

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

Áquila de Carvalho Rocha

**ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE BOLHAS NO MERCADO FUTURO DE CAFÉ  
ARÁBICA.**

Sorocaba, SP

2023

Áquila de Carvalho Rocha

**ANÁLISE DE OCORRÊNCIA DE BOLHAS NO MERCADO FUTURO DE CAFÉ  
ARÁBICA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Administração para obtenção do  
título de Mestre em Administração.

Orientação: Prof. Dr. José César Cruz Jr.

Sorocaba, SP

2023

Carvalho Rocha, Áquila de

Análise de ocorrência de bolhas no mercado futuro de café Arábica. / Áquila de Carvalho Rocha -- 2023.  
72f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador (a): José César Cruz Júnior

Banca Examinadora: Leonardo Bornacki de Mattos,

Geraldo Edmundo Silva Junior

Bibliografia

1. Bolhas. 2. Mercado Financeiro. 3. Covid. I. Carvalho Rocha, Áquila de. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática  
(SIn)

#### DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -  
CRB/8 6979



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Administração

---

### Folha de Aprovação

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Áquila de Carvalho Rocha, realizada em 30/05/2023.

#### Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José César Cruz Júnior (UFSCar)

Prof. Dr. Leonardo Bornacki de Mattos (UFV)

Prof. Dr. Geraldo Edmundo Silva Junior (UFSCar)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Administração.

## DEDICATÓRIA

Ao meu avô Francisco Sudré, por me apresentar o primeiro grão de café in natura.

## **AGRADECIMENTO**

A Jesus, a minha esposa Marcelle Rocha, ao meu filho José, ao meu pai Antônio Rocha, a minha mãe Marta Rocha, ao professor Dr. José César Cruz e aos docentes e a equipe administrativa do PPGA UFSCar.

*Pois dEle, por Ele e para Ele são todas as coisas.  
A Ele seja a glória para sempre! Amém.*

*Paulo de Tarso*

*(Romanos 11:36)*

## RESUMO

ROCHA, Análise de Ocorrência de Bolhas no Mercado Futuro de Café Arábica. 2023. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de São Carlos, *campus Sorocaba*, Sorocaba, 2023.

A pandemia de Covid 19 ceifou milhares de vidas e impactou a economia global. Para melhor compreender esse impacto, o presente trabalho buscou um ativo que exemplificasse as mudanças ocorridas no mercado financeiro durante o período, encontrando no Café Arábica um ativo de relevância global, que cumpre o objetivo proposto. O trabalho foi conduzido em duas etapas, sendo a primeira etapa a pesquisa através de uma revisão sistemática da literatura que buscou métodos robustos e confiáveis para a identificação de bolhas de preço em commodities, encontrando essas características nas variações do teste econométrico “ADF”. Na segunda etapa, o estudo utiliza o teste “*Backward Sup Augmented Dickey-Fuller*” (BSADF) para realizar uma análise de ocorrência de bolhas no mercado futuro de Café Arábica entre os anos de 2014 e 2021. Os resultados evidenciam um grande aumento de intensidade e duração das bolhas no período de pandemia de Covid-19 (2020 e 2021). A análise ainda sugere a possibilidade de um aumento substancial nas durações e intensidade das bolhas de preços em ativos de commodities a partir do ano de 2011. O resultado traz uma contribuição significativa à literatura existente e disponibiliza um material consultivo a profissionais que atuam diretamente ou indiretamente no mercado financeiro.

Palavras-chave: Commodities, bolhas, mercado financeiro, derivativos, covid.

## **ABSTRACT**

ROCHA, Áquila. Analysis of the Occurrence of Bubbles in the Arabica Coffee Futures Market 2023. Dissertation (Masters in Administration) - Federal University of São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2023.

The Covid 19 pandemic claimed thousands of lives and impacted the global economy. To better understand this impact, the present work sought an asset that exemplified the changes that occurred in the financial market during the period, finding in Café Arábica an asset of global relevance, which fulfills the proposed objective. The work was conducted in two stages, the first stage being the research through a systematic review of the literature that sought robust and reliable methods for identifying price bubbles in commodities, finding these characteristics in the variations of the econometric test "ADF". In the second stage, the study uses the "Backward Sup Augmented Dickey-Fuller" (BSADF) test to perform an analysis of the occurrence of bubbles in the Arabica Coffee futures market between the years 2014 and 2021. The results show a large increase in intensity and duration of bubbles during the Covid-19 pandemic period (2020 and 2021). The analysis also suggests the possibility of a substantial increase in the duration and intensity of price bubbles in commodity assets from the year 2011 onwards. The result makes a significant contribution to the existing literature and provides advisory material to professionals who work directly or indirectly in the financial market.

Keywords: Commodities, bubbles, financial market, derivatives, covid.

## RESUMEN

ROCHA, Águila. Análisis de la Ocurrencia de Burbujas en el Mercado de Futuros de Café Arábica 2023. Disertación (Maestría en Administración) - Universidad Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2023.

La pandemia de Covid 19 cobró miles de vidas e impactó la economía global. Para comprender mejor este impacto, el presente trabajo buscó un activo que ejemplificara los cambios ocurridos en el mercado financiero durante el período, encontrando en Café Arábica un activo de relevancia mundial, que cumple con el objetivo propuesto. El trabajo se realizó en dos etapas, siendo la primera etapa la investigación a través de una revisión sistemática de la literatura que buscó métodos robustos y confiables para la identificación de burbujas de precios en commodities, encontrando estas características en las variaciones de la prueba econométrica “ADF”. En la segunda etapa, el estudio utiliza la prueba “Backward Sup Augmented Dickey-Fuller” (BSADF) para realizar un análisis de la ocurrencia de burbujas en el mercado de futuros de Café Arábica entre los años 2014 y 2021. Los resultados muestran un gran aumento en intensidad y duración de las burbujas durante el período de pandemia de Covid-19 (2020 y 2021). El análisis también sugiere la posibilidad de un aumento sustancial en la duración e intensidad de las burbujas de precios en los activos de materias primas a partir del año 2011. El resultado hace una contribución significativa a la literatura existente y proporciona material de asesoramiento a los profesionales que trabajan directa o indirectamente en el mercado financiero.

Palabras clave: Commodities, burbujas, mercado financiero, derivados, covid.

# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>18</b>
1.1. Contextualização .....	18
1.2. Justificativa e importância da pesquisa .....	19
1.3. Problemática e questão de pesquisa .....	20
1.4. Objetivos de pesquisa.....	21
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>21</b>
<b>3. METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	<b>24</b>
3.1. Revisão Sistemática Bibliográfica .....	24
<b>4. REVISÃO SISTEMÁTICA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>26</b>
4.1. Seleção dos Artigos.....	26
4.2. Evolução das publicações ao longo dos anos.....	29
4.3. Artigos por País.....	30
4.4. Documentos por área.....	30
4.5. Análise de redes .....	31
<b>5. ANÁLISE QUALITATIVA</b> .....	<b>36</b>
<b>6. ANÁLISE ECONOMETRICA</b> .....	<b>40</b>
6.1. Base de Dados .....	40
6.2. Seleção de Contratos .....	42
6.3. Análise de volume de negociação .....	43
6.4. Teste BSADF (Parâmetros).....	43
6.5. Resultado no período pré-pandemia de Covid-19 .....	44
6.6. Resultado no Período de Pandemia.....	45
6.7. Análise de Duração das Bolhas de Preço .....	47
6.8. Análise de Intensidade .....	49
6.9. Análise de Sazonalidade.....	53
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>57</b>
<b>7. ANEXOS</b> .....	<b>61</b>

## Figuras

Figura 1 - Fluxograma do processo de planejamento e seleção de artigos.....	27
Figura 2 - Gráfico evidenciando a evolução de publicações de artigos com as palavras-chave "price bubbles", "bubbles", "financial bubbles", "commodities", "market microstructure" e "intraday" .....	29
Figura 3 - Gráfico com o número de publicações por país.....	30
Figura 4 - Gráfico “Pizza” com a distribuição das publicações por área de conhecimento .....	31
Figura 5 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Palavras-chave dos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer .....	32
Figura 6 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Palavras-chave por Tempo de publicação dos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer .....	33
Figura 7 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Coautoria nos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer.....	34
Figura 8 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Citações nos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer.....	35
Figura 9 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Cocitações nos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer .....	36
Figura 10 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U17 (vencimento setembro de 2017). Análise comportamento de preços no período pré-pandemia de Covid-19. ....	44
Figura 11 - Cotação dos contratos Futuros de Nova York – Período de 01/06/2016 à 01/06/2017 - Valores em Dólar Americano. Fonte: Investing.com .....	45
Figura 12 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U21 (vencimento setembro de 2021). Análise comportamento de preços durante a pandemia de Covid-19. ....	46
Figura 13 - Gráfico do índice S&P 500 VIX no período de 15/10/2021 à 21/09/2021, com linha de tendência linear. (Fonte: Yahoo! Finance) .....	46
Figura 14 - Publicações de artigos na base Scopus sobre bolhas em commodities (por ano). - O gráfico evidencia um forte aumento de publicações sobre o tema após a crise global provocada pela bolha de preço no subprime americana (2008-2009).....	61
Figura 15 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U15 (período pré-pandemia) – O contrato U15 (vencimento em setembro 2015) foi analisado entre os dias 02/06/2014 e 01/06/2015. Para a análise de bolhas foram descartados períodos menores que 3 dias sequenciais de resultado positivo no teste BSADF (Etienne et al. 2014). De acordo com os	

*critérios observados, há cinco períodos de início e rompimento de bolhas na janela analisada. O maior período ocorre entre os dias 23/02/2015 à 18/03/2015. Os outros quatro períodos ocorrem com menor intensidade, e acontecem nos dias de pregão entre 22/12/2014 à 02/01/2015 (seis dias de pregões), entre 27/03/2015 à 01/04/2015 (quatro dias de pregões), 04/05/2015 à 07/05/2015 (quatro dias de pregões) e de 22/05/2015 à 29/05/2015 (seis dias de pregões). Todas as bolhas encontradas no período de 2014 a 2015 foram bolhas negativas.* 66

*Figura 16 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z15 (período pré-pandemia) – O contrato Z15 (vencimento em dezembro 2015) foi analisado entre os dias de 04/08/2014 e 05/08/2015. Há cinco períodos de início e rompimento de bolhas na janela analisada. O maior período ocorre entre os dias 23/02/2015 à 18/03/2015. Os outros quatro períodos ocorrem com menor intensidade, e acontecem nos dias de pregão entre 22/12/2014 à 02/01/2015 (cinco dias de pregões), entre 27/03/2015 à 01/04/2015 (quatro dias de pregões), 04/05/2015 à 07/05/2015 (quatro dias de pregões) e de 22/05/2015 à 29/05/2015 (seis dias de pregões). Todas as bolhas encontradas no período de 2014 a 2015 foram bolhas negativas.* 67

*Figura 17 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato H16 (período pré-pandemia) – O contrato H16 (vencimento em março 2016) foi analisado no período de 21/03/2015 à 22/03/2016. Para a análise foram descartados períodos inferiores a 3 dias sequenciais de ocorrência de preços explosivos. Há apenas um período de bolhas que ocorre entre os dias 09/10/2015 à 15/10/2015 (três dias de pregão), sendo uma bolha positiva. As bolhas positivas ocorrem quando o preço médio durante o período explosivo é maior que o preço inicial do período explosivo.....* 67

*Figura 18 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U16 (período pré-pandemia) – O contrato U16 (vencimento em setembro de 2016) foi analisado no período de 02/06/2015 à 01/06/2016. Para a análise foram descartados períodos inferiores a 3 dias sequenciais de ocorrência de preços explosivos. Há dois períodos de bolhas que ocorrem entre os dias 09/10/2015 à 15/10/2015 (três dias de pregão) e no período de 17/03/2016 à 23/03/2016 (cinco dias de pregão) sendo as duas, bolhas positivas. Os testes estão de acordo com Phillipse et al. (2011), mostrando que a origem da bolha está associada diretamente a uma mudança brusca na precificação do ativo e logo após o colapso, com o preço do ativo se movendo de forma oposta ao sentido do preço na origem da bolha.....* 68

*Figura 19 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z17 (período pré-pandemia) – No contrato Z17 (vencimento em dezembro de 2017) foram encontrados 3 períodos de ocorrência de bolhas. O maior período de preço explosivo se encontra entre os dias 01/12/2016 à ..... 68*

Figura 20 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato H18 (período pré-pandemia) – O contrato H18 (vencimento em março de 2018) foi analisado entre 21/03/2018 e 22/03/2019. Não foi encontrado nenhuma bolha no contrato analisado, segundo os critérios estabelecidos por Phillips et al. (2011) e Etienne et al. (2014). Foram descartados períodos menores que três dias sequencias de resultado positivo no teste BSADF..... 69

Figura 21 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U18 (período pré-pandemia) - O contrato U18 (vencimento em setembro de 2018) foi analisado no período de 02/06/2018 à 01/06/2019. Não foi encontrado nenhuma bolha no contrato analisado, segundo os critérios estabelecidos por Phillips et al. (2011) e Etienne et al. (2014). Foram descartados períodos menores que três dias sequencias de resultado positivo no teste BSADF..... 69

Figura 22 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z19 (período pré-pandemia) – O contrato Z19 (vencimento dezembro 2019) foi analisado no período de 17/08/2018 à 16/08/2019. O gráfico do teste BSADF no contrato Z19 mostra três períodos significativo de ocorrência de bolhas (foi descartado o último período que era menor que 3 dias consecutivos). Entre os três períodos selecionados o que se destaca é o período de 08/10/2018 à 26/10/2018 contabilizando quatorze dias consecutivos de bolhas no preço diário no futuro da commodity. Todas as bolhas encontradas no contrato são positivas. .... 70

Figura 23 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U19 (período pré-pandemia) - O contrato U19 (vencimento setembro 2019) foi analisado no período de 17/08/2018 à 16/08/2019. No teste BSADF realizado no contrato U19 foram encontrados três períodos significativos de bolhas nos preços do contrato. Dois períodos de bolhas encontrados no contrato U19 coincidem com os períodos de bolhas no contrato Z19, o que fortalece o resultado dos testes apresentados na janela. Há ainda uma ocorrência de bolha que não foi identificada no contrato Z19. A bolha não coincidente ocorre no período de 16/08/2019 à 20/08/2019, sendo a única bolha negativa encontrada na janela. O período com o maior número de dias de bolha foi o de 08/10/2018 à 26/10/2018, totalizando quatorze dias consecutivos de preços explosivos..... 70

Figura 24 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U20 - Entre os dias 04/10/2019 e 22/09/2020 foi analisado o contrato U20 (vencimento setembro de 2020). Durante o período foram encontradas quatro bolhas, sendo elas três positivas e uma negativa, segundo os critérios de Etienne et al. (2014). O maior período de bolhas ocorreu durante os dias 05/12/2019 e 18/12/2019, totalizando dez dias consecutivos de preços explosivos. A única bolha negativa ocorre no início do contágio mundial do vírus COVID-19, entre os dias

28/01/2020 e 07/02/2020. Outro período de ocorrência coincidente de bolhas acontece entre os dias 31/08/2020 e 11/09/2020, ocorrendo uma bolha positiva. ....71

Figura 25 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z20 - No período entre o início de 2020 à final de 2021 foi analisado o contrato Z20 (vencimento em dezembro 2020), entre 16/01/2020 à 18/12/2020. No contrato Z20 foram encontrados dois períodos de preços explosivos, segundo os critérios estabelecidos por Phillips et al. (2011), sendo o maior período de bolhas uma bolha negativa de nove dias consecutivos entre os dias 28/01/2020 e 07/02/2020. O momento se trata do início da absorção pelo mercado dos impactos das notícias sobre a pandemia COVID-19. A segunda bolha apresentada no teste BSADF ocorre entre os dias 31/08/2020 e 02/09/2020, sendo uma bolha positiva. A elevação de preços coincide com as primeiras notícias de testes bem-sucedidos das vacinas contra o COVID-19. No período temos um total de doze dias de bolhas. ....71

Figura 26 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato H21 - O contrato H21 (vencimento em março 2021) foi analisado no período entre 15/04/2020 à 23/03/2021. Ainda no início do período de Pandemia de COVID-19, no início da nossa análise, o contrato H21 era negociado e impactado diretamente pelas perspectivas do investidor em relação ao princípio do enfrentamento da Pandemia. Foram encontrados quatro períodos de bolhas, somando quatorze dias de preços explosivos. As bolhas são sequencialmente: duas negativas e duas positivas, ambos os períodos são de três a quatro dias de preços explosivos. A análise do contrato marca uma mudança de tendência de preço. ....72

Figura 27 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z21 - O período analisado do contrato Z21 (vencimento em dezembro 2021) foi de negociações entre os dias 18/01/2021 e 21/12/2021. Durante os pregões analisados, o contrato apresentou cinco períodos de preços explosivos, sendo todos positivos. O maior período de bolhas ocorreu entre os dias 26/05/2021 à 08/06/2021 (9 pregões). Todos os demais períodos ficaram em intervalos entre três e sete pregões de preços explosivos. ....72

## **Tabelas**

Tabela 1 - Detalhamento do processo de filtragem na base Scopus e o Query resultante do processo de filtragem.....	29
Tabela 2 - Códigos para a classificação dos artigos analisados .....	38
Tabela 3 - Codificação dos artigos analisados segundo: contexto, mercado analisado, commodity analisada, modelo de pesquisa, método econométrico, hipótese de causalidade e evidência de causalidade. Para uma melhor compreensão, há uma tabela literal em anexo neste documento. ....	39
Tabela 4 - Volume médio negociado por dia dos Contratos de Futuro de Café Arábica analisados no período de 02/06/2014 à 01/06/2016. Destacado os contratos selecionados. ....	41
Tabela 5 - Contratos de Futuro Café Arábica analisados no período de 02/06/2016 à 01/06/2018.....	41
Tabela 6 - Contratos de Futuro Café Arábica analisados no período de 02/07/2018 à 01/07/2020.....	42
Tabela 7 - Comparação dos valores totais de bolhas encontradas nos contratos analisados....	47
Tabela 8 - Variação de preço nas bolhas positivas, que apresentam valor inicial maior do que o valor da média dos preços do período explosivo. A tabela contém a análise de de Início-Topo, Topo - Saída e Duração em dias.....	50
Tabela 9 - Variação de preço nas bolhas negativas, que apresentam valor inicial menor do que o valor da média dos preços do período explosivo. A tabela contém a análise de de Início - Vale, Vale - Saída e Duração em dias. ....	50
Tabela 10 - Comparação de bolhas por mês nos contratos analisados (valores em pregões) ..	54
Tabela 11 - Tabela literal utilizada como base para a codificação dos artigos analisados segundo: contexto, mercado analisado, commodity analisada, modelo de pesquisa, método econométrico, hipótese de causalidade e evidência de causalidade. ....	66



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contextualização

A bolha em preço de ativo financeiro, conceitualmente, pode ser definida como um processo explosivo de preço com duração limitada, podendo ser um movimento ascendente ou descendente de variação monetária (Oreiro, 2003). Esses movimentos impactam a dinâmica do mercado, expondo os agentes de mercado a perdas financeiras substanciais (Li et al., 2020). Phillips et al. (2011) afirma que há um grande consenso de que as bolhas no mercado financeiro dão origem à má alocação de recursos e que as mesmas podem ter impactos diretos na economia real.

Ao olhar o fenômeno historicamente, podemos observar que as bolhas não são movimentos recentes e que a um longo tempo estão influenciando o mercado financeiro mundial. A primeira bolha de preços devidamente documentada que encontramos na literatura é a intitulada “Tulip Mania” (1634–1637). As bolhas nos preços das tulipas, que ocorreram no século XVII na Holanda, as quais apresentaram preços desconexos de qualquer fundamento econômico, levaram milhares de comerciantes e investidores a falência (Li et al. 2017).

Os próximos séculos revelariam ainda outras crises de igual ou maior proporção. Chang et al. (2016), relatam a crise gerada pelas ações da *South Sea Company* (1720) no Reino Unido. O incentivo por parte do governo em oferecer troca de dívida pública por ações da *Sea Company*, aliado a um monopólio da empresa no comércio com a América do Sul e a auto deliberação da empresa na mudança de preços das ações, levou o mundo todo a uma crise financeira sem precedentes (Chang et al. 2016).

Ainda houve a famosa bolha no setor de linhas férreas “Railway Mania” (1840–1846) no Reino Unido, a grande crise de 1929, relatada como “a experiência dramática da Grande Depressão, que subverteu o mundo, entre 1929 e 1933” (Mazzucchelli, 2008). Mais recentemente, o mercado financeiro mundial passou por diversas variações intensas de preços como, por exemplo, a que ocorreu durante a crise do supprime americano (2008-2009). Essa última crise listada tem causado um grande interesse acadêmico pelo tema e consequentemente contribuições valiosas para melhor compreendê-lo.

## 1.2. Justificativa e importância da pesquisa

A pandemia de Covid 19 assolou grande parte do mundo durante os anos de 2020 e 2021, cobrando um alto preço em termos de vidas humanas perdidas e gerando grandes impactos econômicos (Cioti, 2020). O confinamento da população durante semanas pausou o sistema econômico, gerando consequências em toda a cadeia produtiva global e por consequência nas negociações de ativos financeiros (Kohlscheen, 2020). No mercado financeiro, como já citado nesta dissertação, a história mostra que em cenários de grandes crises globais, uma das consequências quase sempre presentes são as chamadas bolhas financeiras.

Irwin et al. (2011) cita um trabalho da Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas (FAO), do ano de 2009 (“Especulação financeira em alimentos básicos desempenharam um papel fundamental na crise dos preços de alimentos de 2007-2008, que empurrou milhões de pessoas para a fome, 2009”) para justificar a importância de uma melhor compreensão do fenômeno das bolhas financeiras. Temas como bolhas de preços e especulação financeira também passaram a ser discutidos pelo senado americano através de uma defesa liderada por Masters et al. (2008) no ano de 2008. Tal autor passou a defender que a especulação através de fundos de índices eram as responsáveis pelas bolhas nos mercados de commodities americanos entre 2007-2008 e por consequência o responsável pelo aumento da fome no mundo durante o período analisado.

Com as bolhas no mercado de commodities assumindo protagonismo no cenário político internacional, diversos estudos foram conduzidos buscando uma melhor compreensão do assunto. Nesse contexto, estudos recentes revelaram um aumento significativo de ocorrência de bolhas nos mercados de commodities nos últimos anos. Segundo Etienne et al. (2014), em um período de 42 anos (1970-2011) em uma análise contendo 12 commodities negociadas no mercado americano, encontrou-se bolhas em 1% a 2% do período total analisado. Caspi et al. (2015), também uma notável pesquisa sobre o assunto, encontrou uma grande mudança de comportamento nas curvas de preço do petróleo durante a década de 1970. Usando a estatística “backwards sup ADF” (GSADF), Caspi afirmou que após o ano de 1973, os preços do barril de petróleo exibiram significativamente mais explosividade do que antes. Os estudos citados demonstram a necessidade de maior compreensão do tema, especificamente no mercado de commodities.

Toda essa discussão sobre bolhas e o fornecimento de alimento nos leva a um “player” mundial importante: o Brasil. O País está inserido em um grupo seletivo de países que possuem áreas agricultáveis superior a 30 milhões de hectares, população urbana maior que 80 milhões

de pessoas e PIB superior a US\$1 trilhão (EMBRAPA, 2021). A geopolítica evidencia o Brasil como um potencial fornecedor global de commodities agrícolas, o que vem se materializando nos últimos anos. No ano 2000, o valor das exportações dos principais produtos agrícolas brasileiros era de US\$ 11,2 bilhões, já em 2017 esse valor chegou a US\$ 75,8 bilhões. Em 2020 o Brasil alcançou o posto de maior exportador de grãos em valor do mundo, exportando cerca de 37 bilhões de dólares (EMBRAPA, 2021).

Dentre as commodities comercializadas pelo Brasil se destaca o Café. O Brasil é historicamente o maior produtor e exportador mundial de café, com uma posição dominante no mercado global de café há várias décadas. Segundo os dados fornecidos por USDA (2021) o Brasil é responsável por 40% de toda a produção mundial de café (Barros, 2021), com o café arábica totalizando 80,1% de toda essa produção nacional (EMBRAPA, 2021). Ainda, segundo o relatório fornecido anualmente pelo USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) foi o Brasil o maior exportador de café no mundo em 2021.

Toda essa potência de exportação acaba impactando profundamente na estrutura do estado brasileiro. Segundo Fassio et al. (2015), a atividade de cafeicultura é responsável por promover desenvolvimento social e econômico no Brasil, garantindo divisas para o país, promovendo postos de trabalho e contribuição fiscal. Essa importância é histórica e atual, impactando a vida de milhões de brasileiros que são afetados diretamente ou indiretamente pela flutuação dos preços da saca de café.

Buscar uma melhor compreensão do comportamento dos preços do futuro de Café Arábica no período de pandemia, mostra-se uma grande ferramenta para a avaliação dos impactos que as políticas de combate a pandemia podem ter gerado no mercado financeiro brasileiro e mundial. Ao compreender melhor a variação de preços durante esse período esperamos contribuir para o amadurecimento do debate acadêmico sobre bolhas de preço no mercado de commodities, gerar ações dos agentes de mercado para a diminuição de impactos futuros e uma proteção mais assertiva dos “Hedge’s” do mercado durante as grandes volatilidades de preço de commodities.

### **1.3. Problemática e questão de pesquisa**

A presente dissertação pretende responder algumas questões essenciais para alcançar o objetivo proposto. A primeira questão é: “Quais são os principais métodos utilizados para a identificação de bolhas no mercado de commodities?”. Após a possível identificação de um método para a identificação de bolhas, buscamos analisar a ocorrência de bolhas no mercado

futuro do Café Arábica e então responder mais dois questionamentos: “Existiram bolhas no mercado futuro de café arábica entre os anos de 2014 e 2021?”, “se existiram bolhas, houve diferença de intensidade, de duração e de sazonalidade nos períodos de pré-pandemia e de pandemia de Covid-19?”.

#### **1.4. Objetivos de pesquisa**

A disseminação do coronavírus (Covid-19) teve um impacto sem precedentes na economia global. Tanto o vírus em si quanto as medidas de confinamento adotadas para conter sua propagação e reduzir a pressão sobre os serviços de saúde levaram a uma paralisação significativa de grande parte da economia global por várias semanas (Rees et al., 2020). Esse impacto deve ser avaliado a fim de que medidas possam ser tomadas para mitigar ou proteger ativos financeiros de possíveis impactos semelhantes no futuro.

O trabalho tem como objetivo investigar a ocorrência de bolhas de preços no mercado futuro de Café Arábica durante os períodos pré-pandemia e pandemia de Covid -19 a fim de identificar similaridades e diferenças nas bolhas durante esses períodos. O estudo busca contribuir para a literatura de forma qualitativa, através da expansão do conhecimento acadêmico sobre o tema e disponibilizando um material acadêmico consultivo aos responsáveis por elaboração de políticas públicas, aos profissionais do mercado financeiro e a todos que, de forma direta ou indireta, podem ser afetados por esse fenômeno.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Desde a hipótese de que agentes do mercado poderiam estar diretamente ligadas ao surgimento de bolhas nos preços de commodities agrícolas, um debate acadêmico se travou nas revistas de maior relevância da área de pesquisa. Citando Masters e White (2008) como principais percursores da ideia encapada no senado americano, Sanders (2010) desclassifica as teses dos autores, as quais ele intitula de “anedotas” e de argumentos com “falta de métodos estatísticos rigorosos”. O debate acadêmico gerou uma corrida de artigos que tratavam do assunto, iniciando assim um período propício para análises mais profundas sobre o tema.

Com o objetivo de identificar os melhores métodos para a identificação de bolhas de preços e avaliar o comportamento dos preços do mercado futuro de café Arábica, esse trabalho se propõe a investigar a literatura através de uma *Revisão Sistemática Bibliográfica*. Após a primeira etapa citada, o trabalho deverá avaliar o melhor método para encontrar as bolhas de

preço através de uma *Análise Qualitativa* e por fim utilizar o método selecionado na segunda etapa para realizar uma *Análise Econométrica* a fim de compreender o comportamento das bolhas ocorridas nos períodos Pré-Pandemia e Pandemia no mercado futuro de Café Arábica.

Em busca do estado da arte, o estudo irá utilizar o método de revisão sistemática bibliográfica para analisar a literatura atual sobre bolhas de preço em mercados de commodities. Segundo Araújo (2006), as revisões bibliográficas se iniciaram no princípio do século XX, por uma necessidade de técnicas de caráter estatístico que visavam melhor compreender a produção e a disseminação do conhecimento científico. Com a evolução das técnicas de revisões bibliográficas, chegou-se à necessidade de uma análise com critérios replicáveis (Tranfield, 2003).

Para atender a essas e a demais necessidades, tem se encontrado na revisão sistemática um modelo melhor adaptado aos anseios do meio acadêmico atual. Thomé (2016), afirma que nos últimos anos tem se tornado cada vez mais relevante a revisão sistemática, que consiste em uma revisão metodológica, com maior transparência e rigor científico.

Outro fator levado em conta para a escolha do método é a grande quantidade de material disponível para a análise. A revisão sistemática bibliográfica se mostrou o método mais adequado para a condução da pesquisa nesse caso. Segundo Mulrow (1994), a revisão bibliográfica sistemática tem se apresentado como o melhor método para analisar um grande número de literaturas.

Nossa abordagem de pesquisa segue a metodologia apresentada por Thomé (2016), obedecendo as etapas apresentadas, que se inicia com o “planejamento de pesquisa e formulação do problema”, seguindo pela “busca na literatura atual do tema”, “coleta de dados e análise” até finalização com o “relatório e atualização do estudo”. O estudo utiliza tanto a análise quantitativa, quanto da análise qualitativa para a obtenção dos resultados propostos.

Para a seleção dos artigos, utilizamos a base de materiais acadêmicos Scopus, buscando as revistas de maior impacto e relevância na área de pesquisa. A fim de mapear a produção acadêmica do campo de estudo, utilizamos o Software *VOS Viewer* para uma análise quantitativa com o objetivo de identificar os trabalhos de maior relevância para o tema. Após essa etapa, utilizamos os resultados para uma análise qualitativa, de forma criteriosa (Oxman, 1994), codificando os artigos selecionados de acordo com os objetivos e problemática do artigo. Essa última etapa consiste no cerne do trabalho e é realizada a fim de atingir o objetivo proposto (Berry, 1995).

A presente dissertação também analisou os documentos seguindo o modelo de análise qualitativa temática (Tranfield et al., 2005), a fim de identificar os artigos de maior

credibilidade para a viabilização do presente estudo. Segundo Oxman (1994), uma análise qualitativa deve ser feita de forma criteriosa e sistemática para a efetiva identificação dos materiais de maior relevância para o corpo acadêmico. Gunther (2006) diz que para a realização de uma análise qualitativa há diferentes opções que podem ser definidas de acordo com a natureza do material analisado. O autor ainda afirma que uma forma de realizar a análise é segmentar partes do texto e tratá-los como sujeito, por meio de procedimentos de amostragem.

Por fim, utilizamos um modelo econométrico para atingir o objetivo de análise de ocorrência de bolhas no mercado futuro de café arábica. Os modelos econométricos se utilizam de ferramentas estatísticas aplicadas a variáveis econômicas, a fim de encontrar padrões de comportamento (Silva et al., 2007). As análises econométricas utilizam séries temporais para a extração e análise de dados. Uma série temporal “é um conjunto observações de uma determinada variável ou de várias variáveis ao longo do tempo” Oliveira et al. (2015). No atual trabalho iremos utilizar um modelo amplamente debatido no meio acadêmico, o teste “*Backward sup Augmented Dickey-Fuller*” (BSADF).

Desde que Phillips et al. (2011), introduziram o teste ADF para a detecção de bolhas, muitas melhorias foram realizadas até que chegamos a sequência estatística Dickey-Fulley aumentada com retrocesso (BSADF). Li et al. (2017) explicam que o teste BSADF pode ser entendido como uma extensão do teste tradicional “Dickey-Fuller Aumentado de Cauda Direita” (GSADF) aplicado em sequências de amostra em expansão. Em particular, cada amostra tem o ponto final fixado em  $r_2$  (a fração da amostra correspondente ao ponto final da janela) e o ponto inicial varia de 0 a  $r_2 - r_0$  (a fração da amostra correspondente à origem da janela). A sequência estatística ADF é expressa por:

$$\{ADF_{r_1}^{r_2}\}_{r_1 \in [0, r_2 - r_0]} \quad (1)$$

Na abordagem, a hipótese nula e o preço  $P_t$  segue um passeio aleatório, descrito na sequência abaixo, onde  $d$  é uma constante,  $T$  é o tamanho da amostra,  $\eta > 1/2$  e  $\varepsilon_t$  é um termo de erro i.i.d., e quando  $\theta > 1$ , há bolhas nos preços (Li et al., 2011).

$$P_t = dT^{-\eta} + \theta P_{t-1} + \varepsilon_t, \theta > 1 \quad (2)$$

A seguir, usando  $r_1$  e  $r_2$  como os pontos finais iniciais da amostra, encontraremos o modelo de regressão (3) a seguir, onde  $\Delta P_t = P_t - P_{t-1}$  e  $k$  representa o comprimento das defasagens (Li et al., 2011).

$$\Delta P_t = \alpha_{r_1, r_2} + \beta_{r_1, r_2} P_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_{r_1, r_2} \Delta P_{t-1} + \varepsilon_t, \varepsilon_t \sim i. i. d. (0, \sigma_{r_1, r_2}^2) \quad (3)$$

E, como mencionado acima, a sequência estatística “Dickey-Fuller Aumentada Padrão” (ADF):

$$\{ADF_{r_1}^{r_2}\}_{r_1 \in [0, r_2 - r_0]} \quad (4)$$

Comparado, então, com valores críticos assintóticos (CVs) calculados a partir de uma simulação de Monte Carlo, em que a rejeição da hipótese nula ( $GSADF > CV$ ) sugere a existência de bolhas:

$$GSADF(r_0) = \sup_{\substack{r_2 \in [r_0, 1] \\ r_1 \in [0, r_2 - r_0]}} \{ADF_{r_1, r_2}\} \quad (5)$$

Portanto, a estatística BSADF é então definida como o valor “sup” da sequência estatística ADF neste intervalo

$$BSADF_{r_2}(r_0) = \sup_{r_1 \in [0, r_2 - r_0]} \{ADF_{r_1}^{r_2}\} \quad (6)$$

### 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

#### 3.1. Revisão Sistemática Bibliográfica

Ao iniciar uma análise bibliométrica, devemos identificar os materiais mais relevantes para a pesquisa através de uma pesquisa bibliométrica (Tranfield, 2003). Essa etapa é realizada através de construções de redes de correlação entre os artigos, utilizando o programa *VOSviewer* (nos moldes do trabalho de Jugend et al., 2020). O software foi escolhido devido a facilidade de utilização e análise (Van Eck et al. 2010, 2016) e a sua disponibilização gratuita.

A análise foi realizada utilizando 119 artigos selecionados na base de materiais acadêmicos Scopus, através do software *VOSviewer*. O *VOSviewer* possui a capacidade de gerar redes de associação levando em consideração fatores como palavras-chaves, citação, co-citação e outros. O software é alimentado por uma planilha de Excel (.csv) disponibilizada pela

plataforma Scopus, possibilitando o programa acessar todos os dados necessários dos artigos selecionados para a formulação de redes de correlação (van Eck et al. 2010).

O programa gera imagens gráficas que facilitam a identificação das interações entre os artigos analisados. No caso das redes de Palavras Chaves, a imagem evidencia os assuntos mais tratados pelos artigos. Quanto maior o círculo da Palavra Chave, mais a palavra foi citada pelos artigos em análise. A separação por cores indica grupos (*cluster's*) em que as palavras-chaves destacadas são encontradas com maior frequência. Essa relação de proximidade pode indicar uma tendência nos assuntos abordados por determinando artigos e autores selecionados (Ikeziri et al., 2019).

As análises de citação e co-citação levam em consideração os autores mais citados na amostra de artigos acadêmicos selecionados. Esses autores são os autores mais importantes da área de pesquisa. A ligação e a proximidade através dos *clusters* indicam que esses autores estão conectados por citações e que existe uma tendência de que esses autores tratem de assuntos com alguma semelhança. Ainda há outras análises realizadas pelo software que seguem a mesma dinâmica apresentada.

Já a análise qualitativa foi realizada através do processo de codificação dos artigos mais relevantes os quais foram identificados na etapa de análise bibliográfica. De acordo com o processo de análise qualitativa observado em Fiorini et al. (2017), foram criados classificações e códigos para os artigos a fim de analisar criteriosamente o contexto do trabalho e os métodos utilizados. Os artigos foram classificados segundo: contexto, mercado, commodities analisadas, modelo de pesquisa, método econométrico, hipótese de causalidade e evidências de causalidade.

Por fim, a análise econométrica deste trabalho se baseia no estudo apresentado por Etienne et al. (2014), que analisou o comportamento de preços de doze commodities durante quarenta e dois anos no mercado americano. O estudo apresenta resultados robustos no sentido de identificar bolhas e analisar o comportamento das mesmas ao decorrer do tempo. O presente estudo então irá identificar períodos explosivos de preço e realizar comparações entre os contratos futuros analisados em dimensões de duração, intensidade e sazonalidade. A análise também pretende comparar a ocorrência de bolhas durante os períodos Pré-Pandemia e Pandemia.

## **4. REVISÃO SISTEMÁTICA BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1. Seleção dos Artigos**

Segundo Tranfield (2003), a estratégia para encontrar artigos relevantes em uma revisão bibliográfica deve ser relatada em detalhes suficientes para garantir que a pesquisa poderá ser replicada posteriormente. Dessa forma, detalharemos a etapa de seleção dos artigos de maior relevância para a realização do estudo. De acordo com o trabalho apresentado por Jugend et al. (2020), o qual seguimos como modelo, construímos um mapa para a orientação do processo inicial da revisão sistemática. A Figura 1 mostra todo o processo realizado para buscar os artigos mais relevantes da área, desde a etapa de formulação do problema até os resultados encontrados na plataforma de estudos acadêmicos (Scopus).

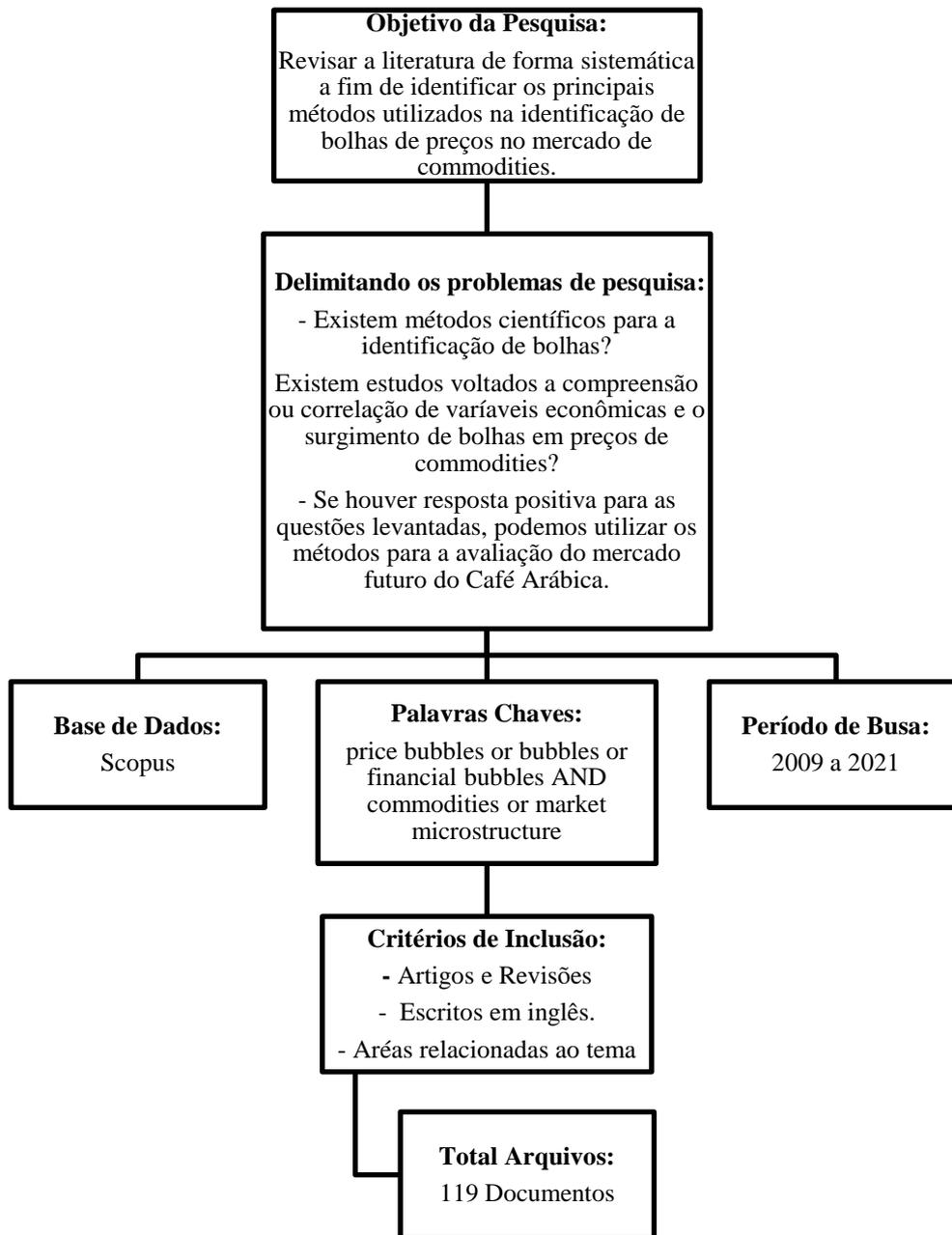


Figura 1 - Fluxograma do processo de planejamento e seleção de artigos.

A Base Scopus foi escolhida para a seleção dos artigos devido aos fatos de ser uma das maiores, mais utilizadas e mais conceituadas bases de materiais acadêmicos do mundo (Harzing e Alakangas, 2016). A Scopus apresenta revistas com alto fator de impacto e com grande relevância no meio acadêmico. A escolha também se baseou em referências bibliográficas de grande relevância e que serviram de referência para o estudo realizado. Esses artigos que nos referenciaram também usaram a base Scopus para uma Revisão Sistemática (Jugend et al., 2020; Ikeziri et al., 2019; Campos et al., 2016; Foster et al., 2016; Abdala et al., 2014).

Utilizando as palavras chaves "*price bubbles*", "*bubbles*", "*financial bubbles*", "*commodities*" e "*market microstructure*" encontramos 260 artigos, os quais apresentam o cruzamento dessas palavras-chaves em seu título ou resumo. A fim de refinar a pesquisa, selecionamos apenas os artigos publicados no período entre 2009 e 2021, o que diminuiu a quantidade de artigos para o número de 199 selecionados. Ainda foi realizado mais três tipos de filtros, conforme mostra a Tabela 1, até chegarmos ao resultado de 119 artigos científicos que estão diretamente relacionados a área de pesquisa proposta neste trabalho.

<b>D A T A B A S E : S C O P U S</b>	<b>DATE: 29/04/2021</b>		<b>RESULTS</b>
	<b>SEARCH FIELD</b>	<i>Article title, Abstract, Keywords</i>	-
	<b>KEYWORD S and BOOLEAN TERMS</b>	<i>"price bubbles" or "bubbles" or "financial bubbles"</i>	260
		AND	
		<i>"commodities" or "market microstructure"</i>	
	<b>FILTER 1</b>	Data range: Published from 2009 to 2021	199
	<b>FILTER 2</b>	Subject area: <i>Econometrics and Finance, Social Sciences, Business, Management and Accounting, Energy, Agricultural and Biological Sciences, Computer Science, Environmental Science, Mathematics, Decision Sciences, Multidisciplinary</i>	149
	<b>FILTER 3</b>	Document type: Articles, Review	122
<b>FILTER 4</b>	Language: English	119	
<b>TOTAL</b>			

Query	Final result
( TITLE-ABS-KEY ( "price bubbles" OR "bubbles" OR "financial bubbles" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "commodities" OR "market microstructure" ) ) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2022 AND ( EXCLUDE ( SUBJAREA , "CHEM" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "CENG" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PHYS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "ARTS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "MATE" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "EART" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "BI OC" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "PSYC" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "MEDI" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "NURS" ) OR EXCLUDE ( SUBJAREA , "ENGI" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "cp" ) OR LIMIT-TO ( DOCTYPE , "re" ) OR EXCLUDE ( DOCTYPE , "cp" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) )	119 documents

Tabela 1 - Detalhamento do processo de filtragem na base Scopus e o Query resultante do processo de filtragem.

#### 4.2. Evolução das publicações ao longo dos anos

A Figura 2 mostra o número de artigos publicados por ano na base Scopus, com os seguintes critérios: contenham as palavras-chave "price bubbles", "bubbles", "financial bubbles", "commodities", "market microstructure" e tenham sido publicados no período de 2009 à 2021. O gráfico evidencia um grande aumento das publicações a partir do início da série, fato que pode estar associado ao aumento do interesse acadêmico pelo assunto após a crise global gerada pela bolha de preço no subprime americano (2008-2009).

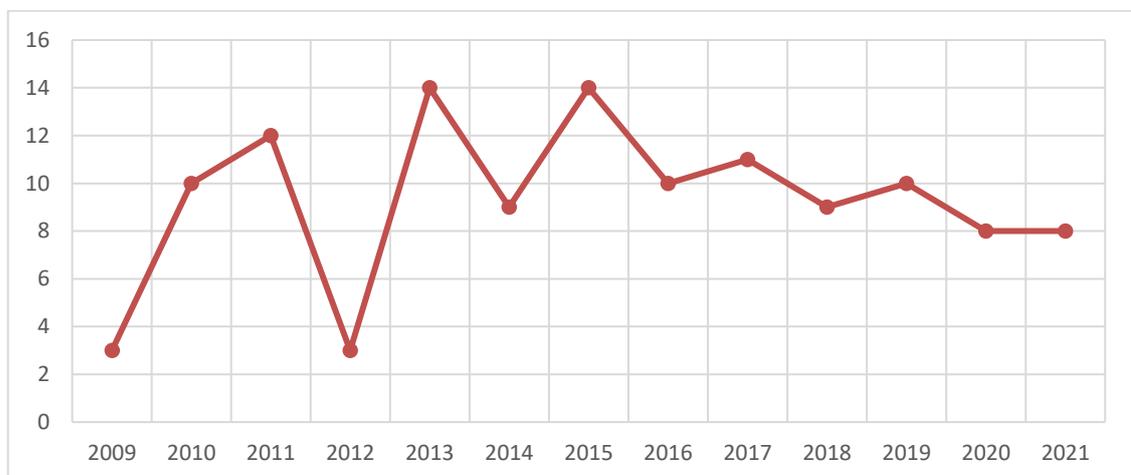


Figura 2 - Gráfico evidenciando a evolução de publicações de artigos com as palavras-chave "price bubbles", "bubbles", "financial bubbles", "commodities", "market microstructure" e "intraday".

O gráfico da Figura 2 apresenta um grande crescimento do número de publicações sobre

o tema na série histórica, especialmente no período de 2010-2013, o qual nota-se o número de publicações relacionadas ao tema cresce exponencialmente. Enquanto no início da série histórica as publicações sobre o tema não passavam de três publicações por ano, no ano de 2013 foram publicados quatorze artigos indexados sobre o tema, continuando a tendência de alta no número de publicações nos próximos anos. Há nos anexos deste documento um gráfico estendido que proporciona uma melhor verificação do fenômeno apresentado.

### 4.3. Artigos por País

Analisando as publicações realizadas em cada país, é possível concluir que o país que mais contribuiu com publicações sobre o tema são os Estados Unidos da América, com o número de quarenta e duas publicações no período de 2009 à 2021. Logo após, o Reino Unido com vinte publicações e a França com quinze publicações fecham o topo da lista dos maiores publicadores de artigos sobre o tema “bolhas no mercado de commodities”. O Brasil atualmente está na décima posição do ranking, tendo apenas três publicações sobre o tema indexados na base Scopus durante os últimos onze anos analisados.

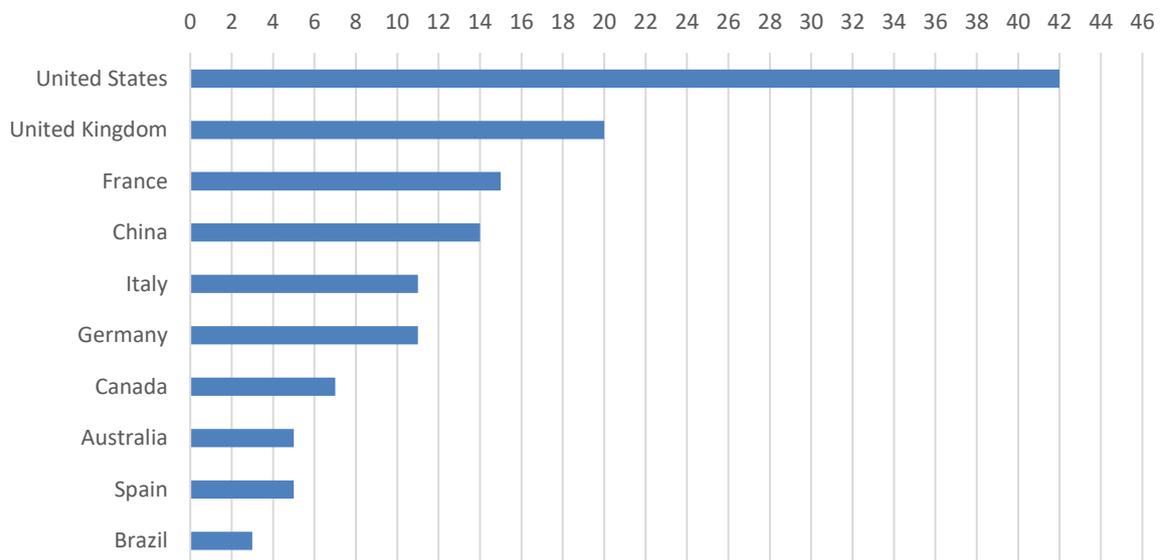


Figura 3 - Gráfico com o número de publicações por país

### 4.4. Documentos por área

Quando analisamos as áreas de conhecimento relacionadas as publicações sobre o tema visualizamos que Economia, Econometria e Finanças aparecem em primeiro lugar em número

de publicações, com 43% das áreas referentes ao material publicado. Logo após, a área de Ciências Sociais apresenta 11%, sendo seguida por Gestão de Negócios e Contabilidade com 10% do total de publicações. A área de energia apresenta uma parcela considerável das publicações, 9% do total, considerando que foge do padrão das áreas com maior correlação, as quais geralmente estão relacionadas a Ciências Sociais. Esse percentual mostra que há uma parcela considerável dos pesquisadores da área (não ligada diretamente à pesquisa de gestão e negócios) com interesse pelo estudo de bolhas de preço.

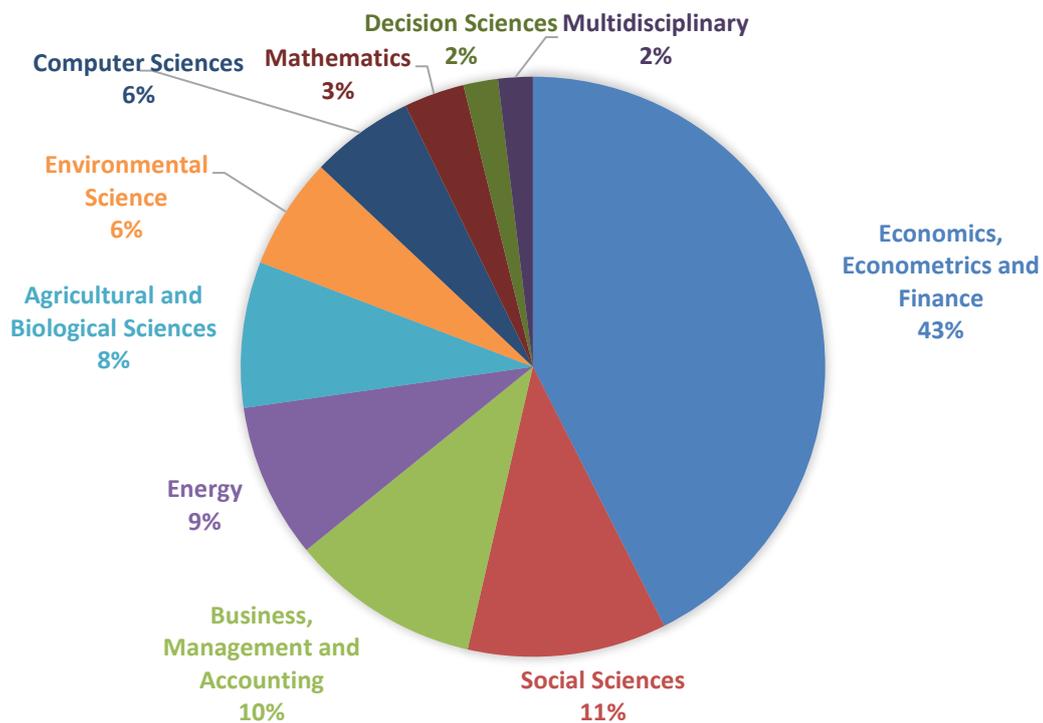


Figura 4 - Gráfico “Pizza” com a distribuição das publicações por área de conhecimento

#### 4.5. Análise de redes

A primeira rede analisada é a de palavras-chave, que revelam os assuntos mais abordados pelos autores dos materiais selecionados. As co-ocorrências, as ligações entre palavras-chaves, acontecem quando duas palavras-chave são mencionadas conjuntamente por um único artigo. A análise das palavras-chave presentes nos artigos selecionados gerou a rede representada na Figura 5. A rede apresenta todas as palavras-chave citadas mais de cinco vezes na amostra analisada. Sendo assim, foram encontradas 36 palavras-chave divididas em quatro agrupamentos (clusters) segundo critérios de proximidade dos temas dos artigos.

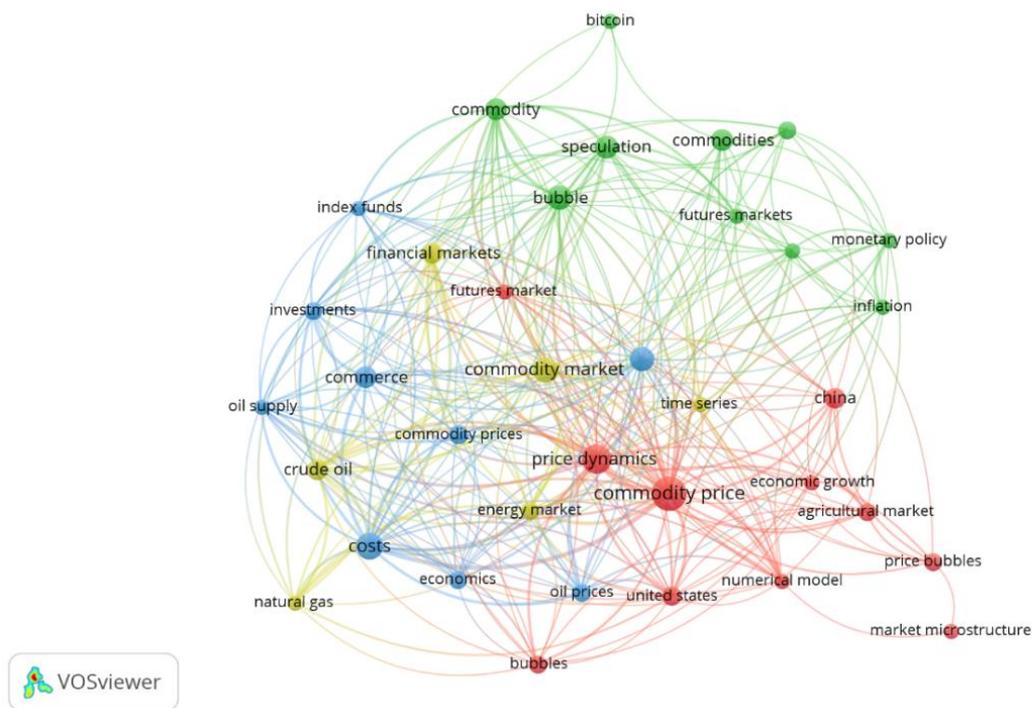


Figura 5 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Palavras-chave dos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer

No agrupamento vermelho a palavra-chave “preço de commodity” aparece como a mais citada, não apenas do cluster, mais de toda a rede. Apresentou-se também palavras-chave com nomes de países, “China” e “EUA”, países com proeminência econômica. O termo “crescimento econômico” também está fortemente ligado as demais palavras-chave. Essas palavras-chave evidenciam que os artigos do cluster tratam constantemente de fatores macroeconômicos e bolhas em commodities.

Já as palavras-chave encontradas no cluster verde, “especulação financeira”, “mercado futuro”, “financiarização” e “bolhas”, mostra uma pesquisa que associa o surgimento de bolhas a especulação financeira, principalmente no mercado futuro. Esse cluster também carrega a palavra-chave “bitcoin”, fortalecendo o estudo do tema bolha voltado ao mercado financeiro.

No grupamento azul a palavra-chave que se destaca é “custos”. Nesse cluster há uma preocupação maior com commodities energéticas como o petróleo. O cluster possui uma grande ligação com o grupamento amarelo, que segue a tendência de tratar do tema commodities energéticas. O cluster amarelo possui as palavras-chave “petróleo bruto”, “gás natural” e “mercado de commodities energéticas”. Tal resultado demonstra que os custos das operações envolvendo essas commodities é diretamente afetado por assimetria de preços, como as que encontramos em bolhas financeiras.

A fim de analisar a rede de palavras-chave em ordem cronológica, a Figura 6, também



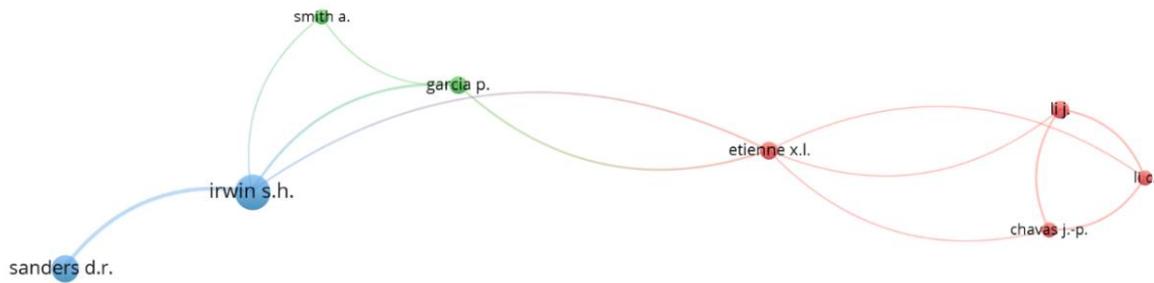


Figura 7 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Coautoria nos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer

No cluster azul há um total de sete documentos em co autoria entre Sanders D. R. e Irwin S.H.. O assunto principal no agrupamento azul é a influência de novos índices na formação de bolhas nos mercados agrícolas. Já no Cluster vermelho há uma segmentação com apenas dois artigos publicados entre os quatro autores. O assunto tratado é a relação entre bolhas e políticas macroeconômicas.

Nota-se que o cluster verde possui uma maior interatividade com os demais clusters, evidenciando uma maior pluralidade nos assuntos abordados pelo agrupamento. O cluster interage com os dois demais clusters, possuindo cinco artigos interagindo com o cluster azul e três artigos em coautoria com Etienne et al. (2014) do cluster vermelho. O assunto abordado no cluster verde é o mercado futuro e bolhas de preço.

Continuando a análise de redes, avaliamos o número de citações que cada autor possui na amostra de artigos analisados. O número de citações tem se mostrado um indicador importante para avaliar o impacto e a relevância de um artigo (Fiorini et al., 2017). A Figura 8 mostra a rede de autores mais citados nos artigos analisados. Só são evidenciados na rede autores com mais de dez citações. Os autores com artigos relacionados tendem a estar próximo um do outro. As ligações acontecem quando autores citam ou são citados por outros autores (Van Eck et al. 2010). A fim de simplificar o mapeamento da rede, foi estabelecido um limite mínimo de três autores para que se estabelecesse um agrupamento (cluster). De acordo com esses parâmetros estabelecidos foram encontrados 28 autores distribuídos em cinco clusters.

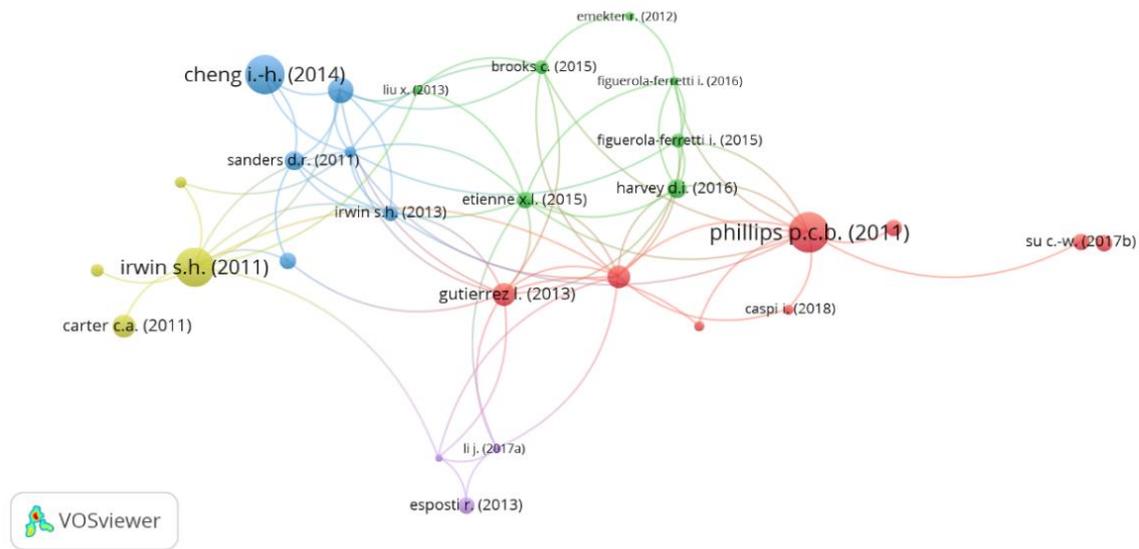


Figura 8 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Citações nos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer

Observa-se que os artigos de Phillips et al. (2011), Irwin et al. (2011), e Cheng et al. (2014) são apresentados como as publicações mais citadas no tema de pesquisa. Esses artigos servem de base teórica para os demais artigos. Já os artigos de Gutierrez (2013) e Etienne et al. (2015) são citados por praticamente todos os clusters, sendo autores com grande relevância na produção acadêmica de análise de bolhas financeiras em commodities.

O cluster amarelo possui uma quantidade reduzida de autores. Os artigos do cluster questionam, através de métodos econométricos, se de fato a operação de fundos de índices causaram as bolhas nos preços das commodities em 2006-2007. O cluster azul, de Phillips et al. (2011), cria uma metodologia de regressão recursiva (Adjusted Dickey–Fullere), que é introduzida para analisar a ocorrência de bolhas de preço no mercado financeiro. Uma análise do conteúdo agrupado no cluster azul, cujo o artigo de maior relevância é o Cheng et al. (2014), mostra que os autores avaliam se há distorções nos preços causados por especulação no mercado futuro. O cluster azul trata da “financeirização” do mercado de commodities.

Ettiene et al. (2015) e Harvey et al. (2016), pertencentes ao cluster verde, usam do método apresentado por Phillips et al. (2011) para aprofundar os testes para a detecção de bolhas nos mercados de commodities. A ligação do cluster verde de Ettiene et al. (2015) e Harvey et al. (2016) com o cluster vermelho de Phillips et al. (2011), é evidente na rede apresentada na Figura 8. O cluster lilás é o menor cluster da rede, mas possui uma linha de pesquisa relativamente nova, com artigos que correlacionam, através de métodos econométricos, políticas macroeconômicas ao surgimento de bolhas nos mercados de commodities Chinês.

Para finalizar a análise de redes, foi gerada a rede de cocitações apresentada na Figura 9,

que representa a relação dos artigos que são citados de forma conjunta em uma lista de referência de um terceiro artigo. Quanto maior o número de ocorrência de citações conjuntas em listas de referência, maior será o elo de ligação entre as cocitações (Jugend et al., 2020). Para a rede apresentada na Figura 9, foi estabelecido o número mínimo de três cocitações para que a mesma seja incluída na rede. Apresentou-se quarenta e nove cocitações relevantes na literatura existente, divididos em cinco grupos de temas correlacionados.

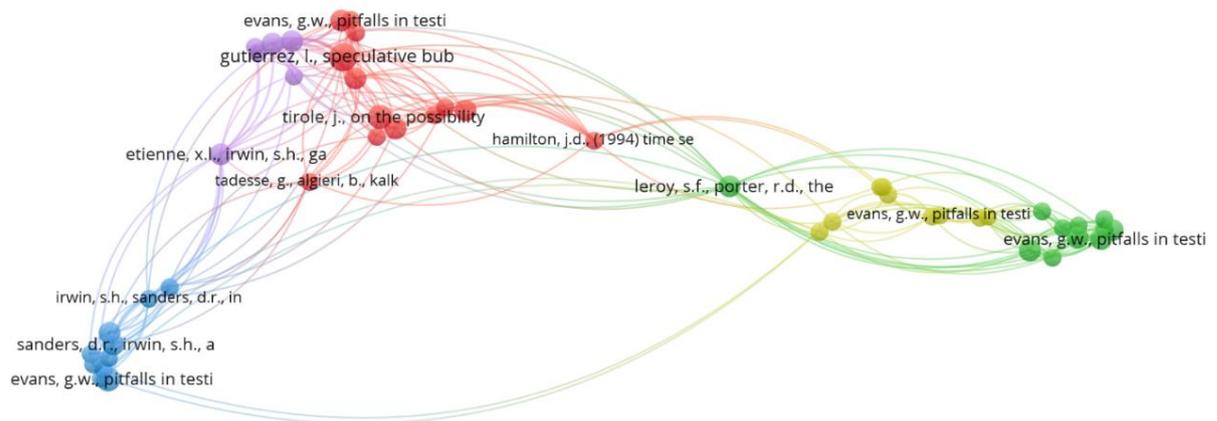


Figura 9 - Resultado da análise realizada no software VOSviewer que constrói uma rede de Cocitações nos artigos selecionados na base Scopus. Fonte: VOSviewer

## 5. ANÁLISE QUALITATIVA

A fim de realizar uma análise qualitativa criteriosa dos artigos mais relevantes do estudo de bolhas em preços de commodities, foi selecionado, para uma análise qualitativa, os vinte artigos mais citados (Fiorini et al., 2017) e disponibilizados gratuitamente. Dessa forma, foram selecionados os seguintes trabalhos: Sanders et al. (2010), Esposti et al. (2013), Etienne et al. (2014), Irwin (2013), Phillips et al. (2011), Cheng et al. (2014), Irwin et al. (2011), Gutierrez (2011), Harvey et al. (2015), Su et al. (2016), Brooks et al. (2015), Filimonov et al. (2013), Tokic (2011), Adämmer et al. (2014), Garcia (2013), Figuerola-Ferreti et al. (2015), Białkowski et al. (2014), Fan et al. (2011), Caspi et al. (2015) e Baldi et al. (2016).

A análise qualitativa temática foi realizada em busca de identificar os métodos mais utilizados e confiáveis para a identificação de bolhas de preços no mercado de commodities. Dessa forma, a próxima avaliação tem como objetivos organizar e interpretar os resultados obtidos na revisão sistemática bibliográfica (Tranfield et al. 2003; Gunther, 2006). Para o mapeamento da literatura e a sua análise qualitativa, foi realizado a codificação dos artigos, no modelo utilizado por Fiorini et al. (2017). A Tabela 2 traz os códigos para a classificação dos

artigos e a Tabela 3 apresenta a classificação dos artigos segundo o contexto, mercado analisado, commodity analisada, modelo de pesquisa, método de pesquisa, método econométrico, finalidade do teste e resultado.

Classificação	Significado	Código		Classificação	Significado	Código			
1	Contexto	A	EUA	4	Modelo de Pesquisa	A	Qualitativo		
		B	Europa			B	Quantitativo		
		C	China			C	Revisão		
		D	Países Emergentes			A	Causalidade de Granger		
2	Mercado analisado	A	Spot	5	Método	B	Variações Dickey–Fullere		
		B	Futuro			C	Hawkes Model		
		C	Índice			D	Bootstrap		
3	Commodity Analisada	A	Café			E	Fama–MacBeth		
		B	Cacau			F	ZIP Model		
		C	Trigo CBOT			G	Phillips – Perron		
		D	Trigo KCBOT			H	KPSS		
		E	Óleo de soja			I	Regressão Comutação		
		F	Milho			J	Razão de verossemelhança		
		G	Gado de alimentação			K	MTAR		
		H	Gado vivo			L	Meta-Análise		
		I	Soja			M	Positive feedback trading bubble model		
		J	Algodão			N	Unit root test		
		K	Açúcar			O	Testes de quebra		
		L	Arroz			P	GARCH-BEKK		
		M	Porcos			Q	VIRF		
		N	Petróleo Brent			R	Modelo comparativo		
		O	Petróleo			S	Working’s T		
		P	Ouro			T	Regressão Simples		
		Q	Prata			U	Vector Error Correction Model (VECM)		
		R	Platina			V	First-difference VAR models		
		S	Alumínio			X	Nenhum		
		T	Cobre			6	Modelo Econométrico?	A	Sim
U	Aveia	B	Não						
V	Suco de Laranja	7	Finalidade do Teste (Ocorrência e Causalidade)			A	Restrição de Mercado		
X	Madeira					B	Variáveis macroeconômicas		
Z	Níquel					C	Especulação financeira		
AA	Gás Natural					D	Transmissibilidade		
AB	Chumbo								

		AC	Estanho			E	Importação e Exportação
		AD	Zinco			F	Ocorrência de Bolhas
		AE	Gasolina			G	Endógenos
		AF	Nenhum			H	Baixa Competição
						I	Outros Eventos
				8	Resultado	A	Sem evidência
						B	Baixa evidência
						C	Evidência
						E	Não conclusivo

Tabela 2 - Códigos para a classificação dos artigos analisados

Artigo	Cont.	Mercado analisado	Commoditie analisada	Mod. de pesquisa	Método	Mod. Econom.	Finalidade do Teste	Result.
Sanders et al. (2010)	1A	2B, 2C	3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F, 3G, 3H, 3I, 3J, 3K, 3M	4B	5E	6A	7C	8A
Esposti et al. (2013)	1A, 1B	2A	3C, 3F	4B	5B, 5G, 5H	6A	7F	8C
				4B	5U, 5V	6A	7D	8C
							7E	8B
Etienne et al. (2014)	1A	2B	3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F, 3G, 3H, 3I, 3J, 3K, 3M	4B	5B	6A	7C	8A
Irwin (2013)	1A	2B, 2C	3C, 3D, 3F, 3I,	4B	5A	6A	7C	8A
				4B	5E	6A	7C	8B
Phillips et al. (2011)	1A	2A	3O	4B	5B	6A	7D	8C
Cheng et al. (2014)	1A	2A, 2C	3F, 3N, 3K, 3T	4C	5X	6B	7C	8C
Irwin et al. (2011)	1A	2B, 2C	3C, 3D, 3F, 3I,	4B	5A	6A	7C	8A
				4B	5B	6A	7C	8A
Gutierrez (2011)	1A	2B, 2C	3C, 3F, 3L, 3I	4B	5B, 5D	6A	7C	8E
Harvey et al. (2015)	1A	2A	3N, 3O, 3P, 3Q, 3R, 3S, 3T	4B	5B, 5D	6A	7F	8E
Su et al. (2016)	1A	2A	3O	4B	5B	6A	7F	8E
				4A	5X	6B	7C	8C
Brooks et al. (2015)	1A	2B	3U, 3F, 3I, 3C, 3E, 3V, 3J, 3B, 3G, 3P, 3Q, 3X, 3R, 3N, 3O, 3AA	4B	5I, 5J	6A	7F	8C
				4B	5I, 5J	6A	7B	8B
				4B	5I, 5J	6A	7C	8A
Filimonov et al. (2013)	1A, 1B	2B	3N, 3O, 3I, 3C, 3F, 3K	4B	5C	6A	7G	8C
Tokic (2011)	1A	2B	3O	4A	5M	6B	7C	8C
	1A	2A	3C, 3I, 3F	4B	5A	6A	7D	8C

Adämmer et al. (2014)				4B	3K	6A	7F	8C
Garcia (2013)	1A, 1B, 1D	2A	3O	4C	5L	6B	7H	8B
Figueroa-Ferreti et al. (2015)	1B	2A, 2B	3S, 3T, 3Z, 3AB, 3AC, 3AD	4B	5B	6A	7F	8C
				4B	5S	6A	7A	8C
Białkowski et al. (2014)	1B	2A	3P	4B	5B	6A	7F	8C
				4B	5T	6A	7B	8C
Fan et al. (2011)	1A	2A	3O	4B	5N	6A	7F	8C
				4B	5O	6A	7B	8C
				4B	5O	6A	7I	8C
				4B	5O	6A	7C	8C
				4B	5R	6A	7C	8C
Caspi et al. (2015)	1A	2A	3O	4B	5B	6A	7F	8C
				4B	5P	6A	7C	8C
Baldi et al. (2016)	1A	2C	3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F, 3G, 3H, 3I, 3J, 3K, 3L, 3M, 3N, 3O, 3P, 3Q, 3R, 3S, 3T, 3Z, 3AA, 3AB, 3AD, 3AE	4B	5Q	6A	7C	8C

Tabela 3 - Codificação dos artigos analisados segundo: contexto, mercado analisado, commodity analisada, modelo de pesquisa, método econométrico, hipótese de causalidade e evidência de causalidade. Para uma melhor compreensão, há uma tabela literal em anexo neste documento.

A Tabela 3 mostra o resultado da codificação dos artigos analisados (para uma melhor compreensão, há uma tabela literal em anexo) evidenciando que majoritariamente as análises realizadas no campo de pesquisa proposto são de ordem quantitativa. Trinta e uma das trinta e cinco análises apresentadas nos artigos selecionados (88,57%) utilizaram de análise quantitativa para obter as suas conclusões. Todos os métodos quantitativos utilizados nas análises são modelos econométricos, o que evidencia a preferência dos autores de tal abordagem no estudo de ocorrência e causalidade de bolhas de preços.

Se consideramos todos os métodos encontrados nos trabalhos que identificam bolhas e procuram determinar suas causas, o teste de raiz unitária *Adjusted Dickey– Fuller (ADF)*, é o mais popular, sendo utilizado em 32,26% dos artigos mais relevantes da área. Quando analisamos apenas os métodos utilizados para a identificação de bolhas nos preços, encontramos que as variações do teste ADF são proporcionalmente ainda mais utilizadas. Dos dez testes empregados com finalidade de encontrar bolhas em preços, sete são variações to teste ADF (70%).

O método “*Adjusted Dickey– Fuller*” tem sido aperfeiçoado ao longo de anos de estudos voltados para a compreensão de fenômenos econômicos. Alguns ajustes foram feitos ao método como o observado por Irwin et al. (2011), que utilizou o “*Augmented Dickey Fuller*” para buscar identificar causalidade entre especulações financeiras realizadas em índices de commodities e a ocorrência de bolhas nos preços spot de commodities. O teste “*Backward sup Augmented Dickey-Fulley*” (BSADF) é um aperfeiçoamento derivado do teste “*Right-tailed Augmented Dickey-Fuller*” (GSADF), utilizado por Li et al. 2017. Utilizaremos para a nossa análise econométrica o teste “BSADF”, com grande robustês estatística já apresentada por Li et al. (2017).

## 6. ANÁLISE ECONOMÉTRICA

### 6.1. Base de Dados

Foram analisados os contratos futuros de café Arábica (ICF) no mercado Brasileiro (BM&FBovespa) em dois momentos econômicos: pré-pandemia COVID-19 e pandemia COVID-19. No primeiro período, antes da pandemia que assolou o mundo em 2020 e 2021, analisamos os contratos futuros de Café Arábica entre os dias 02/06/2014 e 01/07/2020 e selecionamos os contratos com maior média de negociação e com o mínimo de 252 dias de negociação.

No segundo período, durante a pandemia de COVID-19, analisamos os contratos entre os dias de 01/01/2020 e 31/12/2021 e foram selecionados apenas as siglas dos contratos futuros que já haviam apresentado alta média de negócios (transações de compra e venda de um ativo). Os dados foram extraídos do banco de dados do site da BM&FBovespa. Para o estudo, utilizamos as variáveis “Contratos”, “Volume de negócios”, “Preço ajustado no dia”, “Vencimento”, “Commoditie” e “Mercado”.

<b>ICF - 02/06/2014 à 01/06/2016</b>	
<b>Contratos</b>	<b>Média de negócios</b>
H15	135
<b>H16</b>	<b>78</b>
H17	28
K15	0
K16	0
N14	0
N15	0
N16	0
U14	465
<b>U15</b>	<b>222</b>
<b>U16</b>	<b>101</b>
U17	2
Z14	372
<b>Z15</b>	<b>105</b>
Z16	26

Tabela 4 - Volume médio negociado por dia dos Contratos de Futuro de Café Arábica analisados no período de 02/06/2014 à 01/06/2016. Destacado os contratos selecionados.

<b>ICF - 02/06/2016 à 01/06/2018</b>	
<b>Contratos</b>	<b>Média de negócios</b>
H17	124
<b>H18</b>	<b>74</b>
H19	21
H20	0
K17	3
K18	0
N16	0
N17	5
N18	0
U16	309
<b>U17</b>	<b>132</b>
<b>U18</b>	<b>63</b>
U19	4
U20	0
Z16	245
<b>Z17</b>	<b>94</b>
Z18	30
Z19	1
Z20	0

Tabela 5 - Contratos de Futuro Café Arábica analisados no período de 02/06/2016 à 01/06/2018

ICF - 02/07/2018 à 01/07/2020	
Contratos	Média de negócios
H19	74
H20	33
H21	42
K19	7
K20	8
K21	3
N18	0
N19	0
N20	0
N21	0
U18	55
U19	66
U20	57
U21	20
U22	1
Z18	142
Z19	75
Z20	50
Z21	10
Z22	0

Tabela 6 - Contratos de Futuro Café Arábica analisados no período de 02/07/2018 à 01/07/2020

## 6.2. Seleção de Contratos

- **Pré-pandemia**

Entre os contratos negociados foram selecionados apenas os contratos com as maiores médias de negociação, salvo contratos com pouca duração no período analisado (inferior a 252 dias). De acordo com os critérios citados foram selecionados quatro contratos no período de 02/06/2014 à 01/06/2016. Conforme mostra a Tabela 4, foram selecionados os contratos H16, U15, U16 e Z15. No período de 02/06/2016 à 01/06/2018 foram selecionados os contratos H18, U17, U18 e Z17, conforme evidenciado na Tabela 5. Já a Tabela 6 informa que os contratos selecionados foram os U19 e Z19 no período de 02/07/2018 à 01/07/2020.

- **Pandemia**

Para a análise dos contratos futuros de Café Arábica no período de Pandemia de COVID-19, selecionamos os vencimentos que tiveram as maiores médias de negócios no

período pré-pandemia, dessa forma podemos fazer uma comparação entre contratos. Foram selecionados os seguintes contratos futuros de café arábica: Z20, H21, U20, U21 e Z21. O período analisado foi de 01/01/2020 à 31/12/2021 (Período de maior isolamento e mortes causadas pela Pandemia COVID-19).

### 6.3. Análise de volume de negociação

Já na seleção dos contratos para a possível identificação de bolhas, podemos observar que os contratos com maior volume de negociação são os com vencimento em setembro (U), dezembro (Z) e março (H), necessariamente nessa ordem. Os contratos de setembro possuem um grande volume de negociação.

### 6.4 Teste BSADF (Parâmetros)

Os contratos de maior volume de negociação foram submetidos ao teste estatístico “BSADF” para a possível identificação de períodos de bolhas, com a localização do momento de início, de topo ou vale e de ruptura dos preços explosivos. O teste BSADF foi realizado nos preços ajustados diários dos contratos futuros de Café Arábica. Para a realização desses testes foi utilizado o software R. O período analisado foi em média 252 dias e utilizamos esse dado para o cálculo da janela inicial, assim também como a proporção dos períodos analisados (Phillips et al., 2011). A janela inicial é uma proporção do tamanho da amostra. Para realizar o cálculo utilizamos as fórmulas abaixo:

$$r_0 = 0,01 + \frac{1,8}{\sqrt{252}}$$

$$x \text{ (tamanho da janela inicial)} = r_0 * 252$$

O teste foi realizado assumindo um nível de significância (alfa) fixo de 10%. Utilizou-se um log fixo de ordem de 1 dia, seguindo Etienne et al. (2014), para evitar problemas de auto correlação residual de baixa ordem. Ainda sobre os parâmetros utilizados no teste BSADF, observa-se que foi utilizado a análise de Monte Carlo para o modelo e utilizou-se 20% da amostra para a realização da simulação, a fim de calcular os valores críticos dos parâmetros estimados do modelo.

$$Tb = 0,20 * 252$$

A ordem de latência especificada foi igual a zero. Phillips e Yu (2011) afirmam que as distribuições assintóticas do teste econométrico permanecem inalteradas ao utilizar uma ordem de latência baixa. Foi usado como duração mínima, para que seja considerado um período com bolha, o período de 3 dias sequenciais de resultado positivo, ou seja, os resultados que não alcançaram o mínimo de 3 dias sequenciais de resultado positivo foram descartados. Tal período foi determinado de acordo com Phillips et al. (2011) que encontra a duração mínima do período de bolha utilizando log (T) e Etienne et al. (2014) que prevê um período aceitável para a significância de bolhas, entre 3-7 dias.

### 6.5. Resultado no período pré-pandemia de Covid-19

Foram analisados 9 contratos futuros de Café Arábica no período de pré-pandemia. Como exemplo vamos analisar o contrato U17 (vencimento em setembro de 2017) no período entre 02/06/2017 à 01/06/2017. Os demais resultados dos testes BSADF do período estão em anexo. De acordo com os parâmetros previamente apresentados, o maior período de preço explosivo na janela analisada se encontra entre os dias 01/12/2016 à 13/12/2016 (nove pregões no contrato Z17 e oito pregões no contrato U17). Todas as bolhas encontradas no contrato analisado são negativas. A Figura 10 é a representação gráfica das bolhas encontradas no contrato.

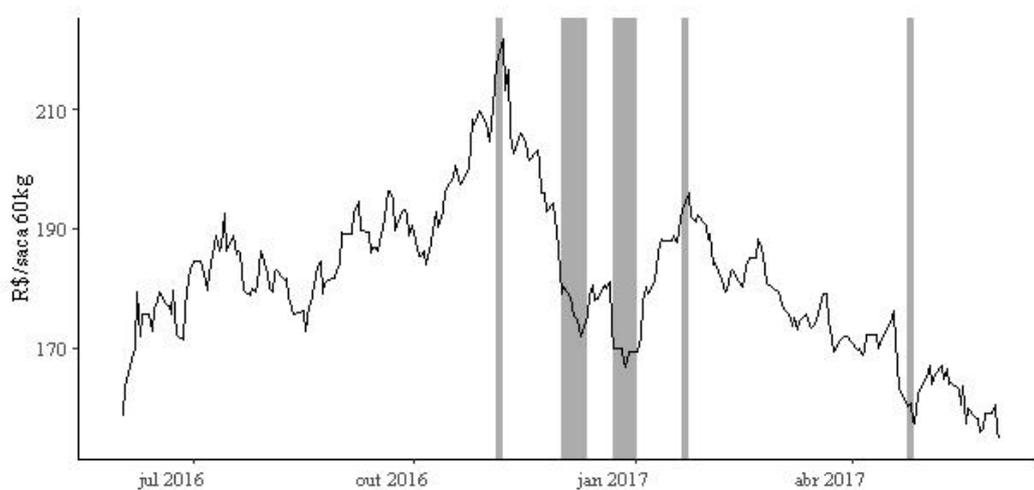


Figura 10 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U17 (vencimento setembro de 2017). Análise comportamento de preços no período pré-pandemia de Covid-19.

Os demais períodos de bolhas ocorrem entre os dias 22/12/2016 e 03/01/2017 (oito pregões no Z17 e seis pregões no U17) e no período de 24/04/2017 à 27/04/2017 (quatro pregões para ambos os contratos). Esse movimento de forte queda pode ser observado também no índice dos futuros do Café Arábica em Nova York. A área circulada na Figura 11 mostra o mesmo movimento de preços acontecendo no período da detecção das bolhas de preços citadas anteriormente. A forte queda apresenta bolhas de preços robustas no período analisado, evidenciando o aumento do risco para agentes do mercado que estavam em busca de proteção dos seus ativos (Hedge's).

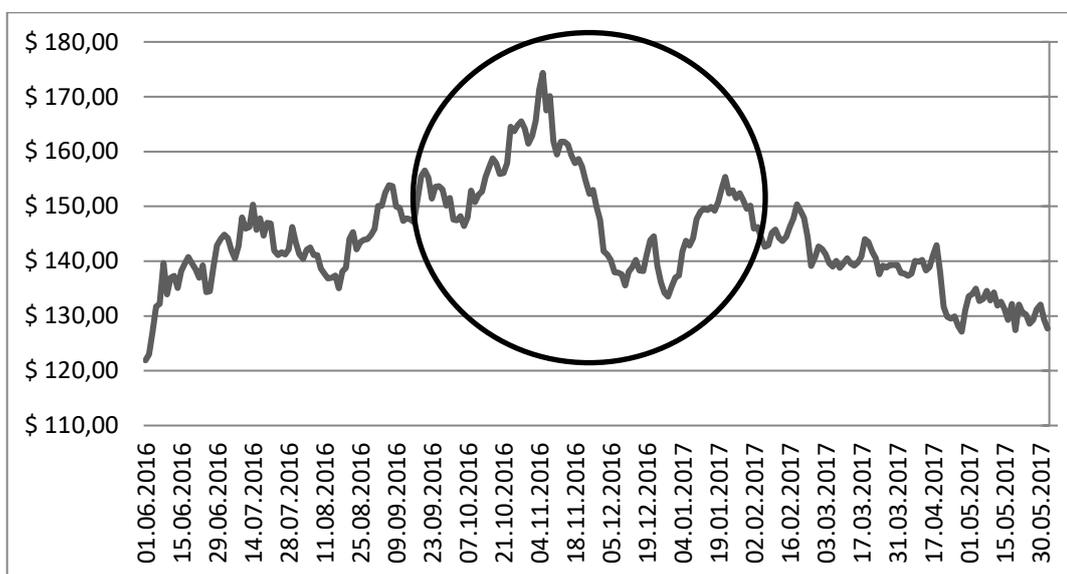


Figura 11 - Cotação dos contratos Futuros de Nova York – Período de 01/06/2016 à 01/06/2017 - Valores em Dólar Americano. Fonte: Investing.com

## 6.6. Resultado no Período de Pandemia

No período de pandemia foram analisados 5 contratos futuros de Café Arábica. Como exemplo, selecionamos o contrato U21 (vencimento setembro 2021) que foi analisado no período de 15/10/2020 à 22/09/2021. Os demais contratos analisados durante o período de pandemia de Covid-19 estão em anexo. O contrato U21 apresentou oitenta e dois dias com preços explosivos e sete períodos de bolhas de preço. Foi o contrato que mais apresentou bolhas se comparado aos períodos pré-pandemia e pandemia. O contrato apresentou bolhas exclusivamente positivas. Dentre as bolhas encontradas, destacam-se duas bolhas com períodos superior a dez dias, ocorridas entre os dias 17/05/2021 e 16/06/2021 (22 pregões) e do dia 20/07/2021 à 13/09/2021 (39 pregões).

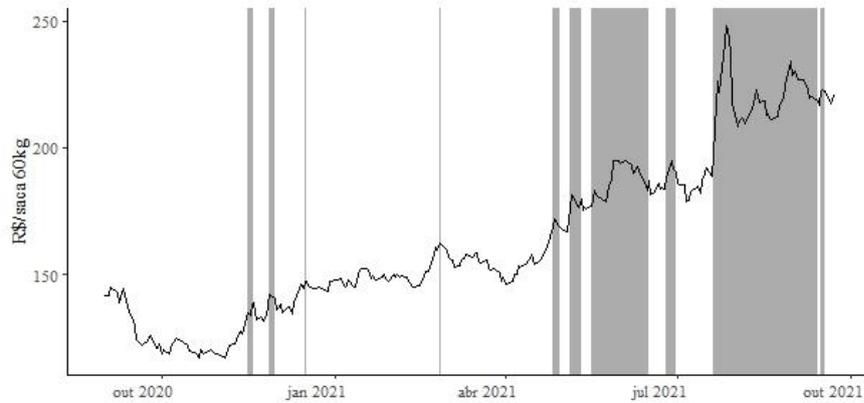


Figura 12 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U21 (vencimento setembro de 2021). Análise comportamento de preços durante a pandemia de Covid-19.

A alta de preços evidenciadas no contrato U21 e em todos os demais contratos analisados no ano de 2021 foi acompanhada por uma melhora nos níveis de contaminação e morte por COVID-19 e também pela notícia da criação de vacinas e de um plano de vacinação para o combate da pandemia. O ano de 2021 também apresentou uma estabilidade no número de casos e mortes por COVID-19. Nesse período o mercado se tornou menos temerário como mostra o índice S&P 500 VIX (O “VIX” é o “medidor do medo” do investidor no mercado financeiro). Abaixo um recorte do índice S&P 500 VIX durante o período de 15/10/2021 à 21/09/2021, com linha de tendência linear.

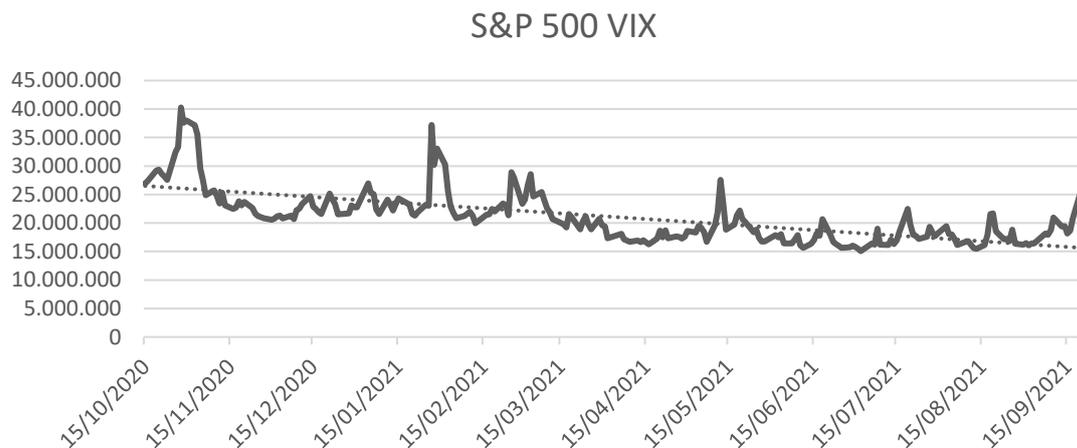


Figura 13 - Gráfico do índice S&P 500 VIX no período de 15/10/2021 à 21/09/2021, com linha de tendência linear. (Fonte: Yahoo! Finance)

## 6.7. Análise de Duração das Bolhas de Preço

Na Tabela 7 há um quadro comparativo entre as bolhas encontradas nos contratos analisados. O quadro proporciona uma melhor compreensão do comportamento das bolhas encontradas no teste “BSADF”. Os contratos foram classificados segundo as bolhas encontradas em cada um, levando em conta a quantidade de pregões em que houveram bolhas, o maior período de bolha, as bolhas positivas, as bolhas negativas, os períodos totais de bolhas, a porcentagem do período analisado em que foram encontrados bolhas e a quantidade de pregões analisados. A Tabela 7 também divide a análise dos contratos em dois períodos: pré-pandemia e pandemia de COVID-19.

Período	Contrato	Sequência de pregões com bolhas	Maior sequência (pregões)	Bolhas Positivas (pregões)	Bolhas Negativas (pregões)	Bolhas	% do período analisado	Período analisado (pregões)
Pré-pandemia	<b>U15</b>	38	18	0	38	5	15,08	252
	<b>Z15</b>	36	18	0	36	5	14,29	252
	<b>H16</b>	3	3	3	0	1	1,19	252
	<b>U16</b>	9	5	9	0	2	3,57	252
	<b>U17</b>	18	8	0	18	3	7,14	252
	<b>Z17</b>	21	9	0	21	3	8,33	252
	<b>H18</b>	0	0	0	0	0	0,00	252
	<b>U18</b>	0	0	0	0	0	0,00	252
	<b>U19</b>	21	14	18	3	3	8,33	252
	<b>Z19</b>	22	14	22	0	3	8,73	252
Pandemia	<b>Z20</b>	12	9	3	9	2	4,76	252
	<b>U20</b>	31	10	22	9	4	12,30	252
	<b>H21</b>	14	4	8	6	4	5,56	252
	<b>Z21</b>	26	9	26	0	5	10,32	252
	<b>U21</b>	82	39	82	0	7	32,54	252
Pré-pandemia	<b>SOMA</b>	168	89	52	116	25		2268
	<b>Média</b>	16,80	8,90	5,20	11,60	2,50	6,67	252
	<b>D.P.</b>	13,73	6,89	8,35	15,52	1,78	5,45	0
	<b>Mínimo</b>	0	0	0	0	0	0,00	252,00
	<b>Máximo</b>	38	18	22	38	5	15,08	252,00
Pandemia	<b>SOMA</b>	165	71	141	24	22		1260
	<b>Média</b>	33,00	14,20	28,20	4,80	4,40	13,10	252
	<b>D.P.</b>	28,53	14,06	31,55	4,55	1,82	11,32	252
	<b>Mínimo</b>	12,00	4,00	3,00	0,00	2,00	4,76	252
	<b>Máximo</b>	82,00	39,00	82,00	9,00	7,00	32,54	252
Total	<b>SOMA</b>	333	160	193	140	47		3780
	<b>Média</b>	22,20	10,67	12,87	9,33	3,13	8,81	252
	<b>D.P.</b>	20,40	9,68	21,33	13,11	1,96	8,10	0
	<b>Mínimo</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	252
	<b>Máximo</b>	82,00	39,00	82,00	38,00	7,00	32,54	252

Tabela 7 - Comparação dos valores totais de bolhas encontradas nos contratos analisados

Todos os contratos foram analisados em uma janela aproximada de 252 dias, o que facilita a comparação dos mesmos. Para uma comparação de magnitude, visualizamos que o contrato U21 (Pandemia) é o que apresenta a maior ocorrência de bolhas, em 32,54% do período total analisado o contrato apresentou pregões com preços explosivos. Em segundo lugar, o contrato U15 (Pré-pandemia) apresentou 15,08% de pregões com preços explosivos. O contrato U21 (Pandemia) também é o contrato que apresenta a bolha com o maior período de pregões, trinta e nove pregões sequenciais de preços explosivos, dos dias 20/07/2021 à 13/09/2021. Nessa classificação seguem os contratos Z15 (Pré-pandemia) e U15 (Pré-pandemia), que ambos apresentaram bolhas de dezoito pregões consecutivos de bolhas.

As análises contidas na Tabela 7, evidenciam grandes diferenças nos comportamentos das bolhas no período pré-pandemia e pandemia. De início, a média de dias de ocorrência de bolhas no período de pandemia é de 33 dias o qual comparado ao período pré-pandemia, que apresenta uma média de 16,80 dias, é superior ao primeiro período analisado em 96,42%. Os períodos de bolhas também são mais numerosos durante a pandemia chegando à média de 4,40 bolhas, superior em 76% se comparado a média pré-pandemia que foi de 2,50 bolhas.

Outro fator relevante encontrado se apresenta quando verificamos a ocorrência de bolhas positivas e negativas no período analisado. As bolhas negativas ocorrem quando o preço médio do período é menor do que o preço inicial do período explosivo, já as bolhas positivas ocorrem quando o preço médio durante o período explosivo é maior que o preço inicial do período explosivo (Etienne et al. 2014). No período pré-pandemia as bolhas são majoritariamente negativas, com uma média de 11,60 pregões do período analisado (69,04 % da média total). Já no período de pandemia observamos que as bolhas são em maioria positivas, em uma média de 29,75 pregões (88,81% da média total).

Os dados surpreendem quando colocados em comparação aos resultados encontrados por Etienne et al. (2014), que analisando doze *commodities* em um período de quarenta e dois anos encontrou entre 1,5% e 2% de bolhas diárias em relação ao período total analisado. Encontramos uma média, entre os quinze contratos analisados, de 8,81 % de bolhas. Embora os dados de Etienne et al. (2014) sejam referentes ao mercado americano, em períodos onde as compras e vendas nos pregões eram feitos por telefone, com menor liquidez do que no cenário atual, e não contemplando a *commodite* de Café Arábica, a comparação com os resultados desse estudo anterior pode sugerir, não de forma conclusiva, que o número de bolhas no mercado de *commodities* podem estar aumentando. São necessários estudos de maior profundidade e com maior amplitude para afirmar tal conclusão e para melhor compreensão do assunto.

Já as menores bolhas encontradas na pesquisa são condizentes com os valores encontrados por Etienne et al. (2014), que relatou ser os períodos de bolhas encontrados em seus testes 80-90% inferior a dez dias. Apenas sete bolhas de um total de quarenta e sete encontradas (14,89%) apresentaram um período superior a dez dias. Esse dado indica que o mercado não leva muitos dias para corrigir a assimetria de uma bolha no mercado futuro de Café Arábica. Essa informação pode ser muito atrativa para especuladores e Hedges pois delimita uma quantidade máxima de pregões sequenciais com ocorrência de bolhas em uma média de dez dias, possibilitando uma melhor adaptação das estratégias de Hedge e de especulação.

### 6.8. Análise de Intensidade

<b>Bolhas Positivas (Variação de Preço)</b>						
<b>Período</b>	<b>Contrato</b>	<b>Início</b>	<b>Fim</b>	<b>Início - Topo (preço)</b>	<b>Topo - Saída (preço)</b>	<b>Duração da Bolha (dias)</b>
<b>Pré- Pandemia</b>	H16	13/10/2015	15/10/2015	1,70	0,00	3
	U16	09/10/2015	15/10/2015	4,55	-1,95	4
		17/03/2016	23/03/2016	2,85	-4,35	5
	Z19	08/10/2018	26/10/2018	14,25	-3,50	14
		30/05/2019	04/06/2019	4,75	0,00	4
		28/06/2019	03/07/2019	5,70	0,00	4
	U19	08/10/2018	26/10/2018	14,35	-3,50	14
		30/05/2019	04/06/2019	3,35	0,00	4
<b>Pandemia</b>	Z20	31/08/2020	02/09/2020	1,05	-0,15	3
	U20	06/11/2019	08/11/2019	1,15	0	3
		05/12/2019	18/12/2019	17,4	-6,75	10
		31/08/2020	11/09/2020	6,65	-1,95	9
	H21	31/07/2020	05/08/2020	3	0	4
		16/11/2020	19/11/2020	5,3	0	4
	Z21	26/04/2021	28/04/2021	3,5	0	3
		05/05/2021	07/05/2021	5,25	-1,7	3
		26/05/2021	08/06/2021	7,85	-4,05	9
		21/07/2021	29/07/2021	39,3	-10,15	7
	U21	16/11/2020	19/11/2020	3,65	0	4
		26/04/2021	30/04/2021	2,7	-2,75	5
		05/05/2021	11/05/2021	5,55	-1,65	5
		17/05/2021	16/06/2021	18,2	-8,15	22
		25/06/2021	30/06/2021	3,4	-1,5	4
20/07/2021		13/09/2021	33,25	-11,7	39	
15/09/2021		17/09/2021	1,05	-0,65	3	

Pré-Pandemia	Média	6,44	-1,66	6,50
	D.P.	5,01	1,89	4,66
Pandemia	Média	9,31	-3,01	8,06
	D.P.	11,35	3,82	9,26
Total	Média	8,39	-2,58	7,56
	D.P.	9,75	3,35	8,00

Tabela 8 - Variação de preço nas bolhas positivas, que apresentam valor inicial maior do que o valor da média dos preços do período explosivo. A tabela contém a análise de de Início-Topo, Topo - Saída e Duração em dias.

Bolhas Negativas (Variação de Preço)						
Período	Contrato	Início	Fim	Início - Vale (preço)	Vale - Saída (preço)	Duração da Bolha (pregões)
Pré-Pandemia	U15	22/12/2014	02/01/2015	-10,75	0	6
		23/02/2015	18/03/2015	-24,25	13,05	18
		27/03/2015	01/04/2015	-6,40	2,40	4
		04/05/2015	07/05/2015	-4,35	2,45	4
		22/05/2015	29/05/2015	-5,20	2,85	6
	Z15	26/12/2014	02/01/2015	-7,80	0,00	4
		23/02/2015	18/03/2015	-23,70	13,35	18
		27/03/2015	01/04/2015	-6,40	2,30	4
		04/05/2015	07/05/2015	-4,25	2,30	4
		22/05/2015	29/05/2015	-5,15	2,60	6
	U17	01/12/2016	12/12/2016	-7,15	3,30	8
		23/12/2016	02/01/2017	-3,25	2,55	6
		24/04/2017	27/04/2017	-2,75	0,00	4
	Z17	01/12/2016	13/12/2016	-7,15	4,25	9
		22/12/2016	03/01/2017	-6,95	4,80	8
		24/04/2017	27/04/2017	-3,15	0,00	4
16/08/2019		20/08/2019	-1,35	0,40	3	
Pandemia	Z20	28/01/2020	07/02/2020	-9,2	3,25	9
	U20	28/01/2020	07/02/2020	-7	1,5	9
	H21	28/05/2020	01/06/2020	-3,5	2,2	3
		12/06/2020	16/06/2020	-2,05	0	3
	Z21	23/11/2021	26/11/2021	-1,45	0	4
Total	Pré-Pandemia	Média	-7,65	3,33	6,82	
		D.P.	3,34	1,41	3,13	
	Pandemia	Média	-4,64	1,39	5,6	
		D.P.	3,34	1,41	3,13	
	Total	Média	-6,96	2,89	6,55	
		D.P.	6,03	3,64	4,23	

Tabela 9 - Variação de preço nas bolhas negativas, que apresentam valor inicial menor do que o valor da média dos preços do período explosivo. A tabela contém a análise de de Início - Vale, Vale - Saída e Duração em dias.

O objetivo da análise apresentada nas Tabelas 8 e 9, é comparar a intensidade de variação de preços das bolhas de preços nos períodos pré-pandemia e pandemia. Para uma melhor análise, dividimos os resultados em dois grandes grupos: os de bolhas positivas e bolhas negativas. As bolhas positivas ocorrem quando o preço médio durante o período explosivo é maior que o preço inicial, já as bolhas negativas são exatamente o oposto, ocorrem quando o preço médio do período é menor do que o preço inicial do período explosivo (Etienne et al. 2014).

Nos casos das bolhas positivas, calculamos as variações dos preços entre o preço inicial e o valor máximo alcançado durante o período explosivo (Início – Topo). Logo após, calculamos a variação de preço entre o topo e o último preço do período explosivo (Topo – Saída). Nos casos das bolhas negativas, foram calculadas as variações dos preços entre o preço inicial e o menor preço apresentado durante o período explosivo (Início – Vale). Por fim, calculamos a variação de preço entre o vale e o último preço do período explosivo (Vale – Saída).

Na análise de intensidade das bolhas positivas, encontramos uma variação de preço mais intensa no período de pandemia. A média de variação de preços “Início – Topo” na pandemia foi de \$9,31, que é 44,56% superior à média encontrada no pré-pandemia (2014-2019), que foi de \$6,44. O aumento da intensidade também é encontrado na análise “Topo – Saída”. A variação de preços nessa análise no período de pandemia é 81,32% superior à média encontrada no período pré-pandemia. As médias de variação dos preços foram de - \$3,01 e - \$1,66, respectivamente. As durações das bolhas positivas também foram mais longas durante a pandemia, enquanto uma bolha em média durou 6,50 pregões no período pré-pandemia, no período de pandemia a média foi de 8,06 pregões.

As bolhas negativas apresentaram comportamento oposto ao encontrado nas bolhas positivas. A média encontrada na variação de preços “Início – Vale” durante o período de pandemia foi uma queda de preço de -\$4,64, um valor 39,35% menor do que o apresentado durante o período pré-pandemia que foi de -\$7,65. A média encontrada na análise “Vale – Saída” no período pandemia foi 58,25% menor do que a média na período pré-pandemia. Observamos também uma queda na média de dias de bolhas de preços no período de pandemia, ficando em 5,60 pregões. No período de pré-pandemia a duração média de uma bolha era de 6,82 pregões.

Na análise realizada nas bolhas positivas, claramente há um aumento nas variações de preços e na duração das bolhas durante o período de pandemia. Já nas bolhas negativas a análise mostra uma menor intensidade e uma menor duração das bolhas durante a pandemia de Covid-

19. Embora a simples análise das médias possa parecer inconclusivo há de se observar que o número de bolhas positivas durante o período de pandemia é muito superior ao número de bolhas negativas durante o mesmo período (17 bolhas positivas x 5 bolhas negativas), o que pode gerar uma distorção na análise se levarmos em consideração apenas as médias dos períodos.

Quando avaliamos as bolhas positivas e negativas através do desvio padrão, podemos verificar que há uma similaridade de desvio padrão médio nas bolhas negativas dos períodos de pré-pandemia. As análises de “Início-Vale” e “Vale Saída” das bolhas negativas possuem respectivamente os valores de \$3,34 e \$1,41 nos períodos de pré-pandemia e pandemia. Já as bolhas positivas apresentam valores de desvio padrão médio muito superiores quando analisadas no período de pandemia de Covid-19. O desvio padrão na análise de “Início-Topo” é 127% superior no período de pandemia quando comparado ao período de pré-pandemia (\$11,35 x \$5,01). Já na análise de “Topo-Saída” o desvio padrão médio é 102% superior durante a pandemia (\$3,82 x \$1,89).

Diante dos dados da análise de comparação entre os períodos pré-pandemia e pandemia de Covid-19, levando em conta as médias de variação de preço, duração média das bolhas e desvio padrão, podemos chegar a conclusão que o período de pandemia apresentou elevado risco para as posições de Hedge no mercado futuro de Café Arábica. As bolhas de preço ocorreram com maior intensidade e com maior duração no período, elevando assim a necessidade de cautela dos agentes de mercado que buscavam proteção para os seus ativos.

Quando buscamos uma comparação com valores anteriores ao considerado neste trabalho, encontramos como referência o trabalho, já citado, de Etienne et al. (2014). Em sua pesquisa, Etienne et al. (2014) analisou doze commodities no período de 1970 à 2011, encontrou uma média de “Início – Topo” de \$8,50 e de “Topo – Saída” de - \$1,05. A variação de preço “Início – Topo” encontrada por Etienne é bastante similar a média total encontrada por este trabalho ao analisar os contratos futuros de Café Arábica no período de 2014 a 2021, que foi de \$8,39. Já a variação de preço “Topo – Saída” possui significativa diferença entre a análise de Etienne e deste trabalho, o qual encontrou uma média de - \$2,58, uma intensidade 145% superior à média dos 42 anos analisados por Etienne, que foi de - \$ 1,05.

Já as análises de Etienne de “Início – Vale” e “Vale – Saída” apresentaram variação de preço de - \$4,75 e de \$0,60 respectivamente. Comparando os resultados de Etienne com os encontrados neste trabalho, verificamos grandes diferenças em ambas. A análise de “Início – Vale” dos futuros de Café Arábica apresentou uma média total de -\$ 6,96, que é 46% superior a encontrada por Etienne. Já avaliando “Vale-Saída”, encontramos uma média de variação de

preço de \$2,89, o qual é 381% mais intenso que a média encontrada por Etienne durante os quarenta e dois anos analisando doze commodities.

Os dados deste trabalho quando comparados com os dados históricos de 1970 à 2011 sugerem um aumento de intensidade nas bolhas de Café Arábica e de commodities a partir do ano de 2011. Há de se destacar que as análises, embora similares, possuem muitas diferenças, sendo algumas delas: método de negociação (telefone vs. computador), menor liquidez do mercado durante as negociações por telefone, quantidade de commodities analisadas (12 commodities analisadas por Etienne et al. (2014) e 1 commodity analisada neste trabalho) e a não contemplação do Café Arábica nas análises realizada por Etienne et al. (2014).

## **6.9. Análise de Sazonalidade**

Mês	Z15	U15	H16	U16	U17	Z17	H18	U18	U19	Z19	Z20	U20	H21	U21	Z21	Média	DP	Mínimo	Máximo
Janeiro	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0,80	1,42	0	4
Fevereiro	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	1,33	2,29	0	5
Março	16	16	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,40	5,62	0	16
Abril	1	1	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	5	3	1,20	1,82	0	5
Maiο	10	10	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	3	16	7	3,33	5,04	0	16
Junho	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	3	16	5	1,93	4,20	0	16
Julho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	9	7	1,27	2,87	0	9
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	4	22	0	2,00	5,67	0	22
Setembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	8	0	11	0	1,47	3,40	0	11
Outubro	0	0	3	5	0	0	0	0	14	14	0	0	0	0	0	2,40	4,93	0	14
Novembro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	4	4	1,00	1,73	0	4
Dezembro	3	6	0	0	13	15	0	0	0	0	0	10	0	0	0	3,13	5,29	0	15

Tabela 10 - Comparação de bolhas por mês nos contratos analisados (valores em pregões)

A Tabela 10 mostra a sazonalidade na ocorrência de bolhas nos contratos futuros. O mês com maior média de ocorrência de bolhas é maio, com uma média de ocorrência de 3,33 pregões de bolhas por mês, durante os oito anos analisados. O quadro também mostra que sete contratos (Z15, U15, U19, Z19, H21, Z21 e U21) de um total de quinze analisados (47%) apresentaram ocorrência de bolhas no mês de maio. Outros meses que apresentam médias elevadas de ocorrência de bolhas são: dezembro (3,13 pregões), outubro (2,40 pregões) e março (2,40 pregões). A menor ocorrência foi percebida em janeiro, com uma média de 0,80 pregões de preços explosivos.

Os meses com as maiores médias de pregões consecutivos de bolhas de preço apresentam maior risco para Hedge's em busca de proteção financeira para a produção de Café Arábica. Os meses de maio, dezembro, outubro e março, respectivamente apresentaram médias elevadas de bolhas de preço, sendo então os períodos que merecem maior atenção dos agentes do mercado que estão procurando soluções para minimizar riscos financeiros. Por outro lado, o mês de janeiro se mostrou um mês com pouquíssima ocorrência de bolhas, o que pode evidenciar um período de menor risco para as posições de Hedge.

## 5. CONCLUSÃO

A Pandemia de Covid-19 cobrou um alto preço em custo de vidas humanas e em ativos econômicos. Para melhor compreender o impacto da pandemia no mercado financeiro e mais especificamente no segmento de commodities, selecionamos o Café Arábica, produto com uma grande relevância mundial e de suma importância para a economia do Brasil, a fim de analisar o impacto causado nas negociações desse ativo pelos desdobramentos do combate a pandemia. A análise foi direcionada a avaliação de períodos de bolhas, a fim de identificar se houveram alterações significativas no comportamento das bolhas de preço nos períodos de pré-pandemia e pandemia de Covid-19 no mercado futuro de Café Arábica.

O trabalho realizou uma revisão sistemática da literatura acadêmica a fim de identificar e analisar os artigos mais relevantes no campo de pesquisa de bolhas de preços em mercados de commodities. Constatou-se que há métodos econométricos para a identificação de bolhas, sendo o método o “*Adjusted Dickey–Fuller (ADF)*”, introduzido por Phillips et al. (2011), o mais utilizado para a identificação de bolhas e busca de correlação econômica. Dos artigos analisados, 32,26% utilizam o método ou alguma variação do método. Outra constatação a ser destacada é o modelo de pesquisa mais utilizado, 88,57% dos pesquisadores utilizam pesquisas quantitativas para realizar as análises dos trabalhos. Diante das informações coletadas e

analisadas, foi selecionado o teste “BSADF” para a realização das análises propostas. O teste “BSADF” se trata de um método aperfeiçoado derivado do teste ADF, método de grande robustez estatística apresentada por Li et al. (2017).

O trabalho verificou, através do teste BSADF, que houve um grande aumento no número de bolhas de preço no mercado futuro de Café Arábica no período de pandemia, quando o mesmo é comparado aos anos imediatamente anteriores. O aumento no número de dias e de períodos de ocorrência de bolhas são notavelmente superiores durante os anos pandêmicos de 2020 e 2021. Há também uma maior intensidade nas bolhas de preço positivas durante a pandemia. As bolhas negativas, que ocorreram em menor quantidade durante a Pandemia de Covid-19, apresentaram comportamento inverso às bolhas positivas, sendo observada uma menor intensidade nas bolhas de preços que ocorreram no período.

Observou-se também que as intensidades e durações das bolhas de Café Arábica no período de 2014 à 2021 (período total da análise) possuem um descolamento de resultados da análise de bolhas apresentada por Etienne et al. (2014) que analisou doze commodities diversas entre 1970 e 2011. Esse descolamento pode indicar que há um aumento de intensidade e duração nas bolhas de commodities a partir do ano de 2011. Estudos posteriores podem ser conduzidos no sentido de compreender melhor o fenômeno e caso se concretize a hipótese citada, se faz necessário encontrar justificativas para esse aumento de intensidade e de duração das bolhas. Esses aumentos de intensidade, em alguns casos, estão sendo muito significativos.

Este estudo apresenta evidências robustas de um aumento de intensidade e duração das bolhas positivas de preço nos futuros de Café Arábica no período de pandemia de Covid-19. Porém, esse aumento de intensidade e duração não é visto nas bolhas negativas ocorridas durante o período de pandemia. O resultado pode indicar que o preço do café já estava fortemente descontado quando se iniciou a pandemia de Covid-19, já que as bolhas negativas foram apenas 29,41% do total de bolhas identificadas no período. Estudos futuros também podem ser conduzidos para uma melhor compreensão do fenômeno.

Em uma análise global, levando em consideração bolhas positivas e negativas, há um aumento significativo na duração e na intensidade das bolhas de preços durante a pandemia de Covid-19. O aumento indica que durante o período pandêmico o risco para o agricultor e os agentes de mercado que buscavam proteger o valor de suas commodities (Hedges's), foi elevado de forma bastante substancial, criando oportunidades e grandes possibilidades de perdas para especuladores que buscavam um prêmio maior para os riscos assumidos.

Por último, a análise de sazonalidade evidencia que o mês de maio foi o mês com o maior risco para os agentes de mercado que estão em busca de proteção (os Hedge's). O mês

apresenta a maior média de dias consecutivos de bolhas de preços. Já na ponta da especulação, o mês de maior risco pode apresentar o maior número de oportunidades para especuladores que desejam aproveitar a desconexão dos preços com seus fundamentos econômicos. Outros meses que também apresentam uma grande média de bolhas de preço são: dezembro, outubro e março.

Como sugestão de trabalhos futuros, os resultados podem servir para a análise de outros mercados futuros que ainda estão em desenvolvimento, pouco líquidos, onde a formação de bolhas pode ser guiada por movimentos especulativos. Se faz necessário também uma pesquisa com um número mais abrangente de commodities para verificar se o mesmo comportamento das bolhas de preços encontradas no mercado futuro de Café Arábica será observado em outras commodities negociadas no mercado financeiro.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdala, L. N., Schreiner, T., da Costa, E. M., & dos Santos, N. (2014). Como as cidades inteligentes contribuem para o desenvolvimento de cidades sustentáveis?: Uma revisão sistemática de literatura. *International Journal of Knowledge Engineering and Management (IJKEM)*, 3(5), 98-120.
- Adämmer, P., & Bohl, M. T. (2015). Speculative bubbles in agricultural prices. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 55, 67-76.
- Araújo, C. A. (2006). Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Em questão*, 12(1), 11-32.
- Baldi, L., Peri, M., & Vandone, D. (2016). Stock markets' bubbles burst and volatility spillovers in agricultural commodity markets. *Research in International Business and Finance*, 38, 277-285.
- Barros, S. (2021). Coffee Annual. United States Department of Agriculture (USDA), BR2021-0020
- Berry, M. (1995). Research and the practice of management: a French view. *Organization Science*, 6(1), 104-116.
- Białkowski, J., Bohl, M. T., Stephan, P. M., & Wisniewski, T. P. (2015). The gold price in times of crisis. *International Review of Financial Analysis*, 41, 329-339.
- Brooks, C., Prokopczuk, M., & Wu, Y. (2015). Booms and busts in commodity markets: bubbles or fundamentals?. *Journal of Futures Markets*, 35(10), 916-938

- Campos, A. C. V., Almeida, M. H. M. D., Campos, G. V., & Bogutchi, T. F. (2016). Prevalência de incapacidade funcional por gênero em idosos brasileiros: uma revisão sistemática com metanálise. *Revista brasileira de geriatria e gerontologia*, 19, 545-559.
- Carter, C. A., Rausser, G. C., & Smith, A. (2011). Commodity booms and busts. *Annu. Rev. Resour. Econ.*, 3(1), 87-118.
- Caspi, I., Katzke, N., & Gupta, R. (2018). Date stamping historical periods of oil price explosivity: 1876–2014. *Energy Economics*, 70, 582-587.
- Chang, V., Newman, R., Walters, R. J., & Wills, G. B. (2016). Review of Economic bubbles. *International Journal of Information Management*, 36(4), 497-506.
- Cheng, I. H., & Xiong, W. (2014). Financialization of commodity markets. *Annu. Rev. Financ. Econ.*, 6(1), 419-441.
- Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W. C., Wang, C. B., & Bernardini, S. (2020). The COVID-19 epidemic. *Crit Rev Clin Lab Sci*, 17, 365-88.
- de Camargo Fiorini, P., & Jabbour, C. J. C. (2017). Information systems and sustainable supply chain management towards a more sustainable society: Where we are and where we are going. *International Journal of Information Management*, 37(4), 241-249.
- Eck, N. J. V., & Waltman, L. (2014). Visualizing bibliometric networks. In *Measuring scholarly impact* (pp. 285-320). Springer, Cham.
- EMPRABA (2021). Exportação dos Cafés do Brasil atinge 29,7 milhões de sacas no acumulado de nove meses. *Disponível em: <<https://www.embrapa.br>>* Acesso em: Janeiro de 2023.
- Esposti, R., & Listorti, G. (2013). Agricultural price transmission across space and commodities during price bubbles. *Agricultural Economics*, 44(1), 125-139.
- Etienne, X. L., Irwin, S. H., & Garcia, P. (2014). Bubbles in food commodity markets: Four decades of evidence. *Journal of International Money and Finance*, 42, 129-155.
- Fan, Y., & Xu, J. H. (2011). What has driven oil prices since 2000? A structural change perspective. *Energy Economics*, 33(6), 1082-1094.
- Fassio, L. H., & da Silva, A. E. S. (2015). Importância econômica e social o café Conilon. *Memória Técnica do Incaper*

- Figuerola-Ferretti, I., Gilbert, C. L., & McCrorie, J. R. (2015). Testing for mild explosivity and bubbles in LME non-ferrous metals prices. *Journal of Time Series Analysis*, 36(5), 763-782.
- Filimonov, V., Bicchetti, D., Maystre, N., & Sornette, D. (2014). Quantification of the high level of endogeneity and of structural regime shifts in commodity markets. *Journal of international Money and finance*, 42, 174-192..
- FORBES (2022). Exportação de café do Brasil cai 13,3% na safra 2021/22, mas receita é recorde. Disponível em: <<https://forbes.com.br>> Acesso em: Janeiro de 2023.
- Foster, A., Roberto, S. S., & Igari, A. T. (2016). Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. *Anais do Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. São Paulo*.
- Gunther, H. (2006). Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão?. *Psicologia: teoria e pesquisa*, 22(2), 201-209.
- Gutierrez, L. (2013). Speculative bubbles in agricultural commodity markets. *European Review of Agricultural Economics*, 40(2), 217-238.
- Harvey, D. I., Leybourne, S. J., Sollis, R., & Taylor, A. R. (2016). Tests for explosive financial bubbles in the presence of non-stationary volatility. *Journal of Empirical Finance*, 38, 548-574.
- Harzing, A. W., & Alakangas, S. (2016). Google Scholar, Scopus and the Web of Science: a longitudinal and cross-disciplinary comparison. *Scientometrics*, 106(2), 787-804.
- Ikeziri, L. M., Souza, F. B. D., Gupta, M. C., & de Camargo Fiorini, P. (2019). Theory of constraints: review and bibliometric analysis. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 5068-5102.
- Irwin, S. H. (2013). Commodity index investment and food prices: does the “Masters Hypothesis” explain recent price spikes?. *Agricultural Economics*, 44(s1), 29-41.
- Irwin, S. H., & Sanders, D. R. (2011). Index funds, financialization, and commodity futures markets. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 33(1), 1-31.
- Jugend, D., Fiorini, P. D. C., Armellini, F., & Ferrari, A. G. (2020). Public support for innovation: A systematic review of the literature and implications for open innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, 156, 119985.

- Kohlscheen, E., Mojon, B., & Rees, D. (2020). The macroeconomic spillover effects of the pandemic on the global economy. Available at SSRN 3569554.
- Li, J., Chavas, J. P., Etienne, X. L., & Li, C. (2017). Commodity price bubbles and macroeconomics: evidence from the Chinese agricultural markets. *Agricultural economics*, 48(6), 755-768.
- Masters, M. W., & White, A. K. (2009). The 2008 commodities bubble. *McClatchy.-04*, 2, 02.
- Mazzucchelli, F. (2008). A crise em perspectiva: 1929 e 2008. *Novos estudos CEBRAP*, 57-66..
- Mulrow, C. D. (1994). Systematic reviews: rationale for systematic reviews. *Bmj*, 309(6954), 597-599.
- Oreiro, J. L. (2003). Bolhas racionais, ciclo de preços de ativos e racionalidade limitada: uma avaliação crítica dos modelos neoclássicos de bolhas especulativas. *Análise Econômica*, 21(40).
- Oxman, A. D. (1994). Systematic reviews: checklists for review articles. *Bmj*, 309(6955), 648-651.
- Perdiguero-Garcia, J. (2013). Symmetric or asymmetric oil prices? A meta-analysis approach. *Energy policy*, 57, 389-397.
- Phillips, P. C., & Yu, J. (2011). Dating the timeline of financial bubbles during the subprime crisis. *Quantitative Economics*, 2(3), 455-491.
- Kohlscheen, E., Mojon, B., & Rees, D. (2020). The macroeconomic spillover effects of the pandemic on the global economy. Available at SSRN 3569554.
- Sanders, D. R., & Irwin, S. H. (2010). A speculative bubble in commodity futures prices? Cross-sectional evidence. *Agricultural Economics*, 41(1), 25-32.
- Sanders, D. R., & Irwin, S. H. (2011). New evidence on the impact of index funds in US grain futures markets. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroéconomie*, 59(4), 519-532.
- Su, C. W., Li, Z. Z., Chang, H. L., & Lobonç, O. R. (2017). When will occur the crude oil bubbles?. *Energy Policy*, 102, 1-6.
- Thomé, A. M. T., Scavarda, L. F., & Scavarda, A. J. (2016). Conducting systematic literature review in operations management. *Production Planning & Control*, 27(5), 408-420.

Tokic, D. (2011). Rational destabilizing speculation, positive feedback trading, and the oil bubble of 2008. *Energy Policy*, 39(4), 2051-2061.

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management*, 14(3), 207-222.

USDA (2005). United States Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: Março de 2021.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2020). VOSviewer Manual: Manual for VOSviewer version 1.6. 15. Leiden: Centre for Science and Technology Studies (CWTS) of Leiden University.

Van Eck, N., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, 84(2), 523-538.

## 7. ANEXOS

- **Publicações de artigos sobre bolhas de preço no mercado de commodities (estendido)**



Figura 14 - Publicações de artigos na base Scopus sobre bolhas em commodities (por ano). - O gráfico evidencia um forte aumento de publicações sobre o tema após a crise global provocada pela bolha de preço no subprime americana (2008-2009)

- **Quadro de análise bibliográfica**

Artigo	Contexto	Mercado analisado	Commodity	Modelo de Pesquisa	Modelo	Modelo Económico?	Finalidade do Teste	Resultado
A speculative bubble in commodity futures prices Cross-sectional evidence (Sanders 2010)	EUA	Futuro e Índices (Derivativos)	Café Cacau Trigo CBOT óleo de soja Milho Gado de alimentação Soja Algodão Açúcar Trigo KCBOT Porcos Gado	Quantitativa	Regressão Tranvesal (Fama–MacBeth)	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
Agricultural price transmission across space and commodities (Esposti 2013)	Itália e EUA	Spot	Trigo e Milho	Quantitativa	Ajustado Dickey – Fuller (ADF), Phillips – Perron (PP), Kwiatkowski, Phillips, Schmidt e Shin (KPSS)	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
					Vector Error Correction Model (VECM) / first-difference VAR models	Sim	Transmissibilidade	Evidência
					Sim	Importação e Exportação	Baixa Evidência	
Bubbles in food commodity markets (Etienne 2014)	EUA	Futuro (Derivativos)	milho soja óleo de soja Trigo CBOT Trigo KCBOT gado de alimentação gado vivo porcos cacau café algodão açúcar	Quantitativa	Adjusted Dickey–Fullere	Sim	Especulação	Sem evidência

Commodity index investment and food prices does the Masters (Irwin 2013)	EUA	Futuro (Derivativos)	milho soja Trigo CBOT Trigo KCBT	Quantitativa	Regressão de série temporal (Causalidade de Granger)	Sim	Especulação	Sem evidência
				Quantitativa	Regressão transversal (Fama-MacBeth)	Sim	Especulação	Baixa Evidência
Dating the timeline of financial bubbles during the subprime crisis (Phillips 2011)	EUA	Spot	Petróleo	Quantitativa	Adjusted Dickey-Fullere	Sim	Transmissibilidade	Evidência
Financialization of commodities (Cheng 2014)	EUA	Spot e Índices (Derivativos)	milho, petróleo bruto, cobre, açúcar	Revisão	Nenhum	Não	Especulação	Evidência
New Evidence on the Impact of Index Funds in U.S. Grain Futures Markets (Irwin 2011)	EUA	Futuro e Índices (Derivativos)	milho soja trigo CBOT trigo KCBT	Quantitativa	Causalidade de Granger	Sim	Especulação	Sem evidência
				Quantitativa	Augmented Dickey Fuller	Sim	Especulação	Sem evidência
Speculative bubbles in agricultural commodity (Gutierrez 2011)	EUA	Futuro e Índices (Derivativos)	trigo milho arroz soja.	Quantitativa	Dickey-Fuller Adjusted com Bootstrap	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
Tests for explosive financial bubbles (Harvey 2015)	EUA	Spot	Petróleo Brent Petróleo Ouro Prata Platina Alumínio Cobre	Quantitativa	Dickey-Fuller Adjusted com Bootstrap	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
When Will Occur the Crude Oil Bubbles (Su 2016)	EUA	Spot	Petróleo	Quantitativa	GSADF	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência

				Qualitativa	Revisão	Não	Especulação	Evidência
BOOMS AND BUSTS IN COMMODITY MARKETS BUBBLES OR FUNDAMENTALS (Brooks 2015)	EUA	Futuro (Derivativos)	Aveia	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
			Trigo					
			Milho					
			Soja	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Variáveis Macroeconomia	Baixa Evidência
			Óleo de soja	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Grãos de soja	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Alimentício	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			suco de laranja	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Algodão	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Café	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Cacau	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Gado	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			alimentador	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Madeira	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Prata	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Ouro	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Platina	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Petróleo bruto	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Óleo	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Combustível	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
			Gás natural	Quantitativa	Regressão de comutação, Razão de verossimilhança	Sim	Especulação Financeira	Sem evidência
Quantification of the high level of endogeneity (Filimonov 2013)	Europa, EUA.	Futuro (Derivativos)	Petróleo Brent, Petróleo Bruto, trigo, milho, soja e açúcar.	Quantitativa	Hawkes Model	Sim	Endógenos (Volume, Preço do ativo e outros)	Evidência
Rational destabilizing speculation, positive feedback trading, and the oil (Tokic 2011)	EUA	Futuro (Derivativos)	Petróleo Bruto	Qualitativa	Positive feedback trading bubble model	Não	Especulação Financeira	Evidência
Speculative bubbles in agricultural prices (Adämmer 2014)	EUA	Spot	milho, soja e trigo	Quantitativa	Threshold vector error correction model (TVECM) (causalidade de granger)	Sim	Transmissibilidade	Evidência
				Quantitativa	Abordagem autorregressiva de limite de impulso (MTAR)	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
Symmetric or asymmetric oil prices A meta-analysis approach (Garcia 2013)	EUA, Europa, Emergentes	Spot	Petróleo	Revisão	Meta-Análise	Não	Baixa Competição de Mercado	Baixa Evidência

TESTING FOR MILD EXPLOSIVITY AND BUBBLES IN LMENON-FERROUS METALS PRICES (FIGUEROLA-FERRETTI 2015)	Europa	Spot e Futuro	Alumínio Cobre Níquel Chumbo Estanho Zinco	Quantitativa	GSADF	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
					Working's T	Sim	Restrição de Mercado	Evidência
The gold price in times of crisis (Białkowski 2014)	Europa	Spot	Ouro	Quantitativa	ADF	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
					Regressão	Sim	Crise da dívida soberana Europeia	Evidência
What has driven oil prices since 2000 (Fan 2011)	EUA	Spot	Petróleo	Quantitativa	Unit root test	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
				Quantitativa	Testes de quebra determinados endogenamente	Sim	Crescimento econômico	Evidência
				Quantitativa	Testes de quebra determinados endogenamente	Sim	Eventos episódicos	Evidência
				Quantitativa	Testes de quebra determinados endogenamente	Sim	Especulação	Evidência
				Quantitativa	Modelo comparativo	Sim	Especulação	Evidência
				Quantitativa	Modelo comparativo	Sim	Eventos episódicos	Evidência

Date stamping historical periods of oil price explosivity: 1876–2014 (Caspi 2015)	EUA	Spot	Petróleo	Quantitativa	GSADF	Sim	Ocorrência de bolhas	Evidência
Stock markets' bubbles burst and volatility spillovers in agricultural commodity markets (Baldi 2016)	EUA	Índice	S&P Agriculture, S&P Grain, S&P Corn	Quantitativa	GARCH-BEKK	Sim	Transbordamento Volatilidade (Financeirização)	Evidência
				Quantitativa	VIRF	Sim	Transbordamento Volatilidade (Financeirização)	Evidência

Tabela 11 - Tabela literal utilizada como base para a codificação dos artigos analisados segundo: contexto, mercado analisado, commodity analisada, modelo de pesquisa, método econométrico, hipótese de causalidade e evidência de causalidade.

- **Análise dos contratos futuros de Café Arábica no período pré-pandemia.**



Figura 15 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U15 (período pré-pandemia) – O contrato U15 (vencimento em setembro 2015) foi analisado entre os dias 02/06/2014 e 01/06/2015. Para a análise de bolhas foram descartados períodos menores que 3 dias sequencias de resultado positivo no teste BSADF (Etienne et al. 2014). De acordo com os critérios observados, há cinco períodos de início e rompimento de bolhas na janela analisada. O maior período ocorre entre os dias 23/02/2015 à 18/03/2015. Os outros quatro períodos ocorrem com menor intensidade, e acontecem nos dias de pregão entre 22/12/2014 à 02/01/2015 (seis dias de pregões), entre 27/03/2015 à 01/04/2015 (quatro dias de pregões), 04/05/2015 à 07/05/2015 (quatro dias de pregões) e de 22/05/2015 à 29/05/2015 (seis dias de pregões). Todas as bolhas encontradas no período de 2014 a 2015 foram bolhas negativas.



Figura 16 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z15 (período pré-pandemia) – O contrato Z15 (vencimento em dezembro 2015) foi analisado entre os dias de 04/08/2014 e 05/08/2015. Há cinco períodos de início e rompimento de bolhas na janela analisada. O maior período ocorre entre os dias 23/02/2015 à 18/03/2015. Os outros quatro períodos ocorrem com menor intensidade, e acontecem nos dias de pregão entre 22/12/2014 à 02/01/2015 (cinco dias de pregões), entre 27/03/2015 à 01/04/2015 (quatro dias de pregões), 04/05/2015 à 07/05/2015 (quatro dias de pregões) e de 22/05/2015 à 29/05/2015 (seis dias de pregões). Todas as bolhas encontradas no período de 2014 a 2015 foram bolhas negativas.

- Janela 2015 – 2016. Contratos H16 e U16.

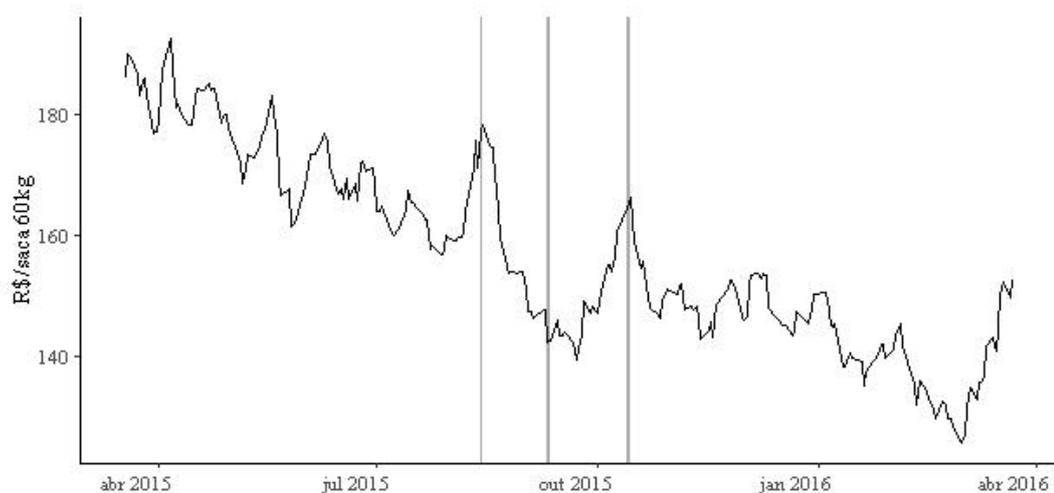


Figura 17 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato H16 (período pré-pandemia) – O contrato H16 (vencimento em março 2016) foi analisado no período de 21/03/2015 à 22/03/2016. Para a análise foram descartados períodos inferiores a 3 dias sequenciais de ocorrência de preços explosivos. Há apenas um período de bolhas que ocorre entre os dias 09/10/2015 à 15/10/2015 (três dias de pregão), sendo uma bolha positiva. As bolhas positivas ocorrem quando o preço médio durante o período explosivo é maior que o preço inicial do período explosivo.

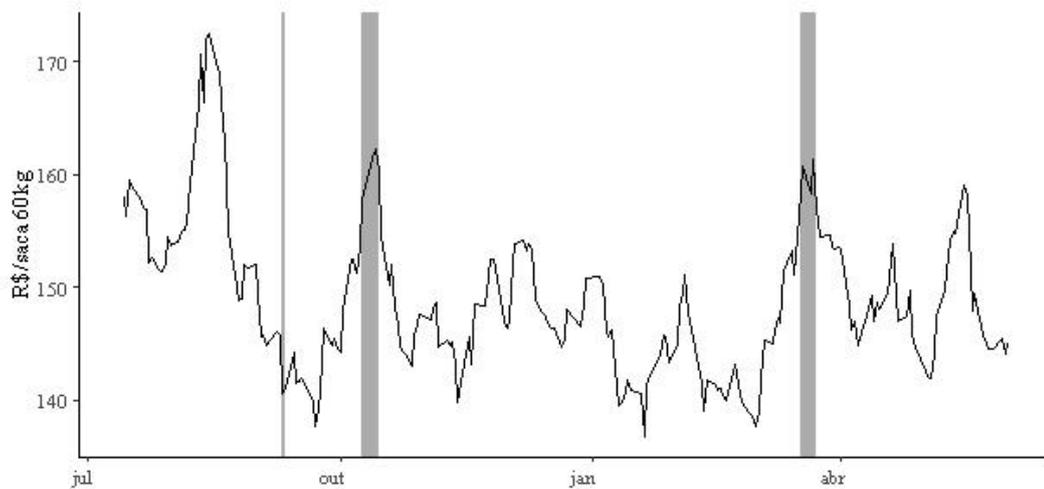


Figura 18 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U16 (período pré-pandemia) – O contrato U16 (vencimento em setembro de 2016) foi analisado no período de 02/06/2015 à 01/06/2016. Para a análise foram descartados períodos inferiores a 3 dias sequenciais de ocorrência de preços explosivos. Há dois períodos de bolhas que ocorrem entre os dias 09/10/2015 à 15/10/2015 (três dias de pregão) e no período de 17/03/2016 à 23/03/2016 (cinco dias de pregão) sendo as duas, bolhas positivas. Os testes estão de acordo com Phillipse et al. (2011), mostrando que a origem da bolha está associada diretamente a uma mudança brusca na precificação do ativo e logo após o colapso, com o preço do ativo se movendo de forma oposta ao sentido do preço na origem da bolha.

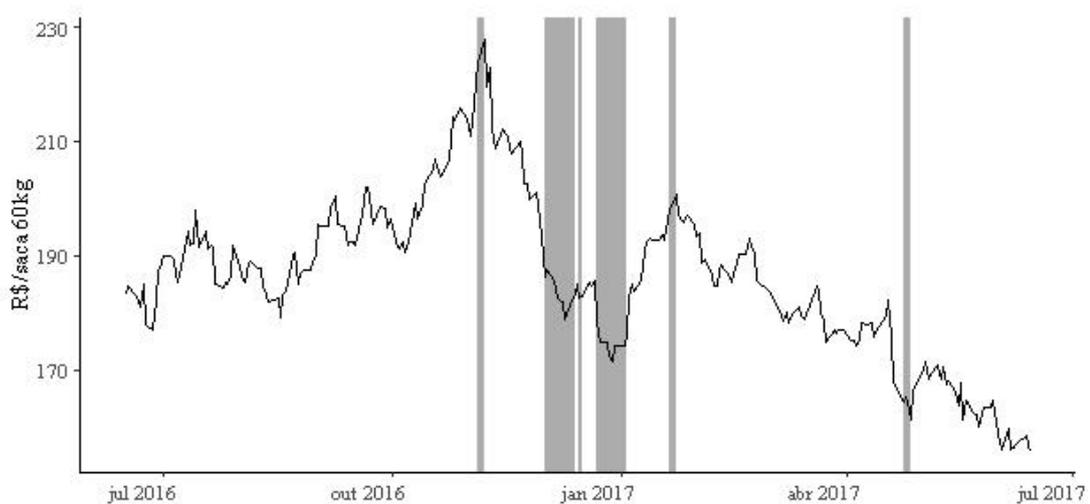


Figura 19 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z17 (período pré-pandemia) – No contrato Z17 (vencimento em dezembro de 2017) foram encontrados 3 períodos de ocorrência de bolhas. O maior período de preço explosivo se encontra entre os dias 01/12/2016 à

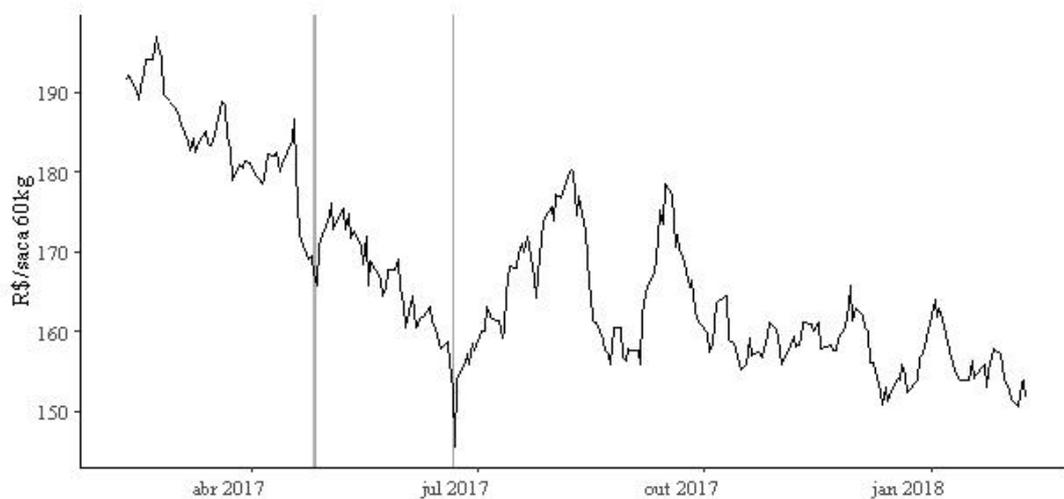


Figura 20 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato H18 (período pré-pandemia) – O contrato H18 (vencimento em março de 2018) foi analisado entre 21/03/2018 e 22/03/2019. Não foi encontrado nenhuma bolha no contrato analisado, segundo os critérios estabelecidos por Phillips et al. (2011) e Etienne et al. (2014). Foram descartados períodos menores que três dias sequencias de resultado positivo no teste BSADF

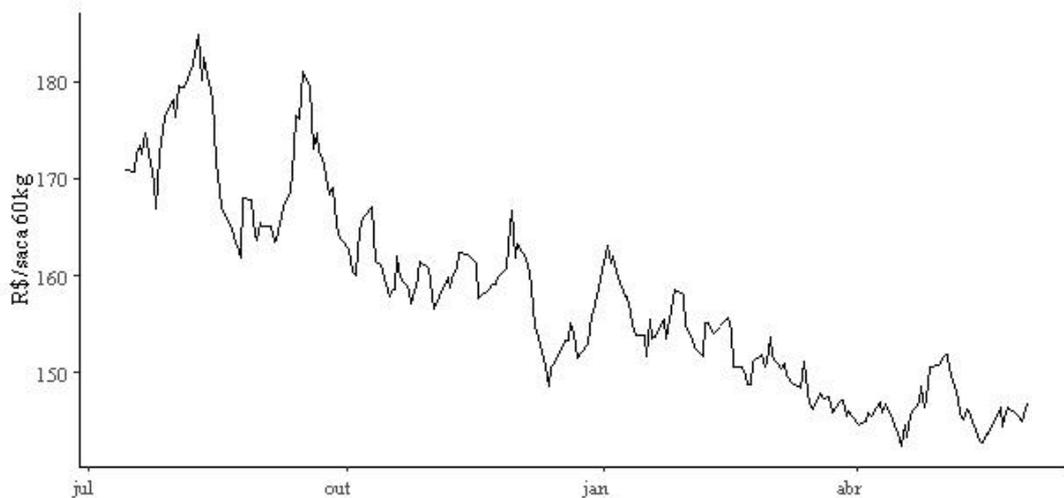


Figura 21 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U18 (período pré-pandemia) - O contrato U18 (vencimento em setembro de 2018) foi analisado no período de 02/06/2018 à 01/06/2019. Não foi encontrado nenhuma bolha no contrato analisado, segundo os critérios estabelecidos por Phillips et al. (2011) e Etienne et al. (2014). Foram descartados períodos menores que três dias sequencias de resultado positivo no teste BSADF.

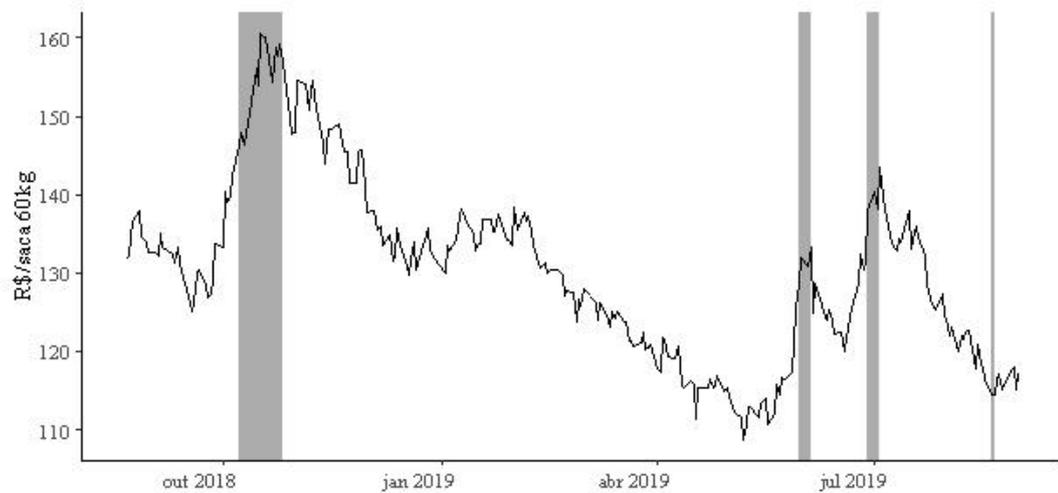


Figura 22 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z19 (período pré-pandemia) – O contrato Z19 (vencimento dezembro 2019) foi analisado no período de 17/08/2018 à 16/08/2019. O gráfico do teste BSADF no contrato Z19 mostra três períodos significativo de ocorrência de bolhas (foi descartado o último período que era menor que 3 dias consecutivos). Entre os três períodos selecionados o que se destaca é o período de 08/10/2018 à 26/10/2018 contabilizando quatorze dias consecutivos de bolhas no preço diário no futuro da commodity. Todas as bolhas encontradas no contrato são positivas.

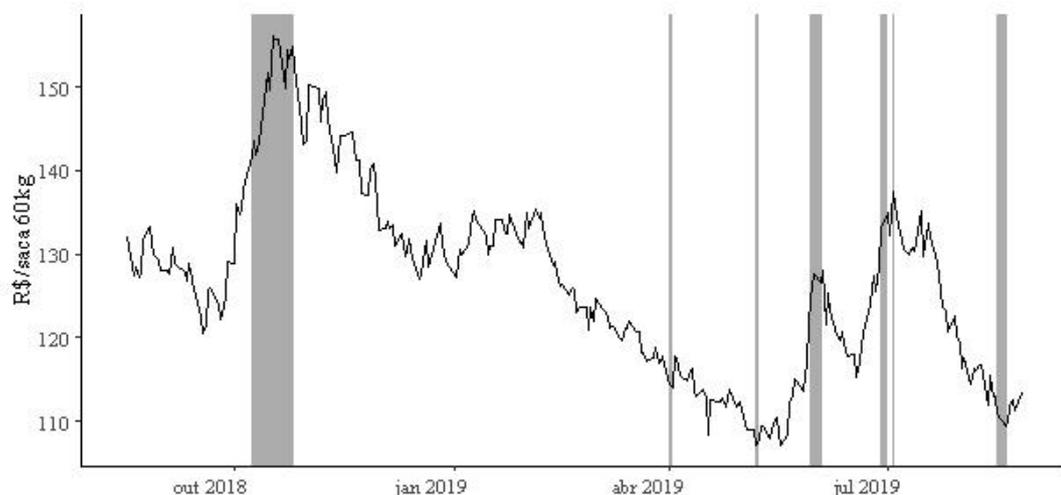


Figura 23 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U19 (período pré-pandemia) - O contrato U19 (vencimento setembro 2019) foi analisado no período de 17/08/2018 à 16/08/2019. No teste BSADF realizado no contrato U19 foram encontrados três períodos significativos de bolhas nos preços do contrato. Dois períodos de bolhas encontrados no contrato U19 coincidem com os períodos de bolhas no contrato Z19, o que fortalece o resultado dos testes apresentados na janela. Há ainda uma ocorrência de bolha que não foi identificada no contrato Z19. A bolha não coincidente ocorre no período de 16/08/2019 à 20/08/2019, sendo a única bolha negativa encontrada na janela. O período com o maior número de dias de bolha foi o de 08/10/2018 à 26/10/2018, totalizando quatorze dias consecutivos de preços explosivos.

- **Análise dos contratos futuros de Café Arábica no período pandemia.**



Figura 24 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato U20 - *Entre os dias 04/10/2019 e 22/09/2020 foi analisado o contrato U20 (vencimento setembro de 2020). Durante o período foram encontradas quatro bolhas, sendo elas três positivas e uma negativa, segundo os critérios de Etienne et al. (2014). O maior período de bolhas ocorreu durante os dias 05/12/2019 e 18/12/2019, totalizando dez dias consecutivos de preços explosivos. A única bolha negativa ocorre no início do contágio mundial do vírus COVID-19, entre os dias 28/01/2020 e 07/02/2020. Outro período de ocorrência coincidente de bolhas acontece entre os dias 31/08/2020 e 11/09/2020, ocorrendo uma bolha positiva.*

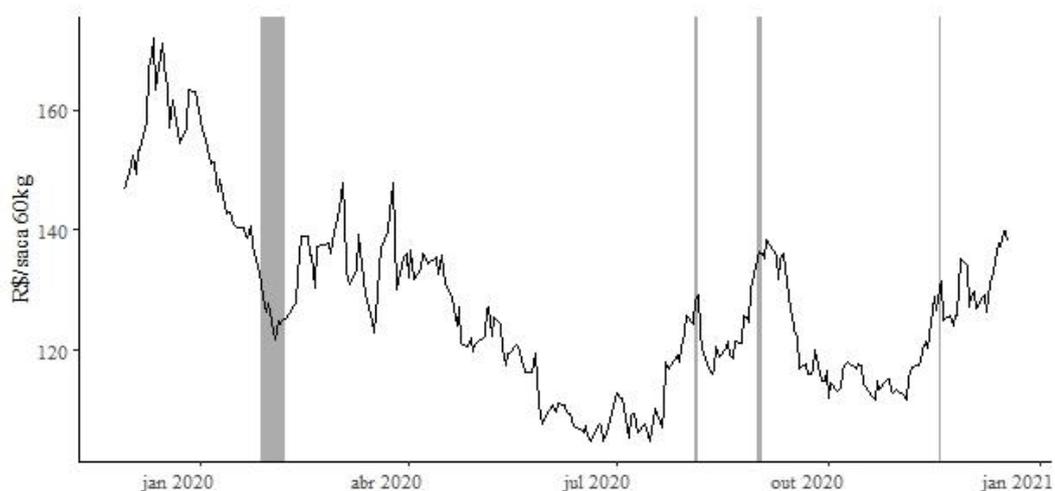


Figura 25 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z20 - *No período entre o início de 2020 à final de 2021 foi analisado o contrato Z20 (vencimento em dezembro 2020), entre 16/01/2020 à 18/12/2020. No contrato Z20 foram encontrados dois períodos de preços explosivos, segundo os critérios estabelecidos por Phillips et al. (2011), sendo o maior período de bolhas uma bolha negativa de nove dias consecutivos entre os dias 28/01/2020 e 07/02/2020. O momento se trata do início da absorção pelo mercado dos impactos das notícias sobre a pandemia COVID-19. A segunda bolha apresentada no teste BSADF ocorre entre os dias 31/08/2020 e*

02/09/2020, sendo uma bolha positiva. A elevação de preços coincide com as primeiras notícias de testes bem-sucedidos das vacinas contra o COVID-19. No período temos um total de doze dias de bolhas.

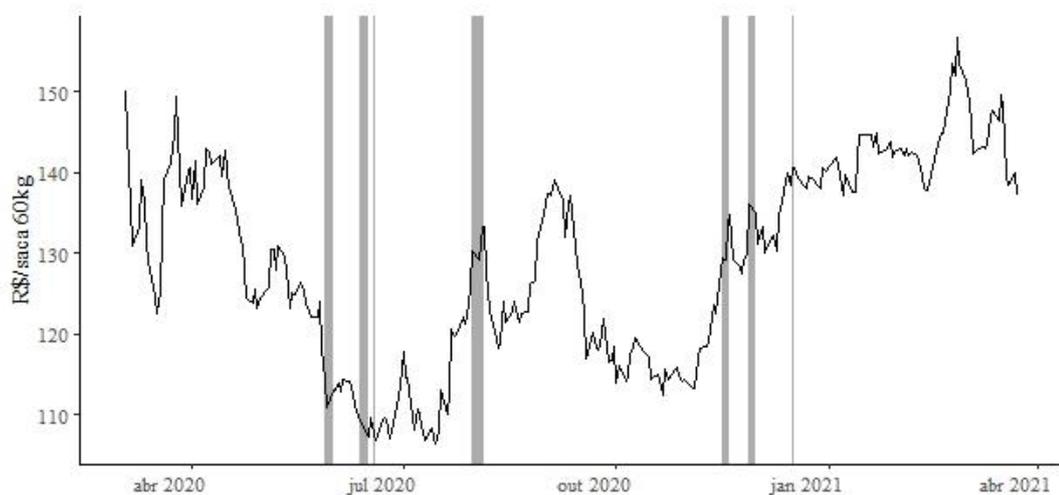


Figura 26 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato H21 - O contrato H21 (vencimento em março 2021) foi analisado no período entre 15/04/2020 à 23/03/2021. Ainda no início do período de Pandemia de COVID-19, no início da nossa análise, o contrato H21 era negociado e impactado diretamente pelas perspectivas do investidor em relação ao princípio do enfrentamento da Pandemia. Foram encontrados quatro períodos de bolhas, somando quatorze dias de preços explosivos. As bolhas são sequencialmente: duas negativas e duas positivas, ambos os períodos são de três a quatro dias de preços explosivos. A análise do contrato marca uma mudança de tendência de preço.

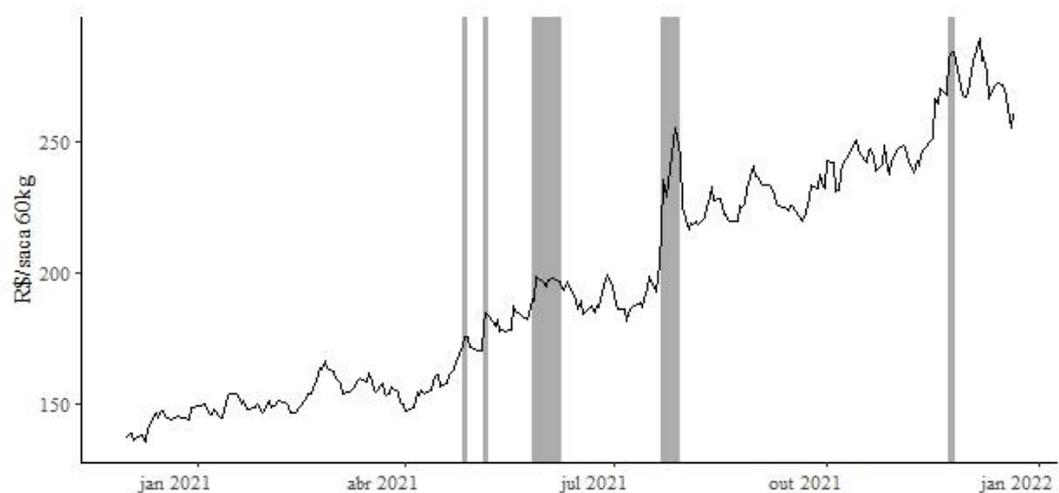


Figura 27 - Gráfico do teste BSADF nos preços do contrato Z21 - O período analisado do contrato Z21 (vencimento em dezembro 2021) foi de negociações entre os dias 18/01/2021 e 21/12/2021. Durante os pregões analisados, o contrato apresentou cinco períodos de preços explosivos, sendo todos positivos. O maior período de bolhas ocorreu entre os dias 26/05/2021 à 08/06/2021 (9 pregões). Todos os demais períodos ficaram em intervalos entre três e sete pregões de preços explosivos.