

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, CAMPUS SOROCABA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Priscila Fulvia Bittencourt da Silva

**ANÁLISE DE BOLHAS ESPECULATIVAS NO MERCADO FUTURO  
BRASILEIRO DE *COMMODITIES* AGROPECUÁRIAS**

Sorocaba-SP

2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, CAMPUS SOROCABA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Priscila Fulvia Bittencourt da Silva

**ANÁLISE DE BOLHAS ESPECULATIVAS NO MERCADO FUTURO  
BRASILEIRO DE *COMMODITIES* AGROPECUÁRIAS**

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

**Orientador:**

Prof. Dr. José César Cruz Júnior

Sorocaba-SP

2018

Priscila Fulvia Bittencourt da Silva

ANÁLISE DE BOLHAS ESPECULATIVAS NO MERCADO FUTURO BRASILEIRO DE  
*COMMODITIES* AGROPECUÁRIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Economia para obtenção do título  
de Mestre em Economia. *Campus* Sorocaba,  
2018

---

Orientador - Prof. Dr. José César Cruz Júnior  
Universidade Federal de São Carlos

---

Prof. Dr. Geraldo Edmundo Silva Júnior  
Universidade Federal de São Carlos

---

Prof. Dr. Daniel Henrique Dario Capitani  
Universidade Estadual de Campinas

Sorocaba  
2018

Bittencourt da Silva, Priscila Fulvia

ANÁLISE DE BOLHAS ESPECULATIVAS NO MERCADO FUTURO  
BRASILEIRO E COMMODITIES AGROPECUÁRIAS./ Priscila  
Fulvia Bittencourt da Silva. -- 2018.44 f.: 30 cm.

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

Orientador: José César Cruz Júnior

Banca examinadora: Geraldo Edmundo Silva Júnior,  
Bibliografia

1. bolhas especulativas. 2. teste ADF. 3. mercado  
futuro. I. Orientador. II. Universidade Federal  
de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de  
Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano – CRB/8 6979

## **Agradecimentos**

Aos meus pais que me deram o suporte e incentivo necessários para que eu pudesse chegar onde cheguei.

Ao Prof. Dr. José César Cruz Júnior, pela sua orientação, paciência e empenho com que sempre me orientou neste trabalho. Muito obrigada pelos direcionamentos, pela disponibilidade, por todos os ensinamentos e pela impecável condução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Geraldo Edmundo Silva Júnior que desde o início do curso me guiou e me incentivou nessa trajetória acadêmica. Agradeço pelo interesse no assunto, pelo apoio e pela ajuda fundamental neste trabalho.

À minha família pela paciência e carinho durante essa fase de mestrado. Aos meus irmãos João, Pedro, Mateus e Maria Clara por entenderem a minha ausência. À minha irmã Paloma pelo apoio nas fases difíceis e pelas noites em claro que passou revisando o texto da dissertação;

Aos amigos que souberam compreender os momentos de estudo. Ao meu grande amigo Pedro Henrique que sempre me ofereceu o conforto e o suporte necessário para os dias em que mais precisei.

Aos dois anjos que me ajudaram com todo o apoio para concluir a primeira etapa do mestrado: Cássia e Du;

À Cássio Alves, quem eu considero como um mentor que sempre me motivou a dar o melhor de mim em qualquer âmbito, seja acadêmico ou profissional.

À todas as pessoas que, de uma forma ou de outra, deixaram sua contribuição neste trabalho, seja colaborando diretamente na execução da pesquisa, seja trocando impressões e experiências, seja incentivando e apoiando.

À UFScar Sorocaba, em especial ao Programa de Pós Graduação em Economia, pela disponibilização de toda a infra-estrutura e pessoal que tornou possível a obtenção deste título.

*"Whether you think you can or whether you think you can't, you're right."  
(Henry Ford)*

## Resumo

Neste trabalho foram utilizados os preços de quatro contratos futuros de *commodities* (milho, soja, boi gordo e café) negociadas na bolsa de derivativos brasileira, com o objetivo de detectar a presença de bolhas especulativas no período entre 2008 e 2017. O presente trabalho tenta preencher a lacuna existente na literatura visto que há escassez de estudos destinados a avaliar a existência de bolhas especulativas no mercado futuro agropecuário brasileiro. Com a utilização do teste Generalized Supremum Augmented Dickey-Fuller (GSADF) foi possível detectar múltiplos períodos de bolhas em todas as séries analisadas, exceto para o café. Um total de 47 bolhas foram identificadas sendo estas concentradas em milho e soja. O percentual de dias de negociação com preços explosivos foi de cerca de 26,5% ao longo do período analisado. Os resultados mostraram que 40,4% das bolhas tiveram baixa duração, entre 3 e 8 dias. O maior período de bolhas ocorreu em 2010 para o milho, e durou 123 dias. Em média, há mais bolhas positivas (60%) do que negativas (40%). Constatou-se que a movimentação dos preços em um período especulativo é assimétrica, sendo que a variação no início de uma bolha mostrou-se superior do que a variação final. Os resultados encontrados são úteis para os agentes que procuram o mercado de derivativos agropecuários para se protegerem de variações de preços, ou ainda por motivos especulativos. Um melhor conhecimento do comportamento dos preços pode ajudar os participantes do mercado a montar suas carteiras de maneira mais adequada. Agentes reguladores também podem usar tais conhecimentos para garantir que as regras de negociação sejam respeitadas, e que os mercados funcionem de maneira eficiente.

**Palavras chave:** bolhas especulativas; mercado futuro; *commodities* agropecuárias; teste GSADF.

## Abstract

We used agricultural commodities futures prices to identify speculative bubbles in the Brazilian derivatives markets between 2008 and 2017. We applied the Generalized Supremum Augmented Dickey-Fuller (GSADF) test to analyze if corn, soybeans, coffee and live cattle futures prices moved temporarily away from their fundamental values. This study aimed to fill in a gap in the literature that analyses the existence of speculative bubbles in the Brazilian agricultural futures markets. Our findings support evidence for multiple periods of bubbles in all markets, except for coffee. We found that 40,4% of the bubbles were short-lived, lasting between 3 and 8 days, and that on average, there were more positive (60%) than negative bubbles (40%). Most of the bubbles events occurred in corn, which represented 87% of the total bubbles episodes during the analyzed period. We verified that prices movements during a speculative period were asymmetric, as the initial price variation was usually larger than the last. We expect that our findings can be useful for market participants who trade futures contracts as a way to hedge their cash position, or for speculative reasons. In addition, a better understanding of prices behavior can help market participants to manage their portfolio risk, and help regulators to ensure that trading rules are respected, and markets function efficiently.

**Keywords:** speculative bubbles; futures markets; agricultural commodities; GSADF test.

## Lista de ilustrações

Figura 1 – Série de preços futuros de primeiro vencimento em aberto na Bolsa B <sup>3</sup> . . .	13
Figura 2 – Ilustração da rolagem da janela de dados utilizando o teste RADF . . . . .	22
Figura 3 – Ilustração da rolagem da janela de dados utilizando o teste SADF . . . . .	23
Figura 4 – Ilustração da rolagem da janela de dados utilizando o teste GSADF . . . . .	24
Figura 5 – Volume de negociações por contrato . . . . .	27
Figura 6 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Boi Gordo 2013 (Vencimento Maio) . . . . .	32
Figura 7 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Boi Gordo 2014 (Vencimento Maio) . . . . .	32
Figura 8 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Boi Gordo 2010 (Vencimento Outubro) . . . . .	33
Figura 9 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Soja 2016 (Vencimento Maio) . . . . .	33
Figura 10 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2010 (Vencimento Janeiro) . . . . .	34
Figura 11 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2012 (Vencimento Janeiro) . . . . .	35
Figura 12 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2009 (Vencimento Novembro) . . . . .	35
Figura 13 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2010 (Vencimento Novembro) . . . . .	36
Figura 14 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2012 (Vencimento Novembro) . . . . .	36
Figura 15 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2013 (Vencimento Novembro) . . . . .	37
Figura 16 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2014 (Vencimento Novembro) . . . . .	37
Figura 17 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2015 (Vencimento Novembro) . . . . .	38
Figura 18 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2011 (Vencimento Setembro) . . . . .	38
Figura 19 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2012 (Vencimento Setembro) . . . . .	39
Figura 20 – Duração de bolhas por <i>commodity</i> - Método Rolagem por Vencimento . . .	41

## Lista de tabelas

Tabela 1 – Volume de Contratos Negociados de Derivativo: Mercado de Futuros . . . . .	11
Tabela 2 – Análise descritiva dos dados . . . . .	26
Tabela 3 – Resultados dos testes para o período de 2008 a 2017 . . . . .	30
Tabela 4 – Relação de quantidade média de bolhas por ano . . . . .	30
Tabela 5 – Estatística descritiva das bolhas, em número de dias por ano . . . . .	31
Tabela 6 – Variação de preços: bolhas positivas . . . . .	40
Tabela 7 – Variação de preços: bolhas negativas . . . . .	40
Tabela 8 – Estatísticas Regressão Retorno . . . . .	41
Tabela 9 – Estatísticas Regressão Duração . . . . .	41

## Sumário

1	INTRODUÇÃO . . . . .	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO . . . . .	15
2.1	Mercados Futuros . . . . .	15
2.2	Bolhas Especulativas . . . . .	16
3	METODOLOGIA . . . . .	22
3.1	Testes para detectar bolhas especulativas . . . . .	22
3.2	Procedimento <i>Wild Bootstrap</i> . . . . .	25
3.3	Séries de dados . . . . .	26
3.4	Tratamento dos dados . . . . .	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .	42
	REFERÊNCIAS . . . . .	44

## 1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro tem aumentado sua relevância na economia brasileira e internacional nas últimas décadas. O país se transformou, passando de importador de alimentos até meados da década de 1970, consolidando-se como uma das maiores potências agrícolas mundiais, nas primeiras décadas dos anos 2000. Essa relevância é decorrente da profissionalização na gestão no setor de agronegócios, da maturação dos investimentos iniciados na década de 80 e de uma maior abertura comercial (VEIGA, 2012). Segundo dados da OMC (2015), o país é o terceiro maior exportador de *commodities* agrícolas do mundo, atrás apenas da União Europeia e dos Estados Unidos. A atividade agropecuária responde por 23% do Produto Interno Bruto (PIB), 27% dos empregos e 43% das exportações (CEPEA, 2017). Sendo assim, os preços das principais *commodities* agrícolas produzidas no país afetam de maneira significativa a renda e a balança comercial, e são altamente influenciados pelo mercado internacional.

As grandes variações de preços, principalmente das *commodities*, podem afetar diretamente o desempenho do mercado agropecuário. Tais variações têm origens em fatores naturais e econômicos, tais como a instabilidade no abastecimento em decorrência de perdas em períodos de intensa estiagem ou chuvas, flutuações nos índices de preços em razão de queda ou intensidade da colheita, oscilações das cotações nos mercados internacionais, da variabilidade cambial e em dificuldades impostas ao planejamento da produção (CAMPOS, 2007). Diante disto, empresários rurais buscam alternativas para se proteger de variações indesejadas de preços, e os contratos futuros são exemplos de instrumentos financeiros que podem ser utilizados para este fim.

Segundo Marques, Mello e Martines-Filho (2006), o mercado futuro desempenha duas grandes funções básicas na economia: *i*) promove a possibilidade de gerenciamento de preços como um mecanismo para proteção e gestão de riscos (*hedge*); e *ii*) promove o descobrimento de preços (*price discovery*) ao disponibilizar informações sobre os negócios realizados com vencimentos em datas futuras. Tais funções permitem aos participantes planejar estrategicamente suas atividades para tomada de decisão.

Os contratos futuros garantem que os participantes do mercado (compradores e vendedores) conseguirão negociar seus ativos a um determinado preço até uma data pré definida. A compra de contratos futuros com a intenção de *hedge* é feita por aqueles que precisam adquirir uma determinada mercadoria numa data futura, e estão preocupados em assegurar uma margem de lucro caso o preço no mercado físico suba. Similarmente, o *hedge* de venda (venda de contratos futuros) é feito por aqueles que produzem, armazenam, processam ou distribuem uma *commodity* e podem ser negativamente afetados se os preços no mercado físico caírem.

Sendo assim, os mercados futuros são apresentados como uma possível alternativa para administrar riscos de preços, estabilizando margens e lucros. Por esse motivo, a utilização dos mercados de derivativos ganhou relevância em todo o mundo, e tem se desenvolvido a cada ano. Além disso, este mercado tem se tornando uma importante ferramenta de auxílio para os agentes

econômicos se protegerem contra as oscilações de preços (AGUIAR, 1999).

Para que o mercado futuro funcione como um mecanismo eficiente de garantia de preços é necessário que haja liquidez, proporcionando facilidade para que os agentes consigam abrir e fechar suas transações ao preço e velocidade desejados. A necessidade dos *hedgers* de fixar antecipadamente preços de compra e venda cria oportunidades de lucro para especuladores, que são atraídos por uma maior volatilidade dos preços. Como os especuladores estão dispostos a correr maiores riscos com os volumes negociados no mercado físico e, portanto, demandam menos proteção, o lucro destes agentes é baseado na possibilidade de ganhar com um maior *spread* em suas operações. Todavia, a presença do especulador é fundamental no mercado futuro, pois na tentativa de ganhar com o movimento dos preços, eles provêm maior liquidez para os mercados. Desse modo, tornam o mercado mais atraente para os *hedgers*, que podem entrar e sair de suas posições mais rapidamente.

A Tabela 1 mostra o aumento de 790% no volume de contratos negociados de *commodities* no mercado futuro brasileiro na Brasil Bolsa Balcão (B<sup>3</sup>) entre janeiro de 2008 e janeiro de 2017. Este aumento de liquidez atraiu um maior número de negociadores para o mercado, fazendo com que os *hedgers* tivessem maiores oportunidades de utilizar contratos futuros como ferramentas de gestão para proteção contra riscos de preços.

Tabela 1 – Volume de Contratos Negociados de Derivativo: Mercado de Futuros

<b>Derivativo</b>	<b>Volume Jan/2008</b>	<b>Volume Jan/2017</b>	<b>Varição %</b>
Ibovespa Futuro	87.494	1.803.816	1.962%
Boi Gordo	11.165	119.593	971%
Café	10.585	60.144	468%
Soja	1.768	24.537	1.288%
Milho	2.597	19.129	637%
Etanol	246	3.115	1.166%
Açúcar	38	1.348	3.447%
Ouro (250g)	140	1.154	724%
<b>Total <i>commodities</i></b>	<b>26.530</b>	<b>236.229</b>	<b>790%</b>

Fonte: B<sup>3</sup> (2017).

De acordo com as informações da Tabela 1, os principais contratos futuros de *commodities* agropecuárias negociados na B<sup>3</sup> são: boi gordo, café, soja e milho. Juntos, tais contratos representaram 95% do volume total de contratos futuros de *commodities* negociados na B<sup>3</sup> em janeiro de 2017.

O investimento financeiro nos mercados futuros de *commodities* tem se tornado gradativamente mais significativo, revelando a nova dinâmica que se configura no mercado financeiro nacional e internacional. Várias explicações têm sido apresentadas para justificar o *boom* dos preços no mercado de *commodities*, fundamentando-se, principalmente, na existência de uma oferta contraída em face de uma demanda crescente. Esse cenário estaria sendo fomentado, entre outros fatores, pelo crescente aumento da demanda mundial (com destaque para China e

Índia), pelo aumento da utilização de cereais para a produção de ração animal e pelo incentivo à produção de biodiesel (SILVA, 2012). Arelado a isso, pelo lado da oferta, devem-se destacar as mudanças climáticas e a manutenção de baixos níveis de estoques.

O crescimento do volume de transações especulativas é outro fator importante abordado pela literatura para explicar o grande aumento dos preços das *commodities*. O aumento do fluxo especulativo nas bolsas de mercadorias retrata a nova tendência dos investidores, que pessimistas quanto às aplicações financeiras tradicionais, passaram a utilizar os mercados futuros de *commodities* em suas carteiras de investimento. Ao fazer isso, os especuladores têm como objetivo reduzir os riscos de seus portfólios sem comprometerem seus retornos. A redução do risco pode ser atingida combinando retornos de ativos que apresentam correlações negativas. Esse processo, caracterizado pelo aumento do fluxo de investimentos vindos dos mercados financeiros tradicionais em direção aos mercados futuros de *commodities*, tem sido denominado por alguns autores como “financeirização do mercado de *commodities*” (SILVA, 2012).

Masters (2008) afirma que o aumento dos preços das *commodities* em geral, observado principalmente no período da crise financeira do subprime (2007-2008), é decorrente do crescimento da utilização de *commodities* como ativos de investimento pelos chamados investidores institucionais. O aumento da participação de investidores que só comercializam em futuros, não tendo qualquer ligação com o mercado físico, estaria provocando o aumento, tanto das cotações futuras, quanto dos preços nos mercados físicos.

Segundo Silva, Mattos e Bragança (2014) a trajetória dos preços das *commodities* tem sido acompanhada pelo aumento do volume de negociações nos mercados futuros desde 2002. Os autores mostram que houve transmissão de volatilidade do mercado financeiro internacional para o mercado futuro de milho, café arábica e soja, e também do mercado financeiro nacional para o mercado futuro de milho. Nesse contexto, a migração de investimentos dos mercados financeiros para os mercados futuros brasileiros tem sido apontada como um dos fatores responsáveis pelo aumento dos preços e da volatilidade no mercado de alimentos.

Nos EUA, o aumento das negociações de contratos futuros de *commodities* agrícolas também foi expressivo nos últimos anos. De acordo com Irwin e Sanders (2011), o investimento em ativos financeiros ligados aos mercados futuros de *commodities*, incluindo ativos comercializados dentro e fora do país, foi de aproximadamente US\$ 200 bilhões, no final de 2004, alcançando US\$ 250 bilhões, em meados de 2008, e chegando a US\$ 300 bilhões no segundo semestre de 2010.

Na Figura 1 pode-se verificar o histórico de preços do primeiro vencimento em aberto das principais *commodities* negociadas na bolsa brasileira. É possível verificar como os preços futuros podem ser voláteis. Para a soja, por exemplo, em 02/01/2012 o preço de uma saca de 60kg era de R\$27,73, enquanto que, em 27/08/2012 a cotação da mesma *commodity* havia subido 60%, atingindo um patamar de R\$44,44. Depois de dois meses, em 09/11/2012 houve uma queda de 31%, voltando a patamares muito próximos aos do início daquele ano, quando a saca de soja foi negociada a R\$30,80. Devido a essa velocidade de aumento ou queda do preço dos contratos

mais negociados no período, diversos autores passaram a analisar se a especulação poderia ser uma das causas desse fenômeno.

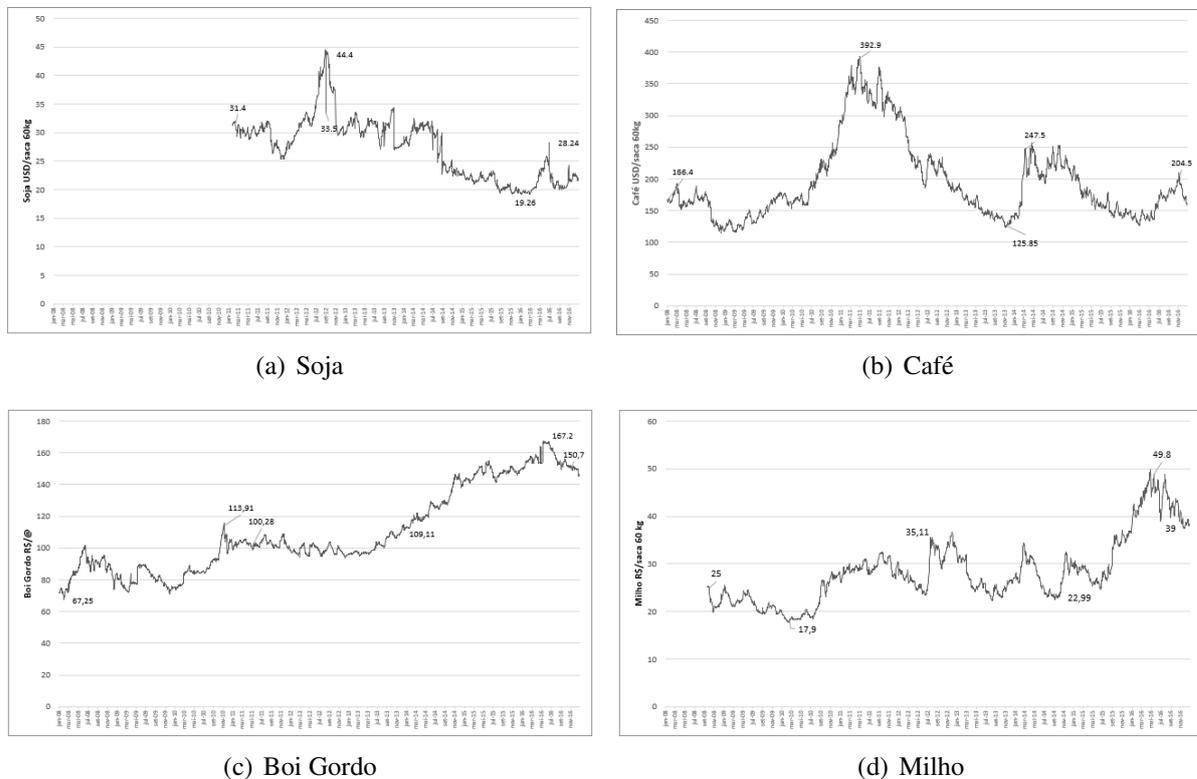


Figura 1 – Série de preços futuros de primeiro vencimento em aberto na Bolsa B<sup>3</sup>

Desta forma, a análise de preços e de suas oscilações é um dos principais instrumentos para planejamento e avaliação de atividades agropecuárias, pois a instabilidade pode provocar alterações na demanda e/ou na oferta desses produtos. Períodos de baixa dos preços, por exemplo, podem ocasionar estocagem de produtos ou até desestímulos à produção futura. Por outro lado, períodos de preços muito elevados podem levar a excesso de produção.

Como os especuladores geralmente são investidores que trabalham com objetivos de curto prazo, buscando retorno rápido sobre o investimento, eles podem influenciar na formação de preços. Conseqüentemente, especuladores podem provocar variações nos preços que não estejam relacionadas aos fundamentos do mercado. Quando, por exemplo, após uma elevação de preços, os lucros de especulação forem realizados, aumentando a oferta de ativos, os preços tendem a cair e retornar a seus valores fundamentais. Este efeito é chamado de bolha especulativa.

De acordo com a percepção neoclássica, quando as variações de preços de ativos financeiros não podem ser explicadas ou justificadas pelos fundamentos, há formação de bolha especulativa. Segundo Shiller (2000), o conceito de bolhas especulativas implica em um comportamento menos racional dos investidores, no qual existe uma situação em que os preços, temporariamente altos, são sustentados em grande parte pelo excesso de entusiasmo dos investidores, e não por estimativas do seu valor real.

A presença de bolhas em mercados de ativos financeiros pode gerar altos custos para a economia, tais como excesso de volatilidade e distorções de preços relativos. A detecção dessa dinâmica se mostra fundamental, para que agentes econômicos, tais como produtores rurais, autoridades monetárias, administradores de empresas, gestores de portfólios, e instituições financeiras tomem decisões estratégicas de forma mais eficiente. Sendo reconhecida a importância histórica das *commodities* agrícolas para a economia brasileira, a necessidade dos instrumentos de derivativos na gestão de risco do setor e a possível distorção de preços dos contratos futuros, torna-se fundamental analisar a existência de bolhas especulativas nos principais contratos futuros de *commodities* negociados na B<sup>3</sup>.

Instabilidades sistêmicas são grandes preocupações de órgãos reguladores, como a Comissão de Valores Mobiliários e o Banco Central do Brasil. Portanto, evidenciar a presença de bolhas de preços no mercado brasileiro, pode permitir que as autoridades monetárias tomem medidas para evitar a ocorrência de uma crise no mercado de derivativos e minimizar seus efeitos, por exemplo. Medidas como a regulação mais restritiva, o aumento da obrigatoriedade na divulgação das informações no sentido de ampliar a quantidade, qualidade e a periodicidade do que é publicado, a investigação de vazamentos de fatos relevantes a pequenos grupos bem como a manipulação do mercado por especuladores são exemplos de ações que podem ser adotadas por agentes reguladores.

Assim, o problema de pesquisa deste trabalho é: há evidências de ocorrências de bolhas especulativas nos mercados futuros de *commodities* brasileiro? Considera-se que esta investigação seja relevante pois pode servir de subsídio para investidores no processo de tomada de decisão de seus investimentos e para autoridades financeiras que, de posse desta informação, poderão adequar e planejar estratégias quanto à regulamentação e fiscalização do mercado de derivativos.

O objetivo principal deste trabalho é analisar a existência de bolhas especulativas nos mercados futuros brasileiro de *commodities* agropecuárias durante o período de 2008 a 2017. Foram analisados os principais contratos negociados na B<sup>3</sup>, sendo estes: soja, milho, boi gordo e café. Além de detectar a presença de movimentos especulativos no mercado, também foi objetivo deste trabalho analisar as características das bolhas, identificando suas datas de início e colapso, tamanho médio, duração, e o percentual de variação de preços durante os eventos especulativos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Mercados Futuros

Segundo Marques, Mello e Martines-Filho (2006) os contratos futuros são “obrigações legalmente exigíveis, para a entrega ou recebimento de determinada quantidade de um ativo padronizado, por um preço ajustado em pregão para liquidação em uma data futura”. São contratos que possuem estrutura previamente padronizada por regulamentação de bolsa, estabelecendo todas as características do produto negociado, como cotação, data de vencimento, tipo de liquidação, etc. Todas as condições sob as quais os ativos serão transferidos de uma contraparte para outra são estabelecidas por meio das especificações do contrato.

A padronização dos contratos é condição imprescindível para que a negociação possa ser realizada em bolsa. A homogeneidade dos produtos, a transparência e a velocidade das informações e a livre mobilidade de recursos permitem que os preços se ajustem conforme as leis de mercado, ou seja, de acordo com as pressões de oferta e procura. Como os participantes podem entrar e sair do mercado a qualquer momento, os contratos futuros tornaram-se muito importantes para as economias em face de sua liquidez.

Assim como em grande parte das bolsas de *commodities* do mundo, na B<sup>3</sup>, a maioria dos contratos futuros são liquidados por reversão da posição original, e não por entrega física. Assim, a liquidação financeira ocorre em uma data anterior ou no vencimento do contrato futuro, sem a necessidade de entrega física da *commodity*. Este tipo de liquidação confere maior liquidez ao mercado, uma vez que não há riscos operacionais envolvidos na transação (entrega de produto com qualidade diferente da especificada no contrato, custos com transporte, etc.). A negociação do contrato futuro é feita em lote padrão composto de um contrato onde se permite a venda à descoberto do produto no futuro, no qual, o investidor não precisa ter uma posição comprada em aberto neste contrato para vendê-lo.

Em todas as operações realizadas no mercado de futuros na B<sup>3</sup> é necessário que ambas as partes depositem inicialmente uma margem de garantia. Tal margem consiste em um depósito exigido de todos os participantes para cobrir o risco de suas posições, dentro de cenários preestabelecidos pelo Comitê de Risco da Bolsa. Para residentes, são aceitos como margem de garantia os seguintes ativos: dinheiro, ouro e, mediante autorização prévia da Bolsa, títulos públicos federais, títulos privados, cartas de fiança, ações e cotas de fundos fechados de investimento em ações. Não-residentes podem utilizar dólares dos Estados Unidos e, mediante autorização prévia da B<sup>3</sup>, títulos do governo dos Estados Unidos (T-Bonds, TNotes e T-Bills), como garantias.

Os participantes do mercado de futuros podem ser divididos em basicamente dois grupos distintos: *hedgers* e especuladores. Enquanto os *hedgers* demandam contratos futuros como uma forma de minimizar os riscos e se proteger das flutuações de preços, os especuladores são atraídos pela possibilidade de ganhos, e de diversificação de seus portfólios. É a variabilidade de

preços nesse mercado que atrai especuladores, sendo que estes estão dispostos a tomar o risco repassado pelos *hedgers*, que buscam proteção para o preço futuro.

Além disso, há um terceiro tipo de participante no mercado conhecido como arbitrador que tem como meta o lucro, mas não assume nenhum risco. Sua atividade consiste em buscar distorções de preços entre mercados e tirar proveito dessa diferença ou da expectativa futura dessa diferença. A estratégia do arbitrador é comprar no mercado em que o preço está mais barato e vender no mercado em que está mais caro, lucrando um diferencial (*spread*) entre os preços completamente imune a riscos, porque sabe exatamente por quanto irá comprar e vender. É importante notar que, à medida que os arbitradores compram no mercado A e vendem no B, aumentam a demanda no mercado A (e, conseqüentemente, os preços) e a oferta no mercado B (causando, conseqüentemente, queda de preços). Em determinado momento, os dois preços tendem a equilibrar-se no preço intermediário entre os dois preços iniciais. O arbitrador acaba agindo exatamente como um árbitro, por acabar com as distorções de preços entre mercados diferentes.

## 2.2 Bolhas Especulativas

Pode-se definir uma bolha especulativa como uma situação temporária de mercado que se origina através de um movimento “excessivo” de compra ou de venda por parte dos agentes do mercado. Este movimento leva a uma elevação ou queda inesperada dos preços do ativo, sem uma maior relação com seus fundamentos, ou seja, com o valor real do ativo.

No contexto da teoria neoclássica, as bolhas são fenômenos consistentes com a hipótese de racionalidade. Os agentes tomam decisões que implicam a maximização de uma função objetivo bem definida, escolhendo o quanto de um determinado ativo irão manter entre dois períodos, dada a expectativa de retorno desse ativo, e o conjunto de informação disponível no tempo  $t$ . O nível de consumo nos dois períodos irá depender do investimento e da taxa de retorno do ativo. Desta forma, a definição de uma bolha racional baseia-se no conceito de eficiência de mercado de Fama (1970)<sup>1</sup>, no qual o preço do mercado reflete toda a informação disponível.

O conceito de bolha pode ter muitos significados. Considerando os argumentos de não arbitragem e de equilíbrio, o valor presente de um ativo deverá ser igual ao valor esperado do fluxo de benefícios líquidos que este ativo gera para seus detentores. Entretanto, por exemplo, no caso de uma ação, o valor observado do preço pode ser maior que o valor presente de seus dividendos. Por algum motivo a demanda excede a oferta daquele bem, provocando o aumento de seu preço, por um determinado período de tempo, supondo a inexistência de um fenômeno monetário (inflação ou hiperinflação).

<sup>1</sup> A hipótese do mercado eficiente afirma que mercados financeiros são "eficientes em relação à informação". Investidores são assumidos como racionais e, conseqüentemente, avaliam e precificam ativos de forma racional. À medida que alguns investidores não são racionais, suas participações no mercado (negociações) são assumidas como aleatórias, cancelando-se e não produzindo efeitos nos preços praticados pelo mercado; a medida que esses investidores irracionais o são de maneira similar entre si, a presença de uma maioria de arbitradores racionais, no mesmo mercado, elimina sua influência nos preços.

A gênese e a natureza deste processo que gera o movimento dos preços é que irá caracterizar os diferentes tipos de bolha. (MARTIN, 2004, p.223)

O primeiro evento documentado de discrepância de preços é conhecido como a crise das tulipas e ocorreu no século XVII na Holanda. Além desse, outros eventos de bolhas especulativas como a Crise de 1929, a bolha japonesa em 1980, bolha *dotcom* (empresas de eletrônicos da NASDAQ) em 2000 e, mais recentemente, a crise do Subprime nos Estados Unidos em 2008, afetaram o mercado de tal forma que esse tema vem sendo cada vez mais abordado em Economia (PRETO, 2015).

Os trabalhos de Blanchard (1979) e Blanchard e Watson (1982) foram os primeiros a descreverem uma bolha racional partindo da ideia de que o preço de um ativo é função crescente e positiva da variação esperada do preço futuro. Tais autores argumentam que agentes com expectativas de preço racionais não cometem erros sistemáticos. Portanto, a existência de uma relação positiva entre o preço atual do ativo e sua variação futura esperada implica uma relação igualmente positiva entre o preço corrente e sua variação observada.

Em mercados eficientes o valor esperado do retorno futuro ( $R_{t+1}$ ) deverá ser igual ao seu valor observado. Isto implica que o retorno observado de um ativo deverá ser igual ao valor presente do dividendo e da variação de preços no período. Matematicamente esta relação pode ser descrita na forma apresentada na equação 1:

$$R_{t+1} \equiv \frac{P_{t+1} + D_{t+1}}{P_t} \quad (1)$$

Em que  $P_t$  é o preço do ativo mensurado no final do período  $t$ , e  $D_{t+1}$  é o dividendo pago do período  $t$  para  $t + 1$ . Quando  $R_{t+1} > 1$ , o agente retém o ativo entre os períodos  $t$  e  $t + 1$ .

De acordo com Campbell e Shiller (1988) é interessante que a relação de preços descrita na equação anterior seja representada através de uma aproximação logarítmica linear. Desta forma, a relação entre preços, rendimentos e possibilidades de bolhas serão tratadas sob premissas plausíveis para explicar como o modelo de valor presente pode ser utilizado para explicar discrepância de preços. Assim, a transformação logarítmica linear aplicada à equação 1 pode ser representada pela equação a seguir:

$$p_t = \kappa + \rho p_{t+1} + (1 - \rho)d_{t+1} - r_{t+1} \quad (2)$$

Onde  $p_t \equiv \log(P_t)$ ,  $d_t \equiv \log(D_t)$ ,  $r_t \equiv \log(R_t)$ ,  $\rho = \frac{1}{(1+e^{p-d})}$ , no qual  $\overline{p-d}$  é a média entre a razão do preço e do dividendo, e  $\kappa = -\log(\rho) - (1 - \rho) - \log(\frac{1}{\rho} - 1)$ .

Resolvendo a equação 2 e utilizando expansão de Taylor:

$$p_t - d_t = \frac{\kappa}{1 - \rho} + \sum_{i=0}^{\infty} \rho^i E_t(\Delta d_{t+1+i} - r_{t+1+i}) + \lim_{i \rightarrow \infty} \rho^i E_t(p_{t+i} - d_{t+i}) \quad (3)$$

A equação 3 pode ser decomposta em dois componentes, tais quais:

$$p_t - d_t = f_t - b_t \quad (4)$$

Onde,

$$f_t = \frac{\kappa}{1 - \rho} + \sum_{i=0, \infty} \rho E_t(\Delta d_{t+1+i} - r_{t+1+i}) \quad (5)$$

é o componente fundamental para expectativa de rendimentos crescentes e expectativa de retorno de um ativo.

O componente referente à bolha racional é dado pela equação 6, a seguir:

$$b_t = \lim_{i \rightarrow \infty} \rho^i E_t(p_{t+i} - d_{t+i}) \quad (6)$$

Note que, se  $b_t = 0$  então,  $\lim_{i \rightarrow \infty} \rho^i E_t p_{t+i} = 0$ , ou seja, de acordo com a condição de transversalidade, o preço  $p_t$  é totalmente determinado pelo preço de fundamento  $f_t$  e a possibilidade de bolhas no período é totalmente descartada.

Por outro lado, a existência de um componente de bolha estritamente positivo,  $b_t > 0$ , é um indicativo de que os investidores esperam ser recompensados no próximo período de tempo e, por esse motivo, estão dispostos a pagar um prêmio pelo preço fundamental. Esse comportamento é consistente com a teoria de expectativas racionais e de mercados eficientes de Fama (1970).

Segundo Diba e Grossman (1988) o valor fundamental pode ser definido como a soma de todos os pagamentos esperados de dividendos trazidos a valor presente e dos efeitos de variáveis não observadas, levando em conta uma determinada taxa de desconto. Sob a hipótese de eficiência de mercado, os preços variam somente se os investidores reagirem à nova informação relacionada aos fundamentos. Isto significa que os preços seguem um *martingale*<sup>2</sup> e que qualquer desvio sistemático em relação ao valor fundamental deve ser considerado uma bolha. Dessa forma, a equação (7) possui uma característica explosiva determinada pela propriedade de submartingale<sup>3</sup>.

$$E_t(b_{t+1}) = \frac{1}{\rho} b_t = \left[1 + e^{\overline{p-d}}\right] b_t \quad (7)$$

Onde  $\left[1 + e^{\overline{p-d}}\right] > 0$ . Dessa forma, quando  $b_t \neq 0$ , o componente de bolha cresce a uma taxa  $g$ , sendo  $g = e^{\overline{p-d}} > 0$

Sendo assim, Diba e Grossman (1988) analisaram os preços das ações de empresas norte-americanas utilizando testes empíricos de autocorrelação e de estacionariedade e encontraram evidências que apoiam a não estacionariedade nos níveis, e estacionariedade nas primeiras diferenças das séries de preços. Os autores concluíram que as séries analisadas eram cointegradas, indicando a ausência de bolhas explosivas.

<sup>2</sup> Martingale é um modelo que descreve a formação dos preços como um processo aleatório sem tendenciosidade. Em particular, um martingale é uma sequência de variáveis aleatórias (isto é, um processo estocástico) para o qual, a qualquer tempo específico na sequência observada, a esperança do próximo valor na sequência é igual ao valor presente observado, mesmo dado o conhecimento de todos os valores anteriormente observados, ou seja,  $E(X_{n+1}|X_1, \dots, X_n) = X_n$

<sup>3</sup> Corresponde a um modelo no qual o preço futuro é maior que o preço presente. Logo, implica que os retornos são positivos, de forma que  $E(X_{n+1}|X_1, \dots, X_n) \geq X_n$

Apesar de terem utilizado uma análise empírica inovadora para época, os testes realizados por Diba e Grossman (1988) não foram capazes de detectar bolhas que estouram periodicamente devido às características de não-linearidade e assimetria das mesmas. Segundo Evans (1991), a metodologia aplicada por Diba e Grossman (1988) apresenta falhas ao desconsiderar os diversos comportamentos que uma série de bolhas racionais pode apresentar, o que pode acarretar em uma conclusão errônea de que estas bolhas não existem.

Para isso, Evans (1991) simulou séries de dados com presença de múltiplas bolhas, com parâmetros distintos de frequência de acontecimento, duração e magnitude. O autor analisou então o poder do teste desenvolvido para detectar a presença de bolhas periódicas utilizando a hipótese nula (presença de raiz unitária) e hipótese alternativa para os dois lados da cauda de distribuição. Ou seja, para rejeição da hipótese nula em favor da hipótese alternativa de estacionaridade, e testes para rejeição da hipótese nula em favor da hipótese alternativa de comportamento explosivo. Após a geração de duzentas séries com bolhas múltiplas, o autor comparou seus resultados com o trabalho de Diba e Grossman (1988) e conclui que a metodologia proposta por estes últimos autores falhou ao rejeitar a hipótese de bolhas múltiplas, por não considerar que o processo de uma bolha possa ter características de estacionaridade.

Décadas mais tarde, Phillips, Wu e Yu (2011), Phillips e Yu (2011) e Phillips, Shi e Yu (2012), desenvolveram diferentes procedimentos capazes de detectar as datas de início e colapso de uma bolha especulativa utilizando testes de raiz unitária. Os autores consideram a hipótese nula de que  $p_t$  é um passeio aleatório, sendo representado da seguinte forma:

$$p_t = dT^{-\eta} + \theta p_{t-1} + e_t, \quad e_t \text{ iid } N(0, \sigma^2), \quad \theta = 1 \quad (8)$$

onde  $d$  é uma constante,  $\eta$  é um coeficiente que controla a magnitude da tendência da série,  $T \rightarrow \infty$  e  $e_t$  é o termo de erro.

Phillips, Wu e Yu (2011) utilizaram um procedimento recursivo e progressivo de testes de raízes unitárias de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para resolver os problemas identificados em Diba e Grossman (1988). Neste estudo foram realizados testes sequenciais de raiz unitária pela cauda direita da distribuição, diferentemente do teste convencional no qual o objetivo é testar a hipótese alternativa que está na cauda esquerda da distribuição de probabilidades do teste estatístico. O objetivo dos autores foi analisar a hipótese alternativa que se encontra na cauda direita da distribuição de probabilidade. A vantagem deste método é que ele testa, de período em período, a possibilidade de um comportamento não estacionário da série de preços contra a hipótese alternativa de comportamento explosivo de preços.

Phillips, Wu e Yu (2011) fizeram uma aplicação desse teste, simulando os valores críticos sequenciados através de simulações de Monte Carlo. O procedimento foi implementado para verificar a existência de bolhas explosivas no mercado de ações da Nasdaq no período de janeiro de 1973 a junho de 2005. Os autores mostraram que o teste Supremum ADF (SADF, teste que considera uma janela de tamanho móvel, para calcular o supremo do valor dos testes ADF sequenciados) apontou a existência de bolhas especulativas racionais no período analisado, com

início em meados de 1995, pico em fevereiro de 2000 e colapso em março de 2001, coincidindo com o fim da bolha da internet.

Phillips e Yu (2011) também utilizaram o teste SADF para analisar as características de bolha em várias séries temporais financeiras durante a crise do subprime. Os autores utilizaram o critério de BIC para determinação do *lags* utilizados no modelo, bem como a janela inicial utilizada. Sendo assim, as estimativas dos testes sugeriram que as bolhas no mercado imobiliário surgiram previamente à crise, havendo uma migração para o mercado de *commodities* e posteriormente, para o mercado de títulos, onde todas essas bolhas, em colapso com a crise financeira, impactaram a atividade econômica real.

Etienne, Irwin e Garcia (2014) utilizaram os dados diários de contratos futuros e aplicaram o teste SADF para avaliar a existência de bolhas especulativas em 12 mercados futuros agrícolas dos EUA entre 1970 e 2011. Apesar dos autores terem identificado múltiplos períodos de explosão de preços em todos os 12 mercados, esses episódios de bolha representaram entre 1,5% e 2% do período total analisado. Ou seja, apenas uma porção muito pequena do comportamento dos preços do período de 42 anos pode ser considerado explosivo. Além disso, a maioria das bolhas teve vida curta, com 80-90% de duração inferior a 10 dias.

Quando o período da amostra possui múltiplas bolhas, o procedimento utilizado em Phillips, Wu e Yu (2011) e em Phillips e Yu (2011) não é tão consistente pois pode falhar ao tentar detectar bolhas múltiplas. A desvantagem dessa metodologia é que ao utilizar séries de dados muito longas, como no presente trabalho, o teste não é capaz de identificar mudanças na série de dados e identificar mais de uma bolha no período.

Mais recentemente, Phillips, Shi e Yu (2012) e Phillips, Shi e Yu (2015) apresentaram um novo teste de raiz unitária, o SADF Generalizado (GSADF), que abrange um número maior de subamostras do que o SADF, permitindo que tanto o ponto final,  $r_2$ , quanto o ponto inicial,  $r_1$  mudem. Esta flexibilidade extra resulta em ganhos substanciais em comparação com o teste SADF. Além disso, o teste GSADF é consistente em detectar episódios múltiplos de bolhas.

Bettendorf e Chen (2013) usaram o teste GSADF para analisar a existência de bolhas nas taxas de câmbio bilaterais entre os Estados Unidos e Grã-Bretanha no período entre 1972 a 2012. Embora os autores tenham encontrado evidências nos testes que explicam um comportamento explosivo na taxa de câmbio nominal, os períodos identificados coincidiram com comportamentos explosivos nos preços relativos dos bens comercializados. Portanto, as descobertas não foram a favor da hipótese da bolha. Os autores relatam a importância de se considerar fundamentos subjacentes quando identificar bolhas racionais nos preços dos ativos, porque a explosão no preço por si só não é uma condição suficiente para que o evento seja definido como bolha especulativa.

No trabalho de Arora, Gomis-Porqueras e Shi (2011) foi testada a existência de bolhas no índice de preços dos gastos com consumo pessoal utilizando os dados do *Federal Reserve Bank of St. Louis's Federal Reserve Economic Data (FRED)* de 1982 a 2010. Foram encontradas três períodos com comportamento explosivos nos dados de gastos com consumo pessoal utilizando o teste GSADF. Dois desses episódios correspondem a choques de oferta de energia (colapso dos

preços da OPEP de 1986 e furacão Katrina). O terceiro é de março de 2008 a setembro de 2008, que parece ser impulsionado tanto pelo aumento do preço dos alimentos e quanto pelo aumento dos preços de energia, pois esses índices também exibiram comportamento explosivo. Além disso, foi encontrada também evidências sugerindo que as expectativas de inflação se comportam de maneira diferente em períodos normais e explosivos. Os autores deste artigo sugerem que o comportamento explosivo deve ser levado em consideração na condução da política monetária, pois é um fator determinante na expectativas de inflação dos consumidores.

Gómez-González et al. (2015) também aplicaram a metodologia de detecção de bolhas desenvolvida por Phillips, Shi e Yu (2012), para o mercado imobiliário residencial de Bogotá - Colômbia. Os resultados empíricos sugerem que este mercado imobiliário sofreu uma bolha de preços desde o segundo semestre de 2012. Durante o período analisado, os autores também encontraram evidências de uma bolha negativa no final da década de 1990. Tal evento pode ter sido relacionado à crise financeira que a Colômbia vivenciou naquela época.

Na literatura nacional, há escassez de estudos destinados a avaliar a existência de bolhas especulativas no mercado futuro agropecuário. Os trabalhos brasileiros que utilizaram a metodologia proposta em Phillips, Shi e Yu (2012) podem-se citar os estudos de Yoshioka (2013), que utilizou os índices de mercado (Bovespa ajustado pelo dólar e pelo dividend yield do mercado) no período de janeiro de 1994 a julho de 2012 e a série de preços IGP-DI (taxa de inflação mensal e acumulada em 12 meses) no período de janeiro de 1973 a dezembro de 1995. Os resultados obtidos apontaram a existência de comportamentos explosivos nas séries do Ibovespa ajustado pelo dólar nos anos de 1997, 2006 e 2008 (período anterior à quebra do Banco Lehman Brothers) e na taxa de inflação acumulada em 12 meses nas décadas de 80 e 90, previamente ao Plano Real. Ferreira (2016) utilizou preços e dividendos mensais para o índice do IBOVESPA de novembro de 1996 a janeiro de 2016. O teste GSADF indicou evidências de bolha no terceiro trimestre de 2003, coincidindo com um período de recuperação do mercado após os fracos resultados em 2001 e 2002.

Além desses estudos, não foram encontrados trabalhos que mensuram a existência de bolhas especulativas no mercado futuro brasileiro. Portanto, o presente trabalho visa preencher a lacuna existente na literatura, visto que busca detectar a presença de bolhas no mercado de *commodities* da B<sup>3</sup>, analisar as características das bolhas, indentificando as datas de início e colapso, tamanho médio, duração, e o percentual de variação de preços nos períodos de movimentos especulativos de preços.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho para a detecção de múltiplas bolhas especulativas no mercado futuro das principais *commodities* da B<sup>3</sup> fundamenta-se nos trabalhos de Phillips, Wu e Yu (2011) e Phillips, Shi e Yu (2012) nos quais são utilizados testes GSADF para identificar a data inicial e final da bolha. Desta forma, é possível definir as principais características das bolhas de acordo com cada mercado.

#### 3.1 Testes para detectar bolhas especulativas

Phillips, Wu e Yu (2011) propuseram a implementação recursiva do teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para identificar bolhas especulativas que colapsam periodicamente. O autores sugeriram que o seguinte modelo autorregressivo seja estimado por mínimos quadrados recursivos:

$$p_t = \mu + \delta p_{t-1} + \sum_{i=1}^k \phi_i \Delta p_{t-i} + \varepsilon_t \quad (9)$$

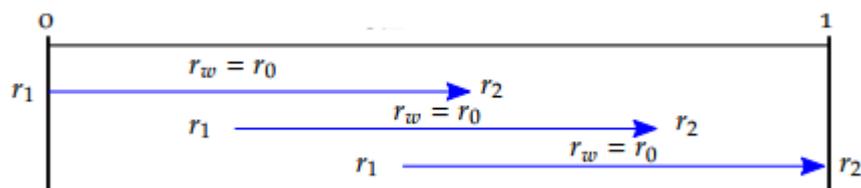
Onde  $p_t$  é o preço da ação no período  $t$ ,  $\mu$  é o intercepto,  $k$  é o número máximo de *lags*,  $\phi_i$  são os coeficientes relacionados aos *lags* da variável preço diferenciada, e  $\varepsilon_t$  é o termo de erro. As hipóteses serem testas pelos autores foram:

$$H_0 : \delta = 1$$

$$H_1 : \delta > 1$$

O teste RADF (Rolling ADF) é uma versão do teste ADF em que a estatística é calculada sobre uma janela de tamanho fixo, ou seja,  $r_w = r_0$  para todos os pontos. A janela se inicia no ponto  $r_1$  e são incrementados em uma observação de tempo até o ponto final  $r_2$ . Cada estimação produz uma estatística ADF, denominada por  $ADF_{r_1, r_2}$ . A estatística RADF é definida pelo supremo  $ADF_{r_1, r_2}$  conforme Figura 2.

Figura 2 – Ilustração da rolagem da janela de dados utilizando o teste RADF



Fonte: Caspi (2017).

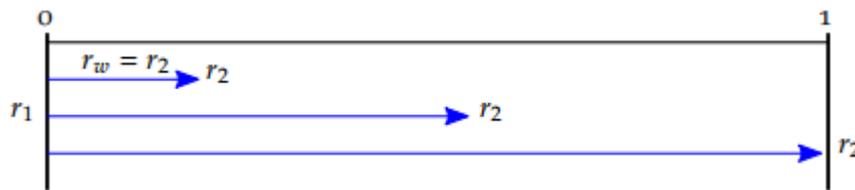
A Figura 3 representa uma ilustração do procedimento do teste SADF. A idéia chave dessa implementação é executar um teste ADF para cada janela de tempo analisada, calculando

recursivamente pela cauda direita, um valor de teste. O objetivo é evidenciar o comportamento explosivo nos dados, utilizando um ponto inicial  $r_1 = 0$  sendo este expandido até  $r_w$ . Desta forma, é possível verificar a existência de raiz explosiva em determinado período de tempo dentro da série.

Uma vez que os autores propuseram computar os valores sequenciados de cada teste implementado, o valor da estatística do teste é obtido com determinação do valor supremo do teste. A estatística do teste desenvolvido Phillips, Wu e Yu (2011), denominada *Supremum ADF* (SADF), é definida como o valor supremo do  $ADF_{r_2}$ , e pode ser representado pela equação a seguir:

$$SADF(r_0) = \sup_{r_2 \in [r_0, 1]} \{ADF_{r_2}\} \quad (10)$$

Figura 3 – Ilustração da rolagem da janela de dados utilizando o teste SADF



Fonte: Caspi (2017).

Para definir o início e o final da bolha é necessário comparar o valor da estatística SADF (que é o supremo do valor dos testes ADF) com um determinado valor crítico. Nos trabalhos de Phillips, Wu e Yu (2011) tais valores críticos foram obtidos através de simulações de Monte Carlo, cujas especificações foram de um modelo com termo constante e sem tendência. As equações a seguir representam matematicamente os valores das estatísticas de teste:

$$r_e = \inf_{r_2 \in [r_0, 1]} \{r_2 : ADF_{r_2} > cv_{r_2}^{\beta_T}\} \quad (11)$$

$$r_f = \inf_{r_2 \in [r_e, 1]} \{r_2 : ADF_{r_2} < cv_{r_2}^{\beta_T}\} \quad (12)$$

onde  $cv_{r_2}^{\beta_T}$  é o  $100(1 - \beta_T)\%$  valor crítico baseado na estatística ADF com  $t_{r_2}$  observações.

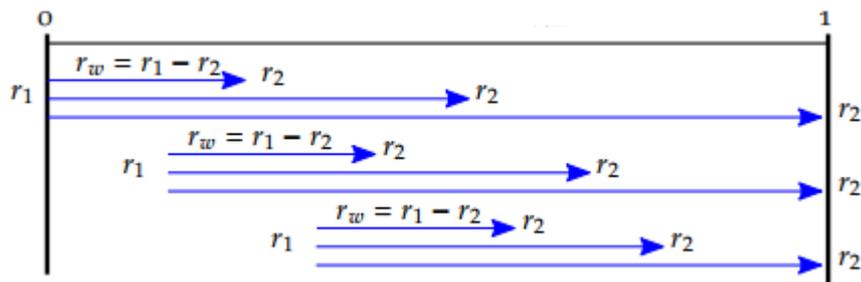
Quando o período da amostra possui múltiplas bolhas, o procedimento utilizado em Phillips, Wu e Yu (2011) não é tão consistente pois pode falhar ao tentar detectar bolhas múltiplas. A desvantagem dessa metodologia é que ao utilizar séries de dados muito longas, o teste não é capaz de identificar mudanças na série de dados e identificar mais de uma bolha no período.

Para solucionar tal limitação, Phillips, Shi e Yu (2014) desenvolveram o teste SADF Generalizado (GSADF). Assim como no trabalho de Phillips, Wu e Yu (2011), Phillips, Shi e Yu (2014) também sugerem que se utilize os valores das estatísticas do teste ADF pela cauda direita da distribuição com o objetivo evidenciar o comportamento explosivo da série. No entanto, o que

difere os dois testes é que, no procedimento sugerido por Phillips, Shi e Yu (2014), são utilizadas janelas de tamanhos distintos. A sequência de teste é representada na Figura 4.

Ao invés de fixar a primeira observação como ponto de partida dos testes sequenciados, o teste GSADF estende a amostra alterando tanto o ponto de partida quanto o ponto final da subamostra sobre uma variedade de janelas flexíveis. A cada observação adicionada, são executados testes ADF de forma recursiva, desde a primeira observação até a última, até que a janela de tempo seja do tamanho mínimo da subamostra. Para cada observação adicionada, são coletados apenas os valores máximos dos testes ADF.

Figura 4 – Ilustração da rolagem da janela de dados utilizando o teste GSADF



Fonte: Caspi (2017).

Como uma ilustração, considere uma série que contenha duas bolhas de preços  $B_1[\tau_{1e}, \tau_{1f}]$  e  $B_2[\tau_{2e}, \tau_{2f}]$ , onde  $\tau_{1e}, \tau_{1f}, \tau_{2e}, \tau_{2f}$  são as datas de início e término da bolhas 1 e 2, respectivamente. De acordo com Etienne, Irwin e Garcia (2014), o processo gerador dos dados pode ser representado da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 P_t &= P_{t-1}1\{t \in N_0\} + \delta_T P_{t-1}1\{t \in B_1 \cup B_2\} + \left( \sum_{k=\tau_{1f}+1}^t \varepsilon_k + p_{\tau_{1f}}^* \right) 1\{t \in N_1\} \\
 &+ \left( \sum_{l=\tau_{2f}+1}^t \varepsilon_l + p_{\tau_{2f}}^* \right) 1\{t \in N_2\} + \varepsilon_t 1\{t \in N_0 \cup B_1 \cup B_2\}, \\
 t &= 1, \dots, T, \delta_T = 1 + \frac{c}{T^\alpha}, c > 0, \alpha \in (0, 1)
 \end{aligned} \tag{13}$$

onde  $1\{\cdot\}$  é uma função indicadora tal que  $1\{\cdot\} = 1$  quando for verdadeira e 0 quando falsa,  $\varepsilon_t$  é o termo de erro normalmente distribuído, os subperíodos não explosivos são  $N_0 = [1, \tau_{1e})$ ,  $N_1 = [\tau_{1f}, \tau_{2e})$ ,  $N_2 = [\tau_{2e}, T)$ . Vale ressaltar que, nos momentos de colapsos das bolhas,  $\tau_{1f}, \tau_{2f}$ , os preços se reinicializam e passam para os novos níveis  $P_{\tau_{1f}}^*, P_{\tau_{2f}}^*$ .

Assim, para determinar as datas inicial e final de múltiplos períodos explosivos, primeiramente deve-se distinguir a diferença entre um período explosivo das séries de preço do comportamento não explosivo. Definindo a estimação com os pontos inicial  $r_1$  e final  $r_2$ , a equação de estimação de uma regressão recursiva com janelas móveis variáveis pode ser definida

a partir da equação a seguir:

$$\Delta p_t = \alpha_{r_1, r_2} + \beta_{r_1, r_2} p_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_{r_1, r_2}^i \Delta p_{t-i} + \varepsilon_t \quad (14)$$

A hipótese nula do teste é que  $\beta_{r_1, r_2} = 0$ , contra a alternativa  $\beta_{r_1, r_2} > 0$ . Similarmente ao teste SADF, as estimativas de período de bolhas para o teste GSADF baseado em  $T_{r_2}$  observações são definidas como:

$$r_e = \inf_{r_2 \in [r_0, 1]} \{r_2 : BSADF_{r_2}(r_0) > cv_{r_2}^{\beta_T r_2}\} \quad (15)$$

$$r_f = \inf_{r_2 \in [r_e, 1]} \{r_2 : BSADF_{r_2}(r_0) < cv_{r_2}^{\beta_T r_2}\} \quad (16)$$

onde  $cv_{r_2}^{\beta_T}$  é o  $100(1 - \beta_T)\%$  valor crítico sup ADF com  $t_{r_2}$  observações. O valor  $BSADF(r_0)$  para  $r_2 \in [r_0, 1]$  é o teste ADF recursivo que relaciona o GSADF da seguinte forma:

$$GSADF(r_0) = \sup_{r_2 \in [r_0, 1]} \{BSADF_{r_2}(r_0)\} \quad (17)$$

Através da estimação recursiva apresentada na equação 14, o início de uma bolha especulativa é identificado quando a hipótese nula do teste é rejeitada, e esta decisão prevalece por consecutivos períodos. A data final do evento é determinada quando a hipótese nula do teste não pode mais ser rejeitada ao nível de significância adotado.

### 3.2 Procedimento *Wild Bootstrap*

O método *bootstrap* tem o objetivo de fornecer um estimador para o parâmetro de um modelo em ocasiões onde a amostra é pequena, ou ainda para validar a estimativa. Este procedimento visa obter o estimador e calcular seu viés, de forma que tal seja uma aproximação verdadeira da população. Para a obtenção do estimador *bootstrap* utiliza-se a distribuição empírica dos dados, onde cada observação tem a mesma probabilidade de acontecer.

Gutierrez (2012) utilizou o procedimento *bootstrap* baseado nos resíduos para extrair inferências da distribuição empírica da estatística de teste ao aplicar o procedimento GSADF. A principal razão para usar uma inferência de *bootstrap* é que os testes de hipóteses baseados na teoria assintótica podem ser rejeitados quando o tamanho da amostra é pequeno.

Segundo Etienne, Irwin e Garcia (2014) os dados diários de preços futuros de produtos agrícolas podem exibir heterocedasticidade condicional. Sendo assim, o procedimento de teste de bolhas com base em valores críticos de *bootstrap* padrão é provavelmente impreciso. Portanto, para evitar possível heterocedasticidade nas estatísticas de teste calculadas, o procedimento descrito por Etienne, Irwin e Garcia (2014) para utilizar o método *wild bootstrap* foi adotado da seguinte forma:

1. Para cada sequência de dados, estimou-se um modelo autorregressivo como na equação (14), onde  $\beta_{r_1, r_2} = 0$  sob a hipótese nula de que não exista bolha. Os resíduos são denotados como  $\varepsilon_t$  e os coeficientes autorregressivos estimados como  $\gamma_{r_1, r_2}^i$ .
2. Geraram-se os resíduos *wild bootstrap* de modo que  $\varepsilon_t^* = \varepsilon_t \eta_t$ , onde  $\eta_t$  i.i.d  $N(0, 1)$ .
3. Geraram-se as amostras de *wild bootstrap* recursivas  $\Delta P_t = P_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_{r_1, r_2}^i \Delta P_{t-i} + \varepsilon_t$  para  $t = 1, 2, \dots, T$ . Em seguida, dado o tamanho mínimo da janela, os valores GSADF recursivos foram calculados utilizando a equação (14) para cada ponto final.
4. Repetiram-se os passos 1 a 3 até obter a distribuição do teste GSADF.

### 3.3 Séries de dados

Para atender aos objetivos propostos neste trabalho foram utilizados dados disponibilizados pela B<sup>3</sup> por meio do sistema de recuperação de informação da bolsa de mercadorias e futuros para os preços no mercado futuro das principais *commodities* negociadas em bolsa: soja (R\$/60 kg), café (R\$/60 kg), milho (R\$/60 kg) e boi gordo para corte (R\$/@). Os dados possuem periodicidade diária, envolvendo o período de 2008 a 2017, para boi gordo, café e milho e 2011 a 2017 para a soja, conforme descrito na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 – Análise descritiva dos dados

<i>Commodities</i>	Qtd	Data Inicial	Data Final	Médio	Minímo	Máximo
Boi Gordo R\$/@	2.226	02/01/2008	29/12/2017	109,93	67,25	167,24
Café USD/saca 60kg	2.226	02/01/2008	29/12/2017	192,04	114,65	392,9
Milho R\$/saca 60 kg	2.047	19/09/2008	29/12/2017	28,37	17,74	49,8
Soja USD/saca 60kg	1.467	27/01/2011	29/12/2017	27,36	19,16	44,44

Fonte: Bolsa B<sup>3</sup> (2018)

### 3.4 Tratamento dos dados

A seleção da série de preços a serem analisadas foi realizada utilizando o critério proposto por Malz (2000), em que são utilizados os contratos com maior negociação no ano. Portanto, definiu-se utilizar o ano de 2017 e assumiu-se que esses seriam os contratos mais negociados para os demais anos da série de dados, exceto para a soja que não havia informação de volume negociado disponível, utilizou-se o ano de 2013. Na Figura 5 pode-se verificar que os contratos selecionados para o Boi Gordo, em 2017, foram V16 e K16 (Outubro e Maio) que juntos representaram 69,3% do total de contratos negociados. Para o café, os contratos selecionados foram U16 e Z16 (Setembro e Dezembro) que representaram 68,6% dos contratos negociados no mesmo ano. Já para o Milho, utilizaram-se os vencimentos F16 e U16, X16 (Janeiro, Setembro e

Novembro). Como para a Soja não havia informação disponível de volume de negociação em 2017, a seleção foi realizada com os dados de 2013 (ano em que havia informação disponível) que foram os contratos K13 e N13 (maio e julho).

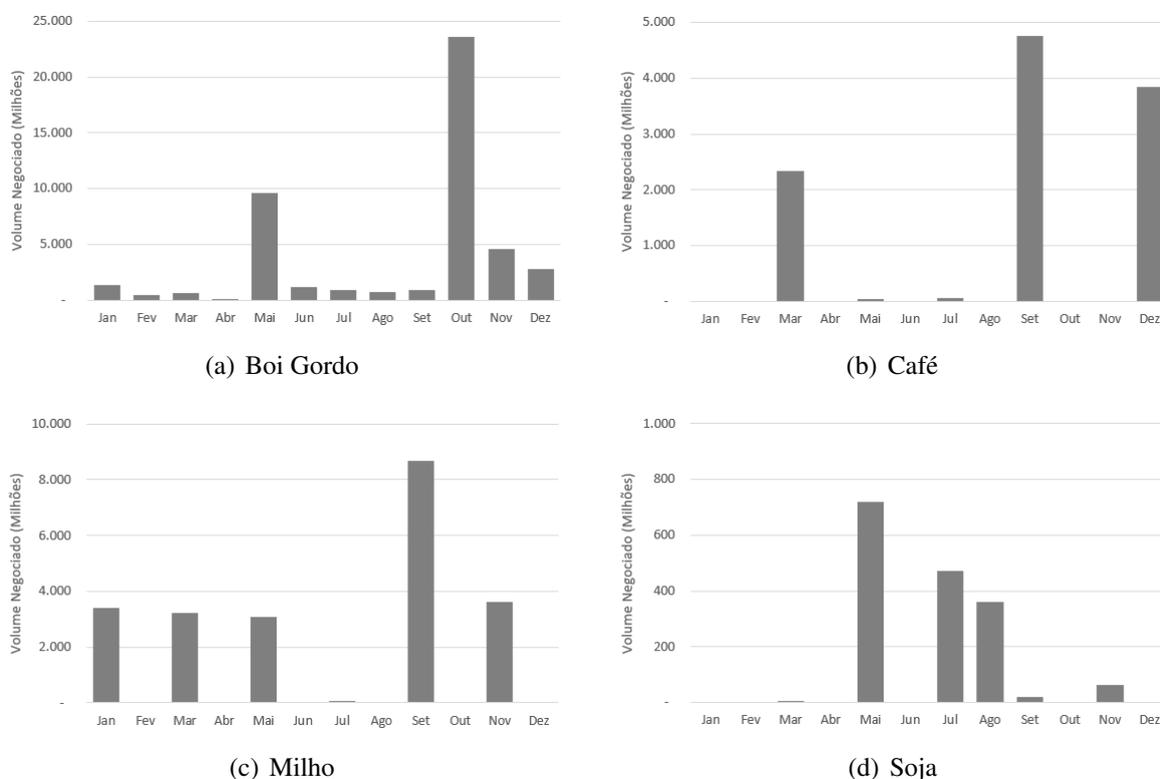


Figura 5 – Volume de negociações por contrato

A metodologia da rolagem por vencimento, em que são escolhidos os contratos de maior negociação no ano, consiste em uma visão mais relacionada aos participantes do mercado que possuem o objetivo de minimizar os riscos e se proteger das flutuações de preços, tais como por exemplo os produtores, que fazem o *hedge* à procura de proteção de preços.

Cada *commodity* foi examinada separadamente em um período anual devido ao tempo de processamento para simulação *wild bootstrap* dos valores críticos do teste GSADF. Além disso, de acordo com Phillips, Wu e Yu (2011), o procedimento para determinação de bolhas é altamente eficaz e é capaz de detectar bolhas em 80% dos casos, com amostras de 100 ou mais registros. Por esse motivo, foi escolhido separar os dados anualmente, de forma que cada série contenha entre 240 e 260 dias em um dado ano de análise.

Adicionalmente, para que se pudesse abranger todo o período de um ano, evitando a perda de informação devido ao tamanho mínimo de janela  $r_{w_0}$ , para cada série anual, foram incluídos 30 a 33 dias do período anterior. Para a análise do contrato futuro de milho, por exemplo, o período de análise para 2012 iniciou-se em 11/11/2011, terminando em 31/12/2012. Cabe destacar que as cotações de preços foram transformadas em logaritmos, seguindo o padrão de outros trabalhos na literatura.

Foi considerado que um episódio de bolha explosiva deve durar pelo menos  $h$  períodos para ser considerada economicamente significativa. Denota-se por  $\log(T)$  o comprimento mínimo do período explosivo conforme o trabalho de Phillips, Wu e Yu (2011). Como o tamanho das séries para cada contrato variam de aproximadamente de 240 a 260 dias, isso resulta em um período mínimo de 3 dias para ser considerado como bolha. Como o mercado futuro é um mercado extremamente competitivo e os participantes do mercado reagem rapidamente a qualquer informação nova, é razoável supor que a definição de  $h = 3$ , apesar de curta duração, é uma boa definição para bolhas no mercado futuro. Após a determinação do início e fim de uma bolha, utilizou-se a seguinte metodologia para classificá-la entre positiva e negativa:

$$\text{Classificação} = \begin{cases} \textit{Negativa}, & \text{se } \frac{P_{\text{médio}}}{P_{\text{inicial}}} \leq 1, \\ \textit{Positiva}, & \text{se } \frac{P_{\text{médio}}}{P_{\text{inicial}}} > 1. \end{cases} \quad (18)$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As séries diárias de preços futuros foram obtidas na bolsa B<sup>3</sup>, e foi utilizado o logaritmo natural para suavizar as séries, preservando o seu conteúdo informativo para se realizar o teste de raiz unitária denominado por sup ADF Generalizado (GSADF). Os testes estatísticos GSADF foram realizados nas séries históricas de frequência diária no período entre 2008 a 2017 das principais *commodities* da bolsa B<sup>3</sup> considerando o procedimento *wild bootstrap* com o objetivo de evitar possível heterocedasticidade nas estatísticas de teste calculada.

Assim como no estudo de Etienne, Irwin e Garcia (2014), foi definido um valor de *lag* fixo de  $k = 1$  para evitar possível problemas de autocorrelação dos resíduos. Além disso, Phillips, Shi e Yu (2014) evidenciam que as distorções são menores quando é definido um *lag* fixo. Portanto, a ordem das defasagens com nível de significância de 5 por cento utilizada foi de um *lag* de defasagem.

Em relação ao tamanho mínimo da janela, esta deve ser grande o suficiente para permitir a estimativa inicial, mas não deve ser muito grande para evitar a falta de detecção de bolhas de curta duração. A janela mínima foi definida conforme estudo de Phillips, Shi e Yu (2015), que determinou que esta fosse calculada como uma proporção da amostra total, utilizando  $r_0 = 0,01 + \frac{1,8}{\sqrt{T}}$ . Os autores sugerem que este cálculo determina um tamanho satisfatório para garantir poder de performance para o teste GSADF a ser utilizado.

Por fim, estimou-se o modelo incluindo constante e sem tendência no processo autorregressivo. Foram selecionados os contratos mais negociados em cada ano de cada *commodity*, e estes foram rolados até o último dia de negociação do mês anterior ao seu vencimento.

Ao aplicar o teste GSADF, a hipótese nula de raiz unitária foi rejeitada em favor de um comportamento explosivo da série. Sendo assim, foram encontradas evidências que favorecem a presença de múltiplas bolhas em séries para as *commodities* de boi gordo, milho e soja. Sendo o café, a única *commodity* analisada a não apresentar bolha no período. Este resultado indica que este método é capaz de apontar a presença de bolhas no mercado futuro brasileiro. A Tabela 3 apresenta o resultado dos testes para o período de 2008 a 2017 com os respectivos níveis de significância. Foram identificadas 14 séries com comportamento explosivo, com destaque para o milho com vencimento em novembro.

Tabela 3 – Resultados dos testes para o período de 2008 a 2017

Ano	Boi Gordo		Café		Milho		Soja		
	Maio	Outubro	Setembro	Dezembro	Janeiro	Novembro	Setembro	Maio	Julho
2008	2,7468	1,7691	1,3002	2,6660	0,0000	0,0000	1,7286		
2009	1,6846	0,8465	1,5023	1,5154	1,1521	1,4470*	1,6946		
2010	2,2305	4,1390*	1,2695	1,0988	3,7078*	3,2445*	2,1511		
2011	1,7279	1,8755	1,5493	1,9759	1,6743	0,9860	4,1245*	3,1053	2,9605
2012	1,1928	2,1348	0,9183	0,0000	4,2864*	4,3314*	4,2250*	0,7700	0,7860
2013	2,9205**	2,2014	0,9993	1,5666	1,0235	0,8603***	1,1992	0,6059	-0,1576
2014	3,4041**	2,5394	2,1835	1,7766	1,7889	2,2001**	2,7943	1,4718	1,1192
2015	1,5029	2,7793	1,3044	1,4153	1,7298	2,9182*	2,6164	2,4446	1,1192
2016	0,9081	1,9200	0,5259	0,6649	2,1440	1,8749	1,5721	3,0797**	3,0696
2017	2,2877	2,5509	1,0356	1,6167	2,8328	0,7441	2,1506	1,2166	1,2036

Fonte: Resultados da pesquisa.

Nota: Erro-padrão entre parênteses. Níveis de significância \*10%; \*\*5%; \*\*\*1%.

Ao utilizar as séries que apresentaram comportamento explosivo com nível de significância de 10% foram identificadas um total de 47 bolhas. O maior destaque foi o contrato de milho, com 41 bolhas que representam 87% das ocorrências de bolhas explosivas no período. A Tabela 4 apresenta a quantidade de bolhas por ano, por tipo de contrato. Pode-se verificar que houve uma maior concentração de bolhas nos anos de 2010 e 2013, que juntos concentraram 36% de bolhas no período analisado.

Tabela 4 – Relação de quantidade média de bolhas por ano

Ano	Boi Gordo	Soja	Milho	Total	Total Geral(%)
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0%
2009	0,0	0,0	7,0	7,0	14%
2010	2,0	0,0	7,0	9,0	19%
2011	0,0	0,0	4,0	4,0	8%
2012	0,0	0,0	8,0	8,0	17%
2013	1,0	0,0	6,0	7,0	14%
2014	2,0	0,0	4,0	6,0	12%
2015	0,0	0,0	5,0	5,0	10%
2016	0,0	1,0	0,0	1,0	2%
2017	0,0	0,0	0,0	0,0	0%
<b>Total Geral</b>	<b>5,0</b>	<b>1,0</b>	<b>41,0</b>	<b>47,0</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Considerando apenas as séries com comportamento explosivo, foram encontradas bolhas em 27% do período analisado. Os contratos de milho foram os que apresentaram maior período com comportamento especulativo nos preços (36% do período analisado). O crescimento acelerado da produção de milho no Brasil segundo a EMBRAPA (2017) e, conseqüentemente, o aumento de negociação em mercado futuro dessa *commodity* pode ter levado a maiores períodos especulativos

de bolhas explicado pelas mudanças na estrutura de mercado devido ao aumento da produção da safrinha. As demais *commodities* apresentaram períodos significativamente mais reduzidos com bolhas: 4,1% para o boi gordo, 5,1% para a soja, e o café não apresentou dados estatisticamente significantes para serem considerados comportamentos explosivos. A quantidade de bolhas encontradas foi superior do que reportado no trabalho de Etienne, Irwin e Garcia (2014), em que o percentual de dias de negociação com preços explosivos foi de cerca de 3% ao longo do período de 42 anos. O milho apresentou 2,1% de dias analisados com bolhas, o café 3,1%, a soja 2,6%, e o boi gordo 2,1%.

As estatísticas descritivas das bolhas identificadas pelo teste GSADF são apresentadas na Tabela 5. A média de duração das bolhas nos contratos de milho foi de 20,02 dias, ou seja, 66% maior do que as demais *commodities*. O maior período de bolha encontrado foi de 123 dias e ocorreu em 2010 para o milho, provavelmente devido ao receio de um clima desfavorável para o plantio da safra 2010/2011 que fez com que os preços futuros disparassem 22,80% a mais que o mercado à vista (EMBRAPA, 2017). A expectativa gerada pode ter alterado fortemente o preço dos contratos futuros do milho (não podendo ser explicada pelos fundamentos), o que pode ter ocasionado a bolha neste período.

Tabela 5 – Estatística descritiva das bolhas, em número de dias por ano

<b>Estatística Descritiva</b>	<b>Boi Gordo</b>	<b>Café</b>	<b>Milho</b>	<b>Soja</b>
Média	5,60	-	20,02	12,00
Mediana	4,00	-	12,0	12,00
Desvio padrão	4,22	-	23,64	-
Máximo	13,00	-	123,00	12,00
Quantidade Total	5,00	0	41,00	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

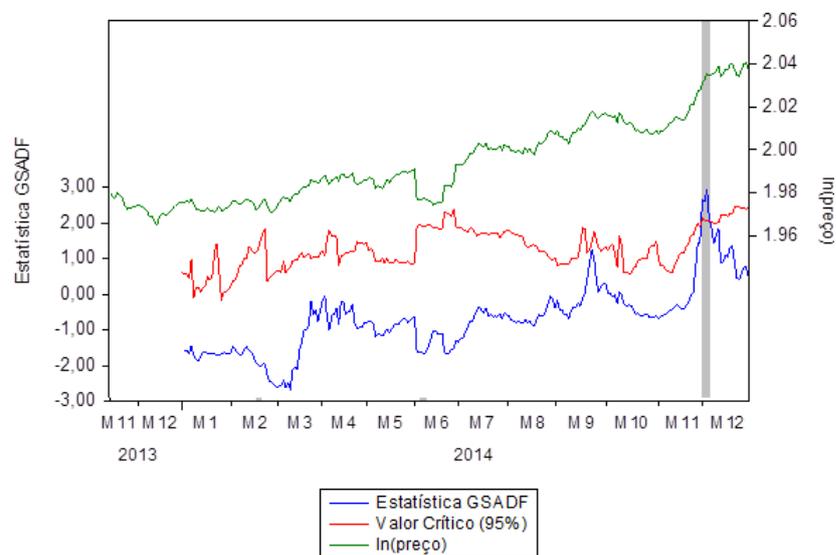
Os períodos de bolhas para todas os contratos e *commodities* analisadas são apontados nas Figuras 6 até a 9. Nestas figuras, pode-se analisar o comportamento dos preços de cada *commodity* e os períodos de bolhas registrados pela área em cinza, em cada figura. Em todas as figuras, a linha preta representa a série de preços em logaritmo, a linha azul representa a série de valores da estatística GSADF e a linha a vermelha o valor crítico do teste a 5% de confiança. Quando a sequência do teste GSADF, isto é, a linha azul, excede o valor crítico por um período maior que 3 dias, rejeita-se a hipótese nula de raiz unitária face à alternativa de comportamento explosivo, sendo este um período de bolha identificado pelas áreas em cinza.

A Figura 6, representa o teste GSADF realizado utilizando a série de dados com o vencimento de maio. Conforme pode-se perceber pela área delimitada em cinza, foi detectado apenas um período de bolha. Na figura 7 pode-se perceber que foram encontradas 2 bolhas no período analisado, considerando o vencimento de maio.

E, por último, na figura 8 é possível identificar 2 períodos de bolhas, sendo que em 2010 ocorreu a bolha com maior duração no período analisado (19 dias).

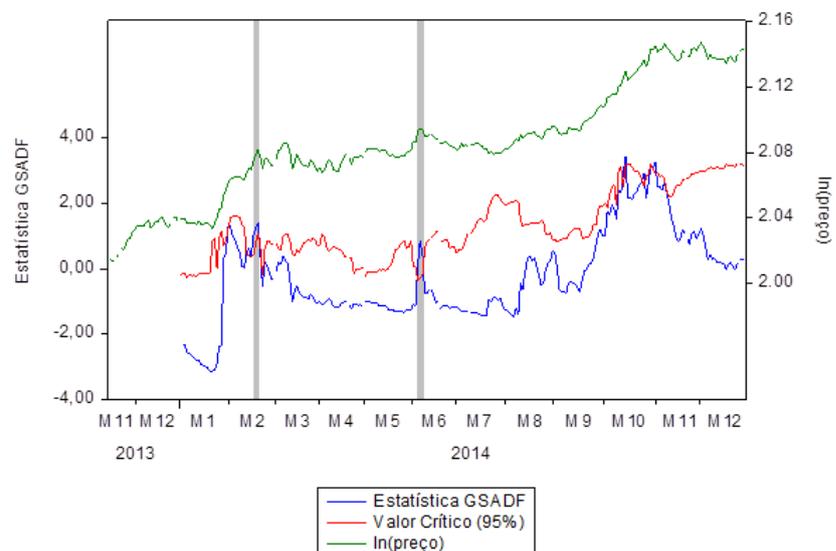
De uma forma geral, o contrato de Boi Gordo apresentou 5 bolhas com duração média de 5,6 dias, sendo 80% dessas bolhas definidas como positivas. O preço da arroba do boi gordo na B<sup>3</sup> atingiu um recorde em 2014 com influência das altas cotações no mercado físico brasileiro, diante da baixa oferta de gado pronto para o abate após seca histórica, e de um problema estrutural do setor, segundo analistas (REUTERS, 2014). A pouca oferta de gado para ser abatido no mercado físico implicou em novas altas e afetou o mercado futuro. As expectativas geradas devido a essas possíveis causas podem ter alterado fortemente o preço dos contratos futuros da arroba bovina, não podendo ser explicada pelos fundamentos, o que pode ter ocasionado a bolha neste período.

Figura 6 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Boi Gordo 2013 (Vencimento Maio)



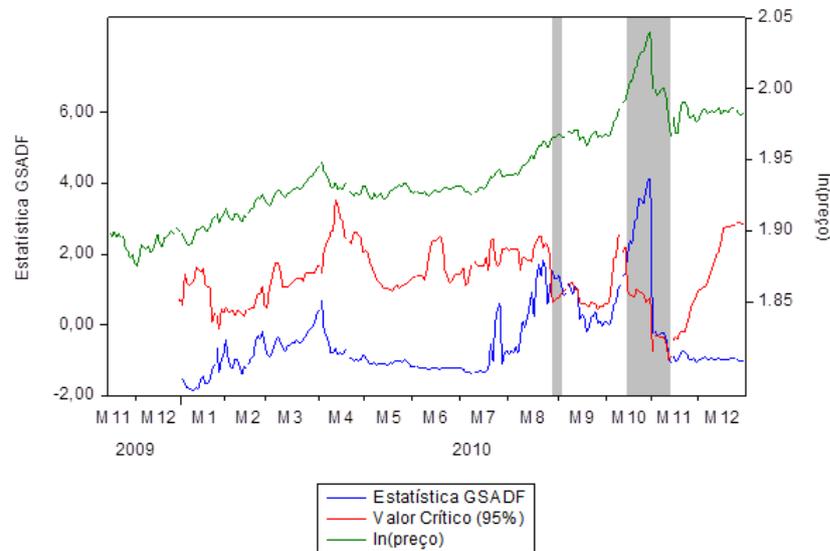
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 7 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Boi Gordo 2014 (Vencimento Maio)



Fonte: Resultados da pesquisa.

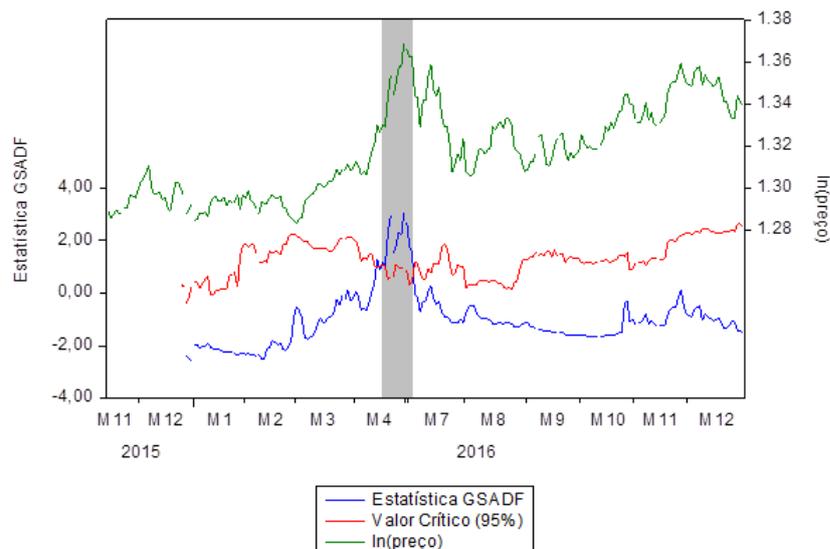
Figura 8 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Boi Gordo 2010 (Vencimento Outubro)



Fonte: Resultados da pesquisa.

Conforme pode ser observado na Figura 9 o contrato de soja com vencimento em setembro apresentou apenas uma bolha no período com duração de 12 dias sendo esta classificada como uma bolha positiva. A formação desta bolha pode estar relacionada ao baixo estoque da *commodity* nos EUA e pela forte demanda interna que geraram expectativas irracionais no investidores. (EMBRAPA, 2017)

Figura 9 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Soja 2016 (Vencimento Maio)



Fonte: Resultados da pesquisa.

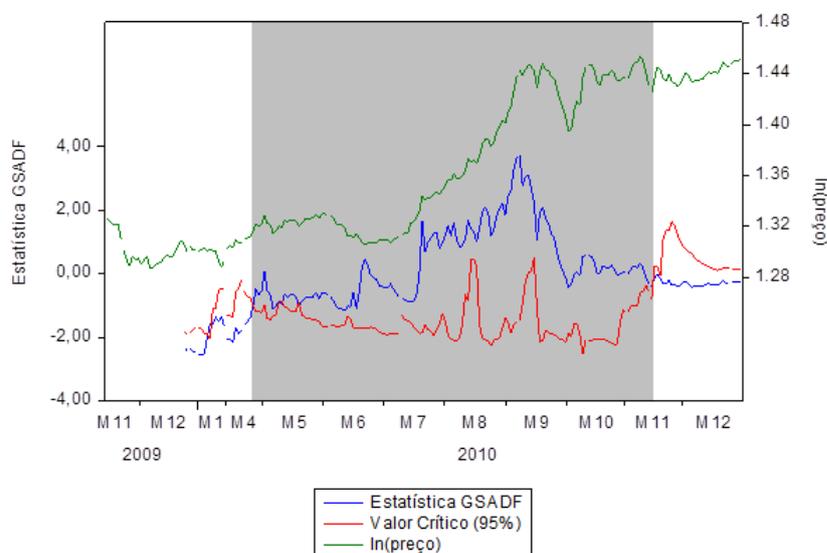
Por fim, as Figuras 10 a 19 apresentam a identificação dos períodos de bolha para os contratos de milho. Os resultados indicam um total de 41 bolhas no período analisado. As bolhas foram mais longas em 2010, com duração de 123 dias - o maior período de bolhas dentre todas as

*commodities* analisadas. Segundo dados da CNA (2014), houve uma forte estiagem no período e o *United States Department of Agriculture* (USDA) apontou que a produção dos EUA seria 3% abaixo da demanda mundial. Este fato pode ter influenciado um comportamento especulativo nos preços da *commodity*.

O vencimento de novembro foi o que apresentou maior quantidade de bolhas, sendo no total 33 ocorrências com duração média de 18,9 dias. Pode-se verificar que 2012 foi o ano que apresentou maior período de bolhas. Neste mesmo período, houve uma queda do preço no mercado futuro devido a uma supersafra, afetando a relação de oferta e demanda.

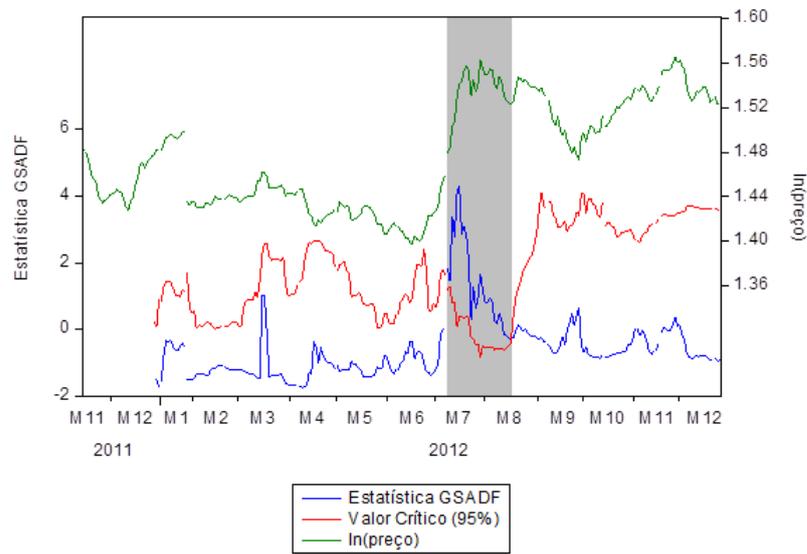
Em 2015, conforme é possível notar na Figura 17, houve um intenso incremento no valor da saca do milho. Tal movimento ocorreu devido a alta do dólar que estimulou as exportações recordes e a demanda aquecida internamente, principalmente pela indústria de proteína animal que passou a importar o produto (CEPEA, 2017). Tal fato pode ter desencadeado um comportamento especulativo por parte dos participantes do mercado que podiam estocar a *commodity* aguardando um preço mais elevado no futuro. Nesse período, houveram 5 bolhas com duração média de 15,2 dias.

Figura 10 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2010 (Vencimento Janeiro)



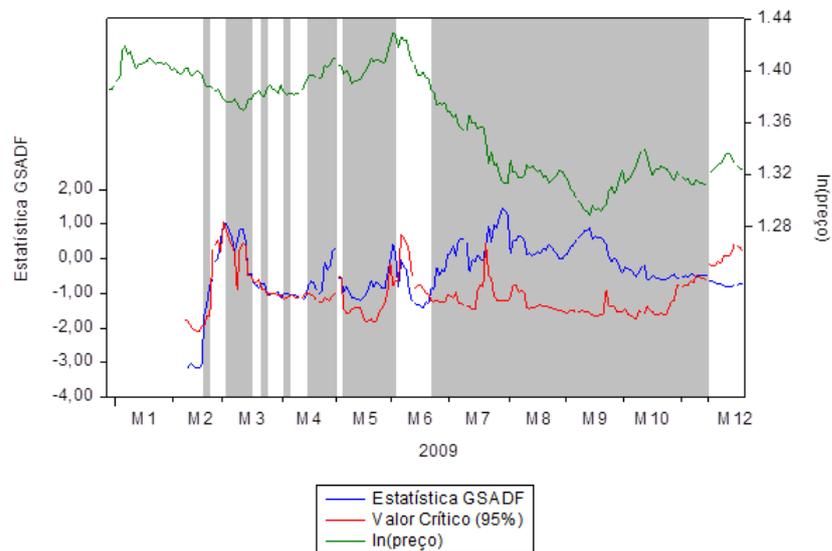
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 11 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2012 (Vencimento Janeiro)



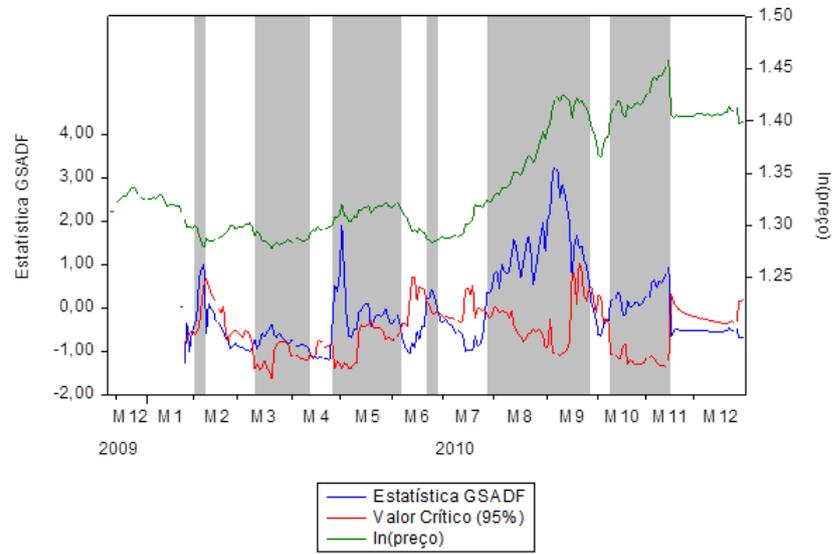
Nota: Cotações expressas em R\$ por saca no eixo principal e valores do teste no eixo secundário  
 Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 12 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2009 (Vencimento Novembro)



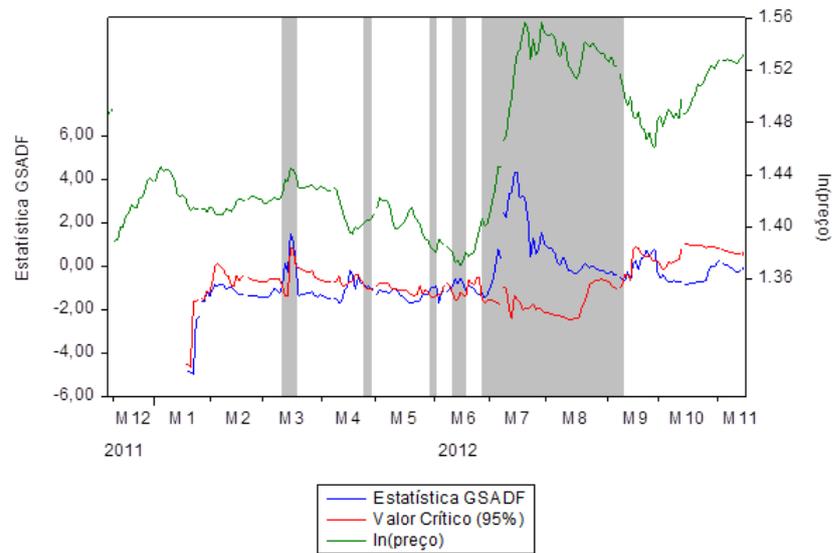
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 13 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2010 (Vencimento Novembro)



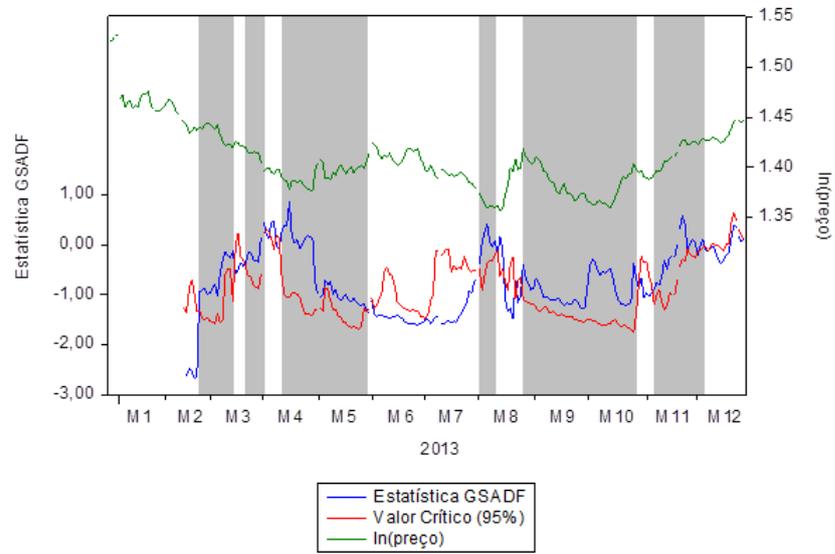
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 14 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2012 (Vencimento Novembro)



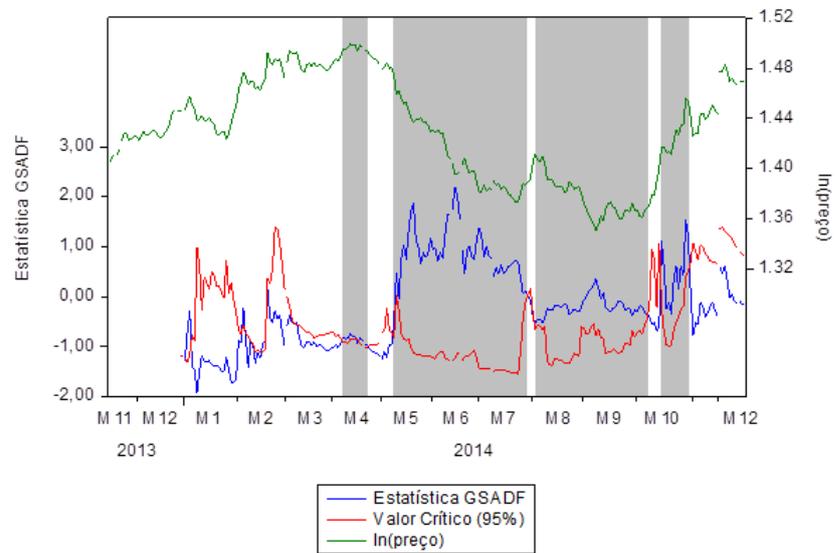
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 15 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2013 (Vencimento Novembro)



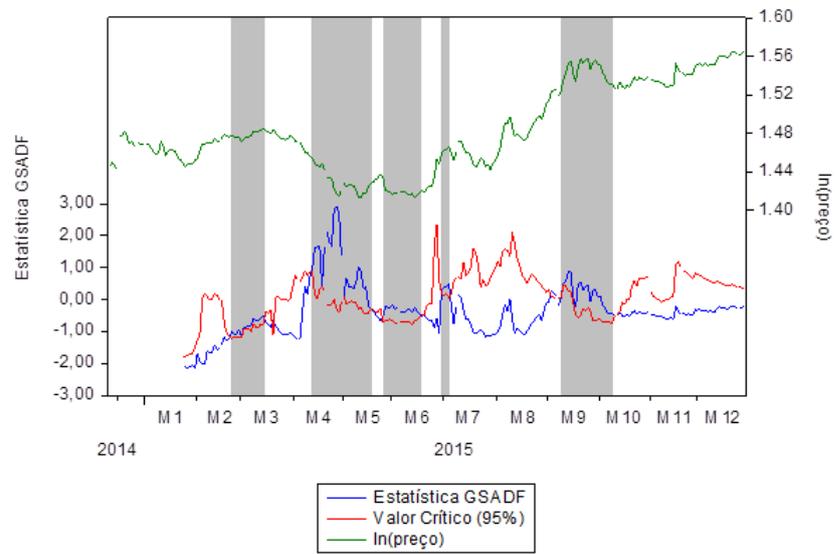
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 16 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2014 (Vencimento Novembro)



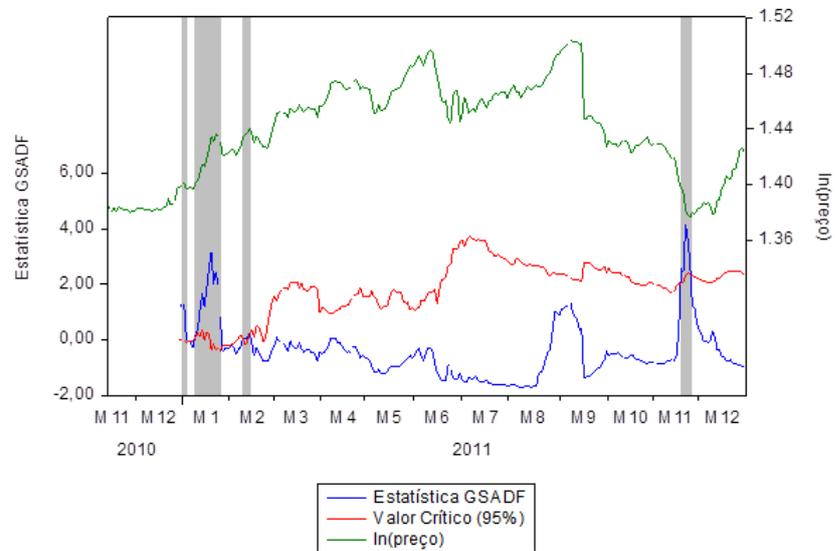
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 17 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2015 (Vencimento Novembro)



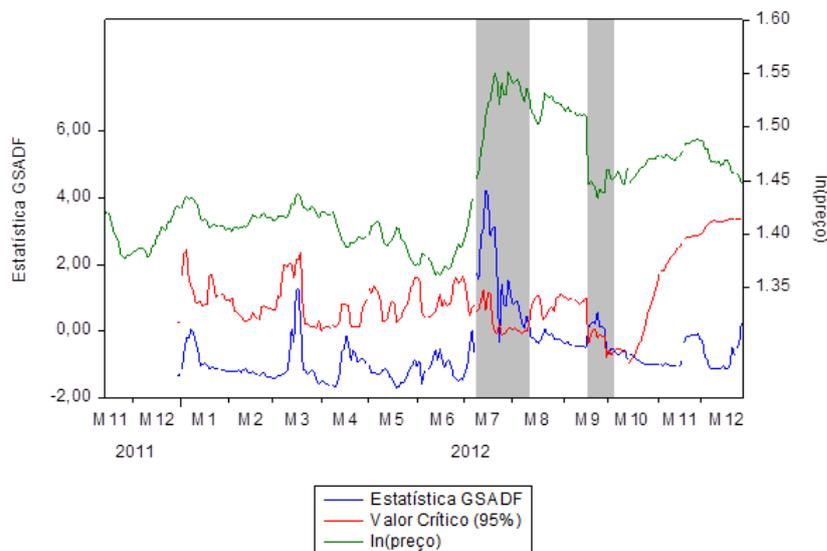
Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 18 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2011 (Vencimento Setembro)



Fonte: Resultados da pesquisa.

Figura 19 – Análise dos resultados do teste de bolhas para o contrato de Milho 2012 (Vencimento Setembro)



Fonte: Resultados da pesquisa.

As estatísticas do número total de bolhas e o seu detalhamento, de acordo com as classificações (positivas ou negativas) são apresentadas nas Tabelas 6 e 7. Em média, 60% das bolhas identificadas foram positivas e 40% negativas. Para o boi gordo e soja, 100% as bolhas apresentadas foram positivas.

Esses resultados mostram uma relação de bolhas negativas muito parecida no mercado brasileiro em comparação ao americano. Etienne, Irwin e Garcia (2014) utilizaram o teste SADF para avaliar a existência de bolhas especulativas em 12 contratos futuros agrícolas dos EUA, e encontraram 35% de bolhas negativas no mercado americano entre 1970 e 2011.

Pode-se verificar que a variação percentual do preço do início ao pico (vale) e a variação percentual do preço desde o pico (vale) até a data final da bolha possuem magnitudes bem diferentes. A variação do início para o pico para bolhas positivas foi de +2,6% enquanto que do pico para o vale foi de -0,6%. No caso das bolhas negativas, essa relação foi semelhante, sendo -2,0% do início até o vale e +0,6% do vale ao final. O maior percentual de variação ocorreu em 2012 para o milho, cuja variação foi de 10,71% do início até o pico, e -3,1% do pico até o final. Esta última medida (vale/pico até o final) reflete a magnitude que o mercado se ajusta antes dos preços retornarem ao comportamento de um passeio aleatório. O milho foi o contrato com maior percentual de variação média, tanto para bolhas negativas quanto para bolhas positivas. Sendo que a principal variação ocorreu no ano de 2010, com média de 5,9% do início até o pico, e recuou apenas -0,9% do pico até o final.

Os gráficos apresentados na Figura 20 mostram a relação da magnitude do preço inicial e a correção até o fim da bolha. São também apresentadas linha de regressão para medir o ajustamento entre estas duas medidas.

Tabela 6 – Variação de preços: bolhas positivas

<b>Contrato</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Duração Média (dias)</b>	<b>Var. início x pico</b>	<b>Var. pico x final</b>
boi gordo	5	5,6	0,6%	-0,6%
café	0	0	0%	0%
milho	22	21,2	3,0%	-0,6%
soja	1	12,0	2,9%	-0,5%
<b>Total Geral</b>	<b>28</b>	<b>18,1</b>	<b>2,6%</b>	<b>-0,6%</b>

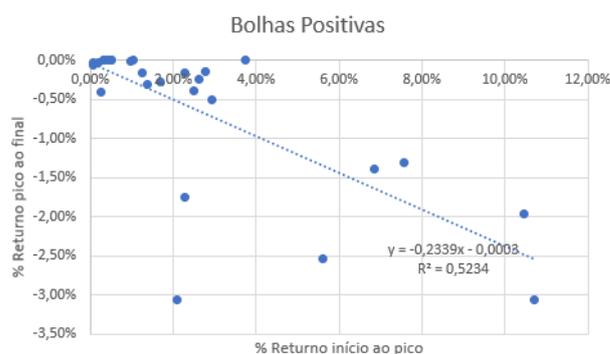
Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 – Variação de preços: bolhas negativas

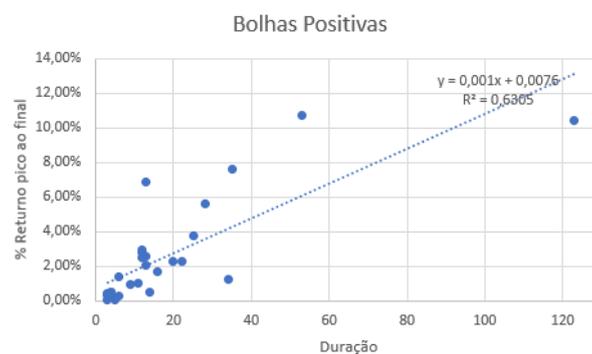
<b>Contrato</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Duração Média (dias)</b>	<b>Var. início x vale</b>	<b>Var. vale x final</b>
boi gordo	0	0	0%	0%
café	0	0	0%	0%
milho	19	18,6	-2,0%	0,6%
soja	0	0	0%	0%
<b>Total Geral</b>	<b>19</b>	<b>18,6</b>	<b>-2,0%</b>	<b>0,6%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

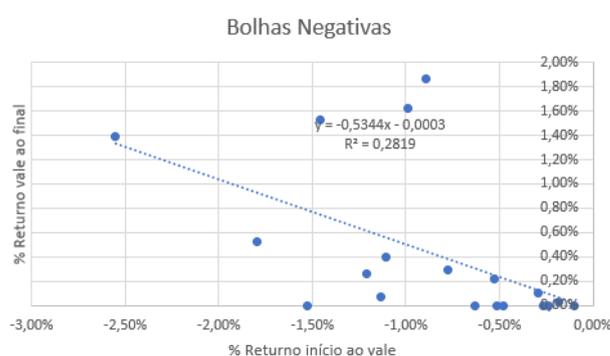
É possível perceber que as mudanças de preços iniciais são maiores do que o preço final (Figuras 20 (a) e (c)), isso indica que o preço não se ajusta totalmente ao estado anterior em que não havia bolha. Além disso, verifica-se que, quando mais longas as bolhas, maiores são as intensidades dos movimentos iniciais, sejam eles positivos, ou negativos (Figuras 20 (b) e (d)). A Tabela 8 mostra as estatísticas de regressão de retorno para as bolhas positivas e bolhas negativas, pode-se perceber que os coeficientes de retorno são mais inclinados para bolhas positivas do que negativas. Na tabela 9 podemos observar as estatísticas de regressão da duração das bolhas.

Figura 20 – Duração de bolhas por *commodity* - Método Rolagem por Vencimento

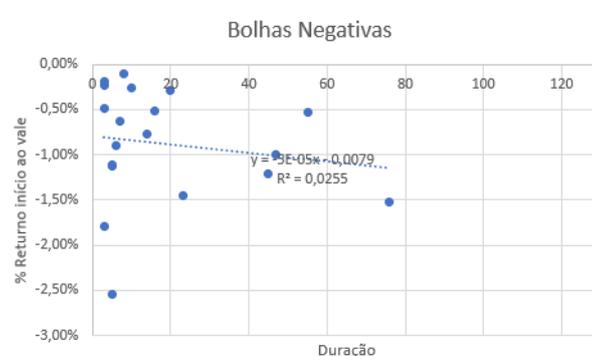
(a) Regressão Bolha Positiva



(b) Regressão Bolha Positiva Duração



(c) Regressão Bolha Negativa



(d) Regressão Bolha Negativa Duração

Tabela 8 – Estatísticas Regressão Retorno

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
<b>Bolhas Positivas</b>				
Interseção	-0,00033	0,0017	-0,1948	0,01933774
Retorno (início ao pico)	-0,23392	0,0438	-5,3433	0,00001361
<b>Bolhas Negativas</b>				
Interseção	-0,00033	0,0022	-0,1494	0,88296747
Retorno(início ao vale)	-0,53438	0,2069	-2,5831	0,01934406

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9 – Estatísticas Regressão Duração

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
<b>Bolhas Positivas</b>				
Interseção	0,00755	0,0044	1,7003	0,10100280
Duração	0,00100	0,0002	6,6601	0,00000046
<b>Bolhas Negativas</b>				
Interseção	-0,00789	0,0020	-3,9489	0,00103574
Duração	-0,00005	0,0001	-0,6675	0,51340807

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sendo reconhecida a importância do mercado agropecuário para a economia brasileira e a necessidade dos instrumentos de derivativos na gestão de risco do setor agrícola, torna-se fundamental avaliar a eficácia de instrumentos de precificação que auxiliam os agentes a operarem nos mercados futuros.

A formação de grande volatilidade nos preços devido às incertezas do mercado agrícola exige dos agentes envolvidos no sistema produtivo enorme capacidade gerencial, especialmente em termos de comercialização. O mercado de futuros é um instrumento de proteção de preços relativamente novo no Brasil e ainda pouco difundido, porém, é uma alternativa muito valiosa aos agentes do mercado agrícola que não contam com muitas alternativas de proteção.

Na literatura nacional, há escassez de estudos destinados a avaliar a existência de bolhas especulativas no mercado futuro agropecuário. Este estudo buscou evidenciar a existência de bolhas especulativas no mercado futuro de soja, milho, café e boi gordo da B<sup>3</sup> utilizando o teste GSDAF no período de 2008 a 2017. Dessa forma, esse trabalho permite que os agentes econômicos possam tomar decisões estratégicas de forma mais eficiente e eficaz, dado que neste estudo é possível detectar a presença de bolhas, inferir sua duração média, o início e fim do período, o percentual de variação de preços no período de bolhas, o tamanho médio, classificá-la em positiva e negativa e analisar a magnitude em que o mercado se ajusta antes dos preços retornarem ao comportamento de um passeio aleatório.

Foram encontradas bolhas nas *commodities* analisadas com duração média de 18 dias, sendo 26,5% do período total analisado, considerado um período de bolhas. Os resultados mostraram que 40,4% das bolhas possuem baixa duração, entre 3 e 8 dias e que em média, há mais bolhas positivas (60%) do que negativas (40%). Além disso, verificou-se que há um comportamento assimétrico nos movimentos de preços em períodos com bolhas. O movimento inicial de preços (elevação, no caso de bolhas positivas; e queda, no caso de bolhas negativas) é geralmente mais intenso do que o movimento subsequente, quando o comportamento especulativo é encerrado.

Os resultados encontrados podem ser úteis, por exemplo, para que as autoridades monetárias possam tomar medidas para evitar a ocorrência de uma crise no mercado ou mesmo minimizar seus efeitos. Medidas como a regulação mais restritiva, o aumento da obrigatoriedade na divulgação das informações no sentido de ampliar a quantidade, qualidade e a periodicidade do que é publicado, a investigação de vazamentos de fatos relevantes a pequenos grupos bem como a manipulação do mercado por especuladores são exemplos de ações que podem ser adotadas pelo poder estatal.

Em trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de modelos probit e logit que possam explicar o surgimento das bolhas. Como exemplo, pode-se analisar como a variação cambial ou o aumento do consumo interno podem influenciar o surgimento de bolhas.

Além disso, a análise de existência de correlações entre as bolhas encontradas em determi-

nados períodos, e como um mercado transmite bolhas para outros mercados podem ser temas analisados em trabalhos futuros. A verificação do espraiamento de volatilidade entre os diferentes contratos futuros de *commodities* pode também ser um estudo relevante para a indústria e produtores agropecuários.

## Referências

- AGUIAR, D. Mercados futuros como instrumentos de comercialização agrícola no Brasil. In: **Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**. [S.l.: s.n.], 1999. v. 37, p. 46–57.
- ARORA, V.; GOMIS-PORQUERAS, P.; SHI, S. Testing for explosive behaviour in relative inflation measures: Implications for monetary policy. **Monash University, Department of Economics**, 2011.
- BETTENDORF, T.; CHEN, W. Are there bubbles in the sterling-dollar exchange rate? new evidence from sequential adf tests. **Economics Letters**, Elsevier, v. 120, n. 2, p. 350–353, 2013.
- BLANCHARD, O. J. Speculative bubbles, crashes and rational expectations. **Economics Letters**, Elsevier, v. 3, n. 4, p. 387–389, 1979.
- BLANCHARD, O. J.; WATSON, M. W. **Bubbles, rational expectations and financial markets**. [S.l.]: National Bureau of economic research Cambridge, Mass., USA, 1982.
- CAMPBELL, J. Y.; SHILLER, R. J. The dividend-price ratio and expectations of future dividends and discount factors. **The Review of Financial Studies**, Oxford University Press, v. 1, n. 3, p. 195–228, 1988.
- CAMPOS, K. C. Análise da volatilidade de preços de produtos agropecuários no brasil. **Revista de Economia e Agronegócio-REA**, v. 5, n. 3, 2007.
- CASPI, I. Rtdf: Testing for bubbles with eviews. **Journal of Statistical Software**, Foundation for Open Access Statistics, v. 81, n. 1, p. 1–15, 2017.
- CEPEA. **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. 2017. Acessado em 25/11/2017. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br>>.
- CNA. 2014. <<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=44795>>. Acessado em 10/05/2018.
- DIBA, B. T.; GROSSMAN, H. I. Explosive rational bubbles in stock prices? **The American Economic Review**, v. 78, n. 3, p. 520–530, 1988.
- EMBRAPA. 2017. <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo>>. Acessado em 06/12/2017.
- ETIENNE, X. L.; IRWIN, S. H.; GARCIA, P. Bubbles in food commodity markets: Four decades of evidence. **Journal of International Money and Finance**, Elsevier, v. 42, p. 129–155, 2014.
- EVANS, G. W. Pitfalls in testing for explosive bubbles in asset prices. **The American Economic Review**, JSTOR, v. 81, n. 4, p. 922–930, 1991.
- FAMA, E. F. Multiperiod consumption-investment decisions. **The American Economic Review**, 1970.
- FERREIRA, M. S. **Bubble detection in Brazil's stock market: application of the generalized superior augmented Dickey-Fuller test**. 2016. Tese (Doutorado), 2016.
- GÓMEZ-GONZÁLEZ, J. E.; OJEDA-JOYA, J. N.; REY-GUERRA, C.; SICARD, N. Detectando burbujas en el mercado de vivienda colombiano: Un nuevo enfoque. **Revista Desarrollo Y Sociedad**, Universidad de los Andes (Colombia), n. 75, p. 197–223, 2015.

GUTIERREZ, L. Speculative bubbles in agricultural commodity markets. **European Review of Agricultural Economics**, Oxford University Press, v. 40, n. 2, p. 217–238, 2012.

IRWIN, S. H.; SANDERS, D. R. Index funds, financialization, and commodity futures markets. **Applied Economic Perspectives and Policy**, Oxford University Press, v. 33, n. 1, p. 1–31, 2011.

MALZ, A. M. Do implied volatilities provide early warning of market stress? The RiskMetrics Group Working Paper No. 00-01, 2000.

MARQUES, P. V.; MELLO, P.; MARTINES-FILHO, J. Mercados futuros e de opções agropecuárias. **Piracicaba, SP. Departamento de Economia, Administração e Sociologia da Esalq-USP**, 2006.

MASTERS, M. W. Testimony before the committee on homeland security and governmental affairs. **US Senate, Washington, May**, v. 20, 2008.

OMC. **Organização Mundial do Comércio**. 2015. <<http://www.mdic.gov.br/comercio-servicos/estatisticas-do-comercio-exterior-de-servicos/717-estatisticas-do-comercio-exterior-de-servicos-2015>>.

PHILLIPS, P.; SHI, S.; YU, J. Testing for multiple bubbles: Cowles foundation for research in economics. **Yale University**, 2012.

PHILLIPS, P. C.; SHI, S.; YU, J. Specification sensitivity in right-tailed unit root testing for explosive behaviour. **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, Wiley Online Library, v. 76, n. 3, p. 315–333, 2014.

PHILLIPS, P. C.; SHI, S.; YU, J. Testing for multiple bubbles: Historical episodes of exuberance and collapse in the s&p 500. **International Economic Review**, Wiley Online Library, v. 56, n. 4, p. 1043–1078, 2015.

PHILLIPS, P. C.; WU, Y.; YU, J. Explosive behavior in the 1990s nasdaq: When did exuberance escalate asset values? **International Economic review**, Wiley Online Library, v. 52, n. 1, p. 201–226, 2011.

PHILLIPS, P. C.; YU, J. Dating the timeline of financial bubbles during the subprime crisis. **Quantitative Economics**, Wiley Online Library, v. 2, n. 3, p. 455–491, 2011.

PRETO, A. R. M. **Metodologias de previsão de risco do desfazer de bolhas financeiras: análise empírica**. 2015. Tese (Doutorado), 2015.

REUTERS. 2014. <<https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2014/10/03/preco-da-arroba-do-boi-gordo-atinge-recorde-na-bmfbovespa.htm>>. Acessado em 22/04/2018.

SHILLER, R. J. Measuring bubble expectations and investor confidence. **The Journal of Psychology and Financial Markets**, Taylor & Francis, v. 1, n. 1, p. 49–60, 2000.

SILVA, V. A.; MATTOS, L. B. C.; BRAGANÇA, A. Análise da influência do mercado financeiro sobre o mercado futuro agropecuário no Brasil. **Revista de Economia**, v. 40, n. 2, 2014.

SILVA, V. A. D. **A Financeirização do mercado futuro agropecuário no Brasil**. 2012. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Viçosa, 2012.

VEIGA, J. E. da. **O desenvolvimento agrícola: uma visão histórica**. [S.l.]: edusp, 2012.

YOSHIOKA, M. E. **Análise em tempo real de comportamento explosivo em preços no Brasil**. 2013. Tese (Doutorado), 2013.