



NOTA TÉCNICA

Assunto: Metodologia de projeção dos valores apresentados no Cenário Base do Plano de Recuperação Fiscal do estado de Minas Gerais, período 2023 a 2033, para “Receitas Tributárias”.

I – INTRODUÇÃO

A presente Nota Técnica (NT) tem por objetivo permitir a adequada compreensão do Cenário Base elaborado para o Plano de Recuperação Fiscal de Minas Gerais e considera as medidas já implementadas pelo Estado até o momento da homologação do Plano, instituído pela Lei Complementar nº 159, de 19 de maio de 2017.

O Cenário Base para as “Receitas Tributárias” foi elaborado considerando as características inerentes à arrecadação mineira, bem como alguns ajustes necessários devido a alterações na legislação.

Deste modo, os valores históricos e as projeções das “Receitas Tributárias” que serão apresentados, seguirão metodologia estatística própria ajustadas de acordo com as modificações previstas em lei.

Esta NT aborda os valores arrecadados nos exercícios entre 2016 e outubro de 2023 e as projeções para o período de 2024 a 2034 nas receitas tributárias referentes a ICMS, IPVA, ITCD, Taxas SEF e Multas, Juros e Dívida Ativa.

II – DADOS HISTÓRICOS

Os dados históricos referentes às “Receitas Tributárias” informados na Planilha do Cenário Base estão em conformidade com o Relatório Mensal de Arrecadação – RMA da SEF-MG.

Os dados em valores nominais dos últimos oito anos constam na Tabela 1 a seguir:

TABELA 01								
DADOS HISTÓRICOS DA RECEITA TRIBUTÁRIA								
VALORES EM MILHÕES DE REAIS						VARIÇÃO		
ANO	ICMS	IPVA	ITCD	TAXAS SEF	MULTAS/JUROS /D. ATIVA	PIB	IPCA	PIB+IPCA
2016	41.055	4.359	760	1.086	1.391	-3,3%	6,3%	2,8%
2017	45.335	4.613	848	1.249	1.913	1,1%	2,9%	4,0%
2018	48.277	5.070	836	1.252	1.299	1,1%	3,7%	4,9%
2019	51.029	5.549	921	1.372	1.474	1,1%	4,3%	5,5%
2020	51.803	5.672	969	1.270	1.199	-4,1%	4,5%	0,2%
2021	66.635	6.126	1.530	1.467	1.955	4,5%	10,1%	15,0%
2022	69.605	7.148	1.438	1.821	1.869	2,9%	5,8%	8,9%
2023	70.738	10.519	1.697	1.139	2.077	2,9%	4,6%	7,5%

Elaboração: SAIF/SEF-MG

III – PREMISAS, PARÂMETROS E METODOLOGIA

3.1) PREMISAS E PARÂMETROS

Os riscos orçamentários dizem respeito aos desvios entre os parâmetros adotados nas projeções das variáveis utilizadas na estimativa da receita tributária estadual - variação das atividades econômicas (PIB), variação do nível de preços (IPCA) e alterações na legislação tributária - e os valores de fato observados ao longo do período compreendido pelas diretrizes orçamentárias.

Os principais riscos sobre a receita tributária estadual incidem sobre o desempenho do ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, que representa maior parcela das disponibilidades estaduais. Essa fonte de receita, por sua vez, se desdobra em recolhimentos sujeitos a variações distintas de preços:

- I. condicionados por preços administrados; e
- II. vinculados ao comportamento dos preços de mercado.

De modo geral, estima-se que 1,0% de variação positiva ou negativa no Produto Interno Bruto - PIB provoque uma alteração da mesma natureza de aproximadamente 0,47% na arrecadação, em função do PIB englobar um conjunto expressivo de bens e serviços não sujeitos à incidência do ICMS.

Para a validação da projeção de ICMS, foram explorados diversos modelos estatísticos, com destaque para modelos ARIMA e Alisamento Exponencial, Holt Winters Aditivo e Multiplicativo. Na análise final, optou-se por modelagem ARIMAX com transformação das variáveis sem diferenciação, que ofereceu menor MAPE e variáveis independentes significativas.

A plataforma analítica atual possibilita a construção de modelos de previsão que permitem a exploração das seguintes funcionalidades:

1. Construção de diversos de modelos automaticamente para detecção da equação que minimizasse o Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE), utilizando a modelagem de Alisamento Exponencial como o algoritmo de Holt-Winters,

- aditivo e multiplicativo e a de ARIMA com suas variações sazonais e multivariadas;
2. Teste automático de defasagens em todas as variáveis independentes, em busca do melhor modelo;
 3. Saneamento direto de sazonalidades na preparação dos dados, o que aumentou a qualidade dos dados das séries históricas para a modelagem;
 4. Automação da carga e preparação dos dados para modelagem das séries temporais e também para atualização mensal das previsões;
 5. Inclusão de 84 indicadores econômico-fiscais como possíveis variáveis independentes para aprimoramento dos modelos de previsão, via estudos de correlação e regressão;
 6. Automação do processo de análise dos resultados da modelagem.

3.2) METODOLOGIA

3.2.1) CORRELAÇÃO AMOSTRAL – ESCOLHA INDICADORES DA PREVISÃO

Serve para estudar o comportamento conjunto de duas variáveis quantitativas distintas, isto é, saber se as alterações sofridas por uma das variáveis são acompanhadas por alterações nas outras. Ou, em outras palavras, mede o grau de associação entre duas variáveis aleatórias X e Y. A verificação da existência e do grau de relação entre as variáveis é o objeto de estudo da correlação.

Uma vez caracterizada esta relação, procura-se descrevê-la sob forma matemática, através de uma função. A estimação dos parâmetros dessa função matemática é o objeto da regressão.

Uma medida do grau e do sinal da correlação é dada pela covariância entre as duas variáveis aleatórias X e Y que é uma medida numérica de associação linear existente entre elas, e definida por:

$$\text{Cov}(X, Y) = \frac{1}{n} \left[\sum x.y - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n} \right]$$

É mais conveniente usar para medida de correlação, o coeficiente de correlação linear de Pearson, como estimador de ρ_{xy} , definido por:

$$r_{xy} = \frac{\text{Cov}(x, y)}{\sqrt{\sigma_x \sigma_y}} = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}}$$

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\left[\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \cdot \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right] \right]^{\frac{1}{2}}} = \frac{S_{xy}}{(S_{xx} \cdot S_{yy})^{\frac{1}{2}}} = \sqrt{\frac{S_{xy} \cdot S_{xy}}{S_{xx} \cdot S_{yy}}} = \sqrt{\frac{b \cdot S_{xy}}{S_{yy}}}$$

onde: as somas de quadrados são:

$$S_{xy} = \sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n} \quad S_{xx} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \quad S_{yy} = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}$$

n = número de pares das observações.

O coeficiente de correlação r_{xy} linear é um número puro que varia de -1 a +1 e sua interpretação dependerá do valor numérico e do sinal, como segue:

$r_{xy} = -1$	⇨	correlação perfeita negativa
$-1 < r_{xy} < 0$	⇨	correlação negativa
$r_{xy} = 0$	⇨	correlação nula
$0 < r_{xy} < 1$	⇨	correlação positiva
$r_{xy} = 1$	⇨	correlação perfeita positiva
$0,2 < r_{xy} < 0,4$	⇨	correlação fraca*
$0,4 < r_{xy} < 0,7$	⇨	correlação moderada*
$0,7 < r_{xy} < 0,9$	⇨	correlação forte*

*possui o mesmo significado para os casos negativos ou positivos.

OBSERVAÇÕES:

- ▶ Correlação não é o mesmo que causa e efeito. Duas variáveis podem estar altamente correlacionadas e, no entanto, não haver relação de causa e efeito entre elas.
- ▶ Se duas variáveis estiverem amarradas por uma relação de causa e efeito elas estarão, obrigatoriamente, correlacionadas.
- ▶ O estudo de correlação pressupõe que as variáveis X e Y tenham uma distribuição normal.
- ▶ A palavra simples que compõe o nome correlação linear simples, indica que estão envolvidas no cálculo somente duas variáveis.
- ▶ O coeficiente de correlação linear de Pearson mede a correlação em estatística paramétrica.

A partir deste referencial teórico, foi utilizado o software SAS-GUIDE para calcular as correlações entre as receitas dos segmentos analisados e dos respectivos indicadores inicialmente selecionados por sua importância econômica aparente para a arrecadação de ICMS.

A partir daí os resultados foram obtidos e as escolhas foram feitas tomando por base indicadores com correlação no mínimo moderada.

3.2.2) MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS

Um fato que atrai pesquisadores aplicados das mais diversas áreas é a possibilidade de obter uma função real que passe nos pontos ou pelo menos passe próximo dos pontos (x_i, y_i) dados.

Dentre os processos matemáticos que resolvem tal problema, com certeza, um dos mais utilizados é o Método dos Mínimos Quadrados, que serve para gerar o que se chama em Estatística: Regressão.

A ideia básica para qualquer uma das funções acima citadas é tentar descobrir quais são os valores dos coeficientes, de tal modo que a soma dos quadrados das distâncias (tomadas na vertical) da referida curva $y=f(x)$ a cada um dos pontos dados (y_i) seja a menor possível, daí o nome Método dos Mínimos Quadrados.

Partindo da equação de Regressão Simples (Quando analisamos dados que sugerem a existência de uma relação funcional entre duas variáveis, surge então o problema de se determinar uma função matemática que exprima esse relacionamento, ou seja, uma equação de regressão):

$$y = \alpha + \beta x + \varepsilon,$$

Onde:

- ▶ α é o parâmetro do modelo chamado de constante (pois não depende de x);
- ▶ β é o parâmetro do modelo chamado de coeficiente da variável x ;
- ▶ ε é o erro – representa a variação de y que não é explicada pelo modelo.

Também temos uma base de dados com n valores observados de y e de x . Perceba que, usando a base de dados, y e x são vetores, ou seja, representam uma lista de valores, um para cada observação da base de dados. O método dos mínimos quadrados ajuda a encontrar as estimativas de α e β . Como o nome diz, serão somente estimativas desses parâmetros, porque o valor real dos mesmos é desconhecido. Portanto, ao fazer a estimativa, mudamos a notação de algumas variáveis:

- ▶ $\alpha \rightarrow a$
- ▶ $\beta \rightarrow b$
- ▶ $\varepsilon \rightarrow e$

Deste modo, ao estimar o modelo usando a base de dados, estamos estimando, na verdade:

$$y_i = a + bx_i + e_i$$

onde i indica cada uma das n observações da base de dados e e passa a ser chamado de resíduo, ao invés de erro. Em alguns livros, a notação para as estimativas dos parâmetros é um pouco diferente. Ao invés de substituir a letra, apenas adiciona-se o símbolo chapéu (^).

O método dos mínimos quadrados minimiza a soma dos quadrados dos resíduos, ou seja,

$$\text{minimiza } \sum_{i=1}^n e_i^2$$

A ideia por trás dessa técnica é que, minimizando a soma do quadrado dos resíduos, encontraremos a e b que trarão a menor diferença entre a previsão de y e o y realmente observado.

Substituindo e_i por $y_i - a - bx_i$, temos:

$$S(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2$$

A minimização se dá ao derivar $S(a, b)$ em relação a a e b utilizando a regra da cadeia e então igualar a zero:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = \frac{\partial S}{\partial x} * \frac{\partial x}{\partial a}$$

$$\frac{\partial S}{\partial x} = 2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)$$

$$\frac{\partial x}{\partial a} = -1$$

$$\frac{\partial S}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - a - bx_i) = 0$$

Distribuindo e dividindo a primeira expressão por $2n$ temos:

$$\frac{-2 \sum_{i=1}^n y_i}{2n} + \frac{2 \sum_{i=1}^n a}{2n} + \frac{2 \sum_{i=1}^n bx_i}{2n} = \frac{0}{2n}$$

$$\frac{-\sum_{i=1}^n y_i}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n a}{n} + \frac{b \sum_{i=1}^n x_i}{n} = 0$$

$$-\bar{y} + a + b\bar{x} = 0$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Alguns livros também usam uma fórmula diferente que gera o mesmo resultado:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

3.2.3) REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

A regressão múltipla envolve três ou mais variáveis, portanto, estimadores. Ou seja, ainda uma única variável dependente, porém duas ou mais variáveis independentes (explanatórias).

A finalidade das variáveis independentes adicionais é melhorar a capacidade de predição em confronto com a regressão linear simples. Isto é, reduzir o coeficiente do intercepto, o qual, em regressão, significa a parte da variável dependente explicada por outras variáveis, que não a considerada no modelo.

Mesmo quando estamos interessados no efeito de apenas uma das variáveis, é aconselhável incluir as outras capazes de afetar Y, efetuando uma análise de regressão múltipla, por 2 razões:

- a) Para reduzir os resíduos estocásticos. Reduzindo-se a variância residual (ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA), aumenta a força dos testes de significância;
- b) Para eliminar a tendenciosidade que poderia resultar se simplesmente ignorássemos uma variável que afeta Y substancialmente.

Uma estimativa é tendenciosa quando, por exemplo, numa pesquisa em que se deseja investigar a relação entre a aplicação de fertilizante e o volume de safra, atribuímos erroneamente ao fertilizante os efeitos do fertilizante mais a precipitação pluviométrica.

O ideal é obter o mais alto relacionamento explanatório com o mínimo de variáveis independentes, sobretudo em virtude do custo na obtenção de dados para muitas variáveis e também pela necessidade de observações adicionais para compensar a perda de graus de liberdade decorrente da introdução de mais variáveis independentes.

A equação da regressão múltipla tem a forma seguinte:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_k * X_k + \epsilon$$

sendo classificado como modelo de primeira ordem com (k) variáveis independentes, onde:

- ▶ Y é a variável de estudo (dependente, explicada, resposta ou endógena);
- ▶ β_0 é o coeficiente linear do modelo, isto é, o valor de E(Y) para X = 0, ou seja, intercepto do eixo y;
- ▶ β_k é o coeficiente angular da ja. variável, ou seja, a variação no componente determinístico do modelo, E(Y), para 1 unidade de variação na medida de X_k (β_k = aumento em Y se X_k for aumentado de 1 unidade, mantendo-se constantes todas

as demais variáveis X_k); X_k é a k -ésima variável independente, explicativa ou exógena;

- ▶ $E(Y) = \beta_0 + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \dots + \beta_k * X_k$ é o componente determinístico do modelo;
- ▶ ε é a parte probabilística do modelo (erro aleatório) com média 0 e variância constante σ^2 .

3.2.3.1) Teste para Verificação de Ausência de Correlação Serial (Teste de Durbin-Watson)

O uso da estatística Durbin-Watson serve para testar a presença de autocorrelação nos erros de um modelo de regressão. A autocorrelação significa que os erros de observações adjacentes são correlacionados. Se os erros estiverem correlacionados, a regressão de mínimos quadrados pode subestimar o erro padrão dos coeficientes. Os erros padrão subestimados podem fazer com que seus preditores pareçam significativos quando eles não são.

Para o cálculo, tem-se o seguinte:

- ▶ Se a autocorrelação for positiva, o valor de d será baixo.
- ▶ Se a autocorrelação for negativa, o valor de d será alto.
- ▶ Valores próximos a 2 indicam autocorrelação próxima de zero.

$$H_0 : \rho = 0 \quad d = \frac{\sum_{i=2}^n (\hat{\varepsilon}_i - \hat{\varepsilon}_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n \hat{\varepsilon}_i^2} \cong 2(1 - \hat{\rho})$$

Onde a correlação entre resíduos sucessivos é nula ($\rho = 0$) pela hipótese H_0 e que ε_i são resíduos de uma regressão pelo método dos mínimos quadrados.

H_0 deve ser rejeitada para valores distantes de 2. A distribuição de d depende do tamanho amostral (n) e do número de variáveis independentes (i).



Se H_0 for rejeitada, então:

- ▶ Os estimadores de MQO (Mínimos Quadrados Ordinários) são ineficientes;

- A correção depende do conhecimento que temos sobre a natureza da interdependência dos termos de erro, isto é, do conhecimento da estrutura de correlação.

Dessa forma, foram calculadas as regressões múltiplas correspondentes aos segmentos da SEF analisados, com o intuito de corroborar a escolha de determinados indicadores.

3.2.4) MODELOS ESTATÍSTICOS DE PREVISÃO

3.2.4.1) Modelo de Alisamento Exponencial Simples e Algoritmo de Holt

O modelo de *Alisamento Exponencial Simples* (ver Cribari, F - 2002) é um método apropriado para séries que não apresentam tendência nem sazonalidade. O nível atual da série $\{N_t\}$ é estimado através de uma média ponderada das observações anteriores, como os pesos decrescendo exponencialmente à medida que regredimos no tempo. A expressão do nível atual é

$$N_t = (1 - \alpha) N_{t-1} + \alpha y_t, t \in \Pi, \quad (1)$$

Onde $N_{t-1} = \alpha y_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)y_{t-2} + \dots$, com $0 < \alpha < 1$.

O α da equação foi escolhido através da soma dos quadrados dos erros de previsão um passo à frente, que é dada pela fórmula:

$$S\alpha = \sum_{t=3}^n e^2 t$$

onde

$$e_t = y_t - N_{t-1} \text{ e } N_{t-1} = \hat{y}_{t-1} \quad (1), t = 3, 4, \dots, n. \quad (2)$$

Aqui \hat{y}_{t-1} (1) denota a previsão de y_t no instante $t-1$.

Os algoritmos alisamento exponencial podem ser vistos como um sistema de aprendizado. A partir de (1) e (2), temos que:

$$N_t = N_{t-1} + \alpha e_t$$

ou seja, a estimativa do nível num instante é a soma da estimativa anterior e de um múltiplo do erro de previsão. Se $e_t = 0$, não houve erro de previsão. Entretanto, se a última previsão subestimou ou superestimou o valor da série, então aplica-se uma correção quando um novo valor for estimado.

Uma vez que estimada a previsão por este processo não sazonal aplicaram-se os índices de sazonalização obtidos pelo método de médias móveis multiplicativo.

Este algoritmo funciona da seguinte forma, salientando que a série passará pelos seguintes filtros:

1. Primeiro calcula-se a média móvel centrada pela equação

$$x_t = (0,5y_{t+6} + \dots + y_t + \dots 0,5y_{t-6}/12)$$

2. A taxa é dada pôr:

$$\tau_t = y_t / x_t$$

3. O índice sazonal i_m , para série de dados mensais para o mês m é a média de τ_t usando somente as observações para este mês.
4. Para obtermos o índice ajuste sazonal basta multiplicarmos pôr 1 o índice sazonal estimado pelo índice da média geométrica dos índices dada pela seguinte equação:

$$s = \frac{i_m}{\sqrt[12]{i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_{12}}}$$

5. A interpretação é a de que a série y é s_i é percentualmente maior que i no período relativamente à série ajustada.
6. O ajustamento sazonal da série é obtido pela divisão da mesma pelos fatores sazonais.

3.2.4.2) Modelo ARIMA

Os modelos ARIMA pertencem ao grupo de modelos de séries temporais e tem como principal objetivo a realização de previsões. Os modelos ARIMA apresentam três componentes básicos, quais sejam:

- AR: Auto Regressores;
- I: Integracional ou Diferencial (as séries devem ser estacionárias) - ou seja, através da diferenciação obtém-se média e variância da variável dependente invariantes no tempo e que, as autocovariâncias não dependem do tempo, ou seja, elas variam apenas em relação à distância que separa as duas observações consideradas.
- MA: Média Móvel Econometria (do inglês moving average) – não confundir com o método da média móvel aritmética.

Um modelo básico, somente com um componente AR, apresentará a configuração AR(1) – Modelo Autorregressivo de Primeira Ordem - e teria a seguinte forma:

$$y_t = a + b \times y_{t-1} + \varepsilon_t$$

De forma que o valor da variável y no período t é dependente (de forma linear) do valor observado (desta mesma variável) no período imediatamente anterior. Da mesma forma, é possível pensar em modelos de ordens superiores (a observação atual sendo função do período passado, de dois períodos anteriores, etc). Estes modelos seriam conhecidos pôr

apresentarem memória longa, ou seja, modificações ocorridas na série tendem a influenciá-la durante um longo período. Cumpre lembrar que qualquer modelo econométrico apresenta um componente de erro aleatório (ε) inevitável e sem previsão.

É possível também mostrar que, neste modelo, a variável y tenderá a $\frac{a}{(1-b)}$.

Outro modelo básico, somente com um componente MA, apresentará a configuração MA(1) – Modelo de Médias Móveis (econométrica) de Primeira Ordem - e teria a seguinte forma:

$$y_t = a + b \times \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

Ou seja, o valor de y será função dos choques ocorridos na série no período anterior, fazendo-o assumir uma trajetória cíclica ao redor de (a) . Da mesma forma que anteriormente, pode ocorrer, ordens superiores (ou seja, a série sendo função do erro anterior, do erro ocorrido dois períodos anteriores, etc). Este modelo representaria uma série de memória curta, ou seja, choques ocorridos na série tenderiam a modificar o comportamento desta somente em um curto período, a partir da ocorrência do fenômeno.

Modelos ARIMA (mistos das duas configurações), por sua vez, apresentariam ambos os componentes, assumindo a forma a seguir:

$$y_t = a + b \times y_{t-1} + b \times \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$$

3.2.4.3) TRANSFORMAÇÃO BOX-COX

A transformação de Box-Cox é comumente utilizada diante da falta de normalidade da série histórica. Nesse tipo de transformação, o parâmetro λ (lambda) deve ser informado. Essa transformação com $\lambda = 0$ produz o mesmo resultado do logaritmo da série. O modelo foi construído utilizando uma transformação na variável dependente (Receita) com $\lambda = 0$, o que significa que foi realizada uma transformação logarítmica.

3.2.4.4) MODELO ARIMAX

O modelo ARIMAX é um modelo autorregressivo Integrado de Médias Móveis, acrescido de variáveis exógenas. De acordo com essas características, no referido modelo existirá mais um termo a se estimar, r , que corresponde à ordem da equação que representa os componentes externos.

Dentre os modelos ARIMAX, existe um modelo mais simples denominado ARMAX, onde não são calculadas as diferenças nos valores da série temporal e nem nas variáveis exógenas. O modelo ARMAX assume a seguinte forma (ver FERRARI, 2006):

$$\sum_{j=0}^p d_j Z_{t-j} = b_0 X_t + \sum_{j=1}^r b_j X_{t-j} + \sum_{j=0}^q c_j a_{t-j}$$

para $t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, onde:

- Z é um vetor de saídas observáveis (corresponde aos pontos da série temporal);
- X é um vetor de entradas observáveis;
- a é um vetor de elementos que caracterizam ruídos aleatórios não observáveis.

Assumindo-se que:

- Z e X são estacionários;
- a tem média zero e variância σ_a^2

Caso a série temporal não seja estacionária, tem-se que efetuar a mesma quantidade de diferenças na saída e na entrada, utilizando-se o modelo ARIMAX, que toma a seguinte forma (ver Ferrari, 2006):

$$\sum_{j=0}^p d_j \Delta^d Z_{t-j} = b_0 + \sum_{j=1}^r b_j \Delta^d X_{t-j} + \sum_{j=0}^q c_j a_{t-j}$$

O modelo ARIMAX pode ser generalizado para representar mais de uma entrada.

3.2.5) PREVISÕES E AJUSTES

3.2.5.1) ICMS

Sobre os resultados destes modelos estatísticos foram feitas adaptações levando em consideração as alterações da LC 192 e LC 194.

Para o segmento de energia elétrica, foram adotadas as seguintes premissas:

- Considerando informação disponível no site da ANEEL sobre composição das tarifas de EE;
- Considera exclusão da TUSD, TUST e Encargos na formação do preço cobrado dos consumidores para o período de julho/22 a fevereiro/23, e retorno da incidência, tendo em vista a ADI 7195, a partir de março/23;
- Considerando a redução das alíquotas de 30% e 25% para 18% e manutenção das demais alíquotas;
- Considerando os valores de ICMS debitado pela CEMIG em 01/2022 por grupo de consumidores;
- Considerando a estimativa de recolhimento das distribuidoras em 06/2022.

Para o segmento de combustíveis, foram adotadas as seguintes premissas:

- Considerando os impactos da LC192 e do LC 194 nos produtos gasolina C, gasolina premium, diesel C, diesel S10, GLP 13 KG, GLP outros e etanol hidratado;
- Considerando nos cálculos para gasolina o PMPF e o débito esperado para junho de 2022, bem como o valor médio e o débito esperado do PMPF 60 meses para a estimativa do impacto mensal do PMPF 60 meses e ainda o débito esperado e o

impacto mensal PMPF 60 meses - alíquota 18%. A partir de 01 junho/23, tributação pela alíquota Ad Rem (R\$ 1,22/litro);

- Considerando nos cálculos para diesel e GLP o PMPF e o débito esperado para junho de 2022, bem como o valor médio e o débito esperado do PMPF 60 meses para a estimativa do impacto mensal do PMPF 60 meses. A a partir de 01 maio/23, para o diesel, tributação pela alíquota Ad Rem (R\$ 0,94/litro);
- Considerando nos cálculos para etanol o PMPF e o débito esperado para junho de 2022, bem como o valor médio e o débito esperado do PMPF 60 meses para a estimativa do impacto mensal do PMPF 60 meses e ainda o débito esperado e o impacto mensal PMPF 60 meses - alíquota 9,29%.

Para o segmento de comunicações foi adotada a premissa de redução de alíquota proporcional de 27% para 18%.

TABELA 02										
IMPACTOS NA RECEITA DE ICMS DE MINAS GERAIS - LC 192/2022, LC 194/2022 e EC 123/2022										
COMBUSTÍVEL	ALÍQUOTAS		PMPF		ICMS / (LITRO/KG)			IMPACTO JUL A DEZ/22 R\$ Milhões	IMPACTO 2023 R\$ Milhões	IMPACTO 2024 R\$ Milhões
	ANTERIOR	ATUAL	ANTERIOR	ATUAL	ANTERIOR	ATUAL	VARIÇÃO			
DIESEL	15%	15%	CONGELADO EM 01/11/21	MÉDIA ULTIMOS 60 MESES	0,7669	0,6051	- 0,1618	-616	-1.233	-1.233
DIESEL - ADOÇÃO DA ALÍQUOTA AD REM A PARTIR DE 01/05/23 - R\$ 0,94/LITRO								0	1.004	1.807
GASOLINA	31%	18%	CONGELADO EM 01/11/21	MÉDIA ULTIMOS 60 MESES	2,0720	0,9028	- 1,1692	-2.157	-4.314	-4.314
GASOLINA - ADOÇÃO DA ALÍQUOTA AD REM A PARTIR DE 01/06/23 - R\$ 1,22/LITRO								0	670	1.408
ETANOL	16%	9,29%	CONGELADO EM 01/11/21	CONGELADO ATÉ 30/07	0,7959	0,4621	- 0,3338	-458	-916	-916
GLP	18%	18%	CONGELADO EM 01/11/21	MÉDIA ULTIMOS 60 MESES	1,4354	1,0708	- 0,3646	-141	-283	-283
TOTAL COMBUSTÍVEIS								-3.373	-5.071	-3.530
ENERGIA ELÉTRICA	ALÍQUOTAS		BASE CÁLCULO					IMPACTO JUL A DEZ/22 R\$ Milhões	IMPACTO 2023 R\$ Milhões	IMPACTO 2024 R\$ Milhões
	ANTERIOR	ATUAL	ANTERIOR	ATUAL						
Residencial	30%	18%	INCLUI ENCARGOS	EXCLUI ENCARGOS				-1.931	-3.863	-3.863
Comercial	25%	18%	INCLUI ENCARGOS	EXCLUI ENCARGOS						
RETORNO DA INCIDÊNCIA ENCARGOS NA BASE CÁLCULO A PARTIR DE 10/02/23 - ADI 7195								0	1.451	2.031
TOTAL ENERGIA ELÉTRICA								-1.931	-2.412	-1.832
COMUNICAÇÃO	ALÍQUOTAS									
	ANTERIOR	ATUAL								
	27%	18%						-589	-1.178	-1.178
TOTAL PERDAS								-5.893	-11.786	-11.786
TOTAL GANHOS								0	3.125	5.246
TOTAL IMPACTO TOTAL								-5.893	-8.661	-6.540

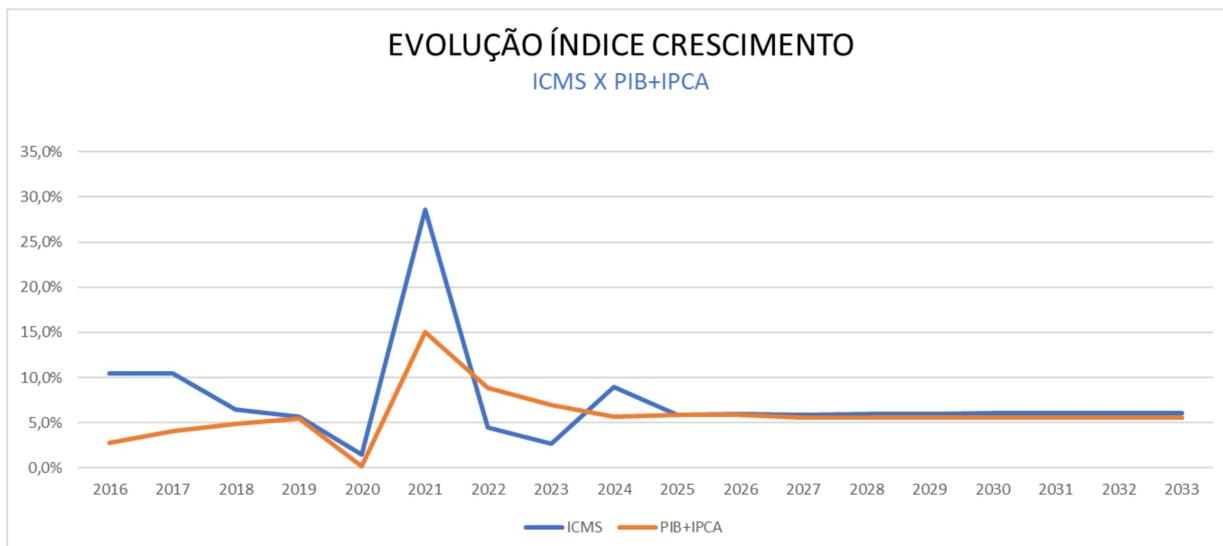
Dessa forma, as previsões para o período de janeiro de 2024 a dezembro de 2024, foram elaboradas conforme modelagens estatísticas (metodologias descritas acima), e ajustadas de forma a captarem os efeitos das leis complementares 192 e 194/2022 e a EC 123/2022, conforme impactos previstos na Tabela 02 acima.

Para o período de janeiro de 2025 a dezembro de 2027, utilizamos também a modelagens estatísticas (metodologias descritas acima), tendo em vista que, após os ajustes nas séries de 2022 a 2024, referentes aos impactos ocasionados pelas leis complementares 192 e 194, já conseguimos capturar os novos comportamentos dos das curvas dos segmentos que foram impactados. Para o período de 2028 a 2034, em função das previsões de longo prazo tenderem à média da série, adotamos como metodologia, a média móvel dos últimos 3 anos para cada segmento econômico considerado na composição do ICMS.

TABELA 3

HISTÓRICO CRESCIMENTO EM RELAÇÃO AO ANO ANTERIOR										
RECEITA ICMS POR SEGMENTO ECONÔMICO										
ANO	COMBUSTÍVEIS	ENERGIA ELÉTRICA	COMUNICAÇÃO	ALIMENTOS	AUTOMOTORES	METALURGIA	CONSTRUÇÃO	BEBIDAS	OUTROS	TOTAL ICMS
2016	11,9%	21,5%	8,7%	12,2%	-1,3%	-13,8%	1,2%	20,4%	10,4%	10,5%
2017	12,0%	13,4%	2,0%	10,5%	10,2%	13,4%	5,9%	9,5%	10,8%	10,4%
2018	6,4%	3,5%	-4,5%	3,9%	7,0%	33,2%	4,6%	7,5%	8,7%	6,5%
2019	0,1%	7,4%	-10,7%	10,1%	7,5%	2,3%	10,9%	8,0%	10,9%	5,7%
2020	-8,0%	-4,9%	-0,7%	10,7%	-0,4%	2,4%	18,7%	6,8%	5,8%	1,5%
2021	32,3%	8,0%	0,7%	19,0%	42,8%	111,5%	47,7%	11,1%	30,4%	28,6%
2022	7,0%	-22,1%	-24,4%	17,1%	29,4%	-9,1%	2,0%	11,7%	8,9%	4,5%
2023	-5,1%	-17,8%	-2,7%	19,1%	-57,2%	-3,1%	-65,1%	11,6%	37,1%	2,7%
2024	16,0%	17,1%	-4,4%	8,3%	7,0%	4,6%	4,8%	3,3%	7,6%	9,0%
2025	5,1%	5,3%	-4,9%	5,6%	4,6%	4,2%	4,6%	7,4%	7,2%	5,9%
2026	4,9%	5,2%	-5,2%	6,3%	8,2%	4,1%	4,4%	7,4%	7,0%	6,0%
2027	4,8%	5,0%	-5,5%	7,6%	8,6%	4,0%	4,2%	6,9%	6,6%	5,9%
2028	4,9%	5,2%	-5,2%	6,5%	7,1%	4,1%	4,4%	7,2%	6,9%	6,0%
2029	4,9%	5,1%	-5,3%	6,8%	8,0%	4,0%	4,4%	7,2%	6,8%	6,0%
2030	4,9%	5,1%	-5,3%	7,0%	7,9%	4,0%	4,3%	7,1%	6,8%	6,0%
2031	4,9%	5,1%	-5,3%	6,8%	7,7%	4,0%	4,4%	7,2%	6,9%	6,1%
2032	4,9%	5,1%	-5,3%	6,9%	7,8%	4,0%	4,4%	7,2%	6,8%	6,1%
2033	4,9%	5,1%	-5,3%	6,9%	7,8%	4,0%	4,4%	7,2%	6,8%	6,1%
2034	4,9%	5,1%	-5,3%	6,9%	7,8%	4,0%	4,4%	7,2%	6,8%	6,1%
Média 2016 a 2022	8,8%	3,8%	-4,1%	11,9%	13,6%	20,0%	13,0%	10,7%	12,3%	9,7%
Media 2023 a 2034	5,0%	4,2%	-5,0%	7,9%	2,1%	3,5%	-1,4%	7,2%	9,4%	6,0%

Elaboração: SAI/SEF-MG



3.2.5.1) IPVA

A projeção do IPVA foi realizada por meio de um modelo ARIMA e alisamento exponencial. Foram usados dados correntes da série de IPVA em bases mensais, com tratamento de sazonalidades, consolidados em bases anuais. Para 2023, a base de cálculo do imposto (Tabela Fipe), que havia sido congelada em 2022 à valores de 2021, retornou a sistemática normal, com valores atuais de mercado. Essa medida provocou um incremento de 47% na arrecadação de IPVA em 2023.

3.2.5.2) ITCD

As projeções de ITCD (Imposto de Transmissão Causa Mortis) foram feitas com base no modelo ARIMA e alisamento exponencial. Foram usados dados correntes da série de ITCD em bases mensais, com tratamento de sazonalidades, consolidados em bases anuais.

3.2.5.3) DEMAIS TRIBUTOS, TAXAS, MULTAS, JUROS E DÍVIDA

ATIVA

Quanto aos demais tributos, taxas, multas, juros e dívida ativa e outras receitas, foram projetados tendo por base os valores históricos observados em exercícios recentes (2014 a 2022) e foram utilizados modelos ARIMA e de Alisamento Exponencial. Destaque deve ser feito a respeito do cálculo da TRLAV, que teve ajuste diferenciado, a partir de 2023, em função de alteração legislativa via Lei 24.112, de 30 maio 2022, artigos 2º e 3º - decreto 48.943 de 25/08/22, que diz “A Taxa de Renovação do Licenciamento Anual do Veículo – TRLAV – será calculada, anualmente, dividindo-se a dotação destinada pelo Orçamento Fiscal do Estado vigente no exercício do cálculo ao Departamento de Trânsito do Estado de Minas Gerais – Detran-MG – pelo número de veículos automotores registrados no Estado”.

De maneira geral os modelos estatísticos funcionam melhor, nestes casos, para períodos mais longos em função de serem séries mais simples.

IV – CONCLUSÃO

Abaixo encontram-se as tabelas que apresentam as projeções consolidadas por histórico de crescimento e em valores das “Receitas Tributárias” no cenário base em conjunto com os valores históricos utilizados anteriormente. A presente Nota Técnica objetivou pormenorizar os valores trabalhados e detalhar a metodologia utilizada nas projeções, assim como compor um retrato realista das receitas do Estado de Minas Gerais no espaço temporal estudado e projetado.

TABELA 4

HISTÓRICO CRESCIMENTO EM RELAÇÃO AO ANO ANTERIOR								
RECEITA TRIBUTÁRIA								
ANO	ICMS	IPVA	ITCD	TAXAS SEF	MULTAS/JUROS /D. ATIVA	PIB	IPCA	PIB+IPCA
2016	10,5%	9,2%	8,9%	14,0%	0,0%	-3,3%	6,3%	2,8%
2017	10,4%	5,8%	11,7%	15,1%	37,5%	1,1%	2,9%	4,0%
2018	6,5%	9,9%	-1,5%	0,3%	-32,1%	1,1%	3,7%	4,9%
2019	5,7%	9,5%	10,3%	9,6%	13,4%	1,1%	4,3%	5,5%
2020	1,5%	2,2%	5,2%	-7,5%	-18,6%	-4,1%	4,5%	0,2%
2021	28,6%	8,0%	57,8%	15,5%	63,0%	4,5%	10,1%	15,0%
2022	4,5%	16,7%	-6,0%	24,1%	-4,4%	2,9%	5,8%	8,9%
2023	2,7%	35,0%	0,2%	-49,7%	5,7%	0,9%	6,0%	6,9%
2024	9,0%	6,6%	4,1%	5,7%	5,0%	1,4%	4,1%	5,6%
2025	5,9%	6,6%	4,0%	5,9%	6,2%	1,8%	4,0%	5,8%
2026	6,0%	6,6%	4,0%	5,9%	6,2%	1,8%	4,0%	5,9%
2027	5,9%	6,6%	3,0%	5,7%	6,0%	2,5%	3,0%	5,6%
2028	6,0%	6,6%	3,0%	5,7%	6,0%	2,5%	3,0%	5,6%
2029	6,0%	6,6%	3,0%	5,7%	6,0%	2,5%	3,0%	5,6%
2030	6,0%	6,6%	3,0%	5,7%	6,1%	2,5%	3,0%	5,6%
2031	6,1%	6,6%	3,0%	5,7%	6,1%	2,5%	3,0%	5,6%
2032	6,1%	6,6%	3,0%	5,7%	6,1%	2,5%	3,0%	5,6%
2033	6,1%	6,6%	3,0%	5,7%	6,1%	2,5%	3,0%	5,6%
2034	6,1%	6,6%	3,0%	5,7%	6,2%	2,5%	3,0%	5,6%
Média 2016 a 2022	9,7%	8,8%	12,3%	10,1%	8,4%	0,5%	5,4%	5,9%
Media 2023 a 2034	6,0%	8,9%	3,0%	1,1%	6,0%	2,2%	3,5%	5,7%

Elaboração: SAIF/SEF-MG

TABELA 5

PROJEÇÃO DE RECEITA TRIBUTÁRIA						
REGIME RECUPERAÇÃO FISCAL - CENÁRIO BASE - 2024-2034						
TRIBUTOS	2024	2025	2026	2027	2028	2029
ICMS	77.911.920.322	82.480.006.532	87.406.987.176	92.566.184.473	98.107.378.975	104.017.312.217
IPVA	10.282.364.778	10.956.946.667	11.675.784.982	12.441.783.199	13.258.035.276	14.127.838.154
ITCD	1.500.565.444	1.560.588.062	1.623.011.584	1.671.701.932	1.721.852.990	1.773.508.579
TAXAS SEF	968.180.185	1.024.931.351	1.085.346.676	1.146.774.222	1.211.681.338	1.280.265.298
TRLAV	284.349.124	300.927.815	318.598.296	336.360.151	355.112.230	374.909.736
TFRM	481.699.538	509.784.548	539.719.097	569.808.436	601.575.257	635.113.077
TAXA DE INCÊNDIO	-	-	-	-	-	-
FLORESTAL	161.375.423	171.025.673	181.253.009	192.091.939	203.579.037	215.753.063
EXPEDIENTE SEF	23.231.176	24.620.401	26.092.701	27.653.044	29.306.696	31.059.237
TFDR	6.145.917	6.513.443	6.902.947	7.315.743	7.753.224	8.216.867
MANUT. CONTOLE RET	11.379.006	12.059.471	12.780.627	13.544.909	14.354.894	15.213.317
MULTAS ISOLADA ICMS	35.526.720	37.598.070	39.805.828	42.025.003	44.367.897	46.841.407
MULTAS E JUROS SOBRE ICMS	610.320.671	654.263.759	701.370.750	751.869.444	806.004.044	864.036.335
MULTAS E JUROS SOBRE IPVA	506.811.683	536.360.832	567.855.940	599.513.908	632.936.809	668.223.036
MULTAS E JUROS SOBRE ITCD	133.166.247	138.492.897	144.032.613	148.353.592	152.804.199	157.388.325
DÍVIDA ATIVA DE ICMS	519.920.526	557.354.804	597.484.350	640.503.223	686.619.455	736.056.056
DÍVIDA ATIVA IPVA	254.286.792	264.458.264	275.036.595	283.287.692	291.786.323	300.539.913
DÍVIDA ATIVA ITCD	13.043.399	13.565.135	14.107.740	14.530.973	14.966.902	15.415.909
TOTAL GERAL	92.736.106.768	98.224.566.372	104.130.824.235	110.306.527.661	116.928.434.208	123.987.425.229
Variação (R\$)	7.274.206.416	5.488.459.604	5.906.257.862	6.175.703.426	6.621.906.547	7.058.991.021
Variação (%)	8,51	5,92	6,01	5,93	6,00	6,04

Elaboração: SAI/SEF-MG

TABELA 5 - Continuação

PROJEÇÃO DE RECEITA TRIBUTÁRIA					
REGIME RECUPERAÇÃO FISCAL - CENÁRIO BASE - 2024-2034					
TRIBUTOS	2030	2031	2032	2033	2034
ICMS	110.295.422.237	116.994.849.081	124.131.447.986	131.730.009.775	139.826.693.464
IPVA	15.054.705.072	16.042.379.755	17.094.851.542	18.216.371.493	19.411.469.561
ITCD	1.826.713.837	1.881.515.252	1.937.960.709	1.996.099.531	2.055.982.516
TAXAS SEF	1.352.734.570	1.429.309.454	1.510.222.752	1.595.720.479	1.686.062.611
TRLAV	395.810.954	417.877.415	441.174.081	465.769.536	491.736.187
TFRM	670.520.631	707.902.157	747.367.702	789.033.451	833.022.066
TAXA DE INCÊNDIO	-	-	-	-	-
FLORESTAL	228.655.096	242.328.671	256.819.925	272.177.757	288.453.987
EXPEDIENTE SEF	32.916.579	34.884.990	36.971.113	39.181.985	41.525.068
TFDR	8.708.236	9.228.988	9.780.882	10.365.779	10.985.652
MANUT. CONTOLE RET	16.123.073	17.087.233	18.109.050	19.191.971	20.339.651
MULTAS ISOLADA ICMS	49.452.816	52.209.810	55.120.507	58.193.475	61.437.762
MULTAS E JUROS SOBRE ICMS	926.246.951	992.936.731	1.064.428.176	1.141.067.005	1.223.223.829
MULTAS E JUROS SOBRE IPVA	705.476.470	744.806.783	786.329.761	830.167.645	876.449.492
MULTAS E JUROS SOBRE ITCD	162.109.975	166.973.274	171.982.473	177.141.947	182.456.205
DÍVIDA ATIVA DE ICMS	789.052.092	845.863.843	906.766.039	972.053.194	1.042.041.024
DÍVIDA ATIVA IPVA	309.556.110	318.842.794	328.408.077	338.260.320	348.408.129
DÍVIDA ATIVA ITCD	15.878.386	16.354.738	16.845.380	17.350.741	17.871.264
TOTAL GERAL	131.487.348.515	139.486.041.515	148.004.363.404	157.072.435.605	166.732.095.858
Variação (R\$)	7.499.923.286	7.998.693.000	8.518.321.889	9.068.072.201	9.659.660.253
Variação (%)	6,05	6,08	6,11	6,13	6,15

Elaboração: SAI/SEF-MG