



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SOCIEDADE
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

ESTEVÃO MIGUEL CARDOSO DA SILVA

**DETECÇÃO DE INDÍCIOS DE CARTEL: UM ESTUDO DE CASO PARA
BELÉM/PA E SANTARÉM/PA POR MEIO DE MODELOS DE VOLATILIDADE**

**SANTARÉM/PA
2021**

ESTEVÃO MIGUEL CARDOSO DA SILVA

**DETECÇÃO DE INDÍCIOS DE CARTEL: UM ESTUDO DE CASO PARA
BELÉM/PA E SANTARÉM/PA POR MEIO DE MODELOS DE VOLATILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas, sob orientação do Prof. Dr. Tarcísio da Costa Lobato.

**SANTARÉM-PA
2021**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/ UFOPA

S586d Silva, Estevão Miguel Cardoso da
Detecção de indícios de cartel: um estudo de caso para Belém/PA e Santarém/PA por
meio de modelos de volatilidade./ Estevão Miguel Cardoso da Silva. – Santa-rém, 2021.
45 p.: il.
Inclui bibliografias.

Orientador: Tarcísio da Costa Lobato
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará,
Instituto de Ciências da Sociedade, Curso Bacharelado em Ciências Econômicas.

1. Cartel . 2. Variância. 3. Combustíveis. I. Lobato, Tarcísio da Costa, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 338.85098115

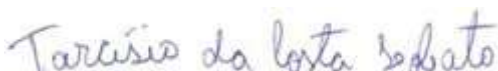
ESTEVÃO MIGUEL CARDOSO DA SILVA

**DETECÇÃO DE INDÍCIOS DE CARTEL: UM ESTUDO DE CASO PARA
BELÉM/PA E SANTARÉM/PA POR MEIO DE MODELOS DE VOLATILIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas, sob orientação do Prof. Dr. Tarcísio da Costa Lobato

Conceito: 10

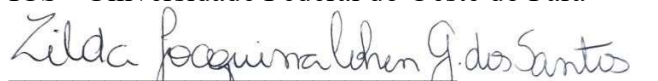
Data de aprovação: 01 /09 /2021



Prof. Dr. Tarcísio da Costa Lobato
PCEDR - Universidade Federal do Oeste do Pará

JARSEN LUIS CASTRO GUIMARÃES
DIRETOR DO ICS


Prof. Dr. Jarsen Luis Castro Guimarães
ICS - Universidade Federal do Oeste do Pará


Profa. Dr. Zilda Joaquina Cohen Gama dos Santos
PCEDR - Universidade Federal do Oeste do Pará

**SANTARÉM-PA
2021**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais por tornarem isso possível, pois sem eles definitivamente este trabalho e tudo o que ele representa não seriam possíveis. Agradeço também ao meu orientador o professor Tarcísio Lobato que sempre se mostrou solícito e compreensivo com todas as minhas demandas. Também presto aqui meus profundos agradecimentos aos meus colegas de turma que convivi e compartilhei momentos que levarei comigo para sempre. Sou grato ainda aos meus professores por me inspirarem e me motivarem a chegar até aqui. Adicionalmente, deixo meus agradecimentos aos professores Yuliya Bolotova, Joseph Harrington, André Suriane por todo o auxílio e respostas esclarecidas durante o processo de produção deste trabalho. Por último, deixo meus agradecimentos a todos os integrantes de fóruns de dúvidas e canais do Youtube que disponibilizaram diversos esclarecimentos que foram de utilidade inestimável para a produção deste estudo.

*“If I have seen further it is by standing on the
shoulders of Giants” (NEWTON, 1765)*

RESUMO

No Brasil, atualmente, um dos principais esforços despendidos pelo Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência (SBDC) está em combater as frequentes associações colusivas entre firmas no mercado de combustíveis brasileiro, as quais incorrem nesse tipo de associação tanto no varejo (postos de combustíveis) quanto no atacado (setor de distribuição). Ademais, o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) necessita cada vez mais de estudos para subsidiar as investigações de denúncias de paralelismo de preço entre firmas. No estado do Pará, em especial, há poucos estudos dedicados para detecção de indícios de cartéis, portanto esta pesquisa pretende analisar nos municípios de Belém e Santarém. A base de dados utilizada foram os dados semanais fornecidos pelo portal oficial da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no período de 2004 a 2020. Dessa forma, este estudo empregou métodos estatísticos de *screens* com a utilização dos modelos de volatilidade ARCH (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*), GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*), EGARCH (*Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic*) e TGARCH (*Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*). Para ser feita a aplicação dos modelos, foram selecionados dois períodos em que se supôs ter havido um cartel. Tais períodos foram determinados com base na aplicação de filtros de margem de revenda e de variação dos preços, conforme a metodologia selecionada. Os modelos não apontaram indícios de cartel, pela equação para a média, pois não há aumento de preços durante o período hipotético de cartel nos dois municípios. Ademais, foi verificado na equação da variância do modelo ARCH de Belém que houve redução na variação dos preços, configurando um indicio de cartel. Não houve indícios de presença de choques assimétricos na série de Belém. Nos modelos de Santarém não houve indícios de cartel pela equação da variância dos modelos. O modelo TGARCH para Santarém apresentou indícios de presença de choques assimétricos na série do município.

PALAVRAS CHAVES: Cartel. Variância. Combustíveis.

ABSTRACT

In Brazil, currently, one of the main efforts made by the Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência (SBDC) is to fight against collusive associations between firms in the Brazilian fuels market, such as which incur in this type of association both in retail (gas stations) and not wholesale (distribution sector). In the state of Pará, in particular, there are few studies dedicated to analyzing the municipalities that this research will endeavor to study. Added to this is the fact that the Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) increasingly needs studies such as this one to support investigations into complaints of price parallelism between firms. Thus, this study used several statistical methods using the ARCH (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity), GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity), EGARCH (Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic) and TGARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) volatility models (Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedastic) and TGARCH (Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) on the series of gasoline C prices in the municipalities of Belém/PA and Santarém/PA, using weekly data provided by the official website of the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP). The series covers the period 2004-2020. In order to apply the models, two periods were selected in which there was supposed to have been a cartel. These periods were determined based on the application of resale margin and price variation filters, following the selected methodology. The models did not show signs of a cartel, according to the equation for the average, as there is no price increase during the hypothetical cartel period in the two municipalities. Furthermore, it was verified in the variance equation of the Belém ARCH model that there was a reduction in price variation, configuring an indication of a cartel. There was no evidence of the presence of asymmetric shocks in the Belém series. In the Santarém models, there was no evidence of a cartel by the equation of variance of the models. The TGARCH model for Santarém showed evidence of the presence of asymmetric shocks in the municipality's series.

KEYWORDS: Cartel. Variance. Fuels.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Resumo de condenações de carteis pelo CADE.....	22
Gráfico 1 - Série de preços da gasolina C de Santarém/PA com período hipotético de cartel.....	32
Gráfico 2 - Margem percentual de revenda da gasolina C de Santarém/PA.....	33
Gráfico 3 - Série de preços da gasolina C de Belém/PA com período hipotético de cartel.....	34
Gráfico 4 - Margem percentual de revenda da gasolina C de Belém/PA.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Períodos selecionados para a análise e estatísticas descritivas das séries.....	32
Tabela 2 – Modelos com a inclusão da variável <i>dummy</i>	35
Tabela 3 – Resultados dos modelos para a média de Belém.....	37
Tabela 4 – Resultados dos modelos para a variância de Belém.....	38
Tabela 5 – Resultados dos modelos para a média de Santarém.....	39
Tabela 6 – Resultados dos modelos para a variância de Santarém.....	40

LISTA DE SIGLAS

ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ADF	<i>Augmented</i> Dickey-Fuller
AR	Auto Regressivo
ARCH	Autoregressive Conditional Heteroscedasticity
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CVPR	Coefficiente de Variação dos Preços de Revenda
GARCH	Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LPC	Levantamento de Preços de Combustíveis
EGARCH	Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
SEAE/MF	Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda
SBDC	Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência
TGARCH	Threshold Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity

LISTA DE ABREVIATURAS

H_0 Hipótese nula

H_1 Hipótese alternativa

R\$/L Reais por litro

i.i.d Independente e identicamente distribuído

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. Problema	16
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Geral	16
1.2.2. Específicos.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Cartéis	18
2.2. Oligopólios e Cartéis	19
2.3. Cartéis e o mercado de combustíveis	21
2.4. Abordagens sobre o comportamento de cartéis	23
2.4.1 Abordagem Comportamental	24
2.4.1.1. Marcadores de preço	24
2.4.1.2. Marcadores de Quantidade.....	24
2.4.2. Abordagem Estrutural	24
2.5. Quais elementos devem ser observados para identificar possíveis cartéis?	25
2.6. A literatura econômica sobre modelos econométricos de volatilidade e cartéis	26
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
3.1. Fontes de Informação	28
3.2. Técnicas de Coleta e Análise de Dados	28
3.3. Modelos de volatilidade	28
3.3.1. Modelo ARCH	29
3.3.2. Modelo GARCH	29
3.3.3. Modelo EGARCH	30
3.3.4. Modelo TGARCH	30
3.4. Procedimentos para a aplicação dos modelos	31
3.4.1. Período de cartel hipotético em Santarém/PA	32
3.4.2. Período de cartel hipotético em Belém/PA	33
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	36
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS	44
ANEXO 1 A– Gráficos das variâncias dos modelos de Belém	47
ANEXO 1 B – Gráficos das variâncias dos modelos de Santarém	48

ANEXO 2 A - Correlograma dos modelos de Belém.....	49
ANEXO 2 B - Correlograma dos modelos de Santarém.....	50

1. INTRODUÇÃO

Compreender as dinâmicas e comportamentos dos agentes econômicos na sociedade é uma das principais contribuições que a Ciência Econômica tem entregado ao campo do conhecimento científico ao longo de vários anos. Nesse sentido, esta tarefa pode ser definida como o estudo dos mais diversos mercados que se configuram de diferentes maneiras dadas as condições e relações existentes entre os agentes que o integram.

A partir disso, o que é de interesse maior neste trabalho é como alguns desses agentes (firmas) decidem realizar acordos explícitos (cartéis) com o intuito, sobretudo, de superar as condições de concorrência de mercado, e assim extrair resultados que não seriam possíveis sem a formação do acordo. Assim, surge a necessidade de formas de detectar este tipo de comportamento, pois diversos desses acordos são mantidos com extrema cautela pelas firmas e não transparecem muita das vezes aos consumidores ou às autoridades legais, permanecendo em grande parte das vezes por anos reduzindo o bem-estar dos consumidores e prejudicando a concorrência.

A literatura econômica sobre métodos e estratégias de detecção de cartéis cresceu bastante no decorrer dos anos com o suporte teórico da economia industrial e dos estudos empíricos sobre casos que ocorreram e puderam ser investigados. Reconhecidamente na literatura os métodos de detecção de cartéis recebem o nome de *screens*. De acordo com Abrantes-Metz e Bajari (2009), os *screens* possuem a função de identificar indústrias que possuem problemas e aspectos que comprometam a concorrência, e dentre essas indústrias quais são as firmas que podem estar envolvidas em um acordo de cartel. Os autores também destacam que há muitos usos para os *screens*, tais como: ferramentas de defesa para acusados como prova de não colusão; implementação de programas de leniência; estimação de danos econômicos e de multas.

Os *screens* não provam o acordo de cartel entre as firmas, servindo apenas para diferenciar os resultados que seriam obtidos em um mercado competitivo dos de um mercado com a presença de um cartel, indicando assim onde a autoridade legal pode imprimir maiores esforços para combater esse tipo de acordo. Portanto, mesmo que os *screens* forneçam apenas

evidências econômicas de um cartel, eles podem fornecer provas lógicas que possuam o mesmo peso de provas legais (BUCCIROSSI, 2006; ABRANTES-METZ; BAJARI, 2009).

No Brasil, atualmente, um dos principais esforços despendidos pelo Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência (SBDC) está em combater as frequentes associações colusivas entre firmas no mercado de combustíveis brasileiro, as quais incorrem nesse tipo de associação tanto no varejo (postos de combustíveis) quanto no atacado (setor de distribuição), prejudicando a concorrência, retirando bem-estar dos consumidores e limitando a sua capacidade de escolha no mercado. O setor de varejo de postos de combustíveis em especial é responsável por frequentes denúncias que relatam possíveis associações ilegais entre firmas prejudicando a concorrência. Somado a isto, está o fato de que o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) cada vez mais necessitar de estudos como este para subsidiar as investigações de denúncias de paralelismo de preço entre firmas.

De acordo com Silva (2016), as características próprias do mercado de combustíveis e outros fatores facilitam a formação de cartéis, estas características seriam: cadeias de produção, distribuição e comercialização fortemente integradas; diversas associações de postos nos municípios; barreiras à entrada no setor; conduta criminosa contra aqueles que não aderem ao cartel; dependência espacial dos combustíveis demandados; grande dificuldade em identificar os cartéis; facilidade de organização e fiscalização entre as firmas; homogeneidade dos combustíveis; e leniência do poder público.

Nesse sentido, pesquisar o setor de combustíveis torna-se relevante para entender como tais cartéis operam, quais são suas características e como detectá-los. No estado do Pará, em especial, a literatura é escassa no tratamento deste tema e por este motivo se pretende analisar os municípios de Belém e Santarém.

Posto isto, este estudo empregará métodos estatísticos de *screens* com a utilização dos modelos de volatilidade ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH aplicados nas séries de preços da gasolina C dos municípios de Belém/PA e Santarém/PA, utilizando os dados semanais fornecidos pelo portal oficial da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Serão realizadas análises na variância e média das séries para identificar indícios de cartel.

Por fim, este trabalho está dividido em cinco seções. As seções 1 apresenta, respectivamente, o problema proposto e os objetivos geral e específicos. A seção 2 apresenta uma revisão da literatura acerca de estruturas de mercado e cartéis. A seção 3 traz a descrição dos procedimentos metodológicos, a literatura acerca de métodos de detecção de cartéis por

meio de ferramentas estatísticas, bem como apresenta os modelos econométricos que serão utilizados. A seção 4 contém os resultados da execução dos modelos. E por último, a seção 5 traz as considerações finais deste estudo.

1.1. Problema

O problema norteador deste estudo é: a partir da aplicação de modelos de volatilidade ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH nas séries de preços dos postos do varejo de gasolina C dos municípios de Belém/PA e Santarém/PA é possível encontrar de indícios de cartéis? Desse modo, é esperado que tal questão possa encontrar resposta no desenvolvimento da pesquisa e que a construção do projeto como um todo possa ser direcionada por ela.

1.2. Objetivos

1.2.1. Geral

Este estudo tem como objetivo analisar as séries de preços da gasolina C dos municípios de Belém/PA e Santarém/PA em busca de possíveis indícios de cartéis entre firmas no varejo aplicando modelos econométricos de volatilidade.

1.2.2. Específicos

- 1 Descrever a partir da economia industrial os processos de cartelização;
- 2 Utilizar filtros estatísticos para a identificação de períodos de cartel;
- 3 Aplicar de modelos de volatilidade ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH;
- 4 Analisar com base nos modelos a existência ou não de indícios de cartéis.

Nesse sentido, a função da literatura econômica é fornecer evidências econômicas para a ação investigativa dos órgãos que atuam no combate a cartéis. Somado a isto, esta pesquisa se dedica a análise da dinâmica dos preços a partir da observação da variância e da média com o uso dos modelos estatísticos selecionados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A definição dos limites de um determinado mercado não é fácil dada a complexidade das atuais economias do mundo e as formas de interação entre os agentes no mercado. Tirole (1988) elucida que para delimitar um mercado faz-se necessária a observação da correlação entre os preços dos bens, pois os bens pertencentes a esse determinado mercado tendem a reagir de forma muito semelhante a choques de oferta e demanda.

Noutra perspectiva, Robinson (1969) sustenta que é possível definir o limite de um mercado através da observância dos bens substitutos, e dos substitutos dos substitutos para verificar até onde é possível inferir que há conexão entre os bens. Ainda, por questões práticas, neste estudo será entendido que um mercado é um espaço bem definido que comporta bens homogêneos ou diferentes produtos que são substitutos ou complementares entre si, e há limitada interação com o resto da economia (TIROLE, 1988).

Nessa lógica, a condição primária para que haja uma economia capitalista é a existência de um mercado de bens ou serviços no qual vendedores e compradores possam conjuntamente realizar trocas comerciais com o intuito de elevar o seu bem-estar após a efetivação da troca. Desse modo, a concorrência é basilar para garantir que tais trocas entre os indivíduos possam ocorrer da maneira mais eficiente possível do ponto de vista econômico. Em se tratando de concorrência de mercado, a literatura econômica neoclássica estabelece alguns critérios para que um mercado possa ser reconhecido como competitivo, dentre eles o mais reconhecido é a capacidade que os agentes têm de interferir no preço dos bens no mercado (PINDYCK e RUBINFELD, 2013).

Em um mercado competitivo hipotético, cada firma age como uma tomadora de preço. E individualmente vendedores e compradores têm pouca, ou nenhuma, capacidade de interferência no preço estabelecido dentro do mercado. Desse modo, mesmo que empiricamente não haja casos nos quais possa ser verificada a representação exata do modelo de concorrência perfeita, alguns mercados como o mercado agrícola e seus milhares de participantes podem ser reconhecidos como mercados que operam sob um modelo de concorrência perfeita. Noutro espectro, há estruturas de mercados nos quais há pouca, ou nenhuma prevalência da

competitividade pura e requerem uma análise mais profunda das suas naturezas (PINDYCK; RUBINFELD, 2013).

A literatura econômica apresenta diversos modelos de mercado nos quais esse tipo de comportamento pode ser detectado, sejam eles: *(i)* monopólio, caracterizado pela presença de apenas um vendedor e diversos compradores; *(ii)* monopsônio, sendo o oposto do monopólio, conta com muitos vendedores, e apenas um comprador; *(iii)* competição monopolística, neste modelo diversas firmas atuam em busca de garantir seu poder de monopólio através da diferenciação do seu produtos, sendo cada firma a única responsável pela produção dos seus produtos; *(iv)* e oligopólio, neste modelo somente algumas firmas competem entre si, a entrada de novas firmas é impedida e o lucro obtido depende da forma de associação entre as firmas (PINDYCK e RUBINFELD, 2013).

2.1. Cartéis

Cartéis são ações coordenadas entre firmas nas quais há acordos tácitos ou explícitos objetivando a coordenação de preços, quantidades ofertadas e/ou fatias de mercado, para maximização de lucro conjuntamente. Cartéis em que há um acordo tácito entre as firmas sem uma definição formal de preços, quantidades ou fatias de mercados, são considerados cartéis tácitos. Apesar da distinção feita entre as duas formas de acordo, em grande parte das vezes os danos ao bem-estar e a liberdade de escolha dos consumidores são os mesmos. (HARRINGTON, 2005).

De acordo com Harrington (2012), um resultado econômico obtido a partir da formação de preços supracompetitivos, sem que houvesse sido estabelecido um acordo formal entre as firmas configura um acordo de cartel tácito. De outro modo, quando há a deliberação de um acordo formal entre as firmas em prol de coordenar preços, quantidades e/ou fatias de mercado, esse tipo de associação recebe o nome de cartel explícito (HARRINGTON, 2005).

Dessa maneira, a distinção entre as formas de associações de firmas em cartel é fundamental para o entendimento do caráter jurídico de tais associações, haja vista que o modelo de cartel considerado ilegal em diversos países é o modelo no qual há um acordo anticompetitivo explícito entre as firmas. Harrington (2021) indica três razões que fazem com que cartéis existam e, por vezes, sejam bem sucedidos dentro de certos mercados, sejam elas: *(i)* mercados com bens muito similares e competição por preços acirrada; *(ii)* quando um

conjunto de firmas (dirigentes) percebem a competição como um obstáculo para a extração de lucros suficientes elas tem o incentivo para entrar em um acordo; e *(iii)* as muitas maneiras de se realizar acordos de restrição da concorrência, não necessitando de elevada sofisticação nas estratégias para que isso seja feito.

Portanto, mercados oligopolistas e suas estruturas são um amplo campo de estudo e suas nuances instigam a curiosidade de diversos pesquisadores ao longo do tempo dentro da ciência econômica. Em princípio, é útil esclarecer que para estruturar o perfil teórico deste trabalho serão tomados como base teórica, e apresentados na seção seguinte a esta, os modelos de oligopólio de Cournot, Bertrand e um modelo de maximização de lucros de cartel apresentado por Varian (2014).

2.2. Oligopólios e Cartéis

Para Stigler (1964) em um modelo de oligopólio ideal as firmas levam em consideração não apenas as curvas de oferta-demanda que maximizam seus lucros, mas também a de outras firmas concorrentes dentro do mesmo mercado. Assim, a existência e a manutenção deste oligopólio não são uma tarefa individual, pois o acordo colusivo será mantido tanto quanto as firmas decidam cooperar sem serem detectadas. Dessa forma, essa coordenação coletiva depende de muitos fatores para além daqueles que estão dentro do escopo de maximização de lucro da firma, quais sejam, a dificuldade de manutenção dos acordos de preço firmados no acordo colusivo, respeito as fatias de mercado estabelecidas, dificuldade de fiscalização de violadores do acordo colusivo, etc.

O modelo de oligopólio de Bertrand (1883) representa um modelo de oligopólio estático no qual as firmas definem seus preços simultaneamente, os bens produzidos são homogêneos. A função de demanda do mercado é dada por $Q(x)$. Os custos, c , são idênticos $c > 0$ com constantes retornos de tecnologia de escala por unidade produzida. Para representação do modelo admite-se duas firmas maximizadoras de lucro, j e k , em um duopólio. Assume-se também que $Q(c) \in (0, \infty)$, sendo assim o nível de produção socialmente ótimo é estritamente positivo e infinito (MAS-COLELL et al., 1995).

A competição entre as duas firmas no modelo de Bertrand se dá pelo seguinte modelo no qual ambas definem seus preços p_j e p_k simultaneamente. Assim as vendas para a empresa j são

$$Q_j(p_j, p_k) = \begin{cases} q(p_j), & \text{se } p_j < p_k \\ \frac{1}{2} q(p_j), & \text{se } p_j = p_k \\ 0, & \text{se } p_j > p_k \end{cases} \quad (1)$$

As firmas ao operarem no mercado em oligopólio no modelo de Bertrand não produzem estoques, e incorrem em custos de produção apenas para o período de produção no qual estão produzindo. Portanto, dado os preços p_j e p_k , o lucro da empresa j será dado por $(p_j - c)x_j(p_j, p_k)$, e a única condição sob a qual o equilíbrio de Nash ocorrerá será quando $p_j = p_k = c$ (MAS-COLELL et al., 1995).

O modelo de oligopólio desenvolvido por Cournot (1838), representa a ação de duas firmas agindo simultaneamente levando em consideração as ações da concorrente nas decisões de quantidade a ser produzida (VARIAN, 2014). A empresa j produzirá a quantidade q_j e assumirá que a produção esperada da empresa k será q_k^e . Assim a empresa j esperará que a produção total seja $Q = q_j + q_k^e$, e que o preço de mercado a partir dessa quantidade produzida seja $p(Q) = p(q_j + q_k^e)$. Desse modo a equação de maximização de lucro da firma j será

$$\max_{q_j} p(q_j + q_k^e)q_j - c_j(q_j) \quad (2)$$

e a partir disto, dada qualquer escolha de produção da firma k , q_k^e , haverá uma escolha ótima de produção para a firma j , q_j . Ainda, a relação entre os níveis de produção esperados da firma k , e as escolhas ótimas de produção da firma j , pode ser demonstrada pelas curvas de reações de cada uma das firmas, quais sejam

$$\begin{aligned} q_j &= f_j(q_k^e) \\ q_k &= f_k(q_j^e) \end{aligned} \quad (3)$$

Portanto, o equilíbrio de Cournot ocorre a partir do instante em que cada firma maximiza seus lucros tomando como base o comportamento de produção da outra firma, exatamente como ocorre no equilíbrio de Nash (VARIAN, 2014).

O modelo de conluio apresentado por Varian (2014) apresenta o cenário onde as firmas passam a cooperar e agir conjuntamente na busca da maximização dos lucros da associação colusiva firmada por elas. Esse tipo de relação entre firmas é conhecido como cartel.

Assim, as firmas terão a possibilidade de definir as quantidades q_j e q_k de modo a maximizar o lucro total do cartel.

$$\max_{q_j, q_k} p(q_j + q_k)[q_j + q_k] - c_j(q_j) - c_k(q_k) \quad (4)$$

as condições ótimas de maximização para ambas as firmas serão,

$$p(q_j^* + q_k^*) + \frac{\partial p}{\partial Q}[q_j^* + q_k^*] = CMa_j(q_j^*) \quad (5)$$

$$p(q_j^* + q_k^*) + \frac{\partial p}{\partial Q}[q_j^* + q_k^*] = CMa_k(q_k^*)$$

$$CMa_j(q_j^*) = CMa_k(q_k^*)$$

desse modo, para que haja o equilíbrio no cartel, tanto a firma j quanto a firma k devem possuir as mesmas curvas de custos, pois caso contrário, havendo uma vantagem para uma das firmas, haverá necessariamente o incentivo para que a firma em vantagem produza mais desajustando o equilíbrio do cartel.

2.3. Cartéis e o mercado de combustíveis

Cartéis são uma forma de associação entre firmas considerada ilegal¹ no Brasil e nos mais diversos países que seguem as recomendações de livre concorrência apontadas pela *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD). Tais associações buscam garantir vantagens anticompetitivas em prol de uma agenda que busca limitar a concorrência, a liberdade de escolha e o bem-estar dos consumidores e demais agentes do mercado com o objetivo de maximizar os ganhos daqueles que incorrem no acordo colusivo firmado. Nesse sentido, há a mobilização de esforços nacionais e internacionais na tentativa de desmontar esquemas de cartéis que violam as leis econômicas e jurídicas.

No âmbito nacional as mobilizações em busca de manutenção da concorrência e legalidade entre os acordos realizados pelas firmas é disciplinada pela Lei nº 12.529, de 30 de novembro de 2011. Sua aplicação na esfera administrativa, é realizada por dois órgãos, que compõem o chamado Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência (SBDC): a Secretaria de Acompanhamento Econômico do Ministério da Fazenda (SEAE/MF), e o Conselho

¹Segundo a Lei nº 8.137, de 27 de dezembro de 1990 (BRASIL, 1990).

Administrativo de Defesa Econômica (CADE), autarquia vinculada ao Ministério da Justiça (VORONKOFF, 2014). No cenário internacional a OECD é responsável por orientar as políticas de diversos países com o propósito de manutenção da concorrência e do bem-estar dos agentes do mercado. Isto posto, o quadro 1 traz um resumo dos processos administrativos de cartéis que foram descobertos pelo CADE.

Quadro 1 – Resumo de condenações de cartéis pelo CADE

Processo Administrativo	Mercado Relevante	Resumo do caso
08012.002299/2000-18	Revenda de combustíveis (gasolina comum) na Região Metropolitana de Florianópolis/SC	Coordenação de preços e margens; ameaças a dissidentes do cartel.
08012.004712/2000-89	Revenda de combustíveis em Goiânia/GO	Influência à adoção de conduta comercial concertada entre concorrentes.
08012.004036/2001-24	Revenda de combustíveis em Lages/SC	Conduta comercial concertada; manipulação de preços sem justa causa.
08012.007515/2000-31	Revenda de gasolina comum em Belo Horizonte/MG	Conduta comercial concertada entre concorrentes.
08000.024581/1994-77	Revenda de combustíveis no Distrito Federal	Acordos para limitação da concorrência.
08012.003208/1999-85	Revenda de combustíveis na Região Metropolitana de Recife/PE	Coordenação de preços.
08012.002911/2001-33	Revenda de combustíveis em Campinas/SP região	Conduta comercial concertada entre concorrentes.
08012.005495/2002-14	Revenda de gasolina comum em Guaporé/RS	Coordenação de preços.
08012.002959/1998-11	Revenda de gasolina comum em Manaus/AM	Influenciar a adoção de conduta comercial concertada entre concorrentes.
08012.004472/2000-12	Revenda de combustíveis no município de Bauru/SP	Acordos para limitação da concorrência.
08012.001003/2000-41	Revenda de combustíveis de Londrina/PR	Acordos para limitação da concorrência.
08012.004573/2004-17 08012.007149/2009-39	Revenda de combustíveis líquidos em Santa Maria/RS	Acordos para limitação da concorrência; coordenação de preços.
08012.011668/2007-30	Revenda de combustíveis na Região Metropolitana de Londrina/PR	Coação de concorrentes para adesão ao cartel; coordenação de preços.
08012.007301/2000-38 08700.000547/2008-95	Revenda de combustíveis em Teresina/PI	Influenciar a adoção de conduta comercial concertada entre concorrentes.
08012.010215/2007-96	Revenda de combustíveis em Caxias do Sul/RS	Influenciar a adoção de conduta comercial uniforme ou concertada entre concorrentes; coordenação de preços.

Fonte: adaptado de Conselho Administrativo de Defesa Econômica, (2009).

Nesse sentido, o mercado brasileiro de combustíveis derivados do petróleo e biocombustíveis possui uma estrutura trípole que se divide em exploração, refino e distribuição. A produção total de petróleo brasileiro realizou em 2019 2,9 milhões de barris/dia, representando 3% do total mundial. A capacidade de refino nacional foi de 2,3 milhões de

barris/dia, (2,3% da capacidade mundial) ocupando o nono lugar no ranking mundial (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2020).

A estrutura de refino de petróleo brasileira ainda é majoritariamente representada pelo estado na esfera federal. Dentre as 17 refinarias atuantes no país, 13 são pertencentes ao estado brasileiro e apenas 4 são de responsabilidade da iniciativa privada. O setor de distribuição de biocombustíveis e de derivados de petróleo conta com 287 bases de distribuição distribuídas ao longo de todo o território nacional (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2020). Relacionado a isto, o mercado brasileiro apesar de ser autossuficiente em exploração, ainda necessita importar uma quantidade significativa de derivados de petróleo como gasolina A, diesel e gás natural, dessa forma o país assume uma posição de dependência estando sujeito a flutuações no preço do petróleo internacional (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2020).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), O estado do Pará concentra 2.229.234 de veículos que utilizam alguma forma de combustível líquido para funcionamento. Desse total, 486.052 estão concentrados no município de Belém, e 113.088 estão no município de Santarém (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2021). Relacionado a isto, o anuário estatístico de 2020 realizado pela ANP contabilizou um total de 1.214 postos de revenda de combustíveis no estado do Pará, sendo que de acordo com o programa Levantamento de Preços de Combustíveis (LPC) realizado pela ANP, a pesquisa semanal mais recente em 2021 contava com o registro de 20 postos do município de Belém e 12 do município de Santarém (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2020).

2.4. Abordagens sobre o comportamento de carteis

A respeito das formas de detecção de cartéis, Harrington (2006) e Grout e Sonderegger (2006) apresentam, respectivamente, perspectivas de análise baseadas no comportamento (*behavioral approach*) e na estrutura das firmas (*Structural Approaches*). Em ambas as abordagens a variável preço é elemento fundamental, visto que a pode armazenar as informações que permitem ser analisadas e testadas para a verificação de práticas anticompetitivas entre firmas.

2.4.1 Abordagem Comportamental

Harrington (2006), a partir da análise comportamental define marcadores (*Collusive Marker*) de preço (*Price Markers*) e de quantidade (*Quantity Markers*), que visam aprimorar a triagem (*sceening*) em casos em que há suspeita de acordos colusivos entre firmas. Tais marcadores seriam:

2.4.1.1. Marcadores de preço

(i) altos preços tabelados e pouca variância de preços aos consumidores (i) uma queda brusca dos preços seguida por longos períodos de elevações sem conexão econômica com ciclos de sazonalidade na demanda; (ii) aumento de preços e diminuição de importações; (ii) correlação positiva entre os preços das firmas dentro do cartel; (iii) rapidez no repasse de aumento nos custos; (vi) uniformidade de preços entre os serviços auxiliares fornecidos pelas firmas; (vii) baixa variância nos preços ofertados; e (viii) regimes de mudanças de preços entre as firmas.

2.4.1.2. Marcadores de Quantidade

(i) as fatias de mercado de cada firma são constantes ao longo do tempo; (ii) há um subconjunto de firmas dentro do mercado na qual a quantidade ofertada é estável; e (iii) a fatia de mercado da firma é negativamente correlacionada com seus custos.

2.4.2. Abordagem Estrutural

O segundo modelo de abordagem para a detecção de cartéis segue a linha estrutural (*Structural Approaches*). Nesta abordagem, Grout e Sonderegger (2006) apontam para as estruturas e características das firmas, dos bens e do mercado que facilitam e tornam a existência de cartéis mais provável do ponto de vista estrutural. De acordo com os autores, os elementos

a serem observados para que seja possível determinar a presença de cartel são: (i) número de firmas; barreiras de entrada; (ii) restrição de capacidade ou excesso de capacidade; (iii) estabilidade da demanda do mercado; (iv) poder de mercado; (v) diferenciação horizontal de produtos; (vi) assimetria de custos, etc.

Ademais, de acordo com Silva (2016) não necessariamente tais características apontadas na abordagem estrutural são indícios de cartéis, uma vez que pode haver um efeito inverso no qual tais aspectos estejam sendo produzidos por um cartel. Desse modo, a abordagem estruturalista aponta as estruturas e características de mercado que de certa forma dão margem para a formação de cartéis, sem de fato apontar os indícios que levariam a identificar um cartel. Nisto a abordagem comete o erro de atestar falsos casos como positivos em testes que façam o seu uso (HARRINGTON, 2005).

2.5. Quais elementos devem ser observados para identificar possíveis cartéis?

Por ser uma tarefa que pode envolver um procedimento jurídico e burocrático, o processo de investigação de cartéis requer objetivos específicos e bem claros para que possa ser executado de forma a prover evidências econômicas seguras.

Nesse sentido, Harrington (2005) aborda a importância de entender a forma de atuação das firmas sob uma associação colusiva, e como determinar através do processo de *screening* se há elementos que podem ser considerados suspeitos e que mereçam ser submetidos às investigações das autoridades responsáveis. Segundo o autor, existem quatro formas de se realizar tal tarefa. A primeira orienta a análise a partir da comparação do padrão de comportamento das firmas sob conluio com um outro padrão de firmas operando sem conluio, respeitando as características/diferenças de mercado no qual as firmas estão inseridas, bem como observando se de fato há um modelo competitivo em prática no mercado tomado para comparação dentro da análise. A segunda seria a observação de mudanças estruturais no comportamento das firmas dentro do cartel.

Segundo Harrington (2005), deve-se observar: mudanças nos preços médios de revenda das firmas; mudanças na relação preço/custo das firmas; alterações nas relações nos preços relativos entre as firmas; entrada ou saída de novos membros do cartel; e a variância dos preços praticados pelas firmas integrantes do cartel. Apesar dos preços serem o indicador mais

comum de se observar quando há suspeitas de um cartel, eles não necessariamente confirmam a presença de um cartel, pois choques de demanda e custos podem influenciar na dinâmica dos preços das firmas causando a falsa impressão de cartel (BUCCIROSSI, 2006).

A terceira forma é a comparação do comportamento das firmas suspeitas de formarem cartel com firmas competitivas sob condições semelhantes de mercado. A triagem através desse método ocorre por meio do estabelecimento de um *benchmark* competitivo para que haja a comparação entre as firmas que estão sob suspeita de cartel e as firmas competitivas.

Segundo Harrington (2005), a forma usual de se realizar tal tarefa se dá através da estimação das equações reduzidas de preço, regredindo o preço nos deslocadores de custo e demanda. Assim, deve-se estimar uma equação de preços para os membros (suspeitos) do cartel e uma equação de preços para as empresas competitivas, e então realizar os testes para determinar se são, ou não, estatisticamente diferentes. Se forem estatisticamente diferentes, ocorre a verificação se as firmas consideradas competitivas operam segundo um modelo competitivo, e se as firmas suspeitas de cartel atuam de maneira consistente com algum modelo de conluio.

A quarta forma de triagem seria realizar uma aplicação de dois modelos um competitivo e outro colusivo sobre os dados econômicos (preços, margens de revenda, variâncias de preços, etc.), e então a partir da realização de testes estatísticos, observar em qual dos dois modelos há um ajuste mais fino sobre os dados, levando assim a construção de evidências de um cartel.

2.6. A literatura econômica sobre modelos econométricos de volatilidade e cartéis

Diversos pesquisadores têm se dedicado a estudar o comportamento e as formas como as firmas estabelecem acordos para burlar a concorrência e extrair ganhos superiores àqueles que se teriam sob um regime competitivo.

Abrantes-Metz et al. (2006) tomando como base os preços médios semanais do mercado de varejo de gasolina durante os anos de 1996 a 2002, desenvolveram um trabalho sobre cartéis no mercado varejista de combustíveis e observaram as variâncias dos preços dos combustíveis a partir da criação de setores estratégicos com base em rotas de deslocamento populacional e localização dos postos. O trabalho foi baseado no caso de cartéis de licitações

(*bid-rigging*) em que empresas de alimentos marítimos fraudavam a concorrência. A conclusão dos autores foi que na análise dos preços dos postos de combustíveis o filtro quando aplicado em Louisville nos Estados Unidos não encontrou evidências de comportamento colusivo nas áreas analisadas.

A esse respeito, Vasconcelos e Vasconcelos (2008) utilizando a série de preços de São Paulo, Florianópolis e Recife, fizeram testes com modelos ARCH e GARCH para analisar os preços médios e a variância das séries sob um período hipotético de cartel. Os modelos confirmaram a hipótese de preços superiores nas séries de preços de São Paulo e Recife, e a hipótese de redução da variância se confirmou apenas em Recife. Os autores concluíram que a metodologia empregada é adequada para a detecção de cartéis.

Bolotova et al. (2008) fizeram a aplicação de dois modelos, ARCH e GARCH, para um período de cartel e outro competitivo, analisando o comportamento da série de preços dos cartéis descobertos na indústria de Lisina e Ácido Cítrico. Os resultados dos modelos revelaram que durante o período de conspiração as firmas elevaram os preços de 9 a 25 centavos por libra. Os autores também encontraram que a variância dos preços da série da Lisina foi menor durante o período de conspiração do que durante o período sem conspiração, enquanto a da série do Ácido Cítrico foi maior do que no período de não conspiração. Os autores ainda recomendam o uso da metodologia para a detecção de cartéis.

Silveira et al. (2019) realizaram testes utilizando duas metodologias, quais sejam, *Markov-Switching GARCH (MS-GARCH) Models* e *Local Gaussian Correlation (LGC) approach*, para analisar o comportamento anticompetitivo no varejo de combustíveis tomando como *benchmark* o caso dos cartéis de Brasília. Os resultados encontrados pelos autores indicaram que o modelo LGC pode apresentar probabilidade viesada e problemas de identificação do comportamento do cartel ao longo do tempo. Já o modelo MS-GARCH apresentou melhor performance pois forneceu respostas mais acuradas para a detecção de cartéis.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Fontes de Informação

A base de dados foi extraída do site oficial da ANP, a qual contém os preços médios semanais da gasolina C, obtidos por meio do programa Levantamento de Preços de Combustíveis (LPC) realizado pela própria ANP. Dentro da base de dados total fornecida pela ANP apenas 19 municípios do Pará possuem o monitoramento de preços pela ANP, entretanto serão considerados apenas os municípios de Belém/PA e Santarém/PA, pois são os que apresentam um número de postos de revenda e observações semanais suficientes para serem submetidos a metodologia de forma adequada. Portanto, o período compreendido pela análise desta pesquisa irá ser formado por 811 observações de preços semanais totais para a gasolina C durante o período que vai de 2004 a 2020.

3.2. Técnicas de Coleta e Análise de Dados

A análise da descritiva dos dados, bem como todos os gráficos presentes neste estudo foram feitos com o *software Python*. O ajuste e a análise dos modelos econométricos foram feitos com o uso do *software Eviews Statistic* nas versões 10 e 12 para estudante.

3.3. Modelos de volatilidade

Sobre a modelagem para a volatilidade e média da série de preços da gasolina C, há evidências que já corroboram a boa adequação dos modelos ARCH, desenvolvido por Engle (1982), e GARCH, desenvolvido por Bollerslev (1986) para análise do comportamento de preços para casos de cartel. Isto é confirmado por Bolotova et al. (2008) ao apontar duas vantagens dos modelos, quais sejam: (i) boa resposta na captação dos períodos de baixa volatilidade (variância) e (ii) uma baixa quantidade de dados para execução do modelo. Os autores ainda ressaltam que os modelos ARCH e GARCH permitem também a modelagem do comportamento da média e da variância da série simultaneamente. Ademais, observar estes elementos simultaneamente permite identificar possíveis cartéis que ao invés de elevarem seus preços, os homogeneízam gerando lucros adicionais.

Os modelos ARCH-GARCH captam simetricamente os retornos. Dessa forma, a modelagem fica restrita aos efeitos simétricos dos retornos na modelagem da série, além da necessidade de os coeficientes do modelo serem positivos (MARQUES, 2017). Assim, algumas extensões para esses modelos surgiram objetivando complementá-los e serão usadas neste trabalho, sejam elas: o modelo EGARCH e o modelo TGARCH.

O modelo EGARCH foi proposto por Nelson (1991), e sua proposta era captar os choques assimétricos dos retornos na volatilidade da série (MORETTIN, 2017). Já o modelo TGARCH foi desenvolvido por Zakoian (1994) e Glosten et al. (1993) capta os choques assimétricos de *good news* e *bad news* na volatilidade da série.

3.3.1. Modelo ARCH

Para um modelo ARCH(q), Morettin (2017) afirma ainda que os retornos na definição 1 são não correlacionados, entretanto suas variâncias são dependentes das observações de retornos passadas por uma função quadrática.

Definição 1. Um modelo ARCH (q) é definido por

$$\begin{aligned}\varepsilon_t &= v_t \sqrt{h_t} \\ h_t &= \alpha_0 + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \beta_i \varepsilon_{t-i}^2\end{aligned}\quad (6)$$

aonde ε_t é *i.i.d.* $(0, 1)$, $\alpha_0 > 0$, $1 \geq \beta_1 \geq 0$, $i > 0$, e é condicionalmente heterocedástico com relação a ε_{t-1} (GREENE, 2000; MORETTIN, 2017).

3.3.2. Modelo GARCH

O modelo GARCH (q, p) é um modelo mais parcimonioso do que o modelo ARCH por requerer uma baixa quantidade inferior de parâmetros para estimar a volatilidade da série. Dessa forma, a definição 2 apresenta a estrutura do modelo.

Definição 2. Um modelo GARCH (q, p) é dado por

$$\varepsilon_t | \Psi_{t-1} \sim N(0, h_t),$$

$$\varepsilon_t = v_t \sqrt{h_t}$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \alpha_i h_{t-i} \quad (7)$$

aonde ε_t *i.i.d.* $(0, 1)$, $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $\beta_i \geq 0$, $\sum_{i=1}^k (\alpha_i + \beta_i) < 1$, $k = \max(q, p)$ (MORETTIN, 2017).

3.3.3. Modelo EGARCH

O modelo EGARCH $(1, 1)$ é capaz de capturar os choques assimétricos na volatilidade da série (MORETTIN, 2017). Dessa forma, a definição 3 traz a estrutura do modelo.

Definição 3. Um modelo EGARCH (q, p) é dado por

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= v_t \sqrt{h_t} \\ \ln(h_t) &= \alpha_0 + \beta_1 \left(\frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{0.5}} \right) + \lambda_1 \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{0.5}} \right| + \alpha_1 \ln(h_{t-1}) \end{aligned} \quad (8)$$

aonde embora h_t não possa assumir valores negativos, os coeficientes da equação podem. Dessa forma, o modelo EGARCH permite a captura de *leverage effects* (efeitos de alavancagem) derivados dos choques na variância. Assim, se $\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0.5}$ for positivo, o efeito dos choques no log da variância condicional serão $\beta_1 + \lambda_1$. Caso contrário, se $\varepsilon_{t-1}/h_{t-1}^{0.5}$ for negativo, o efeito dos choques no log da variância condicional serão dados por $-\beta_1 + \lambda_1$ (ENDERS, 2008).

3.3.4. Modelo TGARCH

O modelo TGARCH também capta a assimetria dos choques dos retornos na volatilidade da série, sendo que a sua volatilidade funcional é conforme a definição 4 (MORETTIN, 2017).

Definição 4. Um modelo TGARCH (q, p) é dado por

$$h_t = \alpha_0 + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \lambda_1 \kappa_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_1 h_{t-1} \quad (9)$$

em que κ_{t-1} é uma variável *dummy* que assume valores iguais a 1 se $\varepsilon_{t-1} < 0$, e 0, se $\varepsilon_{t-1} \geq 0$. Nesse sentido, $\varepsilon_{t-k} \geq 0$, faz com que um choque de ε_{t-1} em h_t seja dado por $\alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2$. Noutro caso quando, $\varepsilon_{t-1} < 0$, e $\kappa_{t-1} = 1$, o efeito de ε_{t-1} em h_t será dado por $(\beta_1 + \lambda_1) \varepsilon_{t-1}^2$. Ainda, se $\lambda_1 > 0$, choques negativos terão maior efeito na volatilidade do que choques positivos, e somado a isto, se verificada a significância do coeficiente λ_1 , pode-se concluir que o conjunto de dados possui efeito *threshold* (ENDERS, 2008).

3.4. Procedimentos para a aplicação dos modelos

Para a aplicação dos modelos nas séries dos municípios foi tomada como referência a metodologia contida em Bolotova, et al., (2008) e Vasconcelos e Vasconcelos (2008), onde os autores ao modelar a variância e a média das séries por meio dos modelos econométricos selecionados, utilizaram uma variável *dummy*, d_t , assumindo valores 1 para os períodos da série onde ocorreram os cartéis, e 0 para os períodos da série selecionados como pré e pós cartel nos quais foi considerada a ausência de cartel. Ademais, o primeiro passo para a modelagem da série foi extrair os retornos, R_t , das séries de preços dos dois municípios por meio da diferenciação dos logs da série. Este procedimento é simplificado a logaritmização da diferença dos preços de uma semana (anterior) para os da semana posterior, como mostra a Equação 10.

$$R_t = \log\left(\frac{p_t}{p_{t-1}}\right) \quad (10)$$

Dessa forma, para a aplicação dos modelos neste estudo foram supostos 2 períodos hipotéticos de cartel nas séries dos dois municípios conforme a Tabela 1. Adicionalmente, os períodos de cartel nas séries foram selecionados com base na metodologia para detecção de indícios de cartéis contida em Pedra et al., (2010), Ragazzo e Silva (2006) e Carrijo (2019). Assim, é justa a escolha dos períodos selecionados pois foram os que excederam o limite da média da margem de revenda mais um incremento de 10%, como nos gráficos 2 e 4, e o Coeficiente de Variação dos Preços de Revenda² (CVPR) nos dois períodos apresentou redução em comparação com o restante das séries como evidenciado na Tabela 1.

² O coeficiente CVPR é a medida formada através do quociente entre o desvio-padrão e a média da série de preços de revenda servindo para analisar o grau de dispersão dos preços da série, e é dada seguinte fórmula, $CVPR = \sigma^2 / \bar{x}$ (PEDRA et al., 2010).

Tabela 1 – Períodos selecionados para a análise e estatísticas descritivas das séries

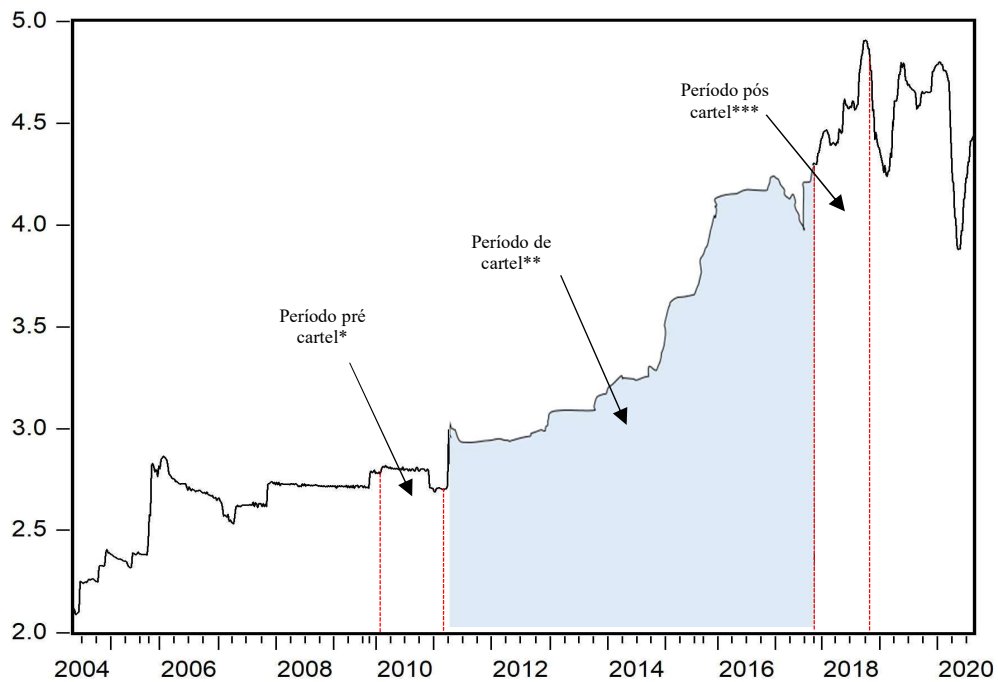
Período	<i>N</i>	Média dos Preços R\$/l	σ^2	Média da Margem de revenda (%)	<i>CVPR*</i>
Gasolina Santarém					
Série completa	812	3,29	0,579121	0,140	0,014
Pré Cartel 16/01/2010 - 15/01/2011	53	2,79	0,001024	0,142	0,011
Cartel 16/01/2011 - 11/11/2017	343	3,40	0,264196	0,159	0,011
Pós Cartel 19/11/2017 - 17/11/2018	49	4,57	0,029929	0,128	0,015
Gasolina Belém					
Série completa	869	3,17	0,541696	0,114	0,031
Pré Cartel 10/12/2006 – 08/12/2007	52	2,52	0,001936	0,104	0,046
Cartel 09/12/2007 – 11/07/2010	133	2,72	0,001849	0,151	0,023
Pós Cartel 18/07/2010 – 16/07/2011	51	2,70	0,003249	0,118	0,035

*Coeficiente de Variação dos Preços de Revenda

Fonte: elaboração do autor a partir dos dados da pesquisa.

3.4.1. Período de cartel hipotético em Santarém/PA

O período selecionado para a série de Santarém/PA, vai de 16/01/2011 a 11/11/2017, como mostra o gráfico 1.

Gráfico 1 - Série de preços da gasolina C de Santarém/PA com período hipotético de cartel

*Pré cartel 16/01/2010 - 15/01/2011

**Cartel 16/01/2011 - 11/11/2017

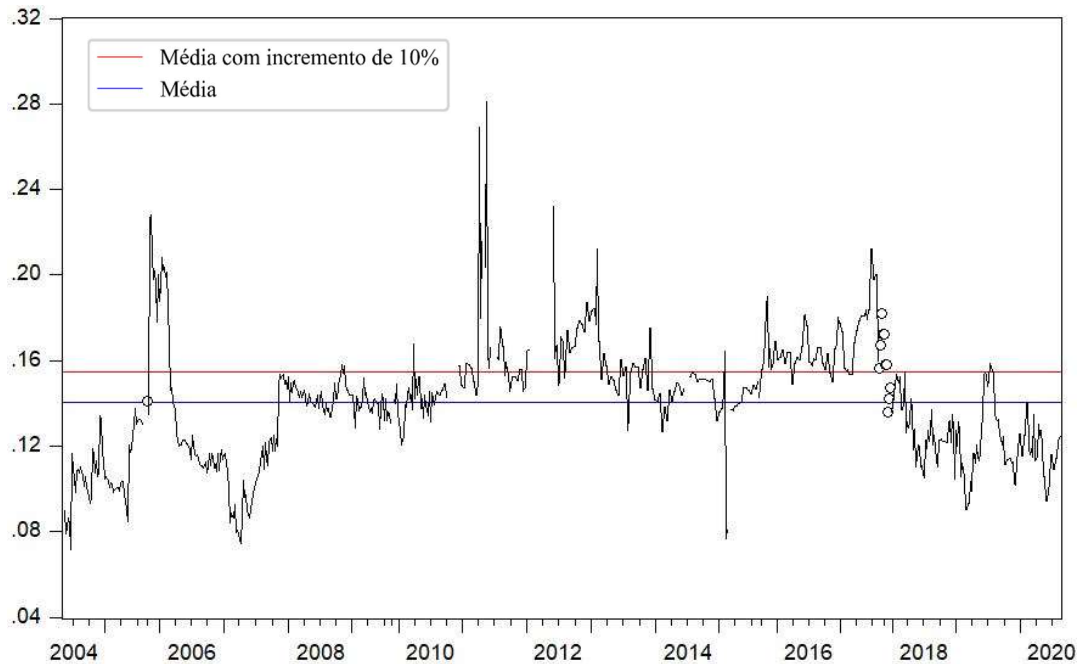
***Pós Cartel 19/11/2017 - 17/11/2018

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa

Observando a análise das estatísticas descritivas da série, contidas na tabela 1, fica evidente que há uma elevação na média dos preços no período de cartel, R\$/L 3,40, em comparação tanto com a média da série global, R\$/L 3,29, quanto do período pré estabelecimento do cartel, R\$/L 2,79.

Somado a isto, pode-se observar também que há elevação da margem percentual de revenda pelos postos no período de cartel, passando de 0,142% no período pré cartel para 0,159% no período de cartel conforme exhibe o gráfico 2. Convém ainda destacar que nas estatísticas descritivas não há redução nem na variância da série nem no coeficiente CVPR. Tal fato poderia ser explicado por fatores como postos dissidentes ao acordo de cartel ou guerras de preços envolvendo os integrantes do cartel durante o período.

Gráfico 2 - Margem percentual de revenda da gasolina C de Santarém/PA



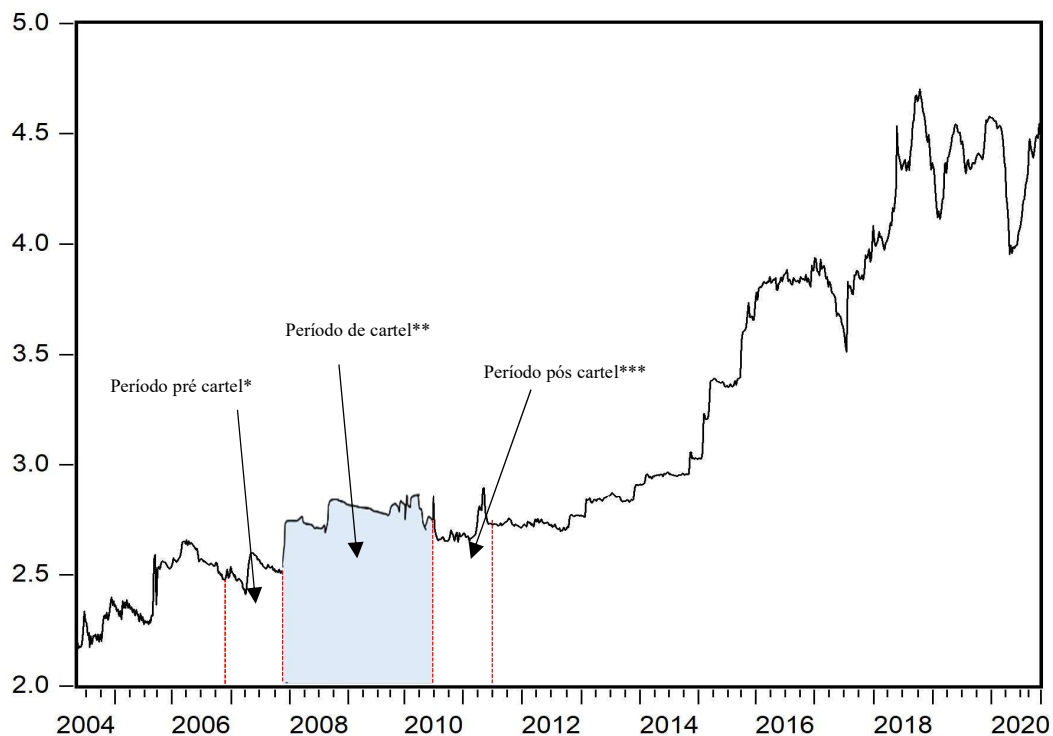
Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa

3.4.2. Período de cartel hipotético em Belém/PA

O período de cartel suposto para a série de Belém/PA vai de 09/12/2007 a 11/07/2010 e pode ser visto no gráfico 3. Ao total são 133 semanas nas quais o preço médio foi de R\$/L 2,72. O preço médio do período de cartel é inferior ao preço médio da série completa, R\$/L 3,17, e superior ao do período pré estabelecimento do cartel, R\$/L 2,52. O preço do

período considerado como pós rompimento do cartel é R\$/L 2,70, menor do que durante o cartel, porém não representa uma redução nos mesmos níveis do acréscimo ocorrido na transição do período pré cartel para o período de cartel. Este fato pode ser entendido como uma persistência dos níveis de preços colusivos como uma herança do cartel para os consumidores, ou como um efeito de um acordo implícito entre os postos para a manutenção dos níveis de preços em colusivos mesmo após o rompimento do cartel.

Gráfico 3 - Série de preços da gasolina C de Belém/PA com período hipotético de cartel



*Pré cartel 10/12/2006 – 08/12/2007

**Cartel 09/12/2007 – 11/07/2010

***Pós cartel 18/07/2010 – 16/07/2011

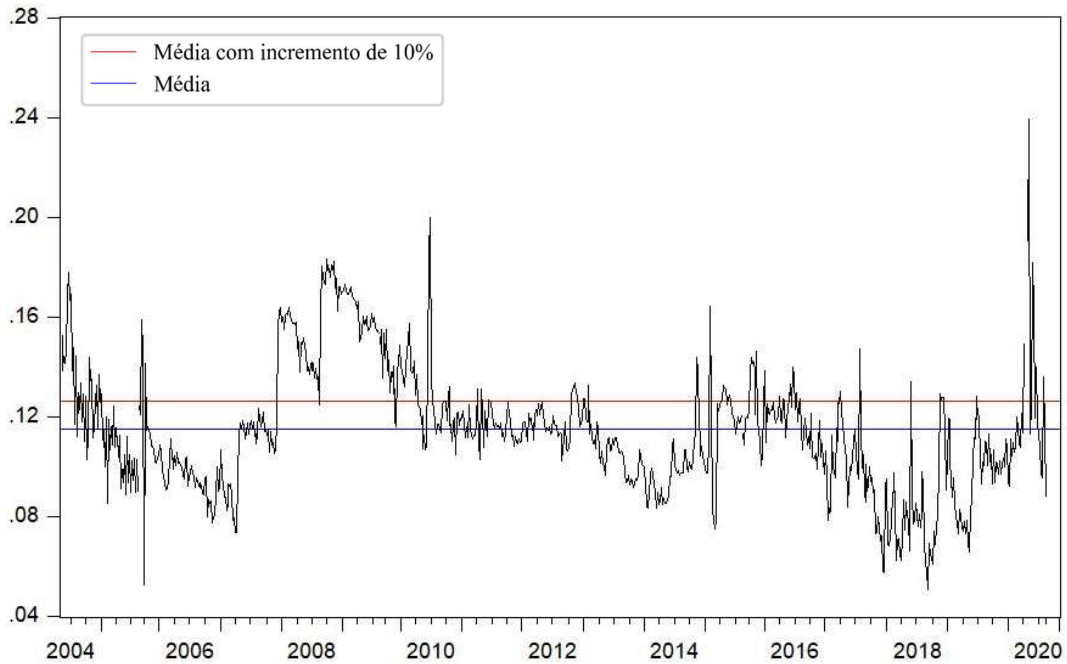
Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa

A média da margem de revenda dos postos no período de cartel, 15%, foi superior à média da série completa, 11,4%, superior à do período pré cartel, 10,4%, e inferior à média do período pós cartel, 11,8%, no qual foi suposto haver o rompimento do acordo de cartel. O gráfico 4 mostra esta dinâmica. Em acréscimo, houve também redução nos indicadores de dispersão dos preços no período de cartel, diferindo dos indicadores dos períodos não colusivos que apresentaram valores superiores.

É válido destacar que este estudo leva em consideração apenas o preço de compra dos combustíveis junto às distribuidoras como sendo o principal fator de custo dos postos na

hora de definir seus preços. Assim, devida a dificuldade de estimação e a falta de dados, não estão sendo considerados neste exercício os custos como os de logística, armazenamento, administrativos e etc.

Gráfico 4 - Margem percentual de revenda da gasolina C de Belém/PA



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa

Portanto, os modelos com adição da variável *dummy*, d_t , para a média na Equação (11), e para a variância nas equações (12), (13), (14) e (15), representando, respectivamente, os modelos ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH, ficam da seguinte forma na tabela 2.

Tabela 2 – Modelos com a inclusão da variável *dummy*

AR	$Y_t = \alpha_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 d_{t-i} + h_t$	
	(11)	
ARCH	$h_t = \alpha_0 + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_2 d_{t-i}$	(12)
GARCH	$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \beta_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \alpha_i h_{t-i} + \beta_2 d_{t-i}$	(13)
EGARCH	$\ln(h_t) = \alpha_0 + \beta_1 \left(\frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{0.5}} \right) + \lambda_1 \left \frac{\varepsilon_{t-1}}{h_{t-1}^{0.5}} \right + \alpha_1 \ln(h_{t-1}) + \beta_2 d_{t-i}$	(14)
TGARCH	$h_t = \alpha_0 + \beta_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \lambda_1 \kappa_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_1 h_{t-1} + \beta_2 d_{t-i}$	(15)

Fonte: elaboração do autor a partir dos dados da pesquisa.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da extração dos retornos pela logaritmização e diferenciação das séries conforme a Equação (10), foi testada a estacionariedade de ambas as séries por meio do teste *augmented* Dickey-Fuller (ADF) desenvolvido por Dickey e Fuller (1979). O teste ADF verifica se a série possui uma raiz unitária e possui as seguintes hipóteses: H_0 , a série possui uma raiz unitária, e H_1 , a série não possui uma raiz unitária (ENDERS, 2008). O teste foi realizado para as séries dos dois municípios com a inclusão de um intercepto na equação de regressão. Os resultados dos testes mostraram que as séries são estacionárias ao nível de 1% de significância.

Foi testada também a presença de efeito ARCH na variância das séries por meio do teste ARCH-LM desenvolvido por Engle (1982). O teste ARCH-LM analisa a hipótese nula de que não existe correlação entre os resíduos do modelo. O teste realizado para as séries dos dois municípios apresentou *p*-valor inferior ao nível de 1% de significância, portanto aceitamos a hipótese de presença de efeito ARCH na variância da série.

Os resíduos dos modelos se comportaram de maneira adequada e não há indícios de autocorrelação entre os resíduos dos modelos dos dois municípios. Os correlogramas dos modelos estão presentes no Anexo 2 A e 2 B. A hipótese de normalidade dos resíduos também foi atendida dada a suposição do Teorema Central do Limite, posto que a amostra dos períodos, presente na tabela 1, possui extensão suficiente para prover a normalidade assintótica dos resíduos.

Com a verificação dos pré-requisitos de estacionariedade e heterocedasticidade verificados, foi realizada a estimação dos modelos para o município de Belém. A tabela 3 apresenta os resultados dos modelos ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH para a média dos retornos dos preços da gasolina C do município de Belém.

Para a equação da média do modelo ARCH e todos os demais modelos foi utilizado um processo AR(1). A equação para a média dos retornos dos modelos para Belém apresentou valor positivo para o coeficiente da variável *dummy*, a única exceção foi o modelo EGARCH que apresentou valor negativo para o coeficiente da mesma variável. Estes resultados, entretanto, não foram confirmados em nenhum dos níveis de significância estabelecidos.

Tabela 3 – Resultados dos modelos para a média de Belém

	ARCH (1)	GARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	TGARCH (1,1)
Coefficientes	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>
Equação para a Média (variável dependente: R_t)				
Cartel	0,0000758 (0,000195)	0,0000873 (0,00018)	-0,0000499 (0,00023)	0,0000111 (0,0002)
β_1	-0,72076*** (0,0520)	-0,53033*** (0,0304)	-0,6458*** (0,0428)	-0,54869*** (0,0278)

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%

Os valores entre parênteses abaixo de cada coeficiente são os seus respectivos desvios padrões

A visualização gráfica dos modelos pode ser feita no Anexo 1 A

Sequencialmente, A tabela 4 apresenta os resultados dos modelos ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH para variância dos preços da gasolina C do município de Belém.

A equação da variância do Modelo ARCH para Belém apresentou todos os coeficientes significativos. O coeficiente β_1 foi significativo e respeitou a condição de estabilidade. O coeficiente da variável *dummy* foi significativo e mostrou valor negativo. Assim, os resultados sugerem que há acúmulos de variância na série de Belém, seguidos por uma rigidez nos preços evidenciada pelo coeficiente da variável *dummy*.

Posteriormente, os resultados da equação da variância do modelo GARCH também foram todos os coeficientes significativos. O modelo de Belém indicou pelo coeficiente da variável *dummy* que houve redução na variância da série durante o período de cartel, entretanto os coeficientes GARCH não respeitaram a condição de estabilidade $\alpha_1 + \beta_1 < 1$, impossibilitando a determinação do modelo como adequado para modelar o comportamento da variância da série.

Para a equação da variância no modelo EGARCH, houve diferentes comportamentos entre os municípios tanto no coeficiente de assimetria quanto no coeficiente da variável *dummy*. No modelo de Belém houve significância nos coeficientes da variância do modelo havendo evidências de acúmulos de volatilidade na série. Entretanto, o coeficiente da variável *dummy* não foi significativo, assim como o coeficiente da assimetria do modelo. Conseqüentemente não é possível inferir que, primeiro, houve redução da variância dos preços durante o período de cartel, e, segundo, que a série apresenta choques assimétricos que impactam a variância de forma significativa.

Na equação da variância do modelo TGARCH de Belém todos os coeficientes foram significativos. Dois elementos podem ser destacados no modelo, primeiro, o coeficiente da variável *dummy* foi positivo e significativo, não correspondendo a hipótese de menor variância na série durante o período de cartel, segundo, o coeficiente de assimetria (λ_t) não foi significativo, não sustentando a hipótese de que a variância da série é afetada por impactos de choques negativos dos retornos.

Tabela 4 – Resultados dos modelos para a variância de Belém

	ARCH (1)	GARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	TGARCH (1,1)
Coefficientes	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>
Equação para a variância (variável dependente: h_t)				
β_1	0,0000394*** (0,00000598)	0,0000873*** (0,00000316)	-2,9350*** (0,3028)	0,0000125*** (0,000004)
β_2	0,9396*** (0,1666)	1,0982*** (0,2185)	0,9818*** (0,1421)	0,9392*** (0,1994)
Cartel	-0,0000150** (0,00000634)	-0,00000999*** (0,00000317)	-0,1050 (0,0673)	0,00000969** (0,000004)
α_1	-	0,3216*** (0,0456)	0,7650*** (0,0306)	0,2828*** (0,0420)
λ_1	-	-	0,3276 (0,3619)	0,7057 (0,3978)

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%

Os valores entre parênteses abaixo de cada coeficiente são os seus respectivos desvios padrões

A visualização gráfica dos modelos pode ser feita no Anexo 1 A

No município de Santarém, surgiram alguns resultados nos coeficientes das variáveis *dummy* de cartel que não corresponderam as hipóteses de maiores preços e menor variância. A tabelas 5 apresenta os resultados dos modelos ARCH, GARCH, EGARCH e TGARCH, para a média dos retornos dos preços da gasolina C do município de Santarém.

A equação para a média nos modelos de Santarém apresentou valor positivo para o coeficiente da variável *dummy* nos modelos ARCH, GARCH e TGARCH, e valor negativo para o coeficiente do modelo EGARCH. Apesar dos valores positivos do coeficiente da variável de cartel nos três modelos, apenas nos modelos ARCH e TGARCH houve significância. O coeficiente no modelo EGARCH não foi significante.

Tabela 5 – Resultados dos modelos para a média de Santarém

	ARCH (1)	GARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	TGARCH (1,1)
Coefficientes	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>
Equação para a Média (variável dependente: R_t)				
Cartel	0,000940*** (0,0089)	0,00131 (0,1189)	-0,0000541 (0,1113)	0,000725* (0,0419)
β_1	-0,2253*** (0,0000247)	0,0538 (0,0008)	0,1243 (0,0008)	-0,2390*** (0,0004)

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%

Os valores entre parênteses abaixo de cada coeficiente são os seus respectivos desvios padrões

A visualização gráfica dos modelos pode ser feita no Anexo 1 A

A tabela 6 por sua vez descreve os resultados dos modelos estimados para a variância do município de Santarém. Dessa forma, equação da variância do modelo ARCH para o município de Santarém apresentou todos os coeficientes significativos. O coeficiente β_1 do termo ARCH no modelo de Santarém foi significativo, porém não respeitou a condição de estabilidade. Assim, embora haja evidências de que há redução da variância conforme apontado pelo coeficiente da variável *dummy*, não é possível extrair maiores conclusões do modelo dada a condição verificada no coeficiente.

A modelagem por meio do modelo GARCH para Santarém também apresentou todos os coeficientes significativos. O modelo exibiu os coeficientes de modelagem da variância dentro das condições de estabilidade e o coeficiente da variável *dummy* de cartel foi negativo conforme esperado, indicando a redução na variância da série no período de cartel.

Conforme observado na equação da variância no modelo EGARCH de Belém, houve diferentes comportamentos tanto no coeficiente de assimetria quanto no coeficiente da variável *dummy* de cartel. O modelo EGARCH de Santarém apresentou coeficientes significativos para a modelagem da variância indicando que há acúmulos de volatilidade na série e condicionalidade da variância com períodos anteriores. O coeficiente da variável *dummy* foi significativo, contudo, não satisfaz a hipótese de redução da variância no período de cartel estabelecido. Por último, o coeficiente de assimetria do modelo não foi significativo, sugerindo a rejeição da hipótese de que a variância da série é afetada em maior grau por impactos de choques negativos dos retornos.

Na equação da variância do modelo TGARCH de Santarém, foi verificado que o coeficiente da variável *dummy* de cartel foi positivo, entretanto não foi significativo. Além

disso, o coeficiente de assimetria foi positivo e significativo, simbolizando que a série possui impacto de choques assimétricos na variância.

Tabela 6 – Resultados dos modelos para a variância de Santarém

	ARCH (1)	GARCH (1,1)	EGARCH (1,1)	TGARCH (1,1)
Coefficientes	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>	<i>Coef</i>
Equação para a variância (variável dependente: h)				
α_0	0,0000296*** (0,0000432)	0,0000162*** (0,000005)	-4.2346*** (0,4851)	0,00000192*** (0,0000003)
β_1	11.513*** (0,4420)	0,1046* (0,0567)	0,4905*** (0,0682)	0,0102** (0,0049)
Cartel	-0,0000279*** (0,00000429)	0,00000530*** (0,0000017)	0,1580*** (0,0401)	0,0000000470 (0,0000005)
α_1	-	0,6458*** (0,1117)	0,5898*** (0,0478)	0,9139*** (0,0109)
λ_1	-	-	-0,0724 (0,0568)	0,4254*** (0,0837)

Nível de significância: ***1%, **5%, *10%

Os valores entre parênteses abaixo de cada coeficiente são os seus respectivos desvios padrões

A visualização gráfica dos modelos pode ser feita no Anexo 1 B

Nas equações da média dos dois municípios há um fato interessante de se notar. Em ambos os municípios houve diferentes resultados para o coeficiente da variável *dummy* de cartel na equação da média, sugerindo que a hipótese de maiores preços durante o período de cartel não é razoável para os dois municípios, não representando, portanto, indícios de cartel nos períodos estabelecidos. Como apontado por Vasconcelos e Vasconcelos (2008), aumentos de preços não são condição necessária para que possa ser determinado a presença de um cartel, pois ao se observar apenas os preços não é possível inferir se tais resultados são derivados de um acordo de maximização conjunta de lucros (cartel) ou de um equilíbrio de Nash.

É notável que houve comportamento diferente do esperado na variável *dummy* de cartel para a média, na qual esperava-se coeficientes positivos e significativos para o período de cartel, o que não aconteceu. Entretanto, mesmo com comportamento distante do esperado na equação para a média, os modelos ainda sim seguiram a hipótese de menor variância no período de cartel, como o modelo ARCH em Belém, constituindo indícios de um possível cartel em ambos os períodos. De acordo com Bolotova et al. (2008), é possível que haja redução na variância dos preços sem que seja simultaneamente verificado um aumento nos preços. Isto

pode ocorrer dada a estratégia das firmas de buscarem extrair lucros por meio da homogeneização dos seus preços, ao invés de aumentá-los. Dessa forma, tal fato qualifica a variância como principal variável a se observar em casos de cartel.

A sinalização da presença de choques assimétricos pelo coeficiente de assimetria na variância da série de Santarém parece sugerir um comportamento ambíguo. Se de um lado no modelo EGARCH não há a confirmação da hipótese da presença de choques assimétricos na variância da série, por outro o modelo TGARCH confirmou esta hipótese com o coeficiente positivo e significativo. Conforme apresenta Silveira et al. (2019), esta situação poderia ser entendida a partir da perspectiva do comportamento das firmas sob um cartel, pois os períodos de menor variância (cartel) são os períodos em que há estabilidade no acordo entre as firmas, não havendo, portanto, dissidentes do cartel. Noutro cenário, se caso estivéssemos diante de um período de guerra de preços e punições a dissidentes do cartel, a variância da série poderia apresentar comportamento instável e semelhante ao de um período competitivo, o que poderia justificar a interpretação ambígua do coeficiente de assimetria nos dois modelos. Outrossim, estes dois modelos não confirmaram a hipótese de menor variância no período de cartel, não apresentando indícios de acordos entre as firmas em ambos os períodos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo que foi visto até este ponto neste estudo e na literatura acerca do tema, os modelos são capazes de modelar tanto a média dos preços dos combustíveis quanto a sua variância. Os modelos EGARCH e TGARCH mesmo ainda com pouca presença na literatura acerca de métodos de detecção de cartéis, também podem ser utilizados como ferramenta para este fim. Ademais, estes dois modelos viabilizam a verificação da presença de choques assimétricos nas séries de preços, o que os torna mais efetivos e aumenta a sua capacidade de modelagem das variáveis para detecção de cartéis.

Pelo que foi demonstrado nos modelos EGARCH e TGARCH, o comportamento do coeficiente de assimetria nos dois modelos poderia ser esperado, posto que grande parte das séries de preços de combustíveis não exibem comportamentos muito voláteis quando há choques negativos derivados dos preços de distribuição ou de outros custos. Diferentemente, conforme aponta Salvini et al. (2017), as séries de combustíveis apresentam comportamentos distintos quanto a transmissão de preços ao consumidor, visto que elevações (choques positivos) tendem a serem repassadas de forma assimétrica no curto prazo com relação às reduções nos preços de distribuição (custos).

Com relação às equações para a média nos modelos, convém ressaltar que embora seja esperado pela intuição que haja aumentos de preços durante um cartel, não necessariamente isto se verifica na realidade, pois elevações dos preços não são condição necessária nem suficiente para que haja presença de cartel. Com isso não descartamos a possibilidade de que haja de fato um cartel, mesmo que não haja indícios na média dos preços. Pode-se levantar também a hipótese de que caso o período de cartel selecionado contenha os resultados de períodos de guerras de preços entre as firmas, este fato seria refletido justamente nos valores do coeficiente da variável *dummy* de cartel, não indicando elevações nos preços entre as firmas.

O propósito de trabalhos como este, para além de fornecer ferramentas para detecção de cartéis, é esclarecer sobretudo o que não são cartéis. Pois se as ferramentas são direcionadas para onde há maior probabilidade de existir um acordo entre firmas para burlar a concorrência, maiores serão as chances de êxito da autoridade legal nas investigações para a detecção do acordo. Este entendimento é bastante adequado para superar o senso comum e apresentar evidências acerca de cartéis entre firmas, especialmente entre postos de combustíveis.

As hipóteses estabelecidas não foram atendidas em alguns modelos como pôde ser visto ao longo da análise dos resultados. Isto não necessariamente representa uma falha na metodologia, ou tampouco determina a não existência de cartéis. É razoável admitir que a trajetória da ciência não é feita só de hipóteses correspondidas, e o esforço empenhado neste trabalho esteve a todo instante sujeito a possibilidade de não ter suas hipóteses atendidas.

Portanto, diante de tudo que foi exposto acerca das ferramentas e métodos de detecção de cartéis, sugere-se que estes mesmos modelos sejam abordados com o uso de ferramentas de *machine learning* para entender as dinâmicas de preços entre os postos para facilitar o processo de detecção de acordos de cartel. Recomenda-se também que sejam realizados estudos com *machine learning* para os preços de postos em diferentes regiões geográficas em uma mesma cidade ou região para facilitar o processo de análise e detecção de possíveis acordos entre os postos.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES-METZ, Rosa, et al. "**A variance screen for collusion.**" *International Journal of Industrial Organization* 24.3: 467-486, 2006.
- ABRANTES-METZ, Rosa; BAJARI, Patrick. **Screen for conspiracies and their multiple applications.** *Antitrust*, 24, p.66. 2009.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. "**Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2020**". 2020.
- BERTAND, Joseph. **Théorie mathématique de la richesse sociale.** *Journal des savants*, 67(1883), pp.499-508, 1883.
- BOLOTOVA, Yuliya; CONNOR, Jhon; MILLER, Douglas. **The impact of collusion on price behavior: empirical results from two recent cases.** *International Journal of Industrial Organization*, 26 (6), 1290-1307, 2008.
- BOLLERSLEV, Tim. **Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity.** *Journal of econometrics* 31, no. 3: 307-327, 1986.
- BUENO, Rodrigo. **Econometria de séries temporais.** São Paulo: Cengage Learning. 2008.
- BUCCIROSSI, Paolo. **Does parallel behavior provide some evidence of collusion?** *Review of Law & Economics*, v. 2, n. 1, p. 85-102, 2006.
- BRASIL. **Lei nº 8.137, de 27 de dezembro de 1990.** Define crimes contra a ordem tributária, econômica e contra as relações de consumo, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8137.htm. Acesso em: 12 dez. 2020.
- CARRIJO, Gustavo. **Análise estatística dos preços de combustíveis para auxílio na detecção de cartéis no setor de distribuição.** Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Nacional de Administração Pública (Enap). Instituto Serzedello Corrêa (ISC), 2019.
- CONSELHO ADMINISTRATIVO DE DEFESA ECONÔMICA. Coleção SDE/CADE nº 01/2009: Combate a cartéis e programa de leniência. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3ª edição, 36 páginas, 2009. Disponível em: http://www.cade.gov.br/aceso-a-informacao/publicacoes-institucionais/documentos-da-antiga-lei/cartilha_leniencia.pdf. Acesso em: 18 jan. 2021.
- DICKEY, David; FULLER, Wayne. **Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root.** *Journal of the American statistical association*, v. 74, n. 366a, p. 427-431, 1979.
- ENDERS, Walter. **Applied econometric time series.** John Wiley & Sons, 2008.

ENGLE, Robert. **Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation.** *Econometrica: Journal of the econometric society*: 987-1007, 1982.

GLOSTEN, Lawrence, *et al.* **On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks.** *The journal of finance* 48, no. 5: 1779-1801, 1993.

GREENE, William. "**Econometric analysis 4th edition.**" International edition, New Jersey: Prentice Hall: 201-215, 2000.

GROUT, Paul; SONDEREGGER, Silvia. **Structural approaches to cartel detection.** Ehlermann, Claus-Dieter, Atanasiu, Isabela (Hrsg.): *European Competition Law Annual 2006: Enforcement of Prohibition of Cartels*; Hart Publishing, Oxford/Portland. 2006.

HARRINGTON, Joseph. **Detecting cartels**, Working Paper, No. 526, The Johns Hopkins University, Department of Economics, Baltimore, MD. 2005.

HARRINGTON, Joseph. **Behavioral screening and the detection of cartels.** *European competition law annual*, pp.51-68, 2006.

HARRINGTON, Joseph. **A theory of tacit collusion**, Working Paper, No. 588, The Johns Hopkins University, Department of Economics, Baltimore, MD. 2012.

HARRINGTON, Joseph. **The Practical Requirements of a Successful Cartel.** Available at SSRN 3798852, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Frota de veículos, 2021.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/pesquisa/22/28120>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MAS-COLELL, Andreu; GREEN, Jerry; WHINSTON, Michael. **Microeconomic Theory.** New York: Oxford University Press, 1995.

MARQUES, Marta. **Aplicação dos modelos GARCH, EGARCH e TGARCH no DAX-30.** 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Instituto politécnico de Lisboa, Lisboa, 2017.

MORETTIN, Pedro. **Econometria financeira: um curso em séries temporais financeiras.** Editora Blucher, 2017.

NEWTON, Isaac; HOOKE, Robert. **Isaac Newton letter to Robert Hooke**, 1675.

PEDRA, Douglas et al. **Metodologia adotada pela agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis para a detecção de cartéis.** ANP, Rio de Janeiro, 2010.

PINDYCK, Robert; RUBINFELD, Daniel. **Microeconomia** / Robert S. Pindyck, Daniel L. Rubinfeld; tradução Daniel Vieira, revisão técnica Edgard Merlo, Julio Pires. – 8. ed. – São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

RAGAZZO, Carlos; SILVA, R. D. **Aspectos econômicos e jurídicos sobre cartéis na revenda de combustíveis: uma agenda para investigações.** SEAE/MF Documento de trabalho, (40), 2006.

ROBINSON, Joan. **The economics of imperfect competition.** Springer; julho de 1969.

SILVA, André Suriane. **Filtros de cartéis baseados em dinâmicas de preços: uma aplicação ao varejo de combustíveis do Brasil.** 224 folhas. Tese (Doutorado) - UFJF, Programa de Pós-graduação em Economia, Juiz de Fora, 2016.

SALVINI, Roberta; LEE BURNQUIST, Heloisa; JACOMINI, Rafael. **Investigando a assimetria na transmissão dos preços dos combustíveis no Estado de São Paulo.** Anais do Seminário Científico do UNIFACIG 2 (2017).

STIGLER, George Joseph. **A Theory of Oligopoly** 1 J. Pol. Econ. 72, 1964.

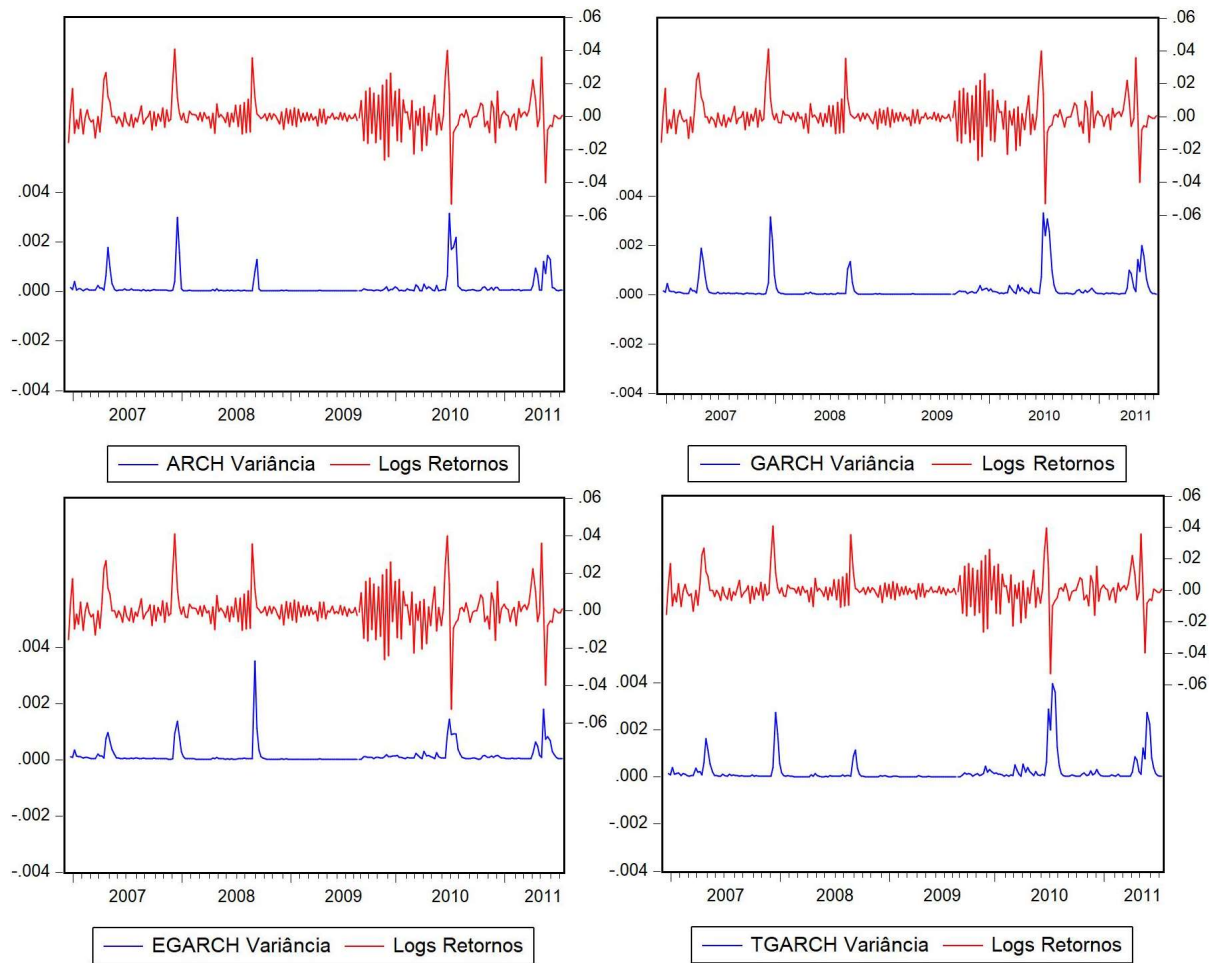
SILVEIRA, Douglas; VASCONCELOS, Silvinha; BOGOSSIAN, Paula; HENRIQUES Vianna; NETO, Joaquim. **Cartel Screening in the Brazilian Fuel Retail Market.** 2019. Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3421185> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3421185>.

TIROLE, Jean. **The theory of industrial organization.** MIT press, 1988.

VARIAN, Hal Ronald. **Intermediate Microeconomics: A Modern Approach.** Ninth International Student Edition. WW Norton & Company, 2014.

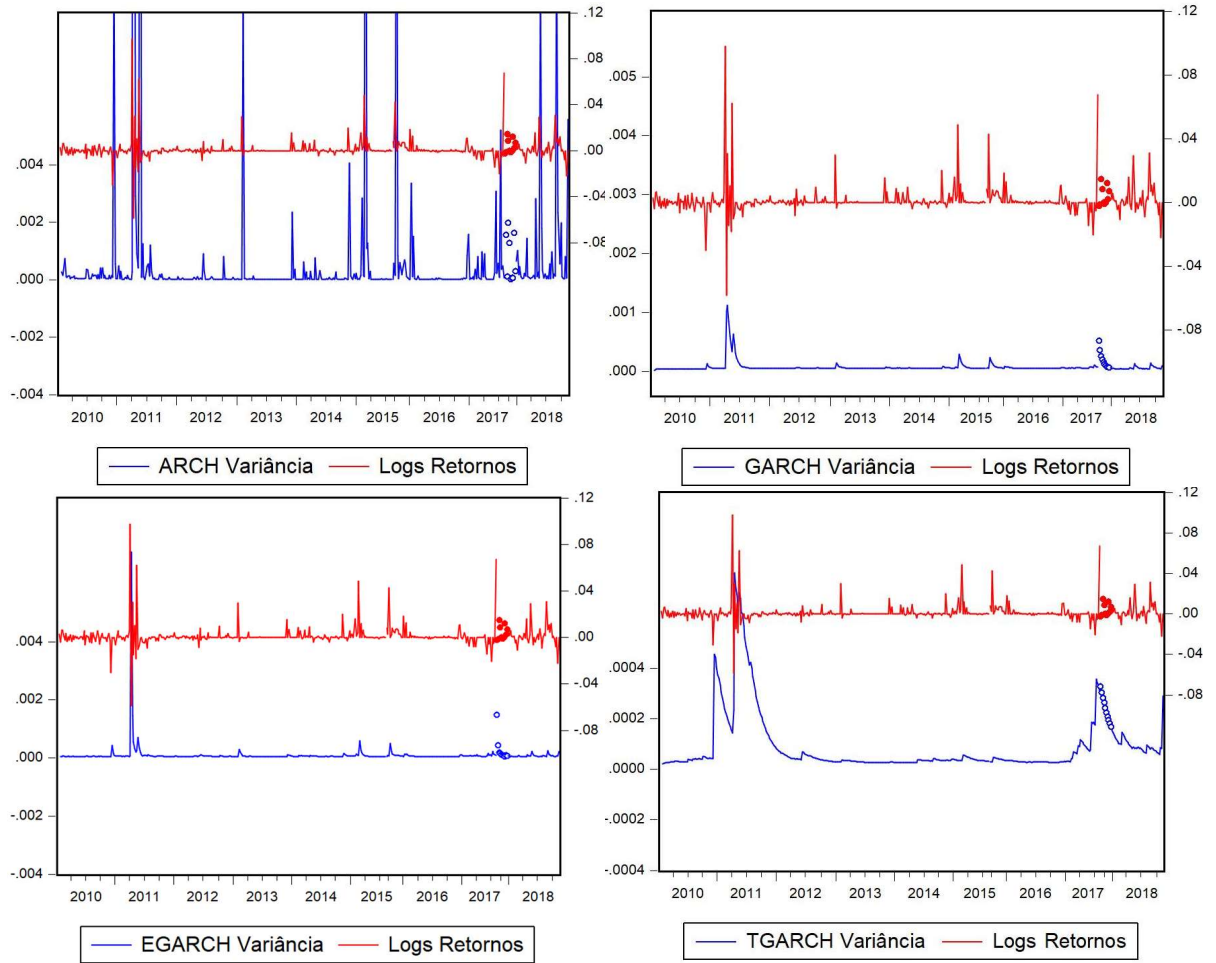
VASCONCELOS, Sinvinha Pinto; VASCONCELOS, Cláudio Fóffano. **Análise do comportamento estratégico em preços no mercado de gasolina brasileiro: modelando volatilidade.** Revista Análise Econômica, Porto Alegre, ano 26, n. 50, p. 207-222. Setembro de 2008.

ZAKOIAN, Jean-Michel. **Threshold heteroskedastic models.** Journal of Economic Dynamics and control. 18, no. 5: 931-955, 1994.

ANEXO 1 A– Gráficos das variâncias dos modelos de Belém

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa

ANEXO 1 B – Gráficos das variâncias dos modelos de Santarém



Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa

ANEXO 2 A - Correlograma dos modelos de Belém

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 0.197	0.197	9.2742	
		2 0.035	-0.004	9.5752	0.002
		3 -0.087	-0.097	11.390	0.003
		4 -0.021	0.016	11.494	0.009
		5 -0.046	-0.042	12.005	0.017
		6 0.056	0.068	12.781	0.026
		7 -0.042	-0.068	13.219	0.040
		8 0.029	0.042	13.428	0.062
		9 -0.100	-0.106	15.908	0.044
		10 -0.065	-0.039	16.958	0.049
		11 -0.177	-0.150	24.744	0.006
		12 -0.094	-0.059	26.962	0.005
		13 -0.112	-0.085	30.094	0.003
		14 0.015	0.010	30.153	0.004
		15 -0.010	-0.019	30.178	0.007
		16 0.086	0.059	32.086	0.006
		17 0.024	0.013	32.229	0.009
		18 0.059	0.030	33.139	0.011
		19 -0.071	-0.076	34.427	0.011
		20 -0.027	-0.039	34.612	0.016

a) ARCH

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 0.093	0.093	2.0667	
		2 0.142	0.135	6.9062	0.009
		3 -0.130	-0.158	10.953	0.004
		4 0.051	0.061	11.586	0.009
		5 -0.079	-0.052	13.112	0.011
		6 0.121	0.105	16.693	0.005
		7 -0.105	-0.103	19.372	0.004
		8 0.091	0.070	21.414	0.003
		9 -0.114	-0.077	24.609	0.002
		10 0.018	-0.019	24.692	0.003
		11 -0.184	-0.131	33.173	0.000
		12 -0.073	-0.094	34.494	0.000
		13 -0.133	-0.044	38.949	0.000
		14 0.034	-0.000	39.250	0.000
		15 -0.017	0.026	39.325	0.000
		16 0.114	0.059	42.631	0.000
		17 -0.038	-0.012	42.995	0.000
		18 0.058	0.021	43.862	0.000
		19 -0.094	-0.060	46.138	0.000
		20 -0.028	-0.068	46.348	0.000

b) GARCH

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 0.124	0.124	3.6944	
		2 0.120	0.106	7.1463	0.008
		3 -0.118	-0.149	10.508	0.005
		4 0.004	0.024	10.512	0.015
		5 -0.067	-0.040	11.600	0.021
		6 0.087	0.083	13.431	0.020
		7 -0.094	-0.106	15.599	0.016
		8 0.053	0.049	16.296	0.023
		9 -0.124	-0.099	20.071	0.010
		10 -0.023	-0.033	20.203	0.017
		11 -0.170	-0.126	27.423	0.002
		12 -0.079	-0.082	28.983	0.002
		13 -0.132	-0.073	33.339	0.001
		14 0.030	0.010	33.565	0.001
		15 0.000	0.021	33.565	0.002
		16 0.103	0.045	36.295	0.002
		17 -0.003	0.002	36.297	0.003
		18 0.064	0.024	37.338	0.003
		19 -0.069	-0.057	38.571	0.003
		20 -0.027	-0.067	38.761	0.005

c) EGARCH

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 0.108	0.108	2.7823	
		2 0.123	0.113	6.4402	0.011
		3 -0.122	-0.149	10.017	0.007
		4 0.051	0.069	10.655	0.014
		5 -0.082	-0.066	12.309	0.015
		6 0.117	0.107	15.662	0.008
		7 -0.108	-0.110	18.522	0.005
		8 0.082	0.068	20.188	0.005
		9 -0.099	-0.065	22.590	0.004
		10 0.018	-0.018	22.671	0.007
		11 -0.173	-0.123	30.150	0.001
		12 -0.073	-0.092	31.476	0.001
		13 -0.136	-0.050	36.109	0.000
		14 0.029	-0.003	36.327	0.001
		15 -0.011	0.031	36.357	0.001
		16 0.109	0.054	39.375	0.001
		17 -0.038	-0.020	39.752	0.001
		18 0.058	0.027	40.626	0.001
		19 -0.087	-0.059	42.566	0.001
		20 -0.033	-0.069	42.848	0.001

d) TGARCH

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa

ANEXO 2 B - Correlograma dos modelos de Santarém

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 0.058	0.058	1.5227	
		2 0.055	0.052	2.8980	0.089
		3 0.075	0.070	5.4447	0.066
		4 0.017	0.007	5.5782	0.134
		5 0.018	0.009	5.7176	0.221
		6 0.058	0.051	7.2384	0.204
		7 -0.032	-0.041	7.7107	0.260
		8 0.041	0.039	8.4896	0.291
		9 0.012	0.003	8.5529	0.381
		10 0.085	0.086	11.875	0.220
		11 0.005	-0.011	11.887	0.293
		12 -0.025	-0.038	12.201	0.349
		13 0.012	0.007	12.269	0.424
		14 0.049	0.045	13.368	0.420
		15 0.005	0.005	13.381	0.497
		16 -0.014	-0.031	13.474	0.566
		17 -0.021	-0.019	13.688	0.622
		18 0.006	0.006	13.705	0.688
		19 -0.024	-0.025	13.966	0.731
		20 -0.041	-0.046	14.748	0.738

a) ARCH

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.054	-0.054	1.3211	
		2 0.076	0.073	3.9049	0.048
		3 0.033	0.041	4.4029	0.111
		4 0.044	0.042	5.2607	0.154
		5 -0.045	-0.047	6.1943	0.185
		6 0.098	0.086	10.506	0.062
		7 -0.032	-0.019	10.958	0.090
		8 -0.027	-0.042	11.294	0.126
		9 -0.018	-0.022	11.449	0.178
		10 -0.000	-0.004	11.449	0.246
		11 0.011	0.027	11.503	0.320
		12 -0.035	-0.041	12.074	0.358
		13 -0.010	-0.013	12.118	0.436
		14 0.065	0.074	14.038	0.371
		15 -0.025	-0.013	14.321	0.426
		16 -0.013	-0.023	14.998	0.496
		17 -0.120	-0.136	21.065	0.176
		18 0.008	0.003	21.097	0.222
		19 -0.027	0.003	21.432	0.258
		20 -0.004	-0.013	21.439	0.313

b) GARCH

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 -0.059	-0.059	1.5435	
		2 0.074	0.070	3.9692	0.046
		3 0.017	0.026	4.1030	0.129
		4 0.045	0.043	5.0265	0.170
		5 -0.059	-0.058	6.6085	0.158
		6 0.110	0.098	12.051	0.034
		7 -0.041	-0.025	12.827	0.046
		8 -0.024	-0.041	13.087	0.070
		9 -0.026	-0.026	13.391	0.099
		10 0.002	-0.005	13.393	0.146
		11 0.000	0.020	13.393	0.202
		12 -0.043	-0.054	14.259	0.219
		13 -0.017	-0.019	14.398	0.276
		14 0.055	0.065	15.787	0.261
		15 -0.033	-0.020	16.279	0.297
		16 -0.018	-0.027	16.432	0.354
		17 -0.113	-0.127	22.372	0.132
		18 -0.001	-0.003	22.373	0.171
		19 -0.033	-0.006	22.869	0.196
		20 0.001	-0.014	22.869	0.243

c) EGARCH

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob*
		1 0.155	0.155	10.740	
		2 0.130	0.109	18.362	0.000
		3 0.104	0.072	23.231	0.000
		4 0.085	0.050	26.512	0.000
		5 0.009	-0.029	26.546	0.000
		6 0.078	0.061	29.263	0.000
		7 0.008	-0.018	29.295	0.000
		8 -0.002	-0.017	29.296	0.000
		9 -0.003	-0.008	29.299	0.000
		10 0.017	0.013	29.430	0.001
		11 -0.005	-0.003	29.443	0.001
		12 -0.035	-0.041	30.002	0.002
		13 0.038	0.050	30.648	0.002
		14 0.086	0.087	34.069	0.001
		15 0.021	-0.002	34.279	0.002
		16 -0.006	-0.032	34.295	0.003
		17 -0.084	-0.106	37.541	0.002
		18 0.001	0.026	37.542	0.003
		19 -0.016	-0.000	37.657	0.004
		20 -0.025	-0.022	37.956	0.006

d) TGARCH

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados da pesquisa