

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

DANIEL DE SOUZA ZAGO

UMA ANÁLISE DA POLÍTICA DE TRIBUTAÇÃO DOS CIGARROS NO BRASIL

Porto Alegre

2022

DANIEL DE SOUZA ZAGO

UMA ANÁLISE DA POLÍTICA DE TRIBUTAÇÃO DOS CIGARROS NO BRASIL

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Sabino da Silva Pôrto Júnior

Porto Alegre

2022

CIP - Catalogação na Publicação

Zago, Daniel de Souza
Uma Análise da Política de Tributação de Cigarros
no Brasil / Daniel de Souza Zago. -- 2022.
58 f.
Orientador: Sabino da Silva Pôrto Júnior.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade
de Ciências Econômicas, Curso de Ciências Econômicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Brasil. 2. Tabagismo. 3. Impostos. 4. Consumo.
5. Mercado Ilegal. I. Pôrto Júnior, Sabino da Silva,
orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DANIEL DE SOUZA ZAGO

UMA ANÁLISE DA POLÍTICA DE TRIBUTAÇÃO DOS CIGARROS NO BRASIL

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado em: Porto Alegre, 10 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Sabino da Silva Pôrto Júnior – Orientador

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Hudson da Silva Torrent

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Carlos Eduardo Schönerwald da Silva

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a minha mãe, Maria Augusta Pinto de Souza, e meu pai, Carlos Alberto Braz Zago, pelo apoio empregado em toda a minha jornada acadêmica.

Também agradeço aos meus amigos, de dentro e fora da faculdade, que tornaram essa aventura acadêmica mais fácil, divertida e intrigante.

A esta universidade, com seu corpo docente e de funcionários, que hoje me permitem avaliar com propriedade problemas complexos e alcançar voos maiores em uma carreira acadêmica e profissional.

Em especial, agradeço ao meu orientador, Sabino da Silva Pôrto Júnior, pela experiência, serenidade e iluminação concedidas na condução deste trabalho.

Ao IBGE, pela rápida resposta na entrega da base de dados tão sensível ao trabalho.

Por fim, gostaria de agradecer ao pagador de impostos brasileiro, que, mesmo em um contexto de profunda crise econômica, jamais deixou de financiar as pesquisas, trabalhos acadêmicos e teses desenvolvidos nesta universidade.

"A curiosa tarefa da economia é demonstrar aos homens o quão pouco eles realmente sabem sobre o que imaginam que podem projetar." (HAYEK, 1991, pag.108)

RESUMO

O debate sobre os malefícios do consumo de cigarros se inicia desde a segunda metade do século XX e se estende até os tempos atuais, com a construção do consenso sobre o caráter negativo do consumo do produto para a saúde individual e pública. Outro debate, mais antigo, converge para este contexto: a tributação de produtos e comportamentos que produzem externalidades negativas para a sociedade. Nesse cenário, a política de tributação do cigarro como limitador econômico e desincentivador do consumo entra em voga, apresentando suas possíveis facetas positivas, como a redução do consumo, de mortes relacionadas ao tabagismo e um possível ganho arrecadatório de curto prazo, e suas possíveis facetas negativas, como o aumento do comércio ilegal. A pesquisa desenvolvida neste trabalho busca compreender o debate internacional e seus resultados empíricos sobre a tributação de cigarros e seus contextos relacionados, assim como a trajetória da tributação de cigarros e resultados empíricos de pesquisas nacionais sobre o impacto da tributação, para formular um modelo que apresente o comportamento das variáveis de consumo, comércio ilegal e mortes relacionadas ao tabagismo com relação a um aumento dos preços do cigarro a partir de um aumento da carga tributária. Os resultados do estudo apontam que um aumento da tributação nos cigarros apresenta um resultado positivo na redução de consumo e mortes relacionadas ao tabagismo que supera o impacto negativo da tributação com relação ao aumento do comércio ilegal.

Palavras-chave: Brasil; Tabagismo; Impostos; Consumo; Mercado ilegal.

ABSTRACT

The debate on the harmful effects of cigarette consumption begins in the second half of the 20th century and extends to the present time, with the construction of a consensus on the negative nature of the consumption of the product for individual and public health. Another older debate converges to this context: the taxation of products and behaviors that produce negative externalities for society. In this scenario, the cigarette taxation policy as an economic constraint and a disincentive to consumption comes into vogue, presenting its possible positive facets, such as the reduction of consumption, deaths related to smoking reduction and a possible short-term revenue gain, and its possible negative facets, such as the increase in illegal trade. The research developed in this work seeks to understand the international debate and its empirical results on cigarette taxation and its related contexts, as well as the trajectory of cigarette taxation and empirical results of national research on the impact of taxation, to formulate a model that presents the behavior of the variables of consumption, illegal trade and deaths related to smoking in relation to an increase in cigarette prices from an increase in the tax burden. The results of the study indicate that an increase in taxation on cigarettes has a positive result in reducing consumption and smoking-related deaths that outweighs the negative impact of taxation in relation to the increase in illegal trade.

Keywords: Brazil; Smoking; Taxes; Consumption; Illegal market.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3	A TRAJETÓRIA DA TRIBUTAÇÃO DE CIGARROS NO BRASIL	12
3.1	AS TRÊS FASES DA TRIBUTAÇÃO DE CIGARROS NO BRASIL	12
3.2	EXPLORANDO A ARRECADAÇÃO (1964-1999)	12
3.3	ENFRENTANDO O COMÉRCIO ILEGAL (1999-2011)	13
3.4	A TRIBUTAÇÃO COMO MECANISMO DE SAÚDE PÚBLICA (2011- ATUALMENTE)	14
4	METODOLOGIA E BASE DE DADOS	16
4.1	INTRODUÇÃO	16
4.2	BASE DE DADOS	16
4.3	METODOLOGIA	17
5	RESULTADOS	21
5.1	INTRODUÇÃO	21
5.2	ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS	21
5.3	SELEÇÃO E TESTE DOS MODELOS	24
5.3.1	Modelo de Vetor Autorregressivo para Consumo Aparente Per Capita de Cigarros	27
5.3.2	Modelo de Vetor Autorregressivo para Mortes Relacionadas ao Tabagismo	32
5.3.3	Modelo de Vetor Autorregressivo para Contrabando de Cigarros	36

6	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS	43
	ANEXOS	47

1 INTRODUÇÃO

A tributação de bens e elementos considerados nocivos à saúde - individual e coletiva - e rejeitados socialmente é objeto recorrente de debate e de formulação de políticas públicas. O cigarro, por conseguinte, é um item que não escapa desta lógica de uso dos instrumentos tributários para a redução do consumo que, no contexto brasileiro, foi um entendimento construído ao longo de cinquenta anos, em meio a um conflito de interesses entre os aspectos econômicos – especialmente, os arrecadatórios – e os aspectos de saúde pública, como apontado por Portes (2018). Nesse contexto histórico antagonismo entre política tributária e saúde pública, observa-se uma queda do protagonismo da tributação do tabaco e seus derivados diante da arrecadação total do governo federal: segundo dados da Receita Federal, a participação do IPI-Fumo teve uma participação reduzida de 12,6% em 1973 para 0,4% em 2021.

Um dado que, somado à última amostragem do Vigitel - Vigilância de Fatores de Risco e Proteção Para Doenças Crônicas Por Inquérito Telefônico (2022), que registrou uma queda do número de fumantes no país novamente (9,1%), demonstra que o consumo de cigarros está consistentemente caindo ao longo dos últimos anos – resultado que pode ser relacionado a uma maior utilização de mecanismos tributários e educacionais, especialmente após 2011. Isso aponta para uma maior expectativa de vida por parte da população e indica uma redução de um pesado custo para a saúde do Brasil: em 2015, gastos com tratamento de doenças relacionadas ao tabagismo custou cerca de 57 bilhões de reais entre custos diretos e indiretos.¹

Apesar dos dados positivos citados anteriormente, não se podem ignorar os possíveis impactos adversos representados pelas políticas antitabagista, especificamente as políticas recentes de aumentos tributários para a redução no consumo, no aumento do consumo de cigarros ilegais, de menor qualidade, e o quanto esse aumento de consumo ilegal pode prejudicar o ritmo de redução de mortes causadas pelo tabagismo, por exemplo. Nesse sentido, uma questão prudente a ser feita é se os níveis de tributação da mercadoria estão inadequadamente postos hoje, existindo mais espaço para aumentos da carga tributária com efeitos positivos sob os indicadores de consumo e saúde, ou se o ambiente atual apresenta um limite nos retornos positivos da tributação.

¹ PINTO, Marcia et al. **Estimativa da Carga do Tabagismo no Brasil: mortalidade, morbidade e custos**. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 31(6): 1286-1297, jun, 2015.

A análise proposta, portanto, envolveria observar um conjunto de variáveis dentro de um sistema, compreender suas relações de curto e longo prazo, e observar suas relações após um aumento tributário – ou seja, um choque no nível de preços. A melhor ferramenta se identificar essas relações consistiria na criação de um ou mais modelos de Vetor Autorregressivo (VAR).

Nesse trabalho, busca-se realizar uma revisão bibliográfica sobre debate da tributação do cigarro, com resultados empíricos internacionais e nacionais; apresentar uma visão histórica do modelo de tributação brasileiro e, por fim, realizar um estudo baseado na modelagem VAR que seja capaz de identificar as relações e reações das variáveis de consumo, contrabando – ou mercado ilegal – e saúde a partir de um choque no nível de preços via tributação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O debate sobre a necessidade e a efetividade de *excise taxes* - vulgarmente conhecido como “imposto do pecado” é um conceito relativamente antigo utilizado como uma possível ferramenta de política pública para punir - ou melhor - precificar perdas de bem-estar e geração de custos coletivos e não necessariamente incluídos nos custos dos produtos e condutas dentro do mercado propriamente dito. Neste capítulo abordaremos os antecedentes teóricos que conduziram a discussão da tributação nos cigarros ao longo dos anos abordando as suas relações com aspectos comportamentais; relacionados à elasticidade e condições de renda dos indivíduos; aspectos etários; de interpretação do bem (lazer ou trabalho) e da sua complementariedade com relação a outros bens – especificamente, a bebida alcóolica. Dentro dessa grande revisão, passamos por uma primeira etapa de fundação propriamente teórica do debate e, por fim, partimos aos resultados empíricos desenvolvidos ao longo do tempo que embasam as conclusões e justificativas de aplicabilidade da política pública do ponto de vista tributário e sanitário.

A ideia já mencionada de se precificar perdas de bem-estar e geração de custos coletivos e não necessariamente incluídos nos custos dos produtos e condutas dentro do mercado propriamente dito é uma construção antiga que remonta ao início do século XX com o chamado “imposto pigouviano”. Esse imposto, portanto, serviria como uma maneira de precificar as externalidades – isto é, efeitos advindos de decisões dos indivíduos e de firmas que acabam por afetar terceiros que não participaram da tomada dessa decisão – negativas dos indivíduos e das firmas, seguindo o conceito de Imposto Pigouviano, defendido por Pigou (1920), que argumentava a possibilidade de um imposto ou tarifas para as externalidades em questão:

“It is, however, possible for the State, if it so chooses, to remove the divergence in any field by "extraordinary encouragements" or "extraordinary restraints" upon investments in that field. The most obvious forms which these encouragements and restraints may assume are, of course, those of bounties and taxes.” (PIGOU, 1920, p.111)

A introdução do conceito de externalidade, apresentado por Pigou, e da possibilidade de alguma intervenção ou regulação das externalidades negativas abre o

debate de maneira mais intensa para o uso de impostos desincentivadores de consumo ou de decisões dos agentes e é a matriz teórica que origina os estudos nesse sentido.²

Uma falha do imposto pigouviano, inicialmente, era apresentada por Coase (1960) na impossibilidade de se auferir um imposto que transformasse custos marginais privados em custos sem gerar distorções no mercado em questão, afetando o preço de equilíbrio, podendo fundamentalmente inviabilizar uma atividade econômica. Portanto, para o autor, faz-se mister um estudo anterior que possa quantificar ganhos sociais e prejuízos sociais derivados do caso analisado. Nesse contexto, o debate permaneceu no campo teórico com a adoção da *excise tax* apenas como uma distorção ou dispositivo arrecadatório tanto pela dificuldade de assumirmos impactos no consumo como pelo impacto estimado de cada aumento marginal desse imposto dentro dessas variáveis.

No contexto da tributação do tabaco, mais especificamente, dentro do contexto do estabelecimento de diagnósticos de políticas públicas e do estabelecimento de relações de causalidade, o desenvolvimento da econometria passa a fornecer capacidade ao pesquisador e ao formulador de política pública de ter em mãos precisamente modelos e indicadores que podem prever o comportamento gerador de distorções da tributação com erros diminutos, apresentando perdas de eficiência e aumento de comércio ilegal - podendo ponderá-los juntos dos impactos desejados do imposto em questão, seja em termos arrecadatórios ou em termos de desincentivo de um comportamento nocivo por meio de uma restrição institucional.

No âmbito das ciências da saúde, os avanços são observados no relatório elaborado pelo *Surgeon General*, em 1964, intitulado "Smoking and Health – Report of the Advisory Committee". O referido relatório realizava um apanhado de diversos trabalhos de diferentes áreas científicas, apontando uma relação do consumo de cigarros a problemas de saúde. As evidências apresentadas pelo estudo iam desde a observação de maior formação de tumores entre usuários de cigarro e maiores níveis de morbidade entre tabagistas até relações de subnutrição ou má-formação de recém-nascidos de gestantes fumantes. Firmaram-se, nesse período, as bases para um debate calcado em

² Kolstad, Charles D., Thomas S. Ulen, and Gary V. Johnson. "Ex post liability for harm vs. ex ante safety regulation: substitutes or complements?." *The American Economic Review* (1990): 888-901.

evidências sobre as externalidades negativas do tabagismo e os impactos de políticas de tributação sobre a contenção dessas externalidades e seus impactos em demais variáveis.

Deve-se apontar, contudo, que a velocidade de políticas de combate ao tabagismo como proibições de propagandas em locais públicos e avisos de contraindicação possuíram uma introdução mais precoce em comparação à introdução de tributos específicos. Para um entendimento mais claro, pode-se citar o caso do Reino Unido, que elaborou seu primeiro relatório do *Royal College of Physicians* em 1962³, tomou medidas de conscientização e proibição de propagandas nos anos de 1965⁴ e 1969, respectivamente, e somente introduziram mecanismos de tributação especial em 1976⁵.

Pelo lado da ciência econômica e da estatística, um dos primeiros estudos que estabelece relações de causalidade entre taxas de mortalidade mais altas para fumantes é o conduzido em Cochran (1968). Nele, se utilizando de métodos de subclassificação e utilização de um fator etário como confusor para a redução de viés, se concluiu que o hábito de fumar cigarros provoca taxas de mortalidade mais altas em comparação aos não-fumantes e fumantes de charutos ou cachimbos - dado que o consenso científico demonstrou que a inalação de fumaça é a principal indutora do câncer relacionado ao cigarro⁶. Cabe também ressaltar que muitos estudos primários sobre relações de elasticidade-preço em mercados como o dos Estados Unidos da América, durante os anos finais da década de 1970 e início dos anos 1980, foram curiosamente financiados pelas empresas de tabaco que pretendiam se munir de estatísticas de impacto sobre efeitos de aumentos de preços na demanda e vendas em caso de aprovação de legislação antitabaco⁷.

Nesse contexto de entrada das restrições institucionais como fatores e da questão comportamental entrando em jogo de maneira mais enfática com o auxílio do ferramental econométrico, temos o texto “An Economic Theory Of Self Control”, de Richard H. Thaller e Hersh M. Shefrin, que retrata de maneira fundamental o aspecto dos efeitos

³ BENJAMIN, B. Smoking and Health. A Report of the Royal College of Physicians.[Pp. 70. London: Pitman Medical Publishing Co., Ltd., 1962. 5s. 0d.]. Journal of the Institute of Actuaries, v. 88, n. 2, p. 259-261, 1962.

⁴ UK Parliament. Television Act, 1964. < <https://api.parliament.uk/historic-hansard/acts/television-act-1964>> acesso em: 5 fev. 2022.

⁵ UK Government. Tobacco Levy, 1976. < https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/464795/PU1814_Tobacco_Levy_final_v3.pdf> acesso em: 5 fev. 2022.

⁶ HARRIS, Jeffrey E. et al. Cigarette tar yields in relation to mortality from lung cancer in the cancer prevention study II prospective cohort, 1982-8. Bmj, v. 328, n. 7431, p. 72, 2004.

⁷ JOHNSTON, M. Teenage smoking and the federal excise tax on cigarettes. Philip Morris memorandum, September, v. 17, 1981.

comportamentais de um imposto ou de um aumento marginal no custo de se consumir um cigarro ou outro bem nocivo na imposição de restrições pelos próprios indivíduos, que passam a agir para abandonar o seu comportamento:

“If the costs of monitoring and persuasion are high, individuals will resort to rules that restrict the doer's opportunities. In the extreme, all doer discretion can be eliminated using what Strotz referred to as the strategy of precommitment. Such behavior is rational in our model if the rule can approximate the choices that the planner would select. Market recommitment institutions are observed, as we would predict, in such areas as saving and dieting. For example, people pay to go to "fat farms" which essentially are resorts that promise not to feed their customers.

Less extreme rules can limit the range of doer discretion, usually through the use of self-imposed rules of thumb. In the savings context several such rules appear to be commonly used. These rules alter the budget constraint faced by the doer in much the same way as credit limits imposed by lenders do.⁵ A simple first departure from pure discretion is a ban on borrowing, the so-called debt ethic. A somewhat weaker rule which seems common is to prohibit borrowing except for specific purchases, like houses and automobiles. Another rule of thumb is a prohibition on dissaving combined with limits on borrowing. Using this rule of thumb, a person might borrow and lend simultaneously in spite of a substantial difference in the interest rates, as in the case of the passbook loan. The loan allows him to transfer consumption across time periods while it provides a regimented repayment scheme.

Rules can also eliminate discretion over a specific class of decisions for which the conflict is particularly acute. Dieters try not to keep cheesecake in the refrigerator and will refuse invitations to lavish dinner parties; problem gamblers avoid Las Vegas. Also, many smokers pay more for their cigarettes by buying them by the pack instead of the carton-it helps enforce a self-imposed ration such as one pack a day.” (THALER, 1981, p.397)

Evidentemente observamos que o caráter autorrestritivo tem funcionalidades limitadas na questão do tabagismo, dado que é uma substância altamente adictiva e de difícil saída,

mesmo com as restrições institucionais e autoimpostas: 68% dos fumantes gostariam de largar o hábito, enquanto 55,1% iniciaram alguma rotina para o abandono do tabagismo e apenas 7,5% o abandonaram efetivamente (CDC, 2021). Essa questão é trabalhada de maneira mais consistente e robusta nos estudos apresentados em Sharbaugh et al (2018), que analisam empiricamente o impacto comportamental dos consumidores à um aumento do preço do cigarro em uma segmentação por faixa etária. Nesse estudo fica demonstrado que, apesar de registrado um impacto distribuído em todas as faixas etárias na redução do consumo de cigarro e, portanto, de hábitos tabagistas, o grande efeito estatístico de um aumento da participação orçamentária do cigarro na cesta de consumo do indivíduo se dá nas faixas etárias de introdução ao hábito, jovens de 15 até a primeira metade dos 20 anos que possuem uma elasticidade preço muito mais alta com relação às camadas mais velhas e mais viciadas, abdicando, portanto, desse consumo e reduzindo a estatística per capita no longo prazo. Pode-se inferir, portanto, que o impacto na redução do hábito por meio da tributação se dá dentro das idades mais iniciais e mais propensas a adquirir o vício, enquanto na situação das camadas mais velhas e, portanto, já viciadas, a política pública faz um efeito muito mais arrecadatário do que o resto, contemplando, portanto, duas frentes de análise dos aspectos tributários do cigarro.

Essa relação do tabagismo com a faceta da renda dos indivíduos e como o cigarro entra dentro da sua cesta de consumo possui desdobramentos mais recentes em estudo desenvolvido por Crawford et al. (2010). Para esse último estudo, ao contrário do raciocínio arrecadatário previamente construído, a tributação de bens como cigarro serve muito mais como instrumento de desincentivo de consumo do que de tributação, dependendo da relação deste bem com a sua complementaridade relacionada ao consumo destinado ao lazer ou ao trabalho:

“Leaving externality arguments aside for the moment, are the characteristics of demand for these commodities such as to call for above-average taxation on standard optimal tax grounds? The question is often posed in terms of the ‘inverse-elasticity rule’: the presumption that commodities with low own-price elasticities of demand provide a relatively efficient revenue source. But, as discussed in Section 4.2.2, the key demand characteristic relevant to revenue-raising efficiency is not the own-price elasticity of demand but rather the degree of complementarity/substitutability with leisure. Is there any reason to believe that cigarettes and/or alcoholic drinks are particularly (relatively) complementary with leisure (in the sense, more precisely, that,

conditional on a given level of total expenditure, those who supply more market labour will smoke or drink less)? It is unclear, a priori, whether cigarette consumption is likely to be a complement with leisure or a substitute. For some people smoking may be a leisure-time pursuit; for others, it may help with the stresses and social interactions involved in working; for some it may be both. The overall relationship between cigarette consumption and labour supply cannot be resolved on the basis of a priori reasoning. Systematic empirical evidence is sparse.” (CRAWFORD, 2010, p.318)

Outro argumento utilizado pelo mesmo estudo mencionado aborda o caráter regressivo dessa política pública de tributação sobre os decis mais pobres da sociedade, que por questões de renda e escolaridade acabam por consumir esse bem viciante e nocivo à saúde. Contudo, os autores também apontam para a não superestimação desse fator distorcivo e gerador de uma possível desigualdade com mais concentração de renda, já que esse tipo de tributação representa relativamente pouco tanto em carga tributária quanto em arrecadação e que existem outros instrumentos que anulam ou nivelam essa regressividade em um nível geral da estrutura tributária, como os mecanismos de tributação sobre a renda. Decker et Schwartz (2000) aborda dinâmica similar, associa o consumo do cigarro à uma complementariedade de outro bem: o álcool. Utilizando-se de microdados dos consumidores americanos e associando-os com as elasticidades preço-cruzadas dos bens, chegou-se à conclusão de que um aumento no preço das bebidas alcólicas causava uma queda simultânea do consumo de bebidas e de cigarros, denotando complementariedade entre os bens.

Nessa seara de estudos dos impactos de um aumento na tributação dos cigarros dentro da perspectiva da elasticidade-renda, podemos citar o trabalho desenvolvido em Ho et al (2018) analisam um conjunto de dados apresentados na forma de painéis de dados, que se iniciam em 1999 e vão até 2015, e buscam estimar o impacto do aumento de *excise taxes*, no consumo de cigarros per capita dentro dos países de rendas médias e baixas da região Ásia-Pacífico. Com esse estudo, fica evidenciada a efetividade da aplicação de *excise taxes* de qualquer natureza no sentido de reduzir o consumo per capita de cigarros, mercado que possui uma elasticidade-preço não desprezível, principalmente dentro de mercados de baixa renda e, portanto, com restrições orçamentárias mais severas. Fica marcado também, seguindo as teses de economia comportamental e institucional anteriores, a importância da ação institucional na imposição de restrições via sistema de preços indicando que certo comportamento deve ser desincentivado.

Em outro estudo, focado no mercado americano, apresentado em Meier et Licari (1997), se analisa o impacto da tributação e de avisos governamentais sobre o consumo de cigarros dentro de uma série temporal de 1955 até 1994, nos 50 estados dos Estados Unidos da América. Os professores sintetizam de maneira clara, por meio da análise econométrica empregada, a efetividade dos *excise taxes* federais e estaduais nos níveis de consumo dos mercados analisados.

Um apontamento que o estudo faz é o da eficácia de propagandas governamentais em caixas de cigarro e afins desestimulando o consumo, algo que age muito dentro do conceito de restrições autoimpostas, podendo se relacionar às questões de saúde nesse caso e também se relacionando aos conceitos institucionalistas e da Nova Economia Institucional com a abordagem de construção de restrições morais e comportamentais por parte do Estado via propaganda, buscando influenciar instituições informais como famílias e afins para buscar podar esse hábito considerado nocivo e improdutivo pelos tomadores de decisão formais e representantes da sociedade e do conjunto de indivíduos nela viventes. Ficando evidenciado também que os impostos federais possuem melhor efetividade como política pública pelo fato de reduzir possíveis distorções na mensuração como o *bootlegging*, entendido neste artigo como o “contrabando” ou compra de cigarros de em um estado para o consumo no outro, afetando a análise dos dados de consumo da região em que o fenômeno ocorre.

Com a introdução metodológica do artigo e a construção de uma pequena linha histórica sobre a aplicabilidade dos impostos e políticas públicas supracitados, podemos construir um entendimento dos conceitos econômicos envolvidos, a evolução da própria abordagem econômica e uma observação prática dos seus instrumentos de mensuração de resultados. O estudo, contudo, esbarra em um elemento recorrente de estudos que procuram mensurar efeitos em contrabandos ou evasão fiscal e afins: a ausência de estatísticas consistentes a respeito. É muito difícil encontrar uma série histórica que permita prever o aumento de um dado nível de bootlegging ou compras ilegais - via contrabando - dentro de um modelo econométrico sem muitas distorções, pois o dado mais consistente seria os de apreensões e registros criminais/fiscais, que indicam apenas a faceta dos casos descobertos, mas não a real extensão ou abrangência do mercado paralelo em termos monetários, de produto ou de consumidores - ficando apenas o entendimento subterrâneo de que os consumidores principais deste produto de qualidade menor, apesar de qualquer cigarro ser considerado um bem de baixa qualidade,

seriam os indivíduos com uma elasticidade-preço mais sensível, ou seja, os mais pobres, como demonstrado em Lampreia (2015), especificamente para o mercado brasileiro.

Recentemente, também se destacam avanços no entendimento do comportamento do mercado ilegal com relação aos choques em preços e medidas restritivas ao tabagismo. Apesar da dificuldade com a mensuração do tamanho do mercado ilegal de cigarros, Effertz et Schlittgen (2018) elaboraram modelo VAR para verificar a relação entre preços de cigarro legal e a demanda ilegal por cigarros contrabandeados. A conclusão do estudo termina por averiguar o pouco efeito substituição entre o cigarro legal e ilegal, implicando que um aumento da carga tributária não necessariamente significa um aumento do mercado ilegal. Um estudo utilizando metodologia similar é apresentado em Tingum et al (2020), onde um VECM é usado para demonstrar a efetividade de políticas tributárias e não tributárias – leia-se campanhas de conscientização, advertências em cigarros e afins – na redução do consumo de cigarros na África do Sul.

Nesse campo de averiguação da efetividade de políticas tributárias e não-tributárias para a redução de consumo, também encontramos o estudo de Dritsakis et Nikolaos (2003) que sugeriu, buscando compreender o comportamento dos consumidores da Grécia, que um aumento de gastos *per capita* em educação e conscientização podem ser mais efetivos na redução do consumo de cigarros do que a via do aumento de impostos. O estudo aponta também que uma trajetória de redução do consumo iniciada em 2002-03 estava possivelmente associada à proibição do consumo de cigarros e similares em lugares fechados do que com uma política tributária em específico.

Em casos de estudo sobre o mercado brasileiro, temos como estudos o artigo Pinto et al (2019), onde os autores elaboraram dois modelos matemáticos, um baseado em uma microsimulação probabilística de milhares de indivíduos usando-se coortes hipotéticas que considerou a história natural, custos e a qualidade de vida destes indivíduos e um modelo de impostos aplicado para estimar o benefício econômico e em desfechos de saúde de diferentes cenários de aumento de preços em 10 anos. Uma análise de serie temporal mais focada na administração de impactos passados de políticas públicas empregadas tanto no número de consumidores de tabaco quanto de casos de doenças respiratórias e afins se encontra nos estudos de Portes (2018). Em um caso específico que busca tentar trabalhar com as variáveis de comércio legal e ilegal, encontramos, no Brasil, o estudo de Silva (2019).

Os pesquisadores sintetizam de maneira clara, por meio da análise econométrica empregada, a efetividade da tributação sobre o cigarro nos níveis de consumo dos mercados analisados, representando uma redução substancial em doenças relacionadas ao consumo e, conseqüentemente representando grande ganho - em receitas e redução de custos - para os entes estatais. Se verifica nesse estudo uma interessante predição dos benefícios econômicos e em desfechos de saúde, valendo-se do aumento de impostos incidentes sobre os preços de venda de cigarros para um cenário de dez anos.

Outro estudo extremamente interessante e inovador na construção de um modelo que preveja efeitos de política tributária e apresente efeitos com relação à um cenário anterior em que a política pública não é administrada é o texto de Abadie et al (2010). Nesse estudo, se analisa o impacto positivo da introdução de uma lei antitabaco dentro do estado da Califórnia, nos Estados Unidos da América, utilizando um modelo real, em que a moção antitabagista foi aprovada e restrições foram empregadas, e um outro estado da Califórnia “sintético”, que mantém a sua trajetória regular sem nunca ter sido chocada pelo evento “moção antitabagista é aprovada”, podendo mensurar assim, de maneira robusta, o impacto da introdução dessa moção.

Ao longo de toda essa revisão, buscou-se construir o panorama atual de entendimento da viabilidade e funcionalidade dos instrumentos tributários para a restrição do consumo e autorrestrição dos indivíduos, apresentando as conclusões empíricas como resultado de um longo processo de construção teórica – desde o conceito de externalidades até o próprio conceito de cigarro como um bem nocivo para a saúde e viciante. Apresentou-se também, dentro dessa revisão de literatura, as possíveis restrições e variáveis determinantes para uma alta ou baixa efetividade do mecanismo tributário: renda dos indivíduos; complementariedade; existência de políticas não tributárias; demografia; quantidade de consumidores atuais e facilidade de contrabando e criação de mercado paralelo. Devemos agora, portanto, partir para a análise das políticas públicas do mercado do Brasil para que, posteriormente, possamos construir o modelo mais adequado de previsão com um número parcimonioso e efetivo de variáveis preditoras.

3 A TRAJETÓRIA DA TRIBUTAÇÃO DE CIGARROS NO BRASIL

3.1 AS TRÊS FASES DA TRIBUTAÇÃO DE CIGARROS NO BRASIL

A política de tributação sobre o cigarro ganha vida e propósitos objetivos na reforma tributária de 1964-1966, que inicialmente institui um “Imposto Sobre o Consumo” e acaba o renomeando e reorganizando com “Imposto Sobre Produtos Industrializados”, o IPI. Com o advento dessa estrutura tributária, podemos observar a presença de três fases da utilização dessa ferramenta tributária com diversos objetivos como política pública.

A primeira fase abrange o período de instituição do IPI até 1999; a segunda fase se estabelece de 1999 até 2011 e a terceira fase abrange o período de 2011 até a atualidade. Vejamos agora quais eram os objetivos e os resultados atingidos por cada período.

3.2 EXPLORANDO A ARRECADAÇÃO (1964-1999)

O período inicial da tributação via Imposto sobre Produtos Industrializados deriva do Decreto-lei Nº 4.502, de 30 de novembro de 1964, responsável por instituir o referido imposto e por estabelecer nele uma tributação *ad valorem* para o cigarro no território nacional. A tributação seguia critérios de preço no varejo e tinham como base de tributação até 27% do preço formulado pela indústria, que seria tributado seguindo os critérios de preço de venda no varejo das marcas, estabelecendo uma alíquota que variaria entre 200% até 260%

Nesse período, a alíquota efetiva do IPI representava 41,25% sobre o preço final dos cigarros no mercado brasileiro e compunha parcela significativa da arrecadação do governo federal, chegando a cifra de 12,6% no ano de 1973⁸.

Diante desse grande contribuinte e enfrentando uma intensa crise econômica ao final dos anos 1970, nenhum tipo de instrumento tributário adicional para a indução da redução do consumo de cigarros foi estabelecido no início da década de 1980. Registra-se, contudo, um avanço na área de conscientização do consumo e saúde pública: em 1986 foi criado o Programa Nacional de Combate ao Fumo.⁹

⁸ Tributação < <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/orientacao-tributaria/regimes-e-controles-especiais/cigarros-tributacao>> acesso em: 10 fev. 2022

⁹ Governo do Brasil. Lei Nº 7.488, de 11 de junho de 1986. <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7488-11-junho-1986-367954-publicacaooriginal-1-pl.html>> acesso em: 5 fev. 2022

Nos anos 1990, contudo, observamos uma preocupação maior com a epidemia do tabagismo e seus impactos na saúde pública, representada pelo surgimento de ações estatais proibindo a veiculação de propagandas na televisão em faixas nobres e proibindo o cigarro em ambientes fechados – com a exceção de fumódromos e tabacarias com o espaço apropriado¹⁰. A política de saúde pública avança, mas sem o devido respaldo e acompanhamento da política tributária, que segue um rumo, posteriormente ainda mais divergente e contraproducente.

3.3 ENFRENTANDO O COMÉRCIO ILEGAL (1999-2011)

No ano de 1999, após lobby intenso do setor do tabaco, o governo federal edita o decreto Decreto N° 3.070, de 27 de maio de 1999, trazendo ao Brasil e sua estrutura tributária uma alíquota *ad rem* com base de incidência sobre os cigarros. O tributo antes calculado a partir do preço de venda no varejo seria agora uma quantia fixa determinada pela grossura do cigarro e por sua embalagem (maço ou box), dividida em 4 categorias.

A justificativa da Secretaria da Receita Federal¹¹ se pautava em pedidos da indústria de tabaco e pelo entendimento do governo federal que uma redução da carga tributária no produto, auxiliaria no combate ao contrabando e representaria, pelo sucessivo aumento de base de tributação pelo aumento de consumo legal, um ganho em receitas para o governo. Contudo, os registros de arrecadação da receita federal apontam para uma queda de recursos advindos do IPI-Fumo já no ano de 1999 e nunca houve comprovação técnica por parte do governo federal de que a fatia de mercado dos cigarros contrabandeados foi reduzida. Ademais, é importante denotar que a política pública de redução da carga tributária do cigarro foi levada adiante até o ano de 2007, com sucessivos reajustes das alíquotas *ad rem* abaixo da inflação acumulada no período¹². Em estudo conduzido em De Araújo Jr (2006), foi indicado que para os cigarros mais caros, a redução de impostos advinda da nova forma de tributação chegou a alcançar 50% no ano de 2005.

A política pública adotada no período, portanto, mostrou-se pouco efetiva e demonstra a pouca sinergia entre órgãos da fazenda pública e da saúde pública na articulação de uma política antifumo. Atualmente, argumenta-se que a melhor maneira de combate ao contrabando

¹⁰ Governo do Brasil. Lei N° 9.294, de 15 de julho de 1996. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19294.htm> acesso em: 5 fev. 2022

¹¹ Folha de São Paulo – Governo Modifica Tributação do Cigarro. 29 de maio de 1999. <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi29059913.htm>> acesso em: 15 mar. 2022

¹² Tributação < <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/orientacao-tributaria/regimes-e-controles-especiais/cigarros-tributacao>> acesso em: 10 fev. 2022

não seria pela tributação, que pouco se relacionaria com a demanda ilegal¹³, e sim com uma ação coordenada de segurança internacional e, mais precisamente no contexto do MERCOSUL, uma uniformização de tributos domésticos para o produto.¹⁴

3.4 A TRIBUTAÇÃO COMO MECANISMO DE SAÚDE PÚBLICA (2011-ATUALMENTE)

Em 2011, utilizando-se do entendimento do impacto positivo da tributação na redução do consumo e aderindo às orientações estabelecidas na Convenção-Quadro para Controle do Tabaco (OMS), é instituída a Lei 12.546/2011 que estabelece dois regimes de tributação para os cigarros: geral e especial. A tributação *ad rem* pura e defasada seria abandonada. A nova regra geral de tributação do IPI passou a estabelecer que o referido imposto será calculado utilizando-se de uma alíquota ad valorem de 300% aplicada sobre 15% do preço de venda a varejo dos cigarros, gerando uma alíquota efetiva de 45% sobre o preço de venda – ou seja, maior que a alíquota efetiva da primeira fase do tributo (1964-1999).

No caso do regime especial de apuração e recolhimento do IPI, o valor do imposto derivaria da soma de duas parcelas sendo uma ad valorem, calculada da mesma forma que o regime geral, e outra *ad rem*, de acordo com o tipo de embalagem (maço ou box). No regime geral, a carga tributária total sobre os cigarros fica estabelecida em 81% para um cigarro vendido pelo preço mínimo de R\$5,00 a partir de dezembro de 2016. Já no especial, a carga tributária poderá chegar a 72%. Ademais, deve-se ressaltar a introdução de uma política de preço mínimo para o cigarro, que sofreria uma elevação de piso gradual até atingir o valor de R\$5,00 em 2016.

No Decreto nº 8.262, de 2014, regulamentou-se posteriormente outra política pública estabelecida na mesma lei 12.546/2011: a proibição total de produtos derivados do tabaco em ambientes coletivos. Com o advento do novo arcabouço legal, pode-se observar um crescimento

¹³ Ler em EFFERTZ, T.; SCHLITGEN, R. Cigarette prices, tobacco taxes and the proportion of contraband cigarettes in Germany. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*, v. 75, n. 6, p. e95-100, 2012.

¹⁴ Iglesias, R., 2008. “La Evolución del Mercado Negro en Brasil”, *Alliance Bulletin*, INB-1, February.
 Iglesias, R., 2008a. “Principales Puntos de la Investigación sobre el Contrabando y el Mercado Informal em Brasil”, *Centro de Estudos de Integração e Desenvolvimento*, Rio de Janeiro, mimeo.
 Iglesias, R. e Nicolau, J. 2006. *A Economia do Controle do Tabaco nos Países do Mercosul e Associados*, Organização Pan-Americana da Saúde, Washington, D.C.

da arrecadação do IPI-Fumo¹⁵ e uma aceleração do processo de queda da população fumante¹⁶. Estima-se, em contrapartida, que um crescimento do mercado ilegal ocorreu durante a vigência da lei, associado pelos críticos à natureza regressiva da tributação estabelecida.¹⁷ Contudo, como mencionado anteriormente, mecanismos de tributação pouco podem afetar o mercado ilegal¹⁸ e os números de queda de consumo apontam a aparente efetividade da política pública. Do mesmo modo, a tributação ainda pode ser uma razão de aumento do mercado de cigarros ilegais, tendo em mente o nível de renda médio da população e o processo de corrosão dessa mesma renda nos anos subsequentes à introdução do último aumento de preço mínimo, 2016.

Portanto, pode-se observar que, apesar de uma longa história de tributação com propósitos variados e, muitas vezes, antagônicos aos objetivos de saúde pública, o Brasil, mesmo com os últimos avanços de construção de um mecanismo tributário desincentivador do consumo, segue oferecendo um dos cigarros mais baratos do mundo em comparação aos seus vizinhos continentais e pares com nível de renda similar¹⁹, representando uma possível margem para futuros aumentos da tributação. Cabe ainda ressaltar que a política de preço mínimo segue sem reajustes desde 2016, ficando progressivamente defasada e perdendo efeitos de inviabilizador econômico do consumo.

¹⁵ Receita Federal. Arrecadação Serie Histórica. <<https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/receitadata/arrecadacao/serie-historica>> acesso em: 5 fev. 2022

¹⁶ Departamento de Análise de Situação de Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde. Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: VIGITEL 2021. Brasília: Ministério da Saúde; 2022.

¹⁷ Instituto Brasileiro de Ética Concorrencial . Produto ilegal atinge 57% do mercado de cigarros. <<https://www.etco.org.br/noticias/produto-ilegal-atinge-57-do-mercado-de-cigarros/>> acesso em: 5 fev. 2022

¹⁸ EFFERTZ, T.; SCHLITTGEN, R. Cigarette prices, tobacco taxes and the proportion of contraband cigarettes in Germany. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*, v. 75, n. 6, p. e95-100, 2012.

¹⁹ Tobacco and cigarette prices – Country rankings<https://www.theglobaleconomy.com/rankings/tobacco_and_cigarette_prices_wb/> acesso em: 8 mar. 2022

4 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

4.1 INTRODUÇÃO

Nessa seção será apresentada a base de dados e a metodologia construída para a parte final do trabalho: a apresentação de modelos de Vetores Autorregressivos (VAR) para capturar as relações existentes entre as variáveis de consumo legal per capita, contrabando e mortes relacionadas ao tabagismo a partir de um choque de preços criado a partir do aumento de impostos sobre o cigarro. Será explicada, por tanto, as origens dos dados para as *proxys* de consumo, saúde e contrabando e serão explicados e referenciados os métodos de diagnóstico e construção dos modelos para as variáveis citadas.

4.2 BASE DE DADOS

Os dados, na forma de séries temporais, que baseiam os estudos econométricos desenvolvidos neste trabalho, foram retirados de diversas fontes, estatais e não-governamentais dedicadas ao estudo e medição do impacto do tabaco dentro da sociedade brasileira. As estimativas de mortes relacionadas ao uso de cigarros foram retiradas de estudo, conduzido em 2019, do Global Burden of Disease Collaborative Network, da Fundação Bill e Melinda Gates, com dados que compreendem o período de 1990 até 2019; e a população registrada ou estimada para o ano em análise – as estimativas populacionais derivam de estudo de 2008²⁰ e atualização de 2018 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)²¹. O método utilizado para o cálculo do consumo aparente de cigarros per capita é o sugerido pela Organização Mundial de Saúde. A fórmula de cálculo é:

$$C = P - (X + M)$$

Onde:

C = Consumo aparente per capita de cigarros no Brasil;

²⁰ Projeções da População por sexo e idade - Brasil: 2000-2060 <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?edicao=9116&t=resultados>> acesso em: 7 abr. 2022

²¹ Projeções da População do Brasil e Unidades da Federação por sexo e idade: 2010-2060 <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?edicao=21830&t=resultados>> acesso em: 7 abr. 2022

P = Produção de cigarros nacional

X = Exportações de cigarros

M = Importações de cigarros

Para elaborarmos o dado de consumo aparente per capita, utilizou-se a produção de cigarros indicada pela Receita federal, assim como os dados de exportação. Para a importação foram utilizados os dados fornecidos pelo sistema Comexstat (2022).

Com relação ao número para análise do comércio ilegal, selecionamos, como dado mais prudente e sem viés disponível, o dado da Receita Federal para a destruição de cigarros entre os anos de 2000 e 2021. Para a variável explicativa de preço de cigarro, utilizaremos as variações acumuladas anuais do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) para o subitem referente ao cigarro²² transformadas em índice, com 100 sendo referente ao ano 2000. Os dados de Produto Interno Bruto para o cálculo da renda per capita da população foram retirados do Sistema de Contas Nacionais (STN/SCN) para o período de 2000 até 2020, no ano de 2021 utilizamos uma estimativa desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (IBRE/FGV)²³.

4.3 METODOLOGIA

No experimento empírico que será conduzido nessa seção do trabalho, busca-se compreender e interpretar os resultados de um choque de preços afetando variáveis de consumo e saúde no Brasil e buscando compreender a sua influência nesses resultados. Diante disso, se pode observar que a prática comum para a condução deste tipo de inquirição científica, envolvendo uma variável e outras demais se influenciando ao longo do tempo em um modelo de efeitos endógenos, é o modelo de Vetores Autorregressivos (VAR), especificamente na área relacionada a construção de um resultado impulso-resposta para a variável em questão – no caso dos modelos desenvolvidos, um impulso resposta para choques na variável de preços do cigarro através de um aumento dos impostos.

²² A série histórica para o período de análise foi adquirida através de requisição, via e-mail, para o IBGE, responsável pela formulação do dado.

²³ FGV IBRE – Monitor do PIB-FGV aponta crescimento de 4,7% em 2021, principalmente no setor de serviços < <https://portalibre.fgv.br/noticias/monitor-do-pib-fgv-aponta-crescimento-de-47-em-2021-principalmente-no-setor-de-servicos>> acesso em: 15 mar. 2022

Em um primeiro momento, para se garantir a exequibilidade do VAR desenvolvido, é necessária a realização de testes que demonstrem que as séries temporais estudadas são estacionárias, ou seja, que não apresentam tendência ou sazonalidade. Segundo Gujarati (2000) uma série possui estacionariedade quando sua média e variância forem constantes ao longo do tempo e sua covariância entre dois períodos de tempo depender apenas da distância ou defasagem entre os dois períodos, e não do período de tempo efetivo em que a covariância é calculada. Portanto, uma etapa inicial da preparação do modelo envolve o uso do teste de raiz unitária para a confirmação da estacionariedade da série. O teste da Raiz Unitária, ou de Dickey – Fuller (DF) estima uma regressão $Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$, onde o coeficiente ρ estimado é dividido por seu erro-padrão para calcular a estatística tau de Dickey – Fuller. Após a obtenção do valor, compara-se com as estatísticas Dickey-Fuller tabeladas e rejeita-se ou não a hipótese nula em que $\rho = 1$.

Em um segundo momento, é preciso definir o número de defasagens necessárias para o maior nível de precisão do modelo, algo fundamental diante do fato de que todas as variáveis de um modelo VAR são endógenas e, portanto, todas as relações entre variáveis são estabelecidas por elas mesmas e seus valores passados. Nesse sentido, idealmente busca-se incorporar ao experimento o maior número possível de defasagens, de modo a evitar a imposição de restrições falsas sobre a dinâmica do modelo. Contudo, quanto mais defasagens, mais parâmetros para serem estimados e, por consequência, menores graus de liberdade podem ser tomados na estimação. Como solução para a tomada de decisão em relação ao número de defasagens aplicadas, utilizam-se os critérios Final Prediction Error (FPE); Akaike Information Criterion (AIC); Schwarz Information Criterion (SC); e Hannah-Quinn Criterion (HQ).

Uma vez feitos os testes de raiz unitária e defasagens, se encaminhará, em caso de necessidade, para os testes de cointegração. Confirmada a existência de cointegração entre as séries, diz-se que as mesmas apresentam uma relação linear de longo prazo estável. O teste utilizado para identificar e confirmar a relação de co-integração será o teste de Johansen (1988). O procedimento citado anteriormente utiliza em sua metodologia a Máxima Verossimilhança para estimar os vetores de co-integração e permite testar e estimar a presença de vários vetores e não só de um único vetor de cointegração.

Posteriormente, conduziremos o Teste de Causalidade de Granger (1969), onde o VAR tem sua ordenação causal definida de acordo com os resultados de testes de causalidade, partindo da hipótese inicial de que a ausência de causalidade (no sentido de Granger) de uma

variável para a outra implica também na ausência de qualquer efeito contemporâneo entre as duas. Em uma última etapa, será conduzido o teste ARCH de heterocedasticidade condicional do modelo, o teste de Portmanteau para correlação serial dos resíduos e os testes de normalidade para os critérios de assimetria, curtose e Jarque-Bera.

Encerrado o momento de estimação inicial do modelo VAR, se partirá para a análise de um impulso resposta, ou seja, de um choque, provocado na variável de preço com relação a variável de consumo.

Nesse sentido, nosso modelo preliminar da função de interesse está formulado conforme a seguintes equações, que fazem parte de um sistema de equações, seguindo a metodologia do modelo VAR (Sims, 1980):

$$\log(C) = c + \beta \log(C) + \alpha \log(X_1) + \gamma \log(X_2) + X_{dummy} + e$$

Onde:

C = consumo per capita de cigarros

c = constante

X_1 = renda per capita

X_2 = IPCA Cigarros (100 = 2000)

X_{dummy} = dummy para indicar se a observação ocorre depois ou antes de 2011

$$\log(O) = c + \beta \log(O) + \alpha \log(X_1) + \gamma \log(X_2) + X_{dummy} + e$$

O = óbitos relacionados ao cigarro por cem mil habitantes

c = constante

X_1 = renda per capita

X_2 = IPCA Cigarros (100 = 2000)

X_{dummy} = dummy para indicar se a observação ocorre depois ou antes de 2011

$$\log(I) = c + \beta \log(I) + \alpha \log(X_2) + \gamma \log(X_3) + e$$

I = contrabando de cigarros, representado pelas destruições de cigarros apreendidos pela polícia federal

c = constante

X_2 = renda per capita

X_3 = IPCA Cigarros (100 = 2000)

X_{dummy} = dummy para indicar se a observação ocorre depois ou antes de 2011

5 RESULTADOS

5.1 INTRODUÇÃO

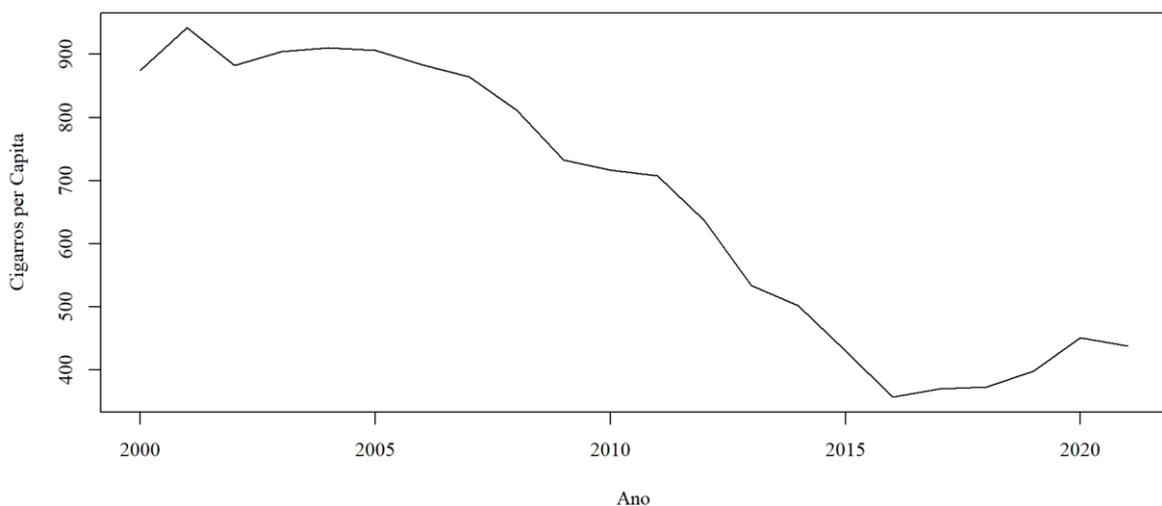
Nesse capítulo ocorrerá a discussão e a apresentação dos resultados desenvolvidos conforme a metodologia e base de dados do capítulo anterior. Inicialmente será apresentada a relação descritiva das variáveis, estabelecendo entendimentos e pressupostos iniciais e posteriormente serão apresentados os resultados dos modelos construídos e selecionados, indicando os diagnósticos e observações constatados – com ênfase específica nos resultados e aferições relacionadas ao experimento de impulso-resposta dos modelos em questão, objetivo principal desta pesquisa.

5.2 ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS

Com a intenção de desenvolver um estudo que demonstre as relações entre variáveis de consumo e saúde no Brasil, foram coletados dados históricos, sendo realizada uma investigação das séries por meio de uma análise descritiva de cada um dos dados coletados. Para tanto, é fundamental se realizar uma análise dos valores grafados.

A análise gráfica possibilita a observação de tendência nos dados, sazonalidade e algum outro componente significativo de análise. Essa ferramenta analítica também nos permite averiguar a possibilidade de conveniência na transformação dos dados das variáveis para estabilizar os níveis de variância.

Gráfico 1 – Série histórica para o consumo aparente per capita de cigarros (2000-2021)

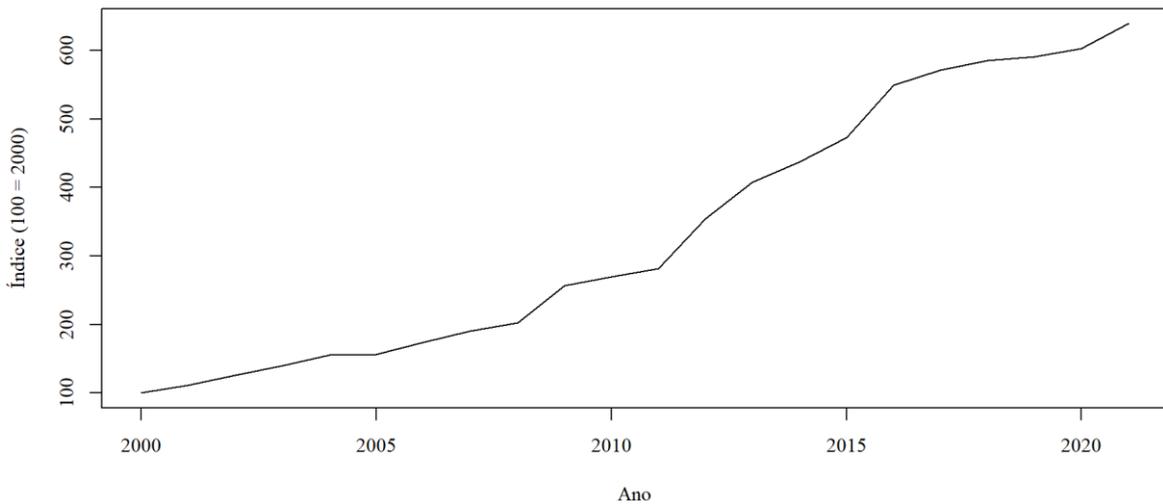


Fonte: Receita Federal (2022), IBGE (2008), IBGE (2018), Comexstat (2022). Elaborado pelo autor (2022).

Inicialmente, iniciamos nossa análise das amostras coletadas visualizando os gráficos de cada variável principal. Ao observarmos o gráfico 1, referente à produção de cigarros, podemos observar uma trajetória descendente e possivelmente relacionada ao ciclo de aceleração do preço do cigarro mais vendido no país, representado pelo gráfico 2.

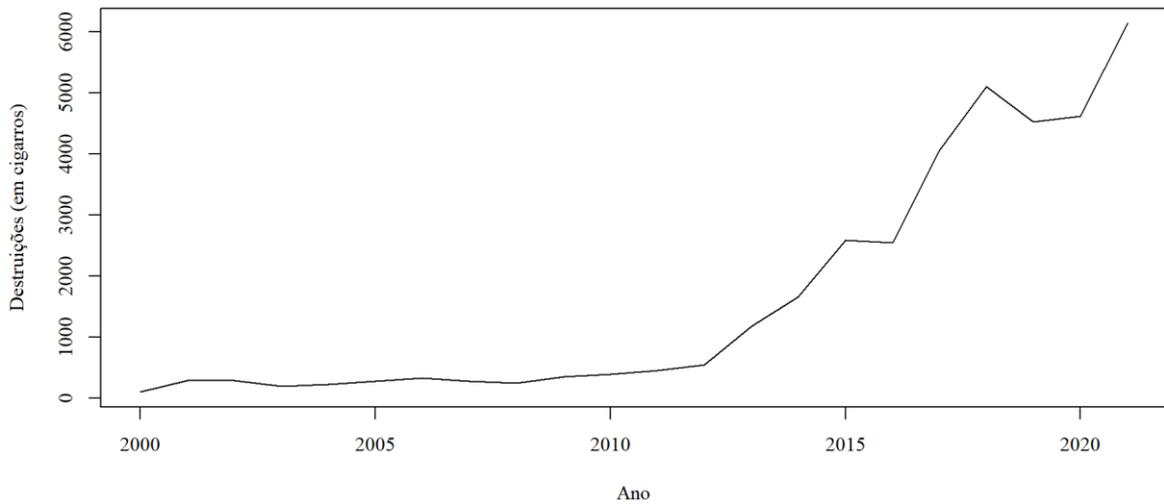
Dentro dessa análise, observamos uma intensificação da trajetória descendente a partir do ano de 2011, onde a tributação de cigarros brasileira foi modificada com a introdução do mecanismo de preço mínimo somado às taxas *ad rem*. Cabe observar também que as duas séries não possuem quebras estruturais. No caso da série de consumo de cigarros per capita, podemos observar também uma recuperação do consumo a partir de 2018, que pode estar relacionada com a ausência de grandes substanciais do preço – assim como a ausência de reajustes na tabela de preço mínimo do produto -, deixando o bem mais barato diante de uma recuperação da renda da população, como notado no gráfico 5. Não se pode descartar, também, um impacto de grandeza não identificada da pandemia no aumento de consumo especificamente no ano de 2020.

Gráfico 2 – Série histórica para o índice de preços do cigarro (2000-2021)



Fonte: IBGE (2018). Elaborado pelo autor (2022).

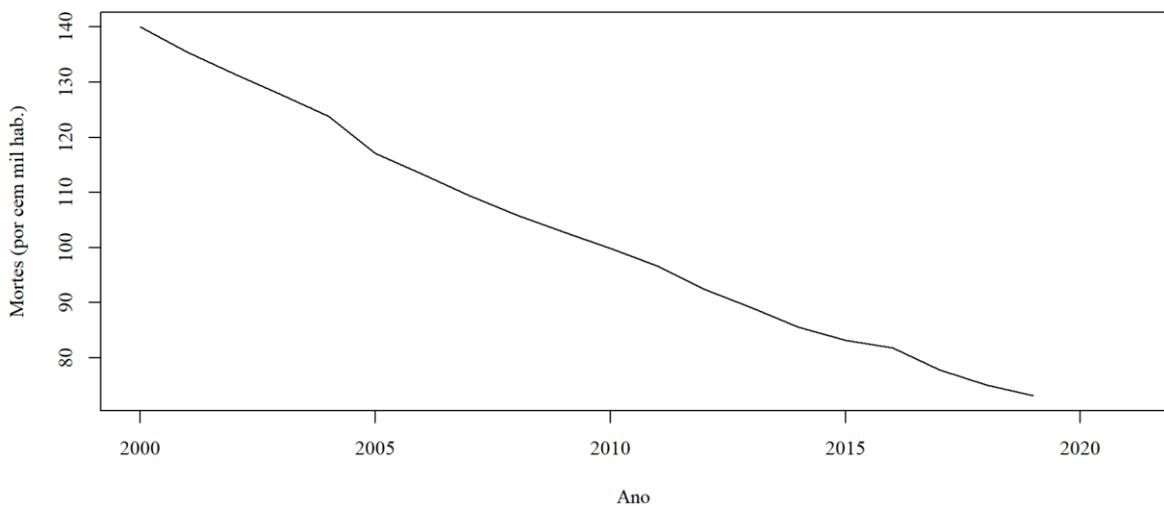
Gráfico 3 – Série histórica para destruições de cigarros (2000-2021)



Fonte: Receita Federal (2022). Elaborado pelo autor (2022).

Com relação ao gráfico 3, podemos observar uma relação oposta às vistas anteriormente. Os dados de contrabando, representados aqui pela destruição de cigarros apreendidos pela Receita Federal, possuem uma trajetória ascendente, com uma aceleração importante nos anos após a introdução da Lei 12.546/2011, atingindo o seu pico no ano de 2021, com 6,1 bilhões de cigarros destruídos. A série também apresenta ausência de quebras estruturais.

Gráfico 4 – Série histórica para mortes relacionadas ao tabagismo (2000-2019)

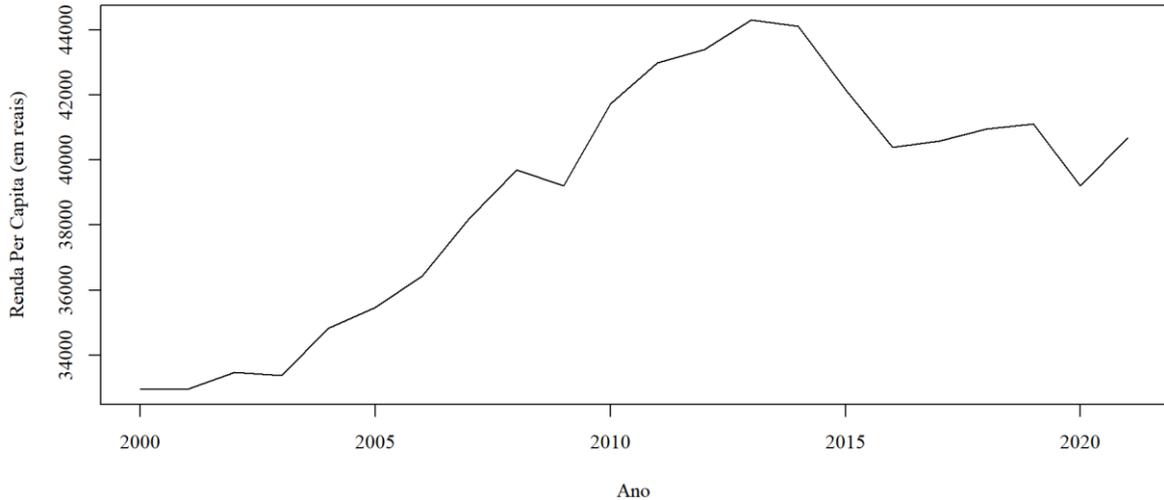


Fonte: Global Burden of Disease Collaborative Network (2020). Elaborado pelo autor (2022).

Observando o gráfico 4, vemos um comportamento similar ao gráfico 2 para as mortes relacionadas ao tabagismo no período. O ponto máximo corresponde ao início da série, em

2000, e seu mínimo se encontra ao fim da série, que não possui quebras estruturais. Não se nota aceleração do processo de queda com relação ao advento da Lei 12.546/2011.

Gráfico 5 – Série histórica para renda per capita do Brasil (2000-2021)



Fonte: SCN (2022), FGV/IBRE (2022), IBGE (2022). Elaborado pelo autor (2022).

Para o gráfico 5, nota-se uma trajetória muito mais inconstante, explicada pelas flutuações negativas do produto interno bruto na última década. O pico desse recorte histórico analisado é apresentado em 2013, com 44,1 mil reais, e um mínimo em 2000, com 32,6 mil reais. As flutuações mencionadas possuem uma sobreposição ao período de instituição da Lei 12.546/2011, podendo conter nessa variável um efeito de ampliação da queda de consumo possivelmente causada pela lei. A série, da mesma maneira das anteriores, não apresenta quebras estruturais, e, do mesmo modo que as demais, aparenta ausência de estacionariedade.

Tabela 1 – Média, mediana e variância das séries históricas estudadas

	Destruição de cigarros	Índice de Preço do Cigarro (100 = 2000)	Renda per capita (R\$)	Mortes relacionadas ao cigarro (por mil hab.)	Consumo aparente de cigarros
Média	1652985660,9	335,2	38790,6	103,1	664,7
Mediana	418964700,0	275,6	39856,5	101,3	712,4
Variância	3,85E+18	36.150,8	14716035	444,1	47544,2

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os dados sobre medianas, médias e variância seguem conforme a tabela 1. Analisando a tabela, observa-se o que a análise gráfica confirmou visualmente: a indicação da presença de algum tipo de tendência e, portanto, ausência de estacionariedade.

5.3 SELEÇÃO E TESTE DOS MODELOS

Inicialmente, computamos todos os logaritmos das séries temporais estudadas para representar melhor os seus efeitos proliferativos (Sims, 1980) e, após isso, passa-se a realizar os testes de raiz unitária e estacionariedade. O teste, como anteriormente explicitado, conduzido será o Teste de Raiz Unitária Dickey Fuller Aumentado (ADF).

No teste de raiz unitária descrito na tabela 2, observa-se que não se pode rejeitar a hipótese nula de que as séries possuam raiz unitária – ou seja, rejeitar a hipótese de não-estacionariedade – pois os valores críticos do teste são menores que os valores das estatísticas calculadas para o nível de 5% de significância, implicando que os p-valores não foram significantes. Quando analisados em primeira diferença, os p-valores passam a conter relevância estatística em 5% para as variáveis de mortes relacionadas ao tabagismo e contrabando, significando que essas variáveis apresentam estacionariedade na primeira diferença. Com relação a variável de consumo aparente de cigarros per capita, renda e preço observa-se a presença de estacionariedade somente na segunda diferença.

Tabela 2 – Resultados do Teste de Raiz Unitária Dickey Fuller Aumentado (ADF)

	Cigarros	Preço	Renda	Mortes	Contrabando
Nível de significância/Valor ADF	-1,76	-0,805594	-0,897115	-3,3	-2,59
1%	-4,38	-4,38	-4,38	-4,38	-4,38
5%	-3,6	-3,6	-3,6	-3,6	-3,6
10%	-3,24	-3,24	-3,24	-3,24	-3,24
p-valor	0,6638	0,9492	0,9357	0,09111	0,3459

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Apesar de existir um entendimento como regra geral sobre a utilização de variáveis estacionárias para a construção dos modelos, evitando estimações espúrias e resultados viesados, Sims (1980) e Sims, Stock e Watson (1990) recomendam contra o uso de variáveis em diferenças mesmo que isso signifique a manutenção de um problema de raiz unitária:

“This work shows that the common practice of attempting to transform models to stationary form by difference or cointegration operators whenever it appears likely that the data are integrated is in many cases unnecessary. Even with a classical approach, the issue is not whether the data are integrated, but rather whether the estimated coefficients or test statistics of interest have a distribution which is nonstandard if in fact the regressors are integrated.” (SIMS, 1990, pag. 25)

O argumento principal dos autores, assim como o utilizado para defender a não-remoção de tendências nos dados é de que o modelo VAR, após tais diferenciações e transformações,

não mais demonstraria as possibilidades de cointegração dos dados e outros comovimentos. Argumenta-se também que, dado que o VAR é um modelo experimental fortemente empírico, busca-se fundamentalmente compreender o comportamento de relação entre as variáveis e não necessariamente a estimação de seus coeficientes – o que vem ao encontro do nosso objetivo central, buscar as relações e comportamentos entre as variáveis a partir de um choque no curto prazo e observar as tendências em um período de n-passos à frente.

Outro ponto secundário, demonstrado em Phillips (1998), poderia desincentivar a adoção do modelo:

“Theorem 2.3 shows that when there are unit roots or near unit roots in a VAR system, the long period ahead impulse responses estimated by an unrestricted OLS regression are inconsistent. In particular, the limits of the estimated responses are random variables rather than the true impulse responses. This may seem surprising given that the presence of unit roots or near unit roots accelerates the convergence of the coefficient estimates in an OLS regression – on that basis one might have anticipated that the impulse responses would, if anything, converge faster in some directions.” (PHILLIPS, 1998, pag.27)

O apontamento feito pelo autor mostra que impulsos-resposta possuem estimativas inconsistentes no longo prazo. Contudo, isto não é um problema para o experimento aqui desenvolvido, que deseja observar as relações de curto prazo do choque no nível de preços nas variáveis observadas.

Superando esse momento de ajuste das séries em nível e justificando a utilização das variáveis no seu estado não-estacionário, passamos a selecionar o nível de defasagens adequado para o modelo de vetores autorregressivos. Para tanto, utilizaremos o pacote vars, do software livre R, e serão conduzidos os testes para os critérios designados: Final Prediction Error (FPE); Akaike Information Criterion (AIC); Schwarz Information Criterion (SC); e Hannah-Quinn Criterion (HQ).

Tabela 3 – Resultados dos critérios de seleção para o modelo 1

Defasagem	AIC	HQ	SC	FPE
1	-1,83E+07	-1,82E+07	-1,77E+07	1,15E-02
2	-1,87E+07	-1,85E+07	-1,76E+07	8,70E-03
3	-1,85E+07	-1,82E+07	-1,70E+07	1,37E-02

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 4 – Resultados dos critérios de seleção para o modelo 2

Defasagem	AIC	HQ	SC	FPE
1	-2,18E+07	-2,18E+07	-2,12E+07	3,41E-04
2	-2,22E+07	-2,21E+07	-2,11E+07	2,79E-04
3	-2,19E+07	-2,18E+07	-2,04E+07	5,13E-04

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 5 – Resultados dos critérios de seleção para o modelo 3

Defasagem	AIC	HQ	SC	FPE
1	-1,62E+07	-1,61E+07	-1,56E+07	8,99E-02
2	-1,63E+07	-1,61E+07	-1,53E+07	9,20E-02
3	-1,60E+07	-1,57E+07	-1,45E+07	1,69E-01

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Após obter os resultados para os critérios de informação de *lags* (defasagens), optou-se pela adoção de uma defasagem no modelo desenvolvido para as relações entre consumo aparente per capita de cigarros, renda e preço. Apenas uma defasagem foi selecionada também para os modelos que analisam as relações das variáveis de preço e renda com as variáveis de mortes e contrabando, respectivamente. Isso se dá porque, apesar da maioria dos critérios analisados apontar para os números de dois *lags*, pelo critério de parcimônia do modelo, com o objetivo de se evitar uma sobreparametrização do modelo com espaço amostral pequeno, opta-se por seguir o critério de Schwarz para todos os modelos e adota-se apenas uma defasagem.

Quadro 1 - Teste de Johansen para autovalores dos modelos			
Hipótese	Modelo	Valor Crítico (5%)	Estatística de teste
$r = 0$	1	22,00	33,51
$r = 1$	1	15,67	11,86
$r = 2$	1	9,24	7,42
$r = 0$	2	22,00	25,67
$r = 1$	2	15,67	17,10
$r = 2$	2	9,24	6,52
$r = 0$	3	22,00	31,30
$r = 1$	3	15,67	22,96
$r = 2$	3	9,24	10,77

Fonte: elaboração do autor (2022)

Obtidos os resultados sobre a melhor defasagem, o processo de estimação é interrompido para observar, dado a não estacionariedade e os problemas de raiz unitária dos dados, a cointegração das variáveis analisadas nos modelos. Para tal, como mencionado na introdução metodológica, utilizaremos o teste de Johansen para multicolinearidade. Contudo, a execução do teste para a possível elaboração de um modelo de Vetor de Correção de Erros (VEC), se torna supérflua no momento em que o número de defasagens indicados para o modelo

aponta apenas uma defasagem. Mesmo em caso de cointegração, seria construído, portanto, um VEC com nenhuma defasagem, o que impediria de inferir qualquer relação por meio dos instrumentos de impulso-resposta. Ademais, dado que procuramos apenas impactos de curto prazo, temos o instrumento do VAR em níveis como ferramenta suficiente para tal análise (Phillips, 1998). Do mesmo modo, apresentamos no quadro 1 o resultado dos testes de cointegração.

5.3.1 Modelo de Vetor Autorregressivo para Consumo Aparente Per Capita de Cigarros

Nessa seção serão apresentados os resultados de longo prazo para os coeficientes do modelo de equação de equilíbrio para o consumo aparente de cigarros per capita. Posteriormente, analisaremos os testes de diagnósticos do modelo e discutiremos os resultados da função de impulso resposta para um choque nos preços afetando o comportamento do consumo aparente.

Tabela 6 – Resultados dos coeficientes para o modelo 1

Equação	Coefficiente Consumo	Coefficiente Renda	Coefficiente Preço	Constante	Dummi para 2011
Consumo Cigarros	0,88077765	-0,745254	0,03838575	8,396068500	-0,009804869
Renda	0,18724949	0,7300179	0,12540494	0,950999900	-0,002968646
Preço	-0,03987009	0,55987420	0,85469385	-4,75993290	0,015604344

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com base na tabela 6, observa-se os coeficientes estabelecidos para o equilíbrio de longo prazo para cada equação descrita no sistema. Observando a equação estabelecida para o longo prazo do consumo aparente de cigarros per capita, um aumento de 1% no consumo de cigarros impactaria em cerca de 0,009% o consumo aparente de cigarros, enquanto a variável de preço impactaria positivamente o consumo de cigarros em cerca de 0,0003%. O impacto da mudança de legislação para o consumo e tributação de cigarros, ocorrido em 2011, também demonstra influência no longo prazo, impactando negativamente o consumo em cerca de 0,00008%.

Deve-se apontar, contudo, que a utilização de variáveis não estacionárias sem nenhum tipo de correção gerou estimadores pouco confiáveis, com possibilidade de viés. No entanto, dado que o principal objetivo na aplicação da metodologia selecionada para o experimento é a aplicação do impulso-resposta para a observação das relações entre as variáveis, que podem ser observadas mesmo com o uso de um modelo com variáveis sem correções para a estacionariedade, com os estimadores de longo prazo não compondo papel relevante nesta análise.

Antes de apresentarmos os resultados do teste de impulso-resposta, é preciso analisar certos aspectos que diagnosticam a qualidade do modelo empregado. Inicialmente será apresentada a decomposição da variância dos erros de previsão do modelo, buscando avaliar a proporção de movimentos de uma sequência de previsões que é devido a choques na própria variável contra choques nas demais. Posteriormente, será apresentado o teste CUSUM para estabilidade do modelo e os testes de normalidade, heterocedasticidade e autocorrelação do modelo observado nesta seção.

Tabela 7 – Resultados dos diagnósticos para o modelo 1

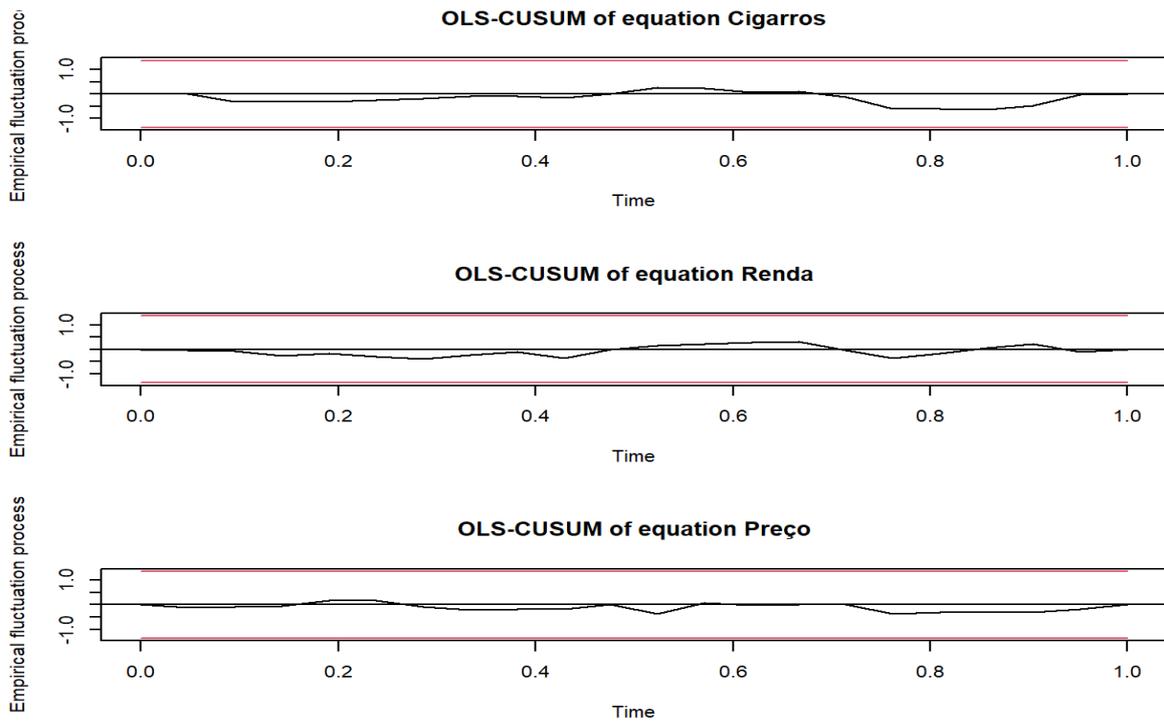
Teste	Estatística	p-valor
Portmanteau	12,386000000	< 2,2e-16
JB	4,03610000	0,67180000
Assimetria	3,185700000	0,36390000
Curtose	0,850450000	0,83740000
ARCH	32,35500000	0,64270000

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os testes realizados apontam para a presença de normalidade na distribuição dos resíduos para os três critérios analisados (Jarque-Bera, Assimetria e Curtose) assim como a presença de autocorrelação residual, apontada pelo teste de Portmanteau. Este último dado é explicado pela manutenção das tendências nas séries utilizadas, gerando um padrão de resíduos não-aleatório. O teste ARCH realizado apontou a homocedasticidade do modelo e o teste CUSUM apontou para um modelo estável.

Observando a distribuição da variância dos erros no modelo, pode-se visualizar que as variáveis de preço e renda apresentam um papel de maior protagonismo na explicação dos erros de previsão a medida que o tempo avança. Na primeira previsão adiante, observamos que a variável de consumo é inteiramente responsável pelo erro - podendo indicar também a ausência de efeitos contemporâneos entre as variáveis – enquanto na previsão de dez observações a frente, explica 60,7% do erro de previsão, com as variáveis de renda e preço explicando 20,3% e 19,0% do erro, respectivamente.

Gráfico 6 – Resultados do teste CUSUM para o modelo 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 8 – Resultados do teste de distribuição da variância do erro para o modelo 1

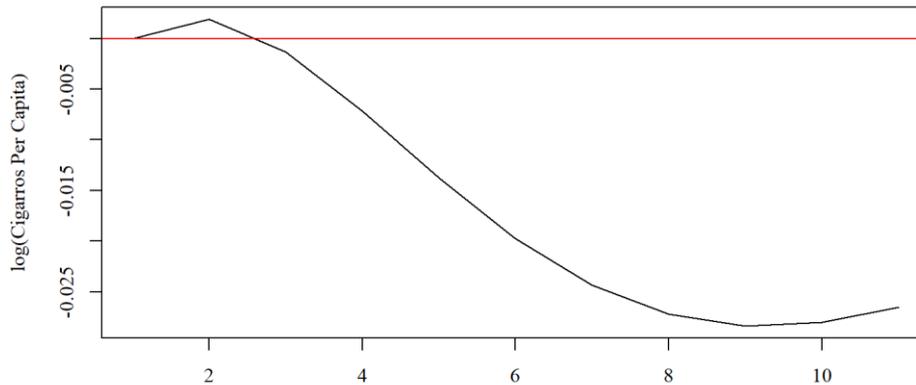
Passo a frente	Consumo de Cigarros	Renda	Preço
1	100,0	0,0	0,0
2	96,0	3,9	0,0
3	89,6	10,3	0,0
4	82,7	16,8	0,4
5	76,4	21,7	1,9
6	71,3	24,1	4,6
7	67,5	24,3	8,2
8	64,7	23,2	12,1
9	62,5	21,7	15,8
10	60,7	20,3	19,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nesse corte da análise do modelo, passamos a observar especificamente as dinâmicas estabelecidas na função de impulso-resposta. A função mencionada busca demonstrar as inter-relações dinâmicas das variáveis do modelo e evidenciar impactos estocásticos entre elas. Segundo Sims (1980) um modelo VAR ou VAR-VEC tem a função de procurar revelar o comportamento das variáveis à choques, explicitando as diferenças entre a trajetória da variável pós-choque e sua trajetória anteriormente esperada.

No gráfico 7, é apresentado o gráfico da resposta da variável de consumo aparente per capita de cigarros a um choque administrado na variável que representa o preço do cigarro mais vendido no país.

Gráfico 7 – Resultados do impulso resposta na variável de consumo após choque em preços para o modelo 1



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Se observa nesse experimento que um choque realizado na variável de preço – ou seja, um aumento no preço do cigarro mais vendido – apresenta uma relação negativa com a variável de consumo de cigarros. Contudo, se observa inicialmente um aumento do consumo, no qual podemos relacionar ao comportamento do adicto em cigarros brasileiro, que, esperando uma repetição de ciclos anteriores de aumento sustentado de impostos, se antecipe a curva de reajustes e inicie uma corrida ao mercado legal em um primeiro momento, mantendo suas preferências de consumo.

Após esse período, entraria em ação com mais protagonismo o comportamento dos consumidores ocasionais e dos consumidores de baixa renda que, diante de um aumento de preços não correspondido por um aumento de renda proporcional, abandonam o hábito do consumo na sua totalidade ou migram para o mercado de cigarros ilegais. Esse ciclo de queda no consumo tem seus efeitos atingindo um ponto máximo no nono período posterior e, após, retomam uma trajetória em direção ao equilíbrio.

Não se pode descartar, também, os efeitos proporcionados pelo efeito-substituição de mercadorias. Nos últimos, vemos no país a introdução dos chamados cigarros eletrônicos, que abrem, por conseguinte, uma alternativa de consumo ao dependente químico que deseja abandonar o hábito progressivamente, adotar uma política de controle de danos ou para o

usuário jovem, que opta por iniciar o consumo do cigarro eletrônico após o choque de preços no cigarro regular ao invés de consumi-lo.

Tabela 9 – Resultados do teste de Granger Causalidade para o modelo 1

Hipótese nula	Estatística F	Probabilidade
C → P	5,274	0,03387
P → C	1,098	0,3087
C → R	12,897	0,002087
R → C	2,266	0,1496
R → P	0,290	0,5966
P → R	6,326	0,02162

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Por fim, é apresentado o resultado dos testes de granger causalidade para o modelo. Os resultados apontam que apenas a variável de preço possui relação de causalidade unidirecional com relação a renda e que a variável de consumo aparente apresenta causalidade unidirecional com relação as demais. Os testes realizados, mesmo que utilizando variáveis não estacionárias, encontram validade na metodologia estabelecida em Toda e Yamamoto (1995), sendo asseguradas pelas boas condições de especificação do modelo.

5.3.2 Modelo de Vetor Autorregressivo para Mortes Relacionadas ao Tabagismo

Nessa seção serão apresentados os resultados de longo prazo para os coeficientes do modelo de equação de equilíbrio para as mortes relacionadas ao tabagismo no Brasil. Posteriormente, discutiremos os diagnósticos para o modelo e os resultados da função de impulso resposta para um choque nos preços afetando o comportamento das mortes relacionadas ao tabagismo.

Tabela 10 – Resultados dos coeficientes para o modelo 2.

Equação	Coefficiente Mortes	Coefficiente Renda	Coefficiente Preço	Constante	Dummie para 2011
Mortes do Tabagismo	0,833211700	-0,02235084	-0,0525076	1,263739900	0,000866445
Renda	0,05431230	1,03260599	0,02245332	-0,690542300	-0,035595052
Preço	-0,84663340	0,44430279	0,5859427	1,59015150	0,044619847

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com base na tabela 10, observa-se que a própria variável de consumo aparente possui relação de protagonismo consigo mesma no longo prazo. Isso significaria dizer que, no longo prazo, um aumento de 1% nas mortes relacionadas ao tabagismo impactaria em cerca de 0,008% as mortes futuras relacionadas ao problema de saúde pública, enquanto a variável de preço

impactaria negativamente este resultado mórbido em cerca de 0,0005%, juntamente com a renda (0,0002%).

O próximo procedimento será a apresentação da decomposição da variância dos erros de previsão do modelo, buscando avaliar a proporção de movimentos de uma sequência de previsões que é devido a choques na própria variável contra choques nas demais. Posteriormente, apresentaremos o teste CUSUM para estabilidade do modelo e os testes de normalidade, heterocedasticidade e autocorrelação do modelo observado nesta seção.

Tabela 11 – Resultados dos diagnósticos para o modelo 2

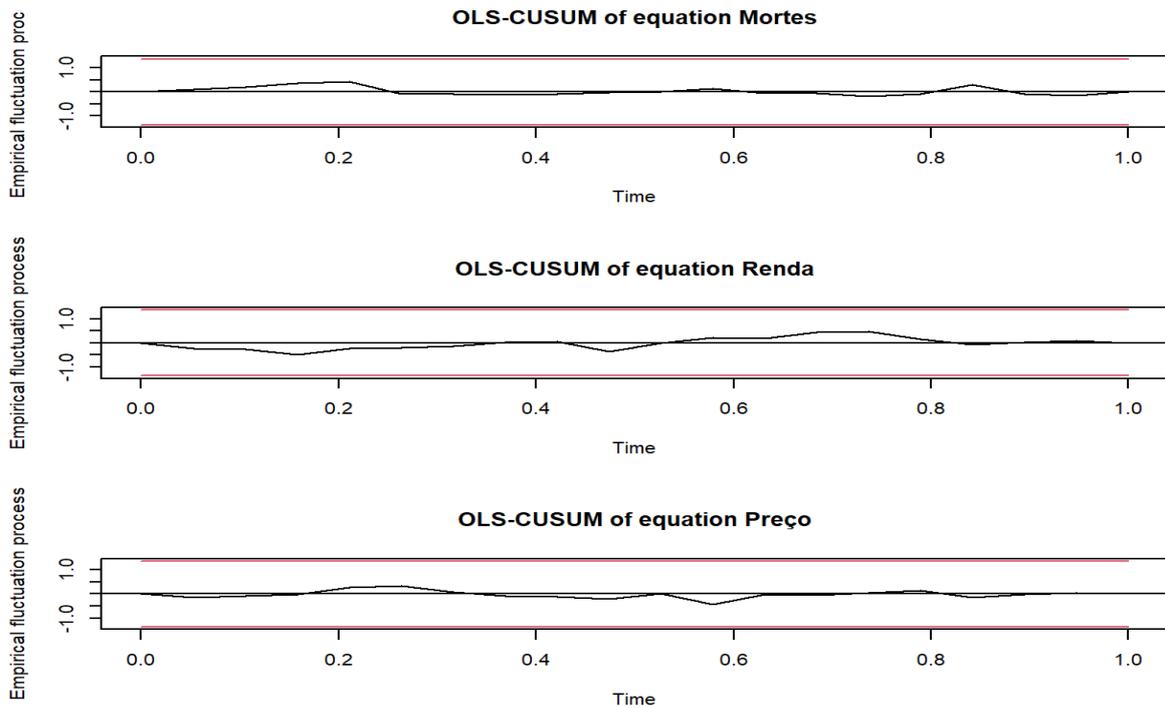
Teste	Estatística	p-valor
Portmanteau	11,997000000	< 2,2e-16
JB	1,71130000	0,94420000
Assimetria	0,111090000	0,99050000
Curtose	1,600200000	0,65930000
ARCH	36,13200000	0,46250000

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os testes realizados apontam para a presença de normalidade na distribuição dos resíduos para os três critérios analisados (Jacque-Bera, Assimetria e Curtose) assim como a presença de autocorrelação residual, apontada pelo teste de Portmanteau. Este último dado é explicado pela manutenção das tendências nas séries utilizadas, gerando um padrão de resíduos não-aleatório. O teste ARCH realizado apontou a homocedasticidade do modelo e o teste CUSUM apontou para um modelo estável.

Observando a distribuição da variância dos erros no modelo, podemos compreender que quase a totalidade dos erros no curto prazo são explicados pelos choques ocorridos na própria variável de mortes. Na primeira previsão adiante, se vê que a variável de consumo explica quase que inteiramente o erro - podendo indicar também a ausência de efeitos contemporâneos entre as variáveis – enquanto na previsão de dez observações a frente, reduz seu protagonismo e passa a explicar 51,1% do erro de previsão, com as variáveis de renda e preço explicando 31,9% e 17,0% do erro, respectivamente.

Gráfico 8 – Resultados do teste CUSUM para o modelo 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

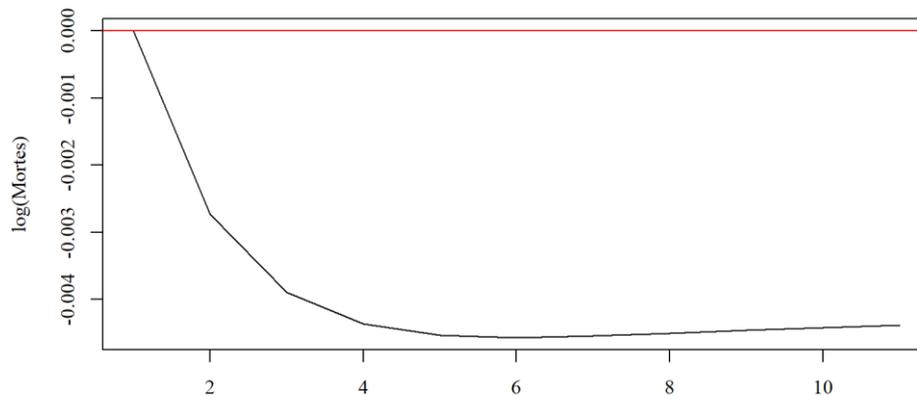
Tabela 12 – Resultados do teste de distribuição da variância do erro para o modelo 2

Passo a frente	Mortes	Renda	Preço
1	100	0,0	0,0
2	94,8	0,2	5,0
3	88,8	0,1	11,1
4	83,4	0,8	15,8
5	78,3	2,8	18,9
6	73,1	6,6	20,3
7	67,6	11,9	20,5
8	62,0	18,2	19,8
9	56,4	25,1	18,5
10	51,1	31,9	17,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nesse corte da análise do modelo, serão observadas especificamente as dinâmicas estabelecidas na função de impulso-resposta. No gráfico 9, é apresentado o gráfico da resposta da variável de consumo aparente per capita de cigarros a um choque administrado na variável que representa o preço do cigarro mais vendido no país.

Gráfico 9 – Resultados do impulso resposta na variável de mortes relacionadas ao tabagismo após choque em preços para o modelo 2



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

É observado no experimento realizado que um choque realizado na variável de preço – ou seja, um aumento no índice de preços do cigarro – acaba por impactar negativamente a relação de mortes causadas pelo tabagismo a cada cem mil habitantes. Os impactos negativos atingem um pico no sexto período e vão recuperando os níveis iniciais em um ritmo lento ao longo das previsões posteriores. O resultado demonstra que um choque no índice de preços de cigarros, ao ocasionar a queda de consumo já citada, acaba por reduzir o número de mortes relacionadas ao tabagismo.

Uma conclusão não descartável também pode estar relacionada com o já mencionado efeito de substituição do consumo de cigarros de tabaco por cigarros eletrônicos, representando uma estratégia de controle de danos que reduz a incidência de casos de câncer, principais responsáveis por óbitos relacionados ao consumo de cigarros de tabaco.

Tabela 13 – Resultados do teste de Granger Causalidade para o modelo 2

Hipótese nula	Estatística F	Probabilidade
$M \rightarrow P$	0,078	0,7843
$P \rightarrow M$	0,248	0,6252
$M \rightarrow R$	0,087	0,7715
$R \rightarrow M$	0,245	0,6275
$R \rightarrow P$	0,290	0,5966
$P \rightarrow R$	6,326	0,02162

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Por fim, é apresentado o resultado dos testes de granger causalidade para o modelo. Os resultados apontam que apenas a variável de preço possui relação de causalidade unidirecional

com relação a renda. A ausência de causalidade entre as variáveis é uma indicação de que as mesmas não são as melhores candidatas ao modelo VAR empregado.

5.3.3 Modelo de Vetor Autorregressivo para Contrabando de Cigarros

Nessa seção apresentaremos os resultados de longo prazo para os coeficientes do modelo de equação de equilíbrio para o contrabando de cigarros no Brasil, representado pela nossa variável *proxy* de destruições de cigarros ilegais, concedida pela Receita Federal. Posteriormente, discutiremos os resultados da função de impulso resposta para um choque nos preços afetando o comportamento do consumo aparente.

Tabela 14 – Resultados dos coeficientes para o modelo 3

Equação	Coefficiente Contrabando	Coefficiente Renda	Coefficiente Preço	Constante	Dumnie para 2011
Contrabando	0,351317410	-3,45091680	1,32074540	33,168065000	0,58471341
Renda	-0,05386505	0,66564850	0,14395450	3,094457000	-0,01517309
Preço	0,02531828	0,65818990	0,8151903	-5,99889200	0,01412887

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

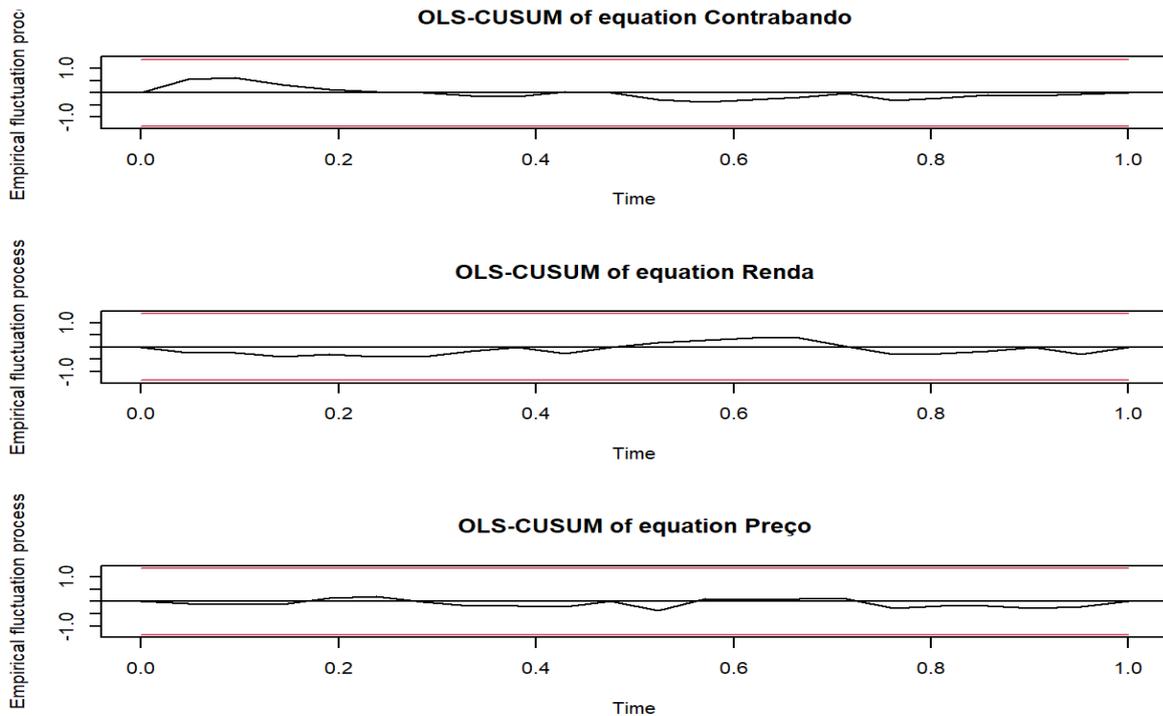
Com base na Tabela 14, observa-se que apenas a própria variável de consumo aparente possui relação consigo mesma no longo prazo de maneira significativa. No longo prazo, um aumento de 1% no contrabando impactaria positivamente o contrabando cerca de 0,0042%, enquanto as variáveis de preço e renda afetariam o contrabando de maneira negativa e positiva, com impactos de -0,05 e 0,01, respectivamente. Deve-se apontar, contudo, que a utilização de variáveis não estacionárias sem nenhum tipo de correção gerou estimadores pouco confiáveis, já que o principal objetivo dessa linha metodológica é a aplicação do impulso-resposta para a observação da relação entre as variáveis.

O próximo procedimento será a apresentação da decomposição da variância dos erros de previsão do modelo, buscando avaliar a proporção de movimentos de uma sequência de previsões que é devido a choques na própria variável contra choques nas demais. Posteriormente, será apresentado o teste CUSUM para estabilidade do modelo e os testes de normalidade, heterocedasticidade e autocorrelação do modelo observado nesta seção.

Tabela 15 – Resultados dos diagnósticos para o modelo 3

Teste	Estatística	p-valor
Portmanteau	8,162300000	< 2,2e-16
JB	3,59440000	0,73140000
Assimetria	2,307300000	0,51110000
Curtose	1,287100000	0,73220000
ARCH	21,53700000	0,97300000

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 10 – Resultados do teste CUSUM para o modelo 3

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os testes realizados apontam para a presença de normalidade na distribuição dos resíduos para os três critérios analisados (Jacque-Bera, Assimetria e Curtose) assim como a presença de autocorrelação residual, apontada pelo teste de Portmanteau. O teste ARCH realizado apontou a homocedasticidade do modelo e o teste CUSUM apontou para um modelo estável.

Tabela 16 – Resultados do teste de distribuição da variância do erro para o modelo 3

Passo a frente	Contrabando	Renda	Preço
1	100	0,0	0,0
2	88,6	6,6	4,8
3	85,2	8,4	6,3
4	83,3	9,4	7,2
5	82,2	10,0	7,8
6	81,5	10,3	8,3
7	80,9	10,5	8,6
8	80,6	10,6	8,9
9	80,3	10,6	9,1
10	80,1	10,6	9,3

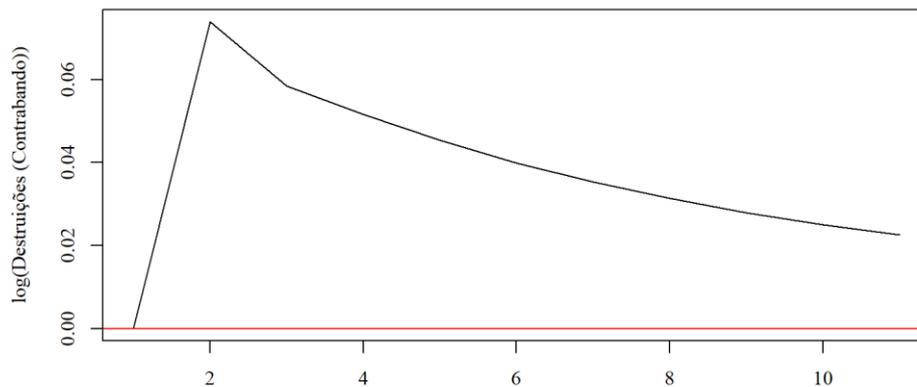
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Observando a distribuição da variância dos erros no modelo, pode-se visualizar que a variável de contrabando tem grande protagonismo na explicação dos seus próprios erros, contudo, observamos uma participação maior das demais variáveis no curto prazo, em comparação com os modelos anteriores. Na primeira previsão adiante, observamos que a variável de consumo é inteiramente responsável pelo erro - podendo indicar também a ausência de efeitos contemporâneos entre as variáveis – enquanto na previsão de dez observações a frente, explica 71,7% dos erros de previsão, com as variáveis de renda e preço explicando 12,1% e 16,1% dos erros, respectivamente.

Nesse corte da análise do modelo, passamos a observar especificamente as dinâmicas estabelecidas na função de impulso-resposta. No gráfico 11, é apresentado o gráfico da resposta da variável de consumo aparente per capita de cigarros a um choque administrado na variável que representa o índice de preços do cigarro.

O experimento demonstra que um choque realizado na variável de preço – ou seja, um aumento no índice de preços do cigarro – apresenta uma relação positiva com a variável de consumo de cigarros. Isso significa que o contrabando de cigarros, representado pela *proxy* de destruições de cigarros ilegais apreendidos, responde positivamente à choques no índice de preços do cigarro. A resposta positiva ao choque tem seu pico no segundo período futuro e apresenta uma queda nos posteriores, descendendo até uma estabilidade no longo prazo.

Gráfico 11 – Resultados do impulso resposta na variável de contrabando após choque em preços para o modelo 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Pode-se observar que o experimento realizado vai de encontro aos resultados encontrados em Effertz et Schlittgen (2018), que constataram a inalteração dos dados de mercado ilegal na Alemanha após um choque no nível de preços. Isso leva a indicação de que fatores como a renda de um país e, portanto, a elasticidade-preço possuem um impacto maior em países de renda média ou baixa. Entretanto, não se pode descartar o entendimento de que crescimento do contrabando também é fruto da ausência de uma política de tributação continental comum.

Ao relacionar os resultados obtidos neste modelo com os obtidos no modelo anterior, para as relações entre um choque no índice de preços e mortes relacionadas ao tabagismo, pode-se compreender que o aumento do nível de contrabando de cigarros, indicado pelo aumento das destruições de cigarros ilegais apreendidos, não foi suficiente para implicar em um aumento de fatalidades causados pelo aumento de circulação de cigarros de menor qualidade significativa para reverter a trajetória de queda causada pela redução do consumo de cigarros legais. Isto pode indicar o nível de consumo de cigarros legais não foi completamente substituído pelos ilegais, demonstrando um *tradeoff* positivo para a política pública de aumento da tributação.

Tabela 13 – Resultados do teste de Granger Causalidade para o modelo 2

Hipótese nula	Estatística F	Probabilidade
$M \rightarrow P$	0,078	0,7843
$P \rightarrow M$	0,248	0,6252
$M \rightarrow R$	0,087	0,7715
$R \rightarrow M$	0,245	0,6275
$R \rightarrow P$	0,290	0,5966
$P \rightarrow R$	6,326	0,02162

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Por fim, é apresentado o resultado dos testes de granger causalidade para o modelo. Os resultados apontam que apenas a variável de preço possui relação de causalidade unidirecional com relação a renda.

6 CONCLUSÃO

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica inicial, explicitando caminhos metodológicos de observação do comportamento de variáveis no curto e longo prazo, e uma construção de antecedentes históricos que auxilia na compreensão da trajetória dos indicadores de consumo, mercado ilegal e saúde relacionados ao consumo de cigarros. A partir destes indicadores foi desenvolvido um modelo autorregressivo que observava o comportamento destas variáveis a partir de um choque no nível de preços através de um aumento da tributação.

Cumprindo as etapas metodológicas, determinou-se um modelo de vetores autorregressivos que explicitou as relações existentes entre as variáveis de consumo, mercado ilegal e saúde relacionados ao consumo de cigarros com a série histórica para o índice de preços do cigarro. Especificamente, foi elaborado um modelo envolvendo as séries de renda per capita e índice de preços para avaliar a relação destas séries para cada uma das três variáveis analisadas (consumo, mercado ilegal e saúde relacionados ao consumo de cigarro).

Os resultados da avaliação do comportamento e do tempo levado pelas variáveis para retornarem ao equilíbrio demonstra que os impactos dos choques são duradouros em todas as variáveis, levando uma série de anos – superando uma década – para o retorno ao equilíbrio. No curto prazo, pôde-se notar o impacto positivo do choque no nível de preços para a redução do consumo legal, do número de mortes associadas ao tabagismo e negativo no nível do mercado ilegal, aumentando o número de destruições no período. O *tradeoff* estabelecido, contudo, é positivo para a efetividade política pública de aumento da tributação.

Após a análise da decomposição da variância, pode-se observar que as variáveis de renda e preços explicavam as demais variáveis analisadas em 38,9% para o consumo aparente per capita de cigarros, 49,9% para o indicador de mortes relacionadas ao tabagismo e 19,9% para o indicador de comércio ilegal (contrabando), representado pelas destruições de cigarros ilegais apreendidos. Tais figuras denotam que as variáveis são bem influenciadas pelos fatores analisados.

Pode-se dizer, após a análise dos modelos e das relações proporcionadas pelo choque de preços nas variáveis, que os resultados mostraram importantes relações e comportamentos das variáveis analisadas e terminam por demonstrar a continuada efetividade e possibilidade de

manutenção da trajetória de aumento da tributação dos cigarros dentro do mercado brasileiro. Ademais, nota-se que os resultados estão de acordo com a literatura desenvolvida para a área.

Deixa-se, como sugestão para trabalhos futuros, condução do teste para um vetor de correção de erros, clarificando ainda mais as relações de curto e longo prazo das variáveis analisadas, além de enriquecer os resultados com recursos preditivos mais precisos. Recomenda-se também aos órgãos de monitoramento e demais entes estatais uma maior compilação de dados e ampliação de séries históricas para as variáveis estudadas, auxiliando na criação de estudos mais robustos de compreensão e predição do comportamento de tais dados. Sendo assim, cabe agora ao tomador de decisões – o gestor público – ponderar sobre as relações aqui estabelecidas e promover a continuidade da política pública de tributação, comprovadamente eficiente na redução de consumo e mortes causadas por este problema endêmico de saúde pública: o tabagismo.

REFERÊNCIAS

ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. **Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program**. Journal of the American statistical Association, v. 105, n. 490, p. 493-505, 2010.

BENJAMIN, B. **Smoking and Health**. A Report of the Royal College of Physicians.[Pp. 70. London: Pitman Medical Publishing Co., Ltd., 1962. 5s. 0d.]. Journal of the Institute of Actuaries, v. 88, n. 2, p. 259-261, 1962.

Centers for Disease Control and Prevention. **Smoking Cessation: Fast Facts**. <https://www.cdc.gov/tobacco/data_statistics/fact_sheets/cessation/smoking-cessation-fast-facts/index.html>. Acesso em: 2 nov. 2021.

COASE, Ronald H. **The problem of social cost**. In: Classic papers in natural resource economics. Palgrave Macmillan, London, 1960. p. 87-137.

COCHRAN, William G. **The effectiveness of adjustment by subclassification in removing bias in observational studies**. Biometrics, p. 295-313, 1968.

Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Exportação e Importação Geral**. <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

CRAWFORD, Ian; KEEN, Michael; SMITH, Stephen. **Value added tax and excises**. Dimensions of tax design: the Mirrlees review, v. 1, p. 275-362, 2010.

DE ARAUJO JR, José Tavares. **Tributação, Regulação e Condições de Concorrência na Indústria de Cigarros**. Ecostrat Consultores. 2006.

DECKER, Sandra; SCHWARTZ, Amy Ellen. **Cigarettes and alcohol: substitutes or complements?**. 2000.

DRITSAKIS, Nikolaos. **Forecasting Cigarette Consumption in Greece: An empirical investigation with cointegration analysis**. Agricultural Economics Review, v. 4, n. 389-2016-23384, p. 32-46, 2003.

EFFERTZ, T.; SCHLITTGEN, R. **Cigarette prices, tobacco taxes and the proportion of contraband cigarettes in Germany**. Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany)), v. 75, n. 6, p. e95-100, 2012.

Folha de São Paulo. **Governo modifica tributação do cigarro**. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi29059913.htm>> Acesso em: 4 fev. 2022.

Fundação Getúlio Vargas. **Monitor do PIB-FGV aponta crescimento de 4,7% em 2021, principalmente no setor de serviços** <<https://portalibre.fgv.br/noticias/monitor-do-pib-fgv-aponta-crescimento-de-47-em-2021-principalmente-no-setor-de-servicos>> acesso em: 15 mar. 2022

Governo do Brasil. **Decreto N° 3.070, de 27 de maio de 1999.**
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3070.htm> acesso em: 5 fev. 2022

Governo do Brasil. **Decreto N° 8.262 de 31 de maio de 2014.**
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8262.htm> acesso em: 5 fev. 2022

Governo do Brasil. **Decreto-lei N° 4.502, de 30 de novembro de 1964.**
<<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4502-30-novembro-1964-376851-publicacaooriginal-1-pl.html>> acesso em: 5 fev. 2022

Governo do Brasil. **Lei N° 12.546, de 14 de dezembro de 2011.**
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12546.htm> acesso em: 5 fev. 2022

Governo do Brasil. **Lei N° 7.488, de 11 de junho de 1986.**
<<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-7488-11-junho-1986-367954-publicacaooriginal-1-pl.html>> acesso em: 5 fev. 2022

Governo do Brasil. **Lei N° 9.294, de 15 de julho de 1996.**
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9294.htm> acesso em: 5 fev. 2022

GRANGER, Clive WJ. **Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods.** *Econometrica: journal of the Econometric Society*, p. 424-438, 1969.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, D. C. **Econometria básica.** 5 edição. Editora: Makron Books, 2000.

HARRIS, Jeffrey E. et al. **Cigarette tar yields in relation to mortality from lung cancer in the cancer prevention study II prospective cohort, 1982-8.** *Bmj*, v. 328, n. 7431, p. 72, 2004.

HO, Li-Ming et al. **Raising cigarette excise tax to reduce consumption in low-and middle-income countries of the Asia-Pacific region: a simulation of the anticipated health and taxation revenues impacts.** *BMC Public Health*, v. 18, n. 1, p. 1-9, 2018.

IGLESIAS, Roberto. **A economia do controle do tabaco nos países do Mercosul e associados: Brasil.** In: *A economia do controle do tabaco nos países do Mercosul e associados: Brasil.* 2006. p. 73-73.

IGLESIAS, Roberto. **La Evolución del Mercado Negro en Brasil,** *Alliance Bulletin*, INB-1, February. 2008.

IGLESIAS, Roberto. **Principales Puntos de la Investigación sobre el Contrabando y el Mercado Informal em Brasil.** Centro de Estudos de Integração e Desenvolvimento, Rio de Janeiro. 2008.

Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). **Global Smoking Prevalence and Cigarette Consumption 1980-2012.** Seattle, United States of America: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2014.

Instituto Brasileiro de Ética Concorrencial . **Produto ilegal atinge 57% do mercado de cigarros.** < <https://www.etco.org.br/noticias/produto-ilegal-atinge-57-do-mercado-de-cigarros/>> acesso em: 5 fev. 2022

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções da População do Brasil e Unidades da Federação por sexo e idade: 2010-2060.** <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?edicao=21830&t=resultados>> acesso em: 7 abr. 2022

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeções da População por sexo e idade - Brasil: 2000-2060.** <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?edicao=9116&t=resultados>> acesso em: 7 abr. 2022

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema de Contas Nacionais.** <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=resultados>> acesso em: 7 abr. 2022

JOHANSEN, Søren. **Statistical analysis of cointegration vectors.** Journal of economic dynamics and control, v. 12, n. 2-3, p. 231-254, 1988.

JOHNSTON, M. **Teenage smoking and the federal excise tax on cigarettes.** Philip Morris memorandum, September, v. 17, 1981.

JOOSSENS, Luk; RAW, Martin. **Turning off the tap: the real solution to cigarette smuggling.** The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease, v. 7, n. 3, p. 214-222, 2003.

LAMPREIA, Sarah et al. **Tabagismo no brasil: estimação das elasticidades preço e renda na participação e na demanda por cigarros industrializados.** Pesquisa e Planejamento Econômico, v. 45, n. 2, p. 245-70, 2015.

MEIER, Kenneth J.; LICARI, Michael J. **The effect of cigarette taxes on cigarette consumption, 1955 through 1994.** American Journal of Public Health, v. 87, n. 7, p. 1126-1130, 1997.

PHILLIPS, Peter CB. **Impulse response and forecast error variance asymptotics in nonstationary VARs.** Journal of econometrics, v. 83, n. 1-2, p. 21-56, 1998.

PIGOU, A. C. **The economics of welfare.** London: MacMillan. 4^a. edição. (1962 [1920])

PINTO, Marcia et al. **Estimativa da Carga do Tabagismo no Brasil: mortalidade, morbidade e custos.** Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 31(6): 1286-1297, jun, 2015.

PINTO, Marcia et al. **Carga do tabagismo no Brasil e benefício potencial do aumento de impostos sobre os cigarros para a economia e para a redução de mortes e adoecimento.** Cadernos de Saúde Pública, v. 35, 2019.

PORTES, Leonardo Henriques; MACHADO, Cristiani Vieira; TURCI, Silvana Rubano Barretto. **Trajatória da política de controle do tabaco no Brasil de 1986 a 2016.** Cadernos de Saúde Pública, v. 34, 2018.

Receita Federal. **Arrecadação Serie Histórica**. <<https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/receitadata/arrecadacao/serie-historica>> acesso em: 5 fev. 2022

REITSMA, Marissa B. et al. **Spatial, temporal, and demographic patterns in prevalence of smoking tobacco use and attributable disease burden in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis from the Global Burden of Disease Study 2019**. The Lancet, v. 397, n. 10292, p. 2337-2360, 2021.

SHARBAUGH, Michael S. et al. **Impact of cigarette taxes on smoking prevalence from 2001-2015: A report using the Behavioral and Risk Factor Surveillance Survey (BRFSS)**. Plos one, v. 13, n. 9, p. e0204416, 2018.

SILVA, Andre Luiz Oliveira da; PIRAS, Stefania Schimaneski; MOREIRA, Josino Costa. **Considerações acerca do impacto da política de impostos sobre o comércio e o consumo dos cigarros no Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, v. 35, p. e00077419, 2019.

SIMS, Christopher A. **Macroeconomics and reality**. Econometrica: journal of the Econometric Society, p. 1-48, 1980.

SIMS, Christopher A.; STOCK, James H.; WATSON, Mark W. **Inference in linear time series models with some unit roots**. Econometrica: Journal of the Econometric Society, p. 113-144, 1990.

STIGLER, George J.; BECKER, Gary S. **De gustibus non est disputandum**. The american economic review, v. 67, n. 2, p. 76-90, 1977.

THALER, Richard H.; SHEFRIN, Hersh M. **An economic theory of self-control**. Journal of political Economy, v. 89, n. 2, p. 392-406, 1981.

TINGUM, Ernest N.; MUKONG, Alfred K.; MDEGE, Noreen. **The effects of price and non-price policies on cigarette consumption in South Africa**. Tobacco induced diseases, v. 18, 2020.

TODA, Hiro Y.; YAMAMOTO, Taku. **Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes**. Journal of econometrics, v. 66, n. 1-2, p. 225-250, 1995.

UK Government. **Tobacco Levy**, 1976. <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/464795/PU1814_Tobacco_Levy_final_v3.pdf> acesso em: 5 fev. 2022.

UK Parliament. **Television Act**, 1964. <<https://api.parliament.uk/historic-hansard/acts/television-act-1964>> acesso em: 5 fev. 2022.

VON HAYEK, Friedrich. **The fatal conceit**. University of Chicago Press, 1991.

ANEXOS

ANEXO 1 – CÓDIGO PARA O SOFTWARE LIVRE R.

library(forecast)

library(KFAS)

library(tidyverse)

library(vars)

library(cointReg)

library(tsDyn)

library(BETS)

library(dplyr)

library(ipeadatar)

library(readxl)

library(lmtest)

library(skedastic)

library(fastDummies)

library(urca)

library(strucchange)

library(svars)

library(tseries)

ABERTURA DOS DADOS

Séries <- read_xlsx() #Inserir o caminho para o arquivo de dados

```

#                               MODELO VAR PARA CHOQUE NO PREÇO DE CIGARROS                               #

Cigarros = ts((Séries$cigarro_per_capita), frequency = 1)

Renda = ts((Séries$renda_per_capita), frequency = 1)

Preço = ts((Séries$IPCA_cigarros), frequency = 1)

Lei = ts(Séries$lei_antifumo, frequency = 1)

Mortes = ts((Séries$Mortes), frequency = 1)

Contrabando = ts((Séries$destruições_ajustado), frequency = 1)

names <- c("Cigarros", "Renda", "Preço")

names2 <- c("Mortes", "Renda", "Preço")

names3 <- c("Contrabando", "Renda", "Preço")

series <- ts(cbind(log(Cigarros),log(Renda),log(Preço)), start = c(2000,1), end = c(2021,1))

colnames(series) <- names

series2 <- ts(cbind(log(Mortes),log(Renda),log(Preço)), start = c(2000,1), end = c(2019,1))

colnames(series2) <- names2

series3 <- ts(cbind(log(Contrabando),log(Renda),log(Preço)), start = c(2000,1), end =
c(2021,1))

colnames(series3) <- names3

# Resumo dos Dados

Cigarros_Per_Capita <- ts(Cigarros, start = c(2000,1), end = c(2021,1), frequency = 1)

Renda_Per_Capita <- ts(Renda, start = c(2000,1), end = c(2021,1), frequency = 1)

Preço_Cigarros <- ts(Preço, start = c(2000,1), end = c(2021,1), frequency = 1)

Mortes_Cigarro <- ts(Mortes, start = c(2000,1), end = c(2021,1), frequency = 1)

```

```
Contrabando_Illegal <- ts(Contrabando, start = c(2000,1), end = c(2021,1), frequency = 1)

resumo <- ts(cbind(Contrabando,Cigarros,Renda,Preço,Mortes),start = c(2000,1), end =
c(2021,1))

summary(resumo)

var(Cigarros_Per_Capita)

var(Renda_Per_Capita)

var(Preço_Cigarros)

var(Mortes_Cigarro)

var(Contrabando_Illegal)

#Plotagem dos dados

plot(Cigarros_Per_Capita,

      main = "Gráfico 1 – Série histórica para o consumo aparente per capita de cigarros (2000-
2021)",

      ylab = "Cigarros per Capita", xlab = "Ano",

      family="Times", face="bold", size=10)

plot(Renda_Per_Capita,

      main = "Gráfico 5 – Série histórica para renda per capita do Brasil (2000-2021)",

      ylab = "Renda Per Capita (em reais)", xlab = "Ano",

      family="Times", face="bold", size=10)

plot(Preço_Cigarros,

      main = "Gráfico 2 – Série histórica para o índice de preços do cigarro (2000-2021)",

      ylab = "Índice (100 = 2000)", xlab = "Ano",
```

```

    family="Times", face="bold", size=10)

plot(Mortes_Cigarro,

    main = "Gráfico 4 – Série histórica para mortes relacionadas ao tabagismo (2000-2019)",

    ylab = "Mortes (por cem mil hab.)", xlab = "Ano",

    family="Times", face="bold", size=10)

plot(Contrabando_Illegal,

    main = "Gráfico 3 – Série histórica para destruições de cigarros (2000-2021)",

    ylab = "Destruições (em cigarros)", xlab = "Ano",

    family="Times", face="bold", size=10)

# Teste Dickey-Fuller Ampliado

adf.test(log((Cigarros)), k=1)

adf.test(((series2[, "Mortes"])), k=1)

adf.test((log(Preço)), k=1)

adf.test((log(Contrabando)), k=1)

adf.test((log(Renda)), k=1)

adf1 <- summary(ur.df((series[, "Cigarros"]), type = "trend", lags = 1))

adf2 <- summary(ur.df((series[, "Renda"]), type = "trend", lags = 1))

adf3 <- summary(ur.df((series[, "Preço"]), type = "trend",lags = 1))

adf4 <- summary(ur.df((series2[, "Mortes"]), type = "trend",lags = 1))

adf5 <- summary(ur.df((series3[, "Contrabando"]), type = "trend",lags = 1))

cbind(t(adf1@teststat), adf1@cval)

```

```
cbind(t(adf2@teststat), adf2@cval)
```

```
cbind(t(adf3@teststat), adf3@cval)
```

```
cbind(t(adf4@teststat), adf4@cval)
```

```
cbind(t(adf5@teststat), adf5@cval)
```

```
#Seleção de Lags do VAR
```

```
VARselect(series, lag.max =3, type = "const")
```

```
VARselect(series2,lag.max =3, type = "const")
```

```
VARselect(series3,lag.max =3, type = "const")
```

```
#VAR
```

```
var1 <- VAR(series, p = 1, type = "const",
```

```
    exogen = cbind(Lei = ts(Séries$lei_antifumo, start = c(2000,1), end = c(2021,1),
frequency = 1)),
```

```
    ic = c("AIC"))
```

```
var2 <- VAR(series2, p = 1, type = "const",
```

```
    exogen = cbind(Lei = ts(Séries$lei_antifumo, start = c(2000,1), end = c(2019,1),
frequency = 1)),
```

```
    ic = c("AIC"))
```

```
var3 <- VAR(series3, p = 1, type = "const",
```

```
    exogen = cbind(Lei = ts(Séries$lei_antifumo, start = c(2000,1), end = c(2021,1),
frequency = 1)),
```

```
    ic = c("AIC"))
```

```
#Raizes do VAR
```

```
roots(var1)
```

```
roots(var2)
```

```
roots(var3)
```

```
summary(var2)
```

```
Bcoef(var1)
```

```
Bcoef(var2)
```

```
Bcoef(var3)
```

```
#Teste de Cointegração de Johansen
```

```
jotest <- ca.jo(series, type="eigen", K=2, ecdet="const", spec="longrun")
```

```
summary(jotest)
```

```
jotest2 <- ca.jo(series2, type="eigen", K=2, ecdet="const", spec="longrun")
```

```
summary(jotest2)
```

```
jotest3 <- ca.jo(series3, type="eigen", K=2, ecdet="const", spec="longrun")
```

```
summary(jotest3)
```

```
#Teste ARCH para Heterocedasticidade Condicional
```

```
ARCH1 = arch.test(var1, lags.multi = 1, multivariate.only = TRUE)
```

```
ARCH2 = arch.test(var2, lags.multi = 1, multivariate.only = TRUE)
```

```
ARCH3 = arch.test(var3, lags.multi = 1, multivariate.only = TRUE)
```

```
print(ARCH1)
```

```
print(ARCH2)
```

```
print(ARCH3)
```

```
#Teste Portmanteau (assintótico) para resíduos
```

```
ser11 <- serial.test(var1,lags.pt = 1, type = "PT.asymptotic")

ser12 <- serial.test(var2,lags.pt = 1, type = "PT.asymptotic")

ser13 <- serial.test(var3,lags.pt = 1, type = "PT.asymptotic")

print(ser11)

print(ser12)

print(ser13)

plot(ser11)

#Teste de Normalidade, JB e Kurtose

norm1 <- normality.test(var1)

norm1

norm2 <- normality.test(var2)

norm2

norm3 <- normality.test(var3)

norm3

#FEVD

fevd1 <- fevd(var1, n.ahead = 10)

fevd2 <- fevd(var2, n.ahead = 10)

fevd3 <- fevd(var3, n.ahead = 10)

plot(fevd1)

print(fevd1$Cigarros)

plot(fevd2)
```

```

print(fevd2$Mortes)

plot(fevd3)

print(fevd3$Contrabando)

#Teste CUSUM para Estabilidade do Modelo

stab1 <- stability(var1, type = "OLS-CUSUM")

plot(stab1,

     family="Times", face="bold", size=10)

stab2 <- stability(var2, type = "OLS-CUSUM")

plot(stab2,

     family="Times", face="bold", size=10)

stab3 <- stability(var3, type = "OLS-CUSUM")

plot(stab3,

     family="Times", face="bold", size=10)

#Impulso Resposta

impulse = irf(var1, impulse = "Preço", n.ahead = 10, response = c("Cigarros"), boot = F, ortho
= TRUE, cumulative = F)

impulse2 = irf(var2, impulse = "Preço", n.ahead = 10, response = c("Mortes"), boot = F,

     ortho = TRUE, cumulative = F)

impulse3 = irf(var3, impulse = "Preço", n.ahead = 10, response = c("Contrabando"), boot = F,

     ortho = TRUE, cumulative = F)

plot(impulse, main = "Gráfico 7 – Resultados do impulso resposta na variável de consumo após
choque em preços para o modelo 1",

```

```

ylab = "log(Cigarros Per Capita)", xlab = "Tempo",

family="Times", face="bold", size=10)

print(impulse)

plot(impulse2, main = "Gráfico 9 – Resultados do impulso resposta na variável de mortes
relacionadas ao tabagismo após choque em preços para o modelo 2",

ylab = "log(Mortes)", xlab = "Tempo",

family="Times", face="bold", size=10)

print(impulse2)

plot(impulse3, main = "Gráfico 11 – Resultados do impulso resposta na variável de contrabando
após choque em preços para o modelo 3",

ylab = "log(Destruições (Contrabando))", xlab = "Tempo",

family="Times", face="bold", size=10)

print(impulse3) #Teste Causalidade Granger

granger1 <- grangertest(Cigarros ~ Preço, order = 1, data = series)

granger11 <- grangertest(Preço ~ Cigarros, order = 1, data = series)

granger2 <- grangertest(Cigarros ~ Renda, order = 1, data = series)

granger22 <- grangertest(Renda ~ Cigarros, order = 1, data = series)

granger3 <- grangertest(Mortes ~ Preço, order = 1, data = series2)

granger33 <- grangertest(Preço ~ Mortes, order = 1, data = series2)

granger4 <- grangertest(Mortes ~ Renda, order = 1, data = series2)

granger44 <- grangertest(Renda ~ Mortes, order = 1, data = series2)

granger5 <- grangertest(Contrabando ~ Preço, order = 1, data = series3)

```

```
granger55 <- grangertest(Preço ~ Contrabando, order = 1, data = series3)
```

```
granger6 <- grangertest(Contrabando ~ Renda, order = 1, data = series3)
```

```
granger66 <- grangertest(Renda ~ Contrabando, order = 1, data = series3)
```

```
granger7 <- grangertest(Renda ~ Preço, order = 1, data = series)
```

```
granger77 <- grangertest(Preço ~ Renda, order = 1, data = series)
```

```
print(granger1)
```

```
print(granger11)
```

```
print(granger2)
```

```
print(granger22)
```

```
print(granger3)
```

```
print(granger33)
```

```
print(granger4)
```

```
print(granger44)
```

```
print(granger5)
```

```
print(granger55)
```

```
print(granger6)
```

```
print(granger66)
```

```
print(granger7)
```

```
print(granger77)
```