o modelo SARIMAX (1,1,1)(1,1,1) que reduziu, aproximadamente, pela metade suas medidas de erro em relação aos modelos ARIMA (1,0,1) e ARFIMA (1,0.36,1), conforme Tabela 04. A medida que sofreu maior impacto com a inclusão dos *outliers* foi a REQM que decresceu de uma ordem superior aos R\$100 milhões para o valor de R\$51.530.725,28.

Este conjunto de informações confirmou a hipótese levantada por esta pesquisa de que a inclusão de valores atípicos no modelo de previsão de ICMS de Minas Gerais foi significativa para reduzir as diferenças entre os valores reais e os estimados.

Tabela 04 – Comparação entre medidas de erro dos modelos ajustados

	ARIMA(1,0,1)	ARFIMA(1,0.36,1)	SARIMA(1,1,1)(1,1,1)	SARIMAX(1,1,1)(1,1,1)
EPMP	6,13%	6,03%	4,78%	3,52%
REQM	125.995.275,00	130.010.398,88	121.860.576,07	54.530.725,28
EAM	71.121.694,83	73.842.444,07	67.934.000,00	41.795.000,00

Fonte: Pessoa, Coronel e Lima (2013) e elaborado pelos autores com base no software Gretl.

O modelo SARIMAX (1,1,1)(1,1,1), considerado de melhor desempenho, foi utilizado para a previsão fora da amostra (09/2011 a 08/ 2012). O EPMP foi computado para os 12 meses, visando verificar a validade do controle de *outliers* em estimativas para dados não amostrados. Estas previsões foram comparadas com os valores reais disponibilizados pela SEF-MG e foram apresentadas na Tabela 05.

Tabela 5: Arrecadação de ICMS/MG real, estimada, margens de erro (R\$) e erro (%), 09/11 a 08/12

	Real	Estimado	Margem inferior	Margem superior	Erro percentual
Set/11	2.589.989.989,65	2.518.330.000,00	2.409.290.000,00	2.627.380.000,00	0,23%
Out/11	2.549.456.054,60	2.522.920.000,00	2.386.460.000,00	2.659.370.000,00	0,09%
Nov/11	2.545.422.921,15	2.564.780.000,00	2.415.020.000,00	2.714.540.000,00	0,06%
Dez/11	2.788.468.177,37	2.535.640.000,00	2.378.850.000,00	2.692.430.000,00	0,76%
Jan/12	2.663.415.267,52	2.546.070.000,00	2.385.440.000,00	2.706.700.000,00	0,37%
Fev/12	2.286.807.937,10	2.385.380.000,00	2.222.620.000,00	2.548.150.000,00	0,36%
Mar/12	2.519.049.903,16	2.437.610.000,00	2.273.650.000,00	2.601.570.000,00	0,27%
Abr/12	2.673.853.148,48	2.616.830.000,00	2.452.200.000,00	2.781.460.000,00	0,18%
Mai/12	2.525.834.434,30	2.619.180.000,00	2.454.170.000,00	2.784.200.000,00	0,31%
Jun/12	2.677.055.992,91	2.660.950.000,00	2.495.720.000,00	2.826.180.000,00	0,05%
Jul/12	2.678.343.067,40	2.686.270.000,00	2.520.920.000,00	2.851.620.000,00	0,02%
Ago/12	2.716.834.194,49	2.725.000.000,00	2.559.580.000,00	2.890.410.000,00	0,03%
EPMP					2,72%

Fonte: SEF-MG e elaborado pelos autores com base no software Gretl.

Assim como nas previsões dentro da amostra, o modelo SARIMAX (1,1,1)(1,1,1) se mostrou eficiente pra realizar estimativas fora da amostra, com um EPMP de 2,72%. Deve-se ressaltar que este tipo de estimativa fora da amostra é que, de fato, representa interesse para os gestores públicos em seu processo de tomada de decisão. Exceto no mês de dezembro, todas as previsões ficaram dentro das margens de erro que foram calculadas com um intervalo de confiança de 95%.

No entanto, a modelagem de séries temporais deve ser revisada periodicamente, pois na medida em que cada novo valor é realizado, um processo (S)ARMA distinto pode ser mais adequado, assim como algum *outlier* pode ter seu efeito diluído enquanto outros se tornam significativos. Conforme apresentado por Willoughby e Guo (2008), aproximadamente 48% dos governos estaduais dos Estados Unidos atualizam seus métodos de previsão de receitas periodicamente (1 ou 4 meses), 45% de acordo com a demanda e os demais não possuem revisão formal.

5 CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho foi modelar a arrecadação de ICMS de Minas Gerais, considerando a ocorrência de valores atípicos. Os modelos ARIMA e ARFIMA contabilizaram um EPMP de 6,13% e 6,03%. Ao se considerar a sazonalidade, o melhor ajuste foi um SARIMA(1,1,1)(1,1,1) com o EPMP de 4,78%. Com a modelagem de cinco valores atípicos presentes nesta série foi obtido um modelo SARIMAX(1,1,1)(1,1,1) com EPMP de 3,52%. Este último modelo foi utilizado para previsão de valores fora da amostra e gerou um EPMP de apenas 2,72%.

Assim, pode-se constatar que o presente trabalho contribuiu para corroborar a hipótese de que o tratamento dos *outliers* tenderia a reduzir o erro na previsão da arrecadação de ICMS de Minas Gerais. Na prática, isso implica dizer que os gestores públicos que não incorporarem os valores atípicos em suas estimativas, provavelmente, estarão trabalhando com valores mais distantes da realidade, prejudicando o processo de tomada de decisões.

Foi considerada como limitação do estudo a impossibilidade de identificação das causas geradoras dos valores atípicos na literatura. O conhecimento dos gestores da SEF-MG sobre estes períodos específicos pode ser útil para incorporar este tipo de fenômeno nas atualizações do modelo ao longo dos próximos anos.

Para estudos futuros recomenda-se a combinação de métodos de previsão aplicados à arrecadação de ICMS de MG, objetivando a redução do erro de previsão, principalmente para dados não amostrados. Técnicas promissoras como a combinação linear do método estatístico SARIMAX com métodos computacionais (Redes Neurais, por exemplo) ainda podem ser testadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis, forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Lei Complementar n. 87, de 13 de setembro de 1996. Dispõe sobre o imposto dos Estados e do Distrito Federal sobre operações relativas à circulação de mercadorias e sobre prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 16 set. 1996; Seção 01, p. 18261.

BRASIL. Lei Complementar n. 101, de 04 de maio de 2000. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências.

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

CHEN, C.; LIU, L.. Joint estimation of model parameters and outlier effects in time series. **Journal of the American Statistical Association**, v. 88, n. 421, p. 284-297, 1993.

CHEN, R. J.C.; BLOOMFIELD, P.; CUBBAGE, F. W. Comparing forecasting models in tourism. **Journal of Hospitality & Tourism Research**, v. 32, n. 1, p. 3-21, 2007.

CLEMENTE, A.; CLEMENTE, L. T. Aplicação da metodologia Box-Jenkins para previsão do ICMS do estado do Paraná de agosto de 2011 a julho de 2012. **Economia & Tecnologia**, Ano 07, Vol. 27, 2011.

CONTRERAS, J. C. S.; CRIBARI-NETO, F. Previsão da arrecadação do ICMS no Brasil através de Redes Neurais. **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro, v.67, n.227, p.7-43, jul./dez., 2006.

CORVALÃO, E. D.; SAMORYL, R. W.; BRASIL, G. H. Forecasting the collection of the state value added tax (ICMS) in Santa Catarina: the general to specific approach in regression analysis. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 7, n. 1, p. 105-121, 2010.

COSTA, D. F. et al. Estimando o Orçamento em uma Empresa Varejista: uma abordagem por meio de vetor autorregressivo - VAR. **Exacta – EP**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 279-291, 2014.

FAVERO, C. A.; MARCELLINO, M. Modelling and Forecasting Fiscal Variables for the Euro Area. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, v. 67, n. s1, p. 755-783, 2005.

FINDLEY, D. F. et al. New capabilities and methods of the X-12-ARIMA seasonal-adjustment program. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 16, n. 2, p. 127-152, 1998.

GOMEZ, V.; MARAVALL, A. Automatic modeling methods for univariate series. In: PEÑA, D.; TIAO, G. C.; TSAY, R. S. (Eds.). **A course in time series analysis**. Hoboken: Wiley & Sons, 2001, p. 171-201.

KAISER, R.; MARAVALL, A. Seasonal outliers in time series. Estadística: **Journal of the Interamerican Statistical Institute**, v. 53, n.160/161 (Special Issue on Time Series Analysis), p. 97-142, 2001.

LEAL, T. et al. Fiscal Forecasting: Lessons from the Literature and Challenges. **Fiscal Studies**, v. 29, n. 3, p. 347-386, 2008.

LEITÃO, A. L.; IRFFI, G.; LINHARES, F. Avaliação dos efeitos da Lei Kandir sobre a arrecadação de ICMS no Estado do Ceará. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 39, n. 2, p. 37-63, 2012.

LI-XIA, L.; YI-QI, Z.; LIU, X. Tax forecasting theory and model based on SVM optimized by PSO. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 1, p. 116-120, 2011.

PÊGAS, P. H. **Manual de Contabilidade Tributária**. 4 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2006.

PESSOA, F. M. C.; CORONEL, D. A.; LIMA, J. E. Previsão de arrecadação de ICMS para o estado de Minas Gerais: uma comparação entre modelos Arima e Arfima. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 9, n. 2, p. 47-64, 2013.

SÁFADI, T. Uso de séries temporais na análise de vazão de água na represa de Furnas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, p. 142-148, 2004.

SANTOS, C. M. dos; LIMA, J. E. Análise de previsões da arrecadação do ICMS no Estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Administração**. v. 5, n. 4, p. 413–423, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DE FAZENDA DE MINAS GERAIS. **Evolução da receita estadual**. Belo Horizonte: SEF, 2010. Disponível em: <<http://www.fazenda.mg.gov.br/>>. Acesso em: 17 dez. 2014.

WALTER, O. M. F. C. et al. Aplicação de um modelo SARIMA na previsão de vendas de motocicletas. **Exacta – EP**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 77-88, 2013.

WILLOUGHBY, K. G.; GUO, H. The state of the art: Revenue forecasting in US state governments. In: SUN, J.; LYNCH, T. D. (Eds.). **Government Budget Forecasting: Theory and Practice**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2008, p. 27-42.