



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,  
ADMINISTRAÇÃO E ECONOMIA - DEPRO**



**ANÁLISE DE MODELOS DE PREVISÃO DE SÉRIES  
TEMPORAIS PARA ARRECADAÇÃO DE ICMS NO  
ESTADO DE MINAS GERAIS**

**LUIZ HENRIQUE GOMES FERREIRA**

**Ouro Preto – MG**

**2023**

**LUIZ HENRIQUE GOMES FERREIRA**

**luiz.gomes1@aluno.ufop.edu.br**

**ANÁLISE DE MODELOS DE PREVISÃO DE SÉRIES  
TEMPORAIS PARA ARRECADAÇÃO DE ICMS NO  
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Monografia submetida à apreciação da banca examinadora de graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção de grau de graduado em Engenharia de Produção.

**Orientador:** Prof.º Dr.º Magno Silvério  
Campos

**Ouro Preto – MG**

**2023**



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Luiz Henrique Gomes Ferreira**

### **Análise de modelos de previsão de séries temporais para arrecadação de ICMS no estado de MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 30 de agosto de 2023.

Membros da banca

Prof.<sup>o</sup> Dr. <sup>o</sup> **Magno Silvério Campos** - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto

Prof.<sup>o</sup> Me. **Cristiano Luís Turbino de França e Silva** - Examinador Convidado - Universidade Federal de Ouro Preto

Me. **Gabriel Fernandes Lobo** - Examinador Convidado - Universidade Federal de Ouro Preto

Magno Silvério Campos, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 31/08/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Magno Silverio Campos, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 31/08/2023, às 09:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gabriel Fernandes Lobo, TECNICO DE LABORATORIO AREA**, em 31/08/2023, às 11:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cristiano Luis Turbino de Franca e Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/09/2023, às 14:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0582934** e o código CRC **A4411556**.

*Dedico este trabalho aos meus pais que sempre acreditaram em mim.  
Essa vitória é de vocês!*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço à Deus, por ter me dado força para perseguir os meus objetivos e fazer com que fossem alcançados.

Aos meus pais e irmãos, que me incentivaram e foram meu apoio nos momentos mais difíceis.

A Mari, minha companheira de curso e da vida. Obrigado por está sempre ao meu lado. Te amo!

Aos meus amigos, em especial, Weberth, Fernanda e Ádria, por nunca me deixarem desistir e mostrarem que juntos somos mais fortes.

Aos professores, por todo conhecimento compartilhado. Em especial ao meu orientador Magno, pela dedicação, ensinamentos, amizade, pelo exemplo de profissional e pelas oportunidades que me proporcionou durante todo o período de graduação, sempre confiando e me incentivando a ser melhor.

Às pessoas com quem convivi ao longo desses anos, que certamente impactaram na minha formação acadêmica. Obrigado!

*“Não há nenhum segredo para o sucesso.  
É o resultado de preparação, trabalho duro,  
e aprender com o fracasso.”*

*Gen. Colin L. Powell*

## RESUMO

FERREIRA, Luiz Henrique Gomes. **Análise de modelos de previsão de séries temporais para arrecadação de ICMS no estado de Minas Gerais**. 2023. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Ouro Preto.

Séries temporais são conjuntos de dados em que uma variável é coletada na ordem de ocorrência, ou seja, dados distribuídos no tempo. Modelos de previsão de séries temporais utilizam-se de ferramentas estatísticas para identificar o comportamento da variável em estudo e realizar previsões de suas próximas ocorrências. Desse modo, modelos de previsão de séries temporais podem ser aplicadas em várias áreas de estudo, como por exemplo saúde, indústrias, serviços, gestão pública etc. Na gestão pública uma de suas aplicações é para a previsão de arrecadação tributária, uma vez que, com a Lei de Responsabilidade Fiscal, tornou-se necessário, cada vez mais, garantir um planejamento mais eficiente dos gastos públicos de longo prazo. Este trabalho fará a modelagem dos dados de arrecadação de ICMS no estado de Minas Gerais e utilizará do modelo de previsão de séries temporais de Médias Móveis e do Método de Holt-Winter de forma a encontrar qual se ajusta melhor aos dados modelados. Para tal avaliação será usado a medida de precisão para modelos de séries temporais erro quadrático médio (EQM). Concluiu-se que o modelo de previsão pelo método de Holt-Winter foi o que se adequou melhor aos dados, pois seu gráfico, visualmente, aproximou-se mais do comportamento da variável real e apresentou menor valor de EQM.

**Palavras-chaves:** ICMS. Séries Temporais. Modelos de Previsão. Médias Móveis. Holt-Winter. Arrecadação.

## ABSTRACT

FERREIRA, Luiz Henrique Gomes. **Analysis of time series forecasting models for ICMS collection in the state of Minas Gerais**. 2023. Course Work Conclusion (Graduate in Production Engineering). Federal University of Ouro Preto.

Time series are data sets in which a variable is collected in the order of occurrence, that is, data distributed in time. Time series forecasting models use statistical tools to identify the behavior of the variable under study and make predictions of its next occurrences. Thus, time series forecasting models can be applied in various areas of study, such as health, industries, services, public management etc. In public management, one of its applications is for tax collection forecasting, since, with the Fiscal Responsibility Law, it has become increasingly necessary to ensure more efficient planning of long-term public expenditures. This work will model the ICMS collection data in the state of Minas Gerais and will use the forecast model of time series of Moving Averages and the Holt-Winter Method in order to find which best fits the modeled data. For this evaluation, the measure of accuracy for time series models mean squared error (MSE) will be used. It was concluded that the prediction model using the Holt-Winter method was the one that best suited the data, as its graph, visually, was closer to the behavior of the real variable and presented a lower MSE value.

**Key-words:** ICMS. Time Series. Forecasting Models. Moving Averages. Holt-Winter. Collection.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais Tributos do Brasil .....	11
Figura 2 – Dados de arrecadação de ICMS de janeiro de 2013 a dezembro de 2022 no estado de Minas Gerais .....	23
Figura 3 – Gráfico da Série Temporal da Arrecadação de ICMS de janeiro de 2013 a dezembro de 2022 .....	24
Figura 4 – Gráfico de Média Móvel para Arrecadação .....	25
Figura 5 – Gráfico de Resíduos dos Resultados de Média Móvel para Arrecadação .....	26
Figura 6 – Planilha de cálculo de fatores de ponderação utilizando o Microsoft Excel®... ..	27
Figura 7 – Aplicação do suplemento de análise Solver do Microsoft Excel® .....	28
Figura 8 – Gráfico do Método de Holt-Winter para Arrecadação .....	29
Figura 9 – Gráfico de Resíduos dos Resultados do Método de Holt-Winter para Arrecadação .....	30

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO .....	10
1.1 Justificativa do Trabalho .....	12
1.2 Objetivo.....	12
1.3 Estrutura do Trabalho.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	14
2.1 ICMS .....	14
2.2 MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS .....	18
2.3 MODELO DE PREVISÃO DE SÉRIE TEMPORAL UTILIZANDO MÉDIAS MÓVEIS SIMPLES.....	19
2.4 MODELO DE PREVISÃO DE SÉRIE TEMPORAL UTILIZANDO O MÉTODO DE HOLT-WINTER.....	19
2.5 MEDIDAS DE PRECISÃO DE MODELOS PARA SÉRIES TEMPORAIS .....	20
3. METODOLOGIA.....	21
4. ESTUDO DE CASO .....	23
4.1 Modelo de Previsão de Séries Temporais utilizando médias móveis simples .....	24
4.2 Modelo de Previsão de Séries Temporais utilizando o método de Holt-Winter...	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	32

## 1. INTRODUÇÃO AO ESTUDO

Segundo Costa (2011), para a tomada de decisão em uma organização, efetuar previsões é parte essencial para o seu plano de longo prazo. Para o governo não é diferente, as previsões possuem um papel importante. Através das previsões é formado o seu orçamento para a viabilização da execução e manutenção de suas atividades e projetos. Dessa forma, orçar é a ação de realizar previsões para despesas e receitas futuras, ou seja, um bom orçamento descende de previsões mais precisas possíveis.

No que diz respeito ao Estado, há uma menor complexidade no que diz respeito a previsões de despesas se comparado às receitas, uma vez que, em situações normais, o uso de modelos que levam em consideração os gastos do exercício anterior com a aplicação de alguns fatores para se chegar ao valor do ano subsequente e um modelo de extrapolação simples é capaz de ser conveniente. Já as receitas, possuem aspectos mais multáveis, tendo a necessidade de modelos de previsão mais complexos. (COSTA, 2011)

O ato de se fazer previsão é, de acordo com Smith (apud COSTA, 2011), “tipicamente retratada como um exercício profissional e técnico, e que dever ser objetivo e não-partidário; seria essencialmente uma visão positivista da orçamentação das finanças públicas”. De forma técnica, projetar receitas pode ser vista como:

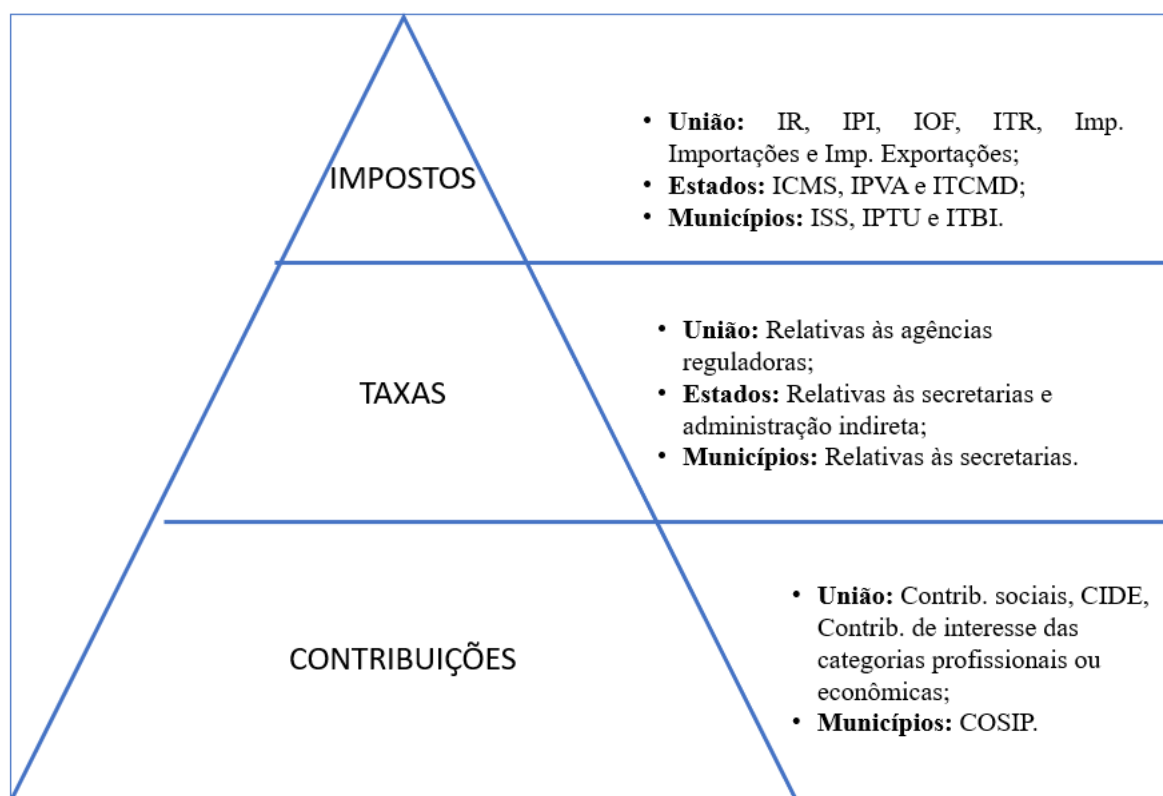
Um procedimento no qual se busca traduzir, em linguagem matemática, os fenômenos futuros de arrecadação das receitas ... procura interpretar e traduzir o comportamento da arrecadação das receitas e adequar esse movimento para movimentos futuros da série em questão. Para tal finalidade utilizam-se ferramentas matemáticas com um encadeamento lógico, que procuram prever os comportamentos futuros dessas séries. (Manual de Metodologias de Receitas Públicas, BRASIL, 2008).

Para Caldart (2005), o desequilíbrio das contas públicas, ratificado a partir do final da década de 70, teve como resultado contínuos déficits e crescimento da dívida pública interna, doravante gerando descontrole na economia brasileira, representado através de taxas de inflação e juros reais altamente elevados, baixo nível de poupança privada e formação bruta de capital fixo, a vista disso, fraco desenvolvimento econômico.

No Brasil, a arrecadação tributária é a principal fonte de receita, sendo tripartite, conforme classificação adotada pela Receita Federal do Brasil: impostos, taxas e contribuições de melhoria. Sendo estes, de acordo com a Constituição Federal de 1988, separados entre as três esferas de governo (federal, estadual e municipal). (NUKUI, 2014)

Dessa forma, segundo Nukui (2014), o imposto é o principal tributo do Brasil sendo, pela Constituição Federal de 1988, representado por oito atribuídos a União: Imposto de Renda e Proventos de Qualquer Natureza (IR); Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI); Imposto sobre Operações de Crédito, Câmbio e Seguro, ou Relativos a Títulos ou Valores Mobiliários (IOF); Imposto sobre Propriedade Territorial Rural (ITR); Imposto de Importação; Imposto de Exportação; Imposto Extraordinário e Imposto sobre Grandes Fortunas. Os estados e distrito federal possuem três impostos em seu domínio: Imposto sobre Transmissão Causa Mortis e Doação (ITCMD); Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) e Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS). No âmbito municipal, os impostos de sua alçada são: Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis (ITBI), Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS) e o Imposto sobre Propriedade Territorial Urbana (IPTU). Já para os demais tributos, taxas e contribuições, as mais relevantes estão ligadas a instância federal, concordante com o demonstrado na figura abaixo:

Figura 1 - Principais Tributos do Brasil



Fonte: Autor (2023), baseado em NUKUI, 2014, p. 12

Devido a sua obrigação na garantia do bem-estar social, a existência de restrições orçamentárias e o direcionamento para a profissionalização da gestão financeira pública, oriundo da Lei de Responsabilidade Fiscal, faz com que administradores públicos necessitem estimar com antecedência os recebíveis futuros das variáveis que constituem a receita tributária dirigida pelo governo, como forma de garantir um planejamento mais eficiente dos gastos públicos de longo prazo. (FONTENELE, 2017)

Tendo em perspectiva o Estado de Minas Gerais, segundo os dados da Evolução da Arrecadação Geral do Estado, disponibilizado pela Secretaria Estadual da Fazenda do Estado de Minas Gerais (SEFAZ/MG), a arrecadação tributária efetiva foi de R\$ 81.738.141.513,58 (oitenta e um bilhões, setecentos e trinta e oito milhões, cento e quarenta e um mil, quinhentos e treze reais e cinquenta e oito centavos) no ano de 2022. Na formação da receita tributária, o ICMS representou 85,16%, porção mais relevante dessa arrecadação, sendo escolhido para ser o foco de análise deste trabalho.

### **1.1 Justificativa do Trabalho**

Dado a importância dos tributos para a arrecadação estadual e a necessidade de prever com antecedência as receitas, esse estudo buscar analisar dois modelos de previsão de séries temporais, avaliando qual se adequa melhor ao comportamento da arrecadação do ICMS.

### **1.2 Objetivo**

Essa pesquisa tem como objetivo identificar, entre dois modelos de previsão de séries temporais, qual se ajusta da melhor forma para prever a arrecadação de ICMS no estado de Minas Gerais.

Para atingir esse objetivo foi proposto: coletar os dados sobre as arrecadações do tributo dos anos 2013 a 2022; realizar estudo estatístico com dois modelos de previsão de séries temporais; comparar todos os resultados e identificar qual melhor se adequa aos dados propostos.

### **1.3 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está particionado em cinco capítulos, onde o primeiro apresenta uma introdução sobre o assunto com a formulação do problema, a justificativa e objetivos da pesquisa.

No segundo capítulo é realizada uma revisão teórica dos conceitos e está dividida em: ICMS, modelos de séries temporais, dois modelos de previsão para séries temporais e medidas de precisão para modelos de séries temporais.

O capítulo terceiro aborda os aspectos metodológicos e a caracterização da base de dados utilizados para o desenvolvimento da pesquisa. Apresenta também a caracterização, o tipo e as limitações desta pesquisa.

Na sequência, quarto capítulo, serão expostos a base de dados utilizada, os modelos de previsão aplicados e seus respectivos resultados.

Por fim, são apresentadas as considerações finais sobre os resultados principais do trabalho.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ICMS

Conforme o art. 155, inciso II, da Constituição Federal de 1988 (CF/88), o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação (ICMS) compete aos Estados e ao Distrito Federal, sendo coletado em operações relacionadas a circulação de mercadorias e aos serviços de transporte interestadual e intermunicipal, e de comunicação, mesmo que as operações e as prestações iniciem no exterior. (ALVES, 2011)

O ICMS tem por origem o Imposto sobre Circulação de Mercadoria (ICM) que surgiu no governo militar do Marechal Castelo Branco, criado pela Emenda Constitucional 18, de 01/12/1965, fazendo parte do PAEG, Plano de Ação Econômica do Governo. O objetivo do PAEG era o superávit orçamentário, controle da emissão de moeda e a expansão salarial, visando ajustar as contas públicas e reduzir a inflação. (NUKUI, 2014)

A mudança do nome do imposto para ICMS ocorreu pela adição de novos tipos de serviço ao ICM. O ICMS é definido da seguinte forma na CF/88, incisos I, II e III do § 2º do art. 155:

- I - será não-cumulativo, compensando-se o que for devido em cada operação relativa à circulação de mercadorias ou prestação de serviços com o montante cobrado nas anteriores pelo mesmo ou outro Estado ou pelo Distrito Federal;
- II - a isenção ou não-incidência, salvo determinação em contrário da legislação:
  - a) não implicará crédito para compensação com o montante devido nas operações ou prestações seguintes;
  - b) acarretará a anulação do crédito relativo às operações anteriores;
- III - poderá ser seletivo, em função da essencialidade das mercadorias e dos serviços. (Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, BRASIL, 2022).

Segundo Nukui (2014), o ICMS é um imposto sobre valor agregado, conforme inciso I, possui característica de não cumulatividade. Além disso, de acordo com os incisos IV e V do § 2º do art. 155 da CF/88 o Senado Federal ter a função de regulamentar e ser um mediador dos conflitos relacionados ao ICMS:

- IV - resolução do Senado Federal, de iniciativa do Presidente da República ou de um terço dos Senadores, aprovada pela maioria absoluta de seus membros, estabelecerá as alíquotas aplicáveis às operações e prestações, interestaduais e de exportação;
- V - é facultado ao Senado Federal:
  - a) estabelecer alíquotas mínimas nas operações internas, mediante resolução de iniciativa de um terço e aprovada pela maioria absoluta de seus membros;
  - b) fixar alíquotas máximas nas mesmas operações para resolver conflito específico que envolva interesse de Estados, mediante resolução de iniciativa da maioria absoluta e aprovada por dois terços de seus membros. (Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, BRASIL, 2022).

Os incisos VI, VII e VIII do § 2º do art. 155 da CF/88 indicam como será a arrecadação do ICMS em caso de operações e prestações de bens e serviços em que o consumidor final está em outro estado:

VI - salvo deliberação em contrário dos Estados e do Distrito Federal, nos termos do disposto no inciso XII, g, as alíquotas internas, nas operações relativas à circulação de mercadorias e nas prestações de serviços, não poderão ser inferiores às previstas para as operações interestaduais;

VII - nas operações e prestações que destinem bens e serviços a consumidor final, contribuinte ou não do imposto, localizado em outro Estado, adotar-se-á a alíquota interestadual e caberá ao Estado de localização do destinatário o imposto correspondente à diferença entre a alíquota interna do Estado destinatário e a alíquota interestadual; (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 87, de 2015) (Produção de efeito)

VIII - a responsabilidade pelo recolhimento do imposto correspondente à diferença entre a alíquota interna e a interestadual de que trata o inciso VII será atribuída: (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 87, de 2015) (Produção de efeito)

a) ao destinatário, quando este for contribuinte do imposto; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 87, de 2015)

b) ao remetente, quando o destinatário não for contribuinte do imposto; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 87, de 2015). (Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, BRASIL, 2022).

A incidência do ICMS sobre importações e exportações de mercadorias e sobre serviços prestados a destinatários fora do Brasil, são abordados nos incisos IX e X do § 2º do art. 155 da CF/88:

IX - incidirá também:

a) sobre a entrada de bem ou mercadoria importados do exterior por pessoa física ou jurídica, ainda que não seja contribuinte habitual do imposto, qualquer que seja a sua finalidade, assim como sobre o serviço prestado no exterior, cabendo o imposto ao Estado onde estiver situado o domicílio ou o estabelecimento do destinatário da mercadoria, bem ou serviço; (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

b) sobre o valor total da operação, quando mercadorias forem fornecidas com serviços não compreendidos na competência tributária dos Municípios;

X - não incidirá:

a) sobre operações que destinem mercadorias para o exterior, nem sobre serviços prestados a destinatários no exterior, assegurada a manutenção e o aproveitamento do montante do imposto cobrado nas operações e prestações anteriores; (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 42, de 19.12.2003)

b) sobre operações que destinem a outros Estados petróleo, inclusive lubrificantes, combustíveis líquidos e gasosos dele derivados, e energia elétrica;

c) sobre o ouro, nas hipóteses definidas no art. 153, § 5º;

d) nas prestações de serviço de comunicação nas modalidades de radiodifusão sonora e de sons e imagens de recepção livre e gratuita; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 42, de 19.12.2003). (Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, BRASIL, 2022).

No inciso XI do § 2º do art. 155 da CF/88, é apresentada a não aplicação da alíquota do ICMS sobre o imposto sobre produtos industrializados:

XI - não compreenderá, em sua base de cálculo, o montante do imposto sobre produtos industrializados, quando a operação, realizada entre contribuintes e relativa a produto destinado à industrialização ou à comercialização, configure fato gerador dos dois impostos. (Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, BRASIL, 2022).



No inciso XII do § 2º do art. 155 da CF/88, é apresentado a posição do Congresso Nacional como detentor do poder determinar e alterar as definições atreladas a cobrança do ICMS:

XII - cabe à lei complementar:

- a) definir seus contribuintes;
- b) dispor sobre substituição tributária;
- c) disciplinar o regime de compensação do imposto;
- d) fixar, para efeito de sua cobrança e definição do estabelecimento responsável, o local das operações relativas à circulação de mercadorias e das prestações de serviços;
- e) excluir da incidência do imposto, nas exportações para o exterior, serviços e outros produtos além dos mencionados no inciso X, a
- f) prever casos de manutenção de crédito, relativamente à remessa para outro Estado e exportação para o exterior, de serviços e de mercadorias;
- g) regular a forma como, mediante deliberação dos Estados e do Distrito Federal, isenções, incentivos e benefícios fiscais serão concedidos e revogados.
- h) definir os combustíveis e lubrificantes sobre os quais o imposto incidirá uma única vez, qualquer que seja a sua finalidade, hipótese em que não se aplicará o disposto no inciso X, b; (Incluída pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001) (Vide Emenda Constitucional nº 33, de 2001)
- i) fixar a base de cálculo, de modo que o montante do imposto a integre, também na importação do exterior de bem, mercadoria ou serviço. (Incluída pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001). (Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, BRASIL, 2022).

Nos § 3º ao § 6º do inciso XII do Artigo 155 da CF/88, segundo Nukui (2014), normatizam a incidência do ICMS em operações relativas à energia elétrica, serviços de telecomunicações, derivados de petróleo, combustíveis e minerais. Sendo que, no §3º ressalta a exclusividade da cobrança do ICMS sobre as operações supracitadas. E os § 4º ao § 6º expõe como a Lei Complementar 87/1996 (Lei Kandir) criada no Governo FHC deve regulamentar as operações com gás e seus derivados, combustíveis e lubrificantes:

§ 3º À exceção dos impostos de que tratam o inciso II do caput deste artigo e o art. 153, I e II, nenhum outro imposto poderá incidir sobre operações relativas a energia elétrica, serviços de telecomunicações, derivados de petróleo, combustíveis e minerais do País. (Redação dada pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

§ 4º Na hipótese do inciso XII, h, observar-se-á o seguinte: (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

I - nas operações com os lubrificantes e combustíveis derivados de petróleo, o imposto caberá ao Estado onde ocorrer o consumo; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

II - nas operações interestaduais, entre contribuintes, com gás natural e seus derivados, e lubrificantes e combustíveis não incluídos no inciso I deste parágrafo, o imposto será repartido entre os Estados de origem e de destino, mantendo-se a mesma proporcionalidade que ocorre nas operações com as demais mercadorias; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

III - nas operações interestaduais com gás natural e seus derivados, e lubrificantes e combustíveis não incluídos no inciso I deste parágrafo, destinadas a não contribuinte, o imposto caberá ao Estado de origem; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

IV - as alíquotas do imposto serão definidas mediante deliberação dos Estados e Distrito Federal, nos termos do § 2º, XII, g, observando-se o seguinte: (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

a) serão uniformes em todo o território nacional, podendo ser diferenciadas por produto; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

b) poderão ser específicas, por unidade de medida adotada, ou ad valorem, incidindo sobre o valor da operação ou sobre o preço que o produto ou seu similar alcançaria em uma venda em condições de livre concorrência; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

c) poderão ser reduzidas e restabelecidas, não se lhes aplicando o disposto no art. 150, III, b. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

§ 5º As regras necessárias à aplicação do disposto no § 4º, inclusive as relativas à apuração e à destinação do imposto, serão estabelecidas mediante deliberação dos Estados e do Distrito Federal, nos termos do § 2º, XII, g. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 33, de 2001)

§ 6º O imposto previsto no inciso III: (Incluído pela Emenda Constitucional nº 42, de 19.12.2003)

I - terá alíquotas mínimas fixadas pelo Senado Federal; (Incluído pela Emenda Constitucional nº 42, de 19.12.2003)

II - poderá ter alíquotas diferenciadas em função do tipo e utilização. (Incluído pela Emenda Constitucional nº 42, de 19.12.2003). (Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, BRASIL, 2022).

Para Carrazza (apud Nukui, 2014), o art. 155 da CF/88 pode ser resumido em 14 regras constitucionais obrigatórias:

a) deverá ser não cumulativo; b) acarretará, nos casos de isenção ou não incidência, a menos que a lei estipule o contrário, anulação do crédito relativo às operações e prestações anteriores e não conferirá direito a crédito para compensação com o montante devido nas operações e prestações seguintes; c) poderá ser seletivo, em função da essencialidade das mercadorias e dos serviços; d) terá as alíquotas relativas às operações e prestações interestaduais e de exportação fixadas pelo Senado Federal, mediante resolução; e) terá adotada, nas operações e prestações que destinem bens e serviços a consumidor final localizado em outro Estado, a alíquota interestadual, quando o destinatário for contribuinte do imposto e a alíquota interna, quando ele não for; f) incidirá sobre a entrada de bem ou mercadoria importados do exterior por pessoa física ou jurídica, ainda que não seja contribuinte habitual do imposto, qualquer que seja a sua finalidade, assim como sobre o serviço prestado no exterior, cabendo o imposto ao Estado onde estiver situado o domicílio ou o estabelecimento do destinatário da mercadoria, bem ou serviço; g) incidirá sobre o total da operação, quando mercadorias forem fornecidas com serviços não compreendidos na competência tributária dos Municípios; h) não incidirá sobre operações que destinem mercadorias para o exterior, nem sobre serviços prestados a destinatários no exterior, assegurados a manutenção e o aproveitamento do montante do imposto cobrado nas operações e prestações anteriores; i) não incidirá sobre operações que destinem a outros Estados (ou ao Distrito Federal) petróleo, inclusive lubrificantes, combustíveis líquidos e gasosos dele derivados, e energia elétrica; j) não incidirá sobre o ouro, quando definido em lei como ativo financeiro ou instrumento cambial; k) não compreenderá, em sua base de cálculo, o montante do IPI, quando a operação, realizada entre contribuintes e relativa a produto destinado à industrialização ou à comercialização, configure a hipótese de incidência (fato gerador in abstracto) dos dois impostos; e l) terá, por lei complementar, definidos seus contribuintes, regulado o fenômeno da substituição tributária, disciplinado o regime de compensação, fixado (para efeito de sua cobrança e definição do estabelecimento responsável) o local das operações relativas à circulação de mercadorias e das prestações de serviços, previstos casos de manutenção à circulação de mercadorias e das prestações de serviços, previstos casos de manutenção de crédito, relativamente à remessa para outro Estado, de serviços e mercadorias, regulada a forma como, mediante deliberação dos Estados e do Distrito Federal, isenções, incentivos e benefícios fiscais serão concedidos ou revogados, definidos os combustíveis e lubrificantes sobre os quais o imposto incidirá uma única vez, qualquer que seja sua finalidade, hipótese em que não se aplicará o disposto no inciso X, “b”, e fixada a base de cálculo, de modo que o montante do imposto a integre, também na importação do exterior de bem, mercadoria ou serviço. (NUKUI, 2014, p.14)

## 2.2 MODELOS DE SÉRIES TEMPORAIS

Para Ragsdale (2014) uma série temporal trata-se de um conjunto de dados em que uma variável quantitativa é coletada na ordem de ocorrência. Isto é, os dados são distribuídos no tempo.

De acordo com Morettin (2018) os objetivos da análise de séries temporais são: buscar o fato gerador da série temporal; produzir previsões, tanto de curto quanto de longo prazo, de valores futuros da série; apresentar o comportamento da série, para identificar a presença de tendências, ciclos e variações sazonais; e busca por periodicidade nos dados.

Para Montgomery (apud Assis, 2022), modelos de previsão de séries temporais possuem grande importância para diversos ramos, sendo um ponto crucial para tomada de decisões que englobam questões futuras. De forma que, os métodos de previsão de séries temporais utilizam o conceito de que através de observações passadas é possível definir um padrão de comportamento no futuro.

De forma genérica, os modelos de previsão de séries temporais são dados pela seguinte fórmula:

$$\hat{y}_{t+1} = f(y_t, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots) + \varepsilon_t \quad (1)$$

Sendo que:

- $\hat{y}_{t+1}$  significa o valor previsto para a variável no período t+1;
- $y_t$  significa o valor real para a variável no período t;
- $y_{t-1}$  significa o valor real para a variável no período t-1, e assim por diante;
- $\varepsilon_t$  significa o valor do erro do modelo no período t.

Um importante parâmetro que aparece na equação acima é o erro ( $\varepsilon$ ) que representa a diferença entre o valor da variável no instante de tempo t e o valor ajustado pelo modelo no instante de tempo t (MONTGOMERY (apud ASSIS, 2022):

$$\varepsilon_t = y_t - \hat{y}_t \quad (2)$$

Para utilização dos modelos de séries temporais, um fator muito importante é a classificação da série nos âmbitos da presença ou não de tendência e sazonalidade. Em relação a tendência, nos casos em a série temporal oscila aleatoriamente em torno de um valor fixo, é chamada de estacionária. E quando a série não oscila ao redor de um valor fixo, ou seja, possui tendência de crescimento ou decrescimento, é chamada de não estacionária. Acerca da

sazonalidade, ela ocorre quando existe um comportamento cíclico nos dados analisados. Sendo que, uma série apresenta sazonalidade quando apresenta um padrão regular repetitivo nos dados e estes podem ser divididos em efeitos sazonais aditivos, quando aspiram manter a ordem de magnitude cada vez que entra em um novo período do ciclo, ou em efeitos sazonais multiplicativos, quando aspiram a um efeito cada vez que se inicia um novo período do ciclo.

### 2.3 MODELO DE PREVISÃO DE SÉRIE TEMPORAL UTILIZANDO MÉDIAS MÓVEIS SIMPLES

Segundo Ragsdale (2014), na técnica de médias móveis, o valor previsto da série temporal no período  $t+1$  ( $\hat{y}_{t+1}$ ) é a média das  $k$  observações mais recentes na série, sendo que o valor de  $k$  demarcará o número de dados prévios que serão utilizados no cálculo:

$$\hat{y}_{t+1} = \frac{y_t + y_{t-1} + y_{t-2} + \dots + y_{t-k+1}}{k} \quad (3)$$

Para Morettin (2018), as vantagens no uso desse modelo são: método fácil de aplicar; necessita de um baixo número de dados; muito adaptável, pois o valor de  $k$  acompanha o padrão da série. E as desvantagens são: não há atribuição de peso aos diferentes dados e seus períodos; e a dificuldade em se determinar o valor de  $k$ .

### 2.4 MODELO DE PREVISÃO DE SÉRIE TEMPORAL UTILIZANDO O MÉTODO DE HOLT-WINTER

Segundo Ragsdale (2014), o Método de Holt-Winter é utilizável em séries temporais que possuem tendência e sazonalidade. Por ter um modelo mais robusto, com maior número de variáveis componentes, na maior parte dos casos, é mais preciso em séries que possuem essas características. (ASSIS, 2022)

O modelo é descrito por Montgomery (apud Assis, 2022) pela seguinte equação:

$$\hat{y}_{t+n} = E_t + nT_t + S_{(t+n-p)} \quad (4)$$

Sendo:

- $\hat{y}_{t+n}$  significa o valor previsto para a variável no período  $t$ ;
- $E_t = \alpha(y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$ , onde  $E_t$  significa o nível estimado no período  $t$ ;
- $T_t = \beta(y_t - E_t) + (1 - \beta)T_{t-1}$ , onde  $T_t$  significa a influência da tendência  $t$ ;

- $S_t = \gamma(y_t - E_t) + (1 - \gamma)S_{t-1}$ , onde  $S_t$  significa o fator sazonal para o período  $t$ ;
- $p$  é uma constante que representa o número de estações na série temporal;
- $\alpha$  é uma constante de suavização do nível;
- $\beta$  é uma constante de suavização da tendência;
- $\gamma$  é uma constante de suavização da sazonalidade;
- $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são fatores de ponderação, de forma que  $0 \leq \alpha, \beta, \gamma \leq 1$ .

## 2.5 MEDIDAS DE PRECISÃO DE MODELOS PARA SÉRIES TEMPORAIS

De acordo com Ragsdale (2014), por existirem muitos métodos para a modelagem de séries temporais, são necessárias técnicas para verificação da adequação do modelo aos dados. Dessa forma, existem quatro medidas de acurácia comuns que são:

- Desvio absoluto médio (DAM) =  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$ ; (5)

- Erro percentual absoluto médio (EPAM) =  $\frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right|$ ; (6)

- Erro quadrático médio (EQM) =  $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$ ; (7)

- Raiz do erro quadrado médio (REQM) =  $\sqrt{EQM}$  (8)

Sendo que, em cada uma das expressões acima,  $y_i$  é o valor real para a  $i$ -ésima observação e  $\hat{y}_i$  o valor previsto para essa observação.

O erro quadrático médio (EQM) foi escolhido como medida para avaliação dos modelos deste estudo por possuir método de cálculo mais simplificado. Nessa avaliação, quanto menor o valor do EQM, mais adequado é o modelo à série.

### 3. METODOLOGIA

Cada pesquisa é naturalmente diferente de qualquer outra. Daí a necessidade de previsão e provisão de recursos de acordo com a sua especificidade. Mas quando o pesquisador consegue rotular seu projeto de pesquisa de acordo com um sistema de classificação, torna-se capaz de conferir maior racionalidade às etapas requeridas para sua execução. (GIL, 2022, p.40)

Este trabalho de monografia é uma pesquisa aplicada, caracterizada pela abordagem quantitativa. A abordagem quantitativa trata-se pela utilização das quantificações na coleta de dados e nos tratamentos dos dados por técnicas estáticas. (RICHARDSON, 2017).

Também se caracteriza por ser uma pesquisa descritiva. Segundo Marconi e Lakatos (2022), essa pesquisa procura descrever uma situação ou um comportamento de uma variável. Neste caso, é descrito o comportamento de uma variável dentro de um modelo de previsão.

Para realização dessa pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica a respeito do assunto abordado, coleta dos dados com o histórico da arrecadação de ICMS pelo estado de Minas Gerais, a aplicação dos modelos de previsão de séries temporais e análise dos resultados encontrados.

Os dados passados da arrecadação de ICMS pelo estado de Minas Gerais foram coletados no site da Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais (SEFAZ/MG) no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2022.

Posterior à coleta, os dados foram reunidos em uma única planilha do Microsoft Excel®, com o intuito de calcular os fatores de ponderação usados no Método de Holt-Winter. Para tal, foram utilizadas as fórmulas supracitadas e de suplementos de análise do Microsoft Excel®, objetivando encontrar os valores para  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  que reduzam o valor do Erro quadrático médio (EQM).

Na sequência, os dados foram inseridos no *software* Minitab® para a execução dos modelos de séries temporais: médias móveis e do Método de Holt-Winter. O Minitab® apresentou como resultado o modelo e o gráfico ajustado aos dados e os gráficos de resíduos.

Finalmente, foi realizada análise e discussão dos resultados dos modelos rodados no Minitab®, dos gráficos dos resíduos para validação dos modelos e dos valores encontrados para o EQM, para comparação entre os modelos.

#### 4. ESTUDO DE CASO

Para identificação de qual modelo de previsão se adequa da melhor forma aos dados de arrecadação de ICMS no estado de Minas Gerais, foram comparados o modelo de médias móveis e o método de Holt-Winter. Estes foram aplicados aos 120 dados coletados da base existente na Secretaria do Estado da Fazenda de Minas Gerais (SEFAZ/MG) no período de janeiro/2013 a dezembro/2022 e foi feito o gráfico da série temporal, conforme mostrado abaixo nas figuras 2 e 3:

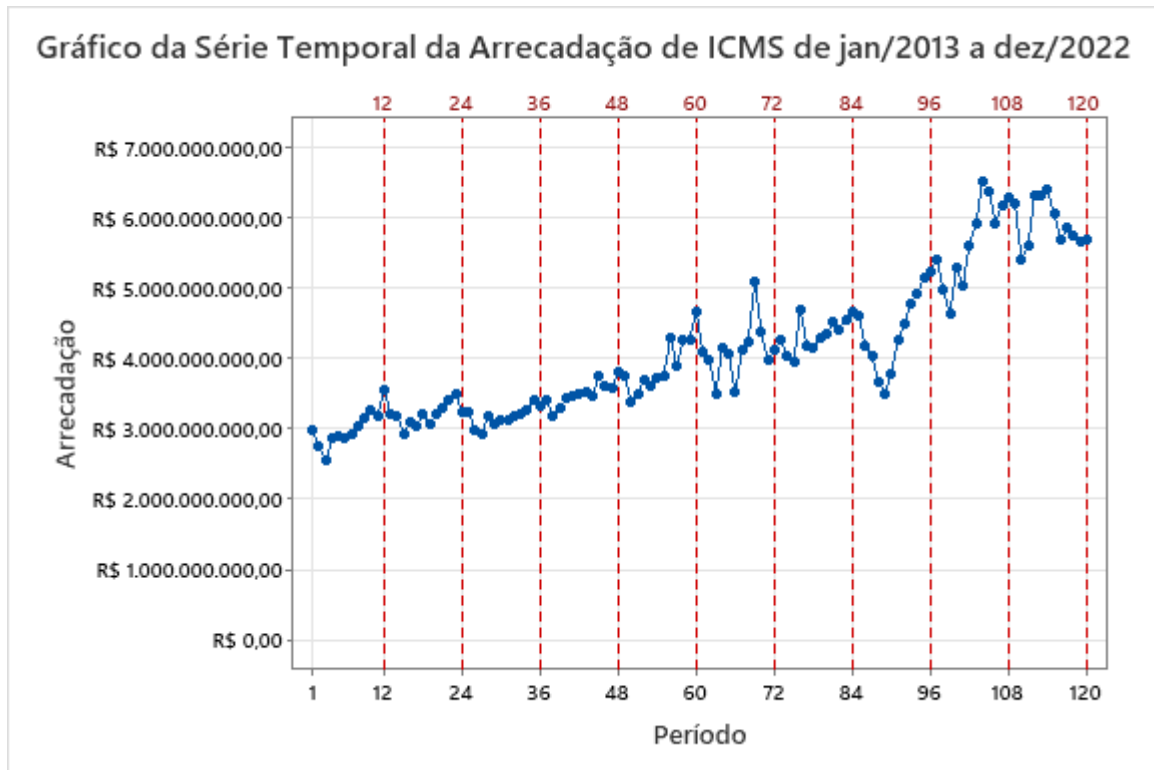
Figura 2 – Dados de arrecadação de ICMS de janeiro de 2013 a dezembro de 2022 no estado de Minas Gerais

Período	Mês	Arrecadação	Período	Mês	Arrecadação	Período	Mês	Arrecadação	Período	Mês	Arrecadação
1	jan/2013	R\$ 2.976.566.176,41	31	jul/2015	R\$ 3.127.672.017,86	61	jan/2018	R\$ 4.072.980.712,34	91	jul/2020	R\$ 4.253.805.575,23
2	fev/2013	R\$ 2.739.520.270,27	32	ago/2015	R\$ 3.183.675.952,75	62	fev/2018	R\$ 3.967.570.523,36	92	ago/2020	R\$ 4.485.515.498,97
3	mar/2013	R\$ 2.548.103.990,00	33	set/2015	R\$ 3.215.729.932,05	63	mar/2018	R\$ 3.495.077.897,35	93	set/2020	R\$ 4.772.661.836,19
4	abr/2013	R\$ 2.848.971.637,42	34	out/2015	R\$ 3.253.704.383,16	64	abr/2018	R\$ 4.140.527.480,33	94	out/2020	R\$ 4.902.089.954,57
5	mai/2013	R\$ 2.891.483.741,29	35	nov/2015	R\$ 3.407.214.508,66	65	mai/2018	R\$ 4.058.467.023,88	95	nov/2020	R\$ 5.144.575.881,12
6	jun/2013	R\$ 2.871.347.744,56	36	dez/2015	R\$ 3.306.513.058,62	66	jun/2018	R\$ 3.500.787.906,61	96	dez/2020	R\$ 5.223.298.520,32
7	jul/2013	R\$ 2.924.560.174,25	37	jan/2016	R\$ 3.400.935.819,84	67	jul/2018	R\$ 4.103.470.021,53	97	jan/2021	R\$ 5.382.938.091,31
8	ago/2013	R\$ 3.033.065.241,69	38	fev/2016	R\$ 3.164.359.784,96	68	ago/2018	R\$ 4.236.538.402,79	98	fev/2021	R\$ 4.948.981.143,32
9	set/2013	R\$ 3.142.923.908,82	39	mar/2016	R\$ 3.277.201.475,52	69	set/2018	R\$ 5.086.379.355,36	99	mar/2021	R\$ 4.625.489.654,80
10	out/2013	R\$ 3.251.365.506,12	40	abr/2016	R\$ 3.437.304.269,78	70	out/2018	R\$ 4.353.863.720,51	100	abr/2021	R\$ 5.288.038.125,35
11	nov/2013	R\$ 3.171.999.183,47	41	mai/2016	R\$ 3.456.518.436,79	71	nov/2018	R\$ 3.955.763.675,13	101	mai/2021	R\$ 5.030.033.707,71
12	dez/2013	R\$ 3.553.055.756,29	42	jun/2016	R\$ 3.496.891.218,81	72	dez/2018	R\$ 4.104.033.406,39	102	jun/2021	R\$ 5.601.764.110,12
13	jan/2014	R\$ 3.202.911.535,55	43	jul/2016	R\$ 3.522.438.825,23	73	jan/2019	R\$ 4.250.234.408,06	103	jul/2021	R\$ 5.888.382.091,93
14	fev/2014	R\$ 3.181.795.049,69	44	ago/2016	R\$ 3.466.307.412,70	74	fev/2019	R\$ 4.032.636.393,91	104	ago/2021	R\$ 6.490.536.181,26
15	mar/2014	R\$ 2.919.350.030,51	45	set/2016	R\$ 3.733.915.366,86	75	mar/2019	R\$ 3.939.544.136,30	105	set/2021	R\$ 6.364.088.482,31
16	abr/2014	R\$ 3.078.682.750,22	46	out/2016	R\$ 3.587.061.475,75	76	abr/2019	R\$ 4.685.608.974,56	106	out/2021	R\$ 5.914.441.829,48
17	mai/2014	R\$ 3.034.946.718,64	47	nov/2016	R\$ 3.562.075.216,36	77	mai/2019	R\$ 4.171.359.947,32	107	nov/2021	R\$ 6.163.280.872,95
18	jun/2014	R\$ 3.211.897.365,61	48	dez/2016	R\$ 3.784.812.625,84	78	jun/2019	R\$ 4.144.188.476,61	108	dez/2021	R\$ 6.270.406.930,57
19	jul/2014	R\$ 3.048.409.871,08	49	jan/2017	R\$ 3.743.884.570,03	79	jul/2019	R\$ 4.273.508.072,64	109	jan/2022	R\$ 6.173.530.626,90
20	ago/2014	R\$ 3.209.803.463,96	50	fev/2017	R\$ 3.370.766.797,69	80	ago/2019	R\$ 4.336.949.523,90	110	fev/2022	R\$ 5.390.862.361,99
21	set/2014	R\$ 3.295.485.870,62	51	mar/2017	R\$ 3.477.035.246,20	81	set/2019	R\$ 4.497.312.775,86	111	mar/2022	R\$ 5.581.333.676,25
22	out/2014	R\$ 3.400.093.038,28	52	abr/2017	R\$ 3.695.729.797,30	82	out/2019	R\$ 4.400.864.261,91	112	abr/2022	R\$ 6.301.326.283,46
23	nov/2014	R\$ 3.474.958.217,53	53	mai/2017	R\$ 3.588.331.567,10	83	nov/2019	R\$ 4.550.485.733,27	113	mai/2022	R\$ 6.303.274.650,40
24	dez/2014	R\$ 3.229.710.037,10	54	jun/2017	R\$ 3.708.267.148,60	84	dez/2019	R\$ 4.662.497.896,32	114	jun/2022	R\$ 6.370.687.187,03
25	jan/2015	R\$ 3.223.716.942,82	55	jul/2017	R\$ 3.735.944.088,62	85	jan/2020	R\$ 4.580.059.106,29	115	jul/2022	R\$ 6.042.814.103,24
26	fev/2015	R\$ 2.968.410.391,06	56	ago/2017	R\$ 4.286.909.842,17	86	fev/2020	R\$ 4.168.475.207,04	116	ago/2022	R\$ 5.673.570.119,39
27	mar/2015	R\$ 2.912.382.640,71	57	set/2017	R\$ 3.885.010.589,59	87	mar/2020	R\$ 4.014.699.659,87	117	set/2022	R\$ 5.838.187.262,87
28	abr/2015	R\$ 3.175.767.420,56	58	out/2017	R\$ 4.258.004.033,20	88	abr/2020	R\$ 3.648.157.292,42	118	out/2022	R\$ 5.717.932.861,68
29	mai/2015	R\$ 3.046.970.282,03	59	nov/2017	R\$ 4.264.436.311,77	89	mai/2020	R\$ 3.497.284.371,42	119	nov/2022	R\$ 5.643.880.053,86
30	jun/2015	R\$ 3.124.986.902,19	60	dez/2017	R\$ 4.657.947.703,09	90	jun/2020	R\$ 3.780.569.709,19	120	dez/2022	R\$ 5.672.741.280,84

Fonte: Autor (2023)



Figura 3 – Gráfico da Série Temporal da Arrecadação de ICMS de janeiro de 2013 a dezembro de 2022



Fonte: Autor (2023)

#### 4.1 Modelo de Previsão de Séries Temporais utilizando médias móveis simples

Aplicando o modelo de médias móveis aos dados supracitados, iniciando pelo dado 1, referente a arrecadação de ICMS no mês de janeiro/2013, até o dado 120, referente ao mês de dezembro/2022. Conforme modelo supracitado, utilizando  $k = 12$ , tem-se da equação 3:

$$\hat{y}_{t+1} = \frac{y_t + y_{t-1} + y_{t-2} + \dots + y_{t-12+1}}{12}$$

O  $k = 12$  foi escolhido pois a previsão será gerada para os próximos 12 meses, ou seja, 1 ano.

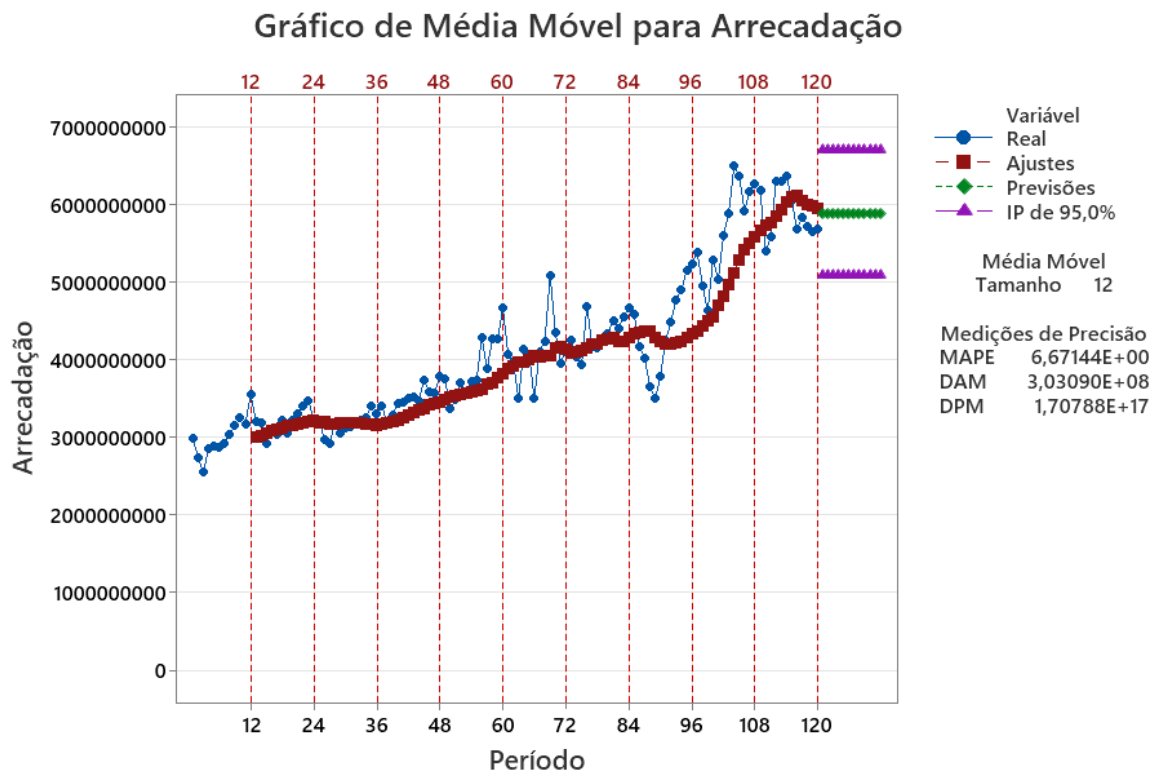
Calculando o EQM pela equação 7, tem-se:

$$EQM = \frac{1}{120} \sum_{i=1}^{120} (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Em que  $n = 120$  por ser o número de dados utilizados.

Utilizando o Minitab® para aplicação deste modelo, tem-se os seguintes resultados:

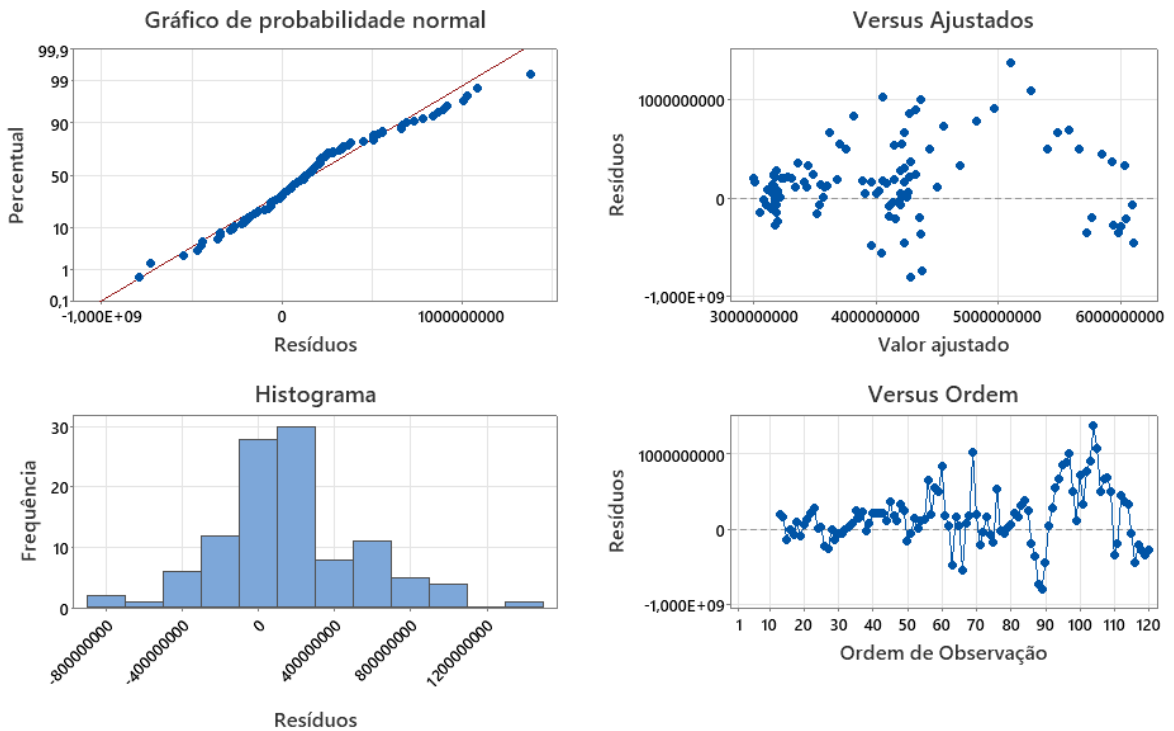
Figura 4 – Gráfico de Média Móvel para Arrecadação



Fonte: Autor (2023)

- Observando o gráfico, é possível afirmar que o modelo ajustado não consegue acompanhar de forma precisa as oscilações, picos e vales, que ocorrem nos dados reais. Um motivo para tal é a presença de sazonalidade e tendência nos dados que não é contemplada por esse modelo;
- O valor calculado de EQM (representando no gráfico pela sigla DPM do inglês) é de  $1,70788e^{17}$ .

Figura 5 – Gráfico de Resíduos dos Resultados de Média Móvel para Arrecadação  
**Gráficos de Resíduo de Arrecadação**



Fonte: Autor (2023)

Através dos gráficos de resíduos, podemos tirar as seguintes conclusões:

- Pelo gráfico de probabilidade normal, é possível identificar que os pontos seguem uma reta de regressão, com isso, pode-se afirmar que os resíduos seguem uma distribuição normal;
- Pelo gráfico de resíduos versus valor ajustado, é possível afirmar que os resíduos possuem variância constante, ocorrendo oscilação acima e abaixo do valor zero;
- Pelo histograma, é possível observar uma tendência para formação do gráfico da distribuição normal, entretanto, pelo número de dados analisados, sua formação não é completa;
- Pelo gráfico de resíduos versus ordem das observações, é possível afirmar que os resíduos se distribuem aleatoriamente, com oscilação acima e abaixo, entorno do valor zero.

## 4.2 Modelo de Previsão de Séries Temporais utilizando o método de Holt-Winter

Aplicando o método de Holt-Winter aos dados supracitados, iniciando pelo dado 1, referente a arrecadação de ICMS no mês de janeiro/2013, até o dado 120, referente ao mês de dezembro/2022. Conforme modelo supracitado, utilizando  $p = 12$ , pois os dados são dispostos mensalmente, tem-se a partir da equação 4:

$$\hat{y}_{t+n} = E_t + nT_t + S_{(t+n-12)}$$

Conforme já descrito anteriormente, para utilização do método de Holt-Winter, precisamos definir os valores dos fatores de ponderação  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . Para essa definição, foi utilizado o suplemento de análise Solver do Microsoft Excel® de forma a determinar os valores que minimizam o EQM:

Figura 6 – Planilha de cálculo de fatores de ponderação utilizando o Microsoft Excel®

$E_t = \alpha(y_t - S_{t-p}) + (1 - \alpha)(E_{t-1} + T_{t-1})$

$T_t = \beta(y_t - E_t) + (1 - \beta)T_{t-1}$

$\hat{y}_{t+n} = E_t + nT_t + S_{(t+n-p)}$

$S_t = \gamma(y_t - E_t) + (1 - \gamma)S_{t-1}$

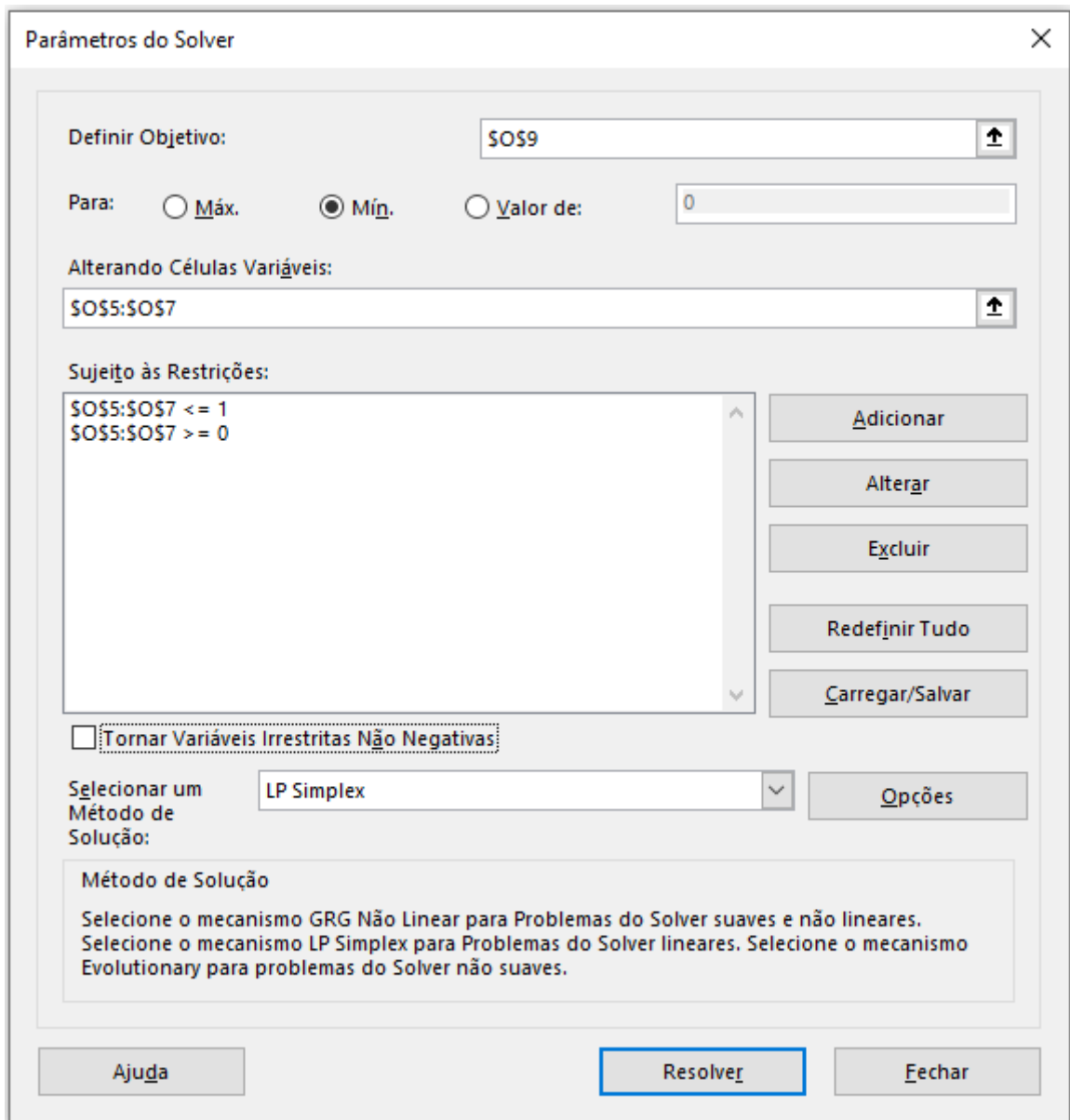
p	12									
t	Mês	Arrecadação	Nível Esperado	Tendência	Fator Sazonal	Previsão	Diferença	$\alpha$	0,544	
1	jan/2013	R\$ 2.976.566.176,41	*	*	-19514101,14	*	*	$\beta$	0,006	
2	fev/2013	R\$ 2.739.520.270,27	*	*	-256560007,28	*	*	$\gamma$	0,680	
3	mar/2013	R\$ 2.548.103.990,00	*	*	-447976287,55	*	*	<b>EQM</b> 8,39155E+16		
4	abr/2013	R\$ 2.848.971.637,42	*	*	-147108640,13	*	*	$\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$		
5	mai/2013	R\$ 2.891.483.741,29	*	*	-104596536,26	*	*			
6	jun/2013	R\$ 2.871.347.744,56	*	*	-124732532,99	*	*			
7	jul/2013	R\$ 2.924.560.174,25	*	*	-71520103,30	*	*			
8	ago/2013	R\$ 3.033.065.241,69	*	*	36984964,14	*	*			
9	set/2013	R\$ 3.142.923.908,82	*	*	146843631,27	*	*			
10	out/2013	R\$ 3.251.365.506,12	*	*	255285228,57	*	*			
11	nov/2013	R\$ 3.171.999.183,47	*	*	175918905,92	*	*			
12	dez/2013	R\$ 3.553.055.756,29	R\$ 2.996.080.277,55	R\$ 0,00	556975478,74	*	*			
13	jan/2014	R\$ 3.202.911.535,55	R\$ 3.119.205.561,83	R\$ 699.419,10	50671813,51	R\$ 2.976.566.176,41	51232221604215500,00			
14	fev/2014	R\$ 3.181.795.049,69	R\$ 3.293.132.549,14	R\$ 1.683.446,62	-157813958,58	R\$ 2.863.344.973,64	101410450933519000,00			
15	mar/2014	R\$ 2.919.350.030,51	R\$ 3.334.259.499,62	R\$ 1.907.507,34	-425492047,93	R\$ 2.846.839.708,22	5257746838923980,00			
16	abr/2014	R\$ 3.078.682.750,22	R\$ 3.276.125.885,62	R\$ 1.566.440,87	-181334274,96	R\$ 3.189.058.366,83	12182776742941200,00			
17	mai/2014	R\$ 3.034.946.718,64	R\$ 3.202.543.254,39	R\$ 1.139.552,95	-147434255,50	R\$ 3.173.095.790,23	19085165981403200,00			
18	jun/2014	R\$ 3.211.897.365,61	R\$ 3.276.002.153,62	R\$ 1.550.366,47	-83507860,94	R\$ 3.078.950.274,36	17674929072714800,00			
19	jul/2014	R\$ 3.048.409.871,08	R\$ 3.191.810.445,13	R\$ 1.063.304,50	-120396221,55	R\$ 3.206.032.416,79	24844866916727100,00			
20	ago/2014	R\$ 3.209.803.463,96	R\$ 3.181.964.277,73	R\$ 1.001.332,72	30766166,21	R\$ 3.229.858.713,77	402213044975719,00			
21	set/2014	R\$ 3.295.485.870,62	R\$ 3.164.294.696,06	R\$ 895.271,69	136200527,28	R\$ 3.329.809.241,72	1178093803764020,00			
22	out/2014	R\$ 3.400.093.038,28	R\$ 3.154.102.667,29	R\$ 832.289,75	248965061,86	R\$ 3.420.475.196,32	415432366189445,00			
23	nov/2014	R\$ 3.474.958.217,53	R\$ 3.233.323.529,66	R\$ 1.277.579,80	220603258,93	R\$ 3.330.853.862,96	20766065005604700,00			
24	dez/2014	R\$ 3.229.710.037,10	R\$ 2.928.962.067,01	-R\$ 458.617,47	382750047,53	R\$ 3.791.576.588,20	315694021247276000,00			

Fonte: Autor (2023)

Aplicando o suplemento de análise Solver do Microsoft Excel®, utilizando o método de solução LP Simplex, de forma a encontrar os fatores de ponderação  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  que minimizam o EQM:

$$\text{Minimizar EQM} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, \text{ sujeito à } 0 \leq \alpha, \beta \text{ e } \gamma \leq 1;$$

Figura 7 – Aplicação do suplemento de análise *Solver* do Microsoft Excel®

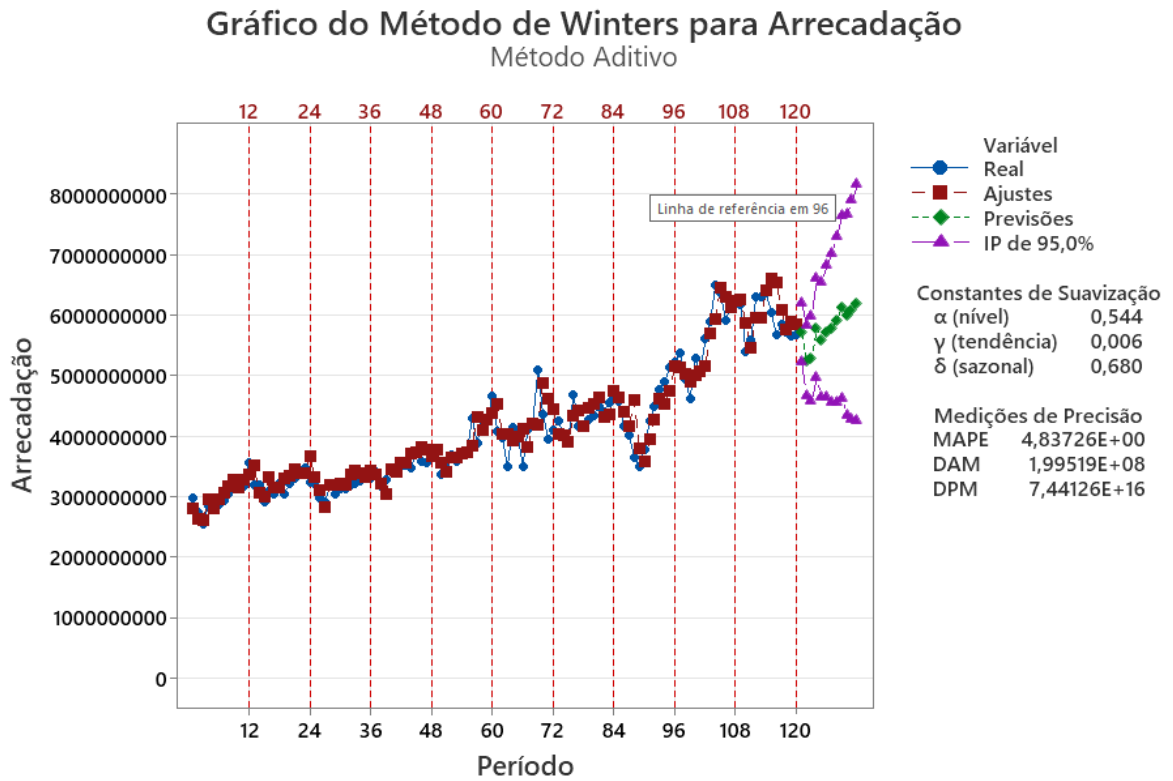


Fonte: Autor (2023)

Resolvendo, foram definidos os seguintes valores para os fatores de ponderação:  $\alpha = 0,544$ ;  $\beta = 0,006$  e  $\gamma = 0,680$ .

Com fatores de ponderação encontrados, utilizando o Minitab® para aplicação deste modelo, tem-se os seguintes resultados:

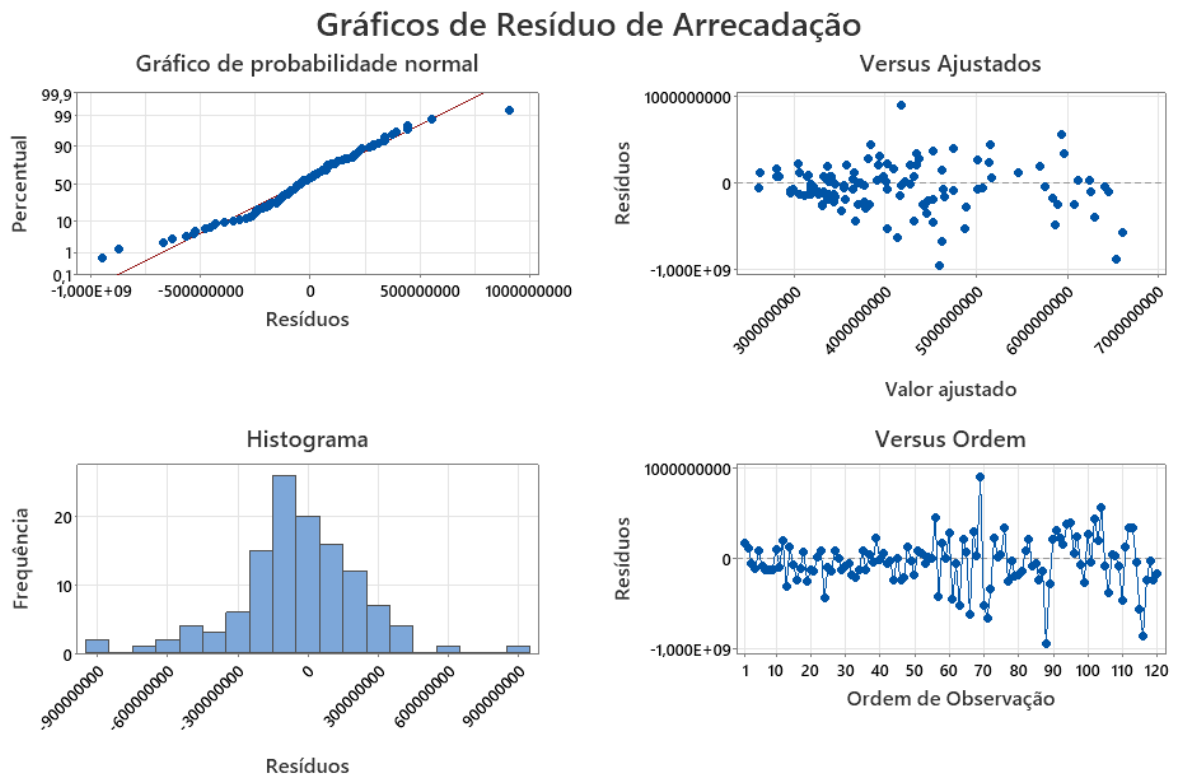
Figura 8 – Gráfico do Método de Holt-Winter para Arrecadação



Fonte: Autor (2023)

- Observando o gráfico, é possível afirmar que o modelo ajustado se aproxima das oscilações que ocorrem nos dados reais. Um motivo para tal é sua capacidade de ajustar a presença de sazonalidade dos dados;
- O valor calculado de EQM (representando no gráfico pela sigla DPM do inglês) é de  $7,44126e^{16}$ .

Figura 9 – Gráfico de Resíduos dos Resultados do Método de Holt-Winter para Arrecadação



Fonte: Autor (2023)

Através dos gráficos de resíduos, podemos tirar as seguintes conclusões:

- Pelo gráfico de probabilidade normal, é possível identificar que os pontos seguem uma reta de regressão, com isso, pode-se afirmar que os resíduos seguem uma distribuição normal;
- Pelo gráfico de resíduos versus valor ajustado, é possível afirmar que os resíduos possuem variância constante, ocorrendo oscilação acima e abaixo do valor zero;
- Pelo histograma, é possível observar uma tendência para formação do gráfico da distribuição normal, entretanto, pelo número de dados analisados, sua formação não é completa;
- Pelo gráfico de resíduos versus ordem das observações, é possível afirmar que os resíduos se distribuem aleatoriamente, com oscilação acima e abaixo, entorno do valor zero.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho de conclusão de curso tem como objetivo a produção e comparação entre dois modelos de previsão de séries temporais: o modelo de Médias Móveis e o método de Holt-Winter, aplicando ferramenta estatística à dados da arrecadação de ICMS no estado de Minas Gerais.

O modelo de Médias Móveis foi escolhido por possuir forma de cálculo mais simplificada, fazendo com que seja o mais conhecido e de mais fácil compreensão. Já o método de Holt-Winter foi utilizado por possuir modelo mais robusto e por sua propriedade de aderir a presença de tendência e sazonalidade, tornando-o com maior capacidade para se ajustar aos dados reais.

Através dos resultados obtidos, é possível afirmar que o método de Holt-Winter apresenta modelo com ajuste mais próximo aos dados de arrecadação de ICMS pelo estado de Minas Gerais, uma vez que, possui EQM de  $7,44126e^{16}$ , sendo menor do que  $1,70788e^{17}$  da modelo de Médias Móveis, ou seja, erra menos. Além de, na análise gráfica, conseguir acompanhar de forma mais assertivas os picos e vales existentes nos dados reais.

Com o estudo realizado neste trabalho conclui-se que o modelo de previsão de série temporal utilizando o método de Holt-Winter é mais assertivo para realização de previsões para a arrecadação de ICMS no estado de Minas Gerais.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Nardélia. **Planejamento Tributário: Benefícios Fiscais no Recolhimento de ICMS na Importação**. 2011. Projeto de monografia (Bacharel em Ciências Contábeis) - Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/121328>. Acesso em: 23 fev. 2023.
- ASSIS, Samuel Maia Salvador de. **Aplicação de Modelos de Previsão de Séries Temporais para o Número de Mortes por Coronavírus no Brasil**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Administração e Economia da Universidade Federal de Ouro Preto, [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/3861>. Acesso em: 1 ago. 2023.
- BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10668550/artigo-155-da-constituicao-federal-de-1988>. Acesso em: 29 mar. 2023.
- BRASIL. Ministério da Fazenda. Secretaria do Tesouro Nacional. **Manual de Receita Nacional: Aplicado à União, Estados, Distrito Federal e Municípios**. Ministério da Fazenda, Secretaria do Tesouro Nacional, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Secretaria de Orçamento Federal. – 1. Ed – Brasília: Secretaria do Tesouro Nacional, Coordenação-Geral de Contabilidade, 2008, 330p.
- CALDART, Wilson Luis. Modelo de previsão de arrecadação do ISSQN para o Município de Caxias do Sul. **IV Encontro sobre os Aspectos Econômicos e Sociais da Região Nordeste do RS, Caxias do Sul/RS**, 11 maio 2005. Disponível em: [https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/TD\\_IPES\\_21\\_MAIO\\_2006.pdf](https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/TD_IPES_21_MAIO_2006.pdf). Acesso em: 16 mar. 2023.
- COSTA, Eduardo Augusto de Abreu. **Fatores institucionais que influenciam a previsão das receitas orçamentárias: um estudo de caso dos governos estaduais brasileiros**. 2011. 102 f., il. Dissertação (Mestrado em Administração) -Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- FONTENELE, Sarah V. P. **Arrecadação Tributária: Modelos de Previsão para o Estado do Ceará**. 2017. 36 p. Dissertação (Mestrado em Economia) - Centro de Aperfeiçoamento de Economistas do Nordeste - CAEN, da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/29874?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/29874?locale=pt_BR). Acesso em: 23 fev. 2023.
- GIL, Antonio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559771653. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Metodologia Científica**. Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559770670. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- MORETTIN, Pedro A. **Análise de Séries Temporais**. [Digite o Local da Editora]: Editora Blucher, 2018. E-book. ISBN 9788521213529. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521213529/>. Acesso em: 16 ago. 2023.
- NUKUI, David Yoshigi. **A Importância da Padronização do ICMS**. 2014. Monografia (Especialista na Pós-graduação em Gestão Pública) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Pato Branco., [S. l.], 2014. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22955>. Acesso em: 29 mar. 2023.
- RAGSDALE, Cliff T. **Modelagem de planilha e Análise de Decisão: Uma introdução prática a business analytics** - Tradução da 7ª edição norte-americana. Cengage Learning Brasil, 2014. E-book. ISBN 9788522121359. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522121359/>. Acesso em: 16 ago. 2023.
- RICHARDSON, Roberto J. **Pesquisa Social - Métodos e Técnicas, 4ª edição**. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788597013948. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597013948/>. Acesso em: 21 ago. 2023.