



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 18, n. 02, art. 8, p. 144-161, fev. 2021

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

<http://dx.doi.org/10.12819/2021.18.02.8>

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



Bitcoin: Cointegração Entre o Mercado Brasileiro e o Mercado Americano

Bitcoin: A Cointegration Analysis Between the Brazilian Market and the American Market

Marília Palhares Bittencourt

Especialista em Mercado Financeiro e Investimentos-UnB

E-mail: mp_bittencourt@yahoo.com.br

André Nunes

Doutor em Economia pela Universidade de Brasília

Professor da Universidade de Brasília

E-mail: andrenunes@unb.br

Alexandre Nascimento de Almeida

Doutor em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná

Professor da Faculdade UnB de Planaltina

E-mail: alexalmeida@unb.br

Celso Vila Nova de Souza Júnior

Doutor em Economia pela Universidade de Brasília

Professor da Universidade de Brasília e Coordenador do Programa de Pós-graduação em Gestão Pública

E-mail: celso.vilanova@gmail.com

Endereço: Marília Palhares Bittencourt

Faculdade UnB Planaltina – Vila NS de Fátima - Vila Nossa Sra. de Fátima, Brasília - DF, 73345-010.

Endereço: André Nunes

Faculdade UnB Planaltina – Vila NS de Fátima - Vila Nossa Sra. de Fátima, Brasília - DF, 73345-010.

Endereço: Alexandre Nascimento de Almeida

Faculdade UnB Planaltina – Vila NS de Fátima - Vila Nossa Sra. de Fátima, Brasília - DF, 73345-010.

Endereço: Celso Vila Nova de Souza Júnior

Faculdade UnB Planaltina – Vila NS de Fátima - Vila Nossa Sra. de Fátima, Brasília - DF, 73345-010.

Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar Rodrigues

Artigo recebido em 23/09/2021. Última versão recebida em 12/01/2021. Aprovado em 13/01/2021.

Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review (avaliação cega por dois avaliadores da área).

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

O artigo tem como objetivo principal analisar a existência de arbitragem no mercado brasileiro de *Bitcoin* por meio de comprovação estatística de que o mercado brasileiro é influenciado pelo mercado internacional, em especial o mercado americano. Os resultados indicam por meio do Teste de *Johansen* que existe cointegração entre as variáveis analisadas MRCDBR e BITSTAMPUSD, o que nos leva a inferir que há a possibilidade de arbitragem no mercado brasileiro de *Bitcoin*, uma vez que os vetores normalizados pela série brasileira de *Bitcoin* – MRCDBR - mostram que as variações da série americana - BITSTAMPUSD - influenciam mais o mercado nacional do que quando o movimento contrário é observado. Para alcance do objetivo estabelecido, foi utilizado o software “R” e foram analisadas duas séries temporais diárias – preço de fechamento da corretora brasileira Mercado *Bitcoin* (MRCDBR) e preço de fechamento da corretora americana *Bitstamp Bitcoin* (BITSTAMPUSD) – para o período de Jan/15 a Abr/18.

Palavras chaves: Moeda. Criptomoeda. *Bitcoin*.

ABSTRACT

This article aims to analyze the possibility of arbitration in the Brazilian market of Bitcoin by statistical evidences that the Brazilian market is influenced by the international market, especially the American market. The results indicate through the Johansen Test, that there is cointegration between the analyzed variables MRCDBR and BITSTAMPUSD, which leads us to infer that there is the possibility of arbitration in the Brazilian market of Bitcoin, since the vectors normalized by the Brazilian series of Bitcoin MRCDBR show that the variations of the American series BITSTAMPUSD influence more the national market than when the counter movement is observed. To reach this article objective, the software “R” was utilized and two daily time series were analyzed - closing price of the Brazilian Bitcoin exchange named Market Bitcoin (MRCDBR) and closing price of the American Bitcoin exchange named Bitstamp Bitcoin (BITSTAMPUSD) - for the period from Jan/15 to Apr/18.

Keywords: Currency. Cryptocurrency. Bitcoin.

1 INTRODUÇÃO

É inegável como o avanço tecnológico influenciou e permanece exercendo significativo papel no desenvolvimento das sociedades. Para exemplificar, podemos citar a revolução no acesso à informação causada pela criação da internet, tornando-se, segundo Castells (2003) a alavanca para o desenvolvimento de uma nova sociedade: a sociedade em rede. O mesmo autor afirma que a proliferação de organizações em rede em todas as esferas da economia tem inviabilizado a sustentabilidade de corporações burocráticas, centralizadas e verticalmente organizadas.

A concepção de redes permite uma rápida adequabilidade a um mundo em constante mudança devida à sua característica intrínseca de flexibilidade. O papel transformador da internet, em especial nos sistemas econômicos, deve ser exaltado na medida em que a larga utilização de meios de pagamentos eletrônicos viabiliza interações econômicas mais ágeis (SILVA, 2017).

Diante desse contexto de uma sociedade em constante mutação, era de se esperar que a forma como o homem lida com a moeda também fosse alterada, considerando todas as mudanças documentadas na evolução das sociedades, desde o fim do escambo até a atual utilização de moedas digitais. A concepção de moeda digital surgiu em 2008 com a criação do *Bitcoin*. Esse tipo de moeda foi desenvolvido em uma rede *peer-to-peer* (par a par), por meio da tecnologia de criptografia de chave pública. Essa tecnologia fornece legitimidade às transações, que não requer a figura de um intermediário, uma vez que se utiliza de uma espécie de registro público para controlar as operações.

Este artigo tem como objetivo principal analisar a possibilidade de arbitragem no mercado nacional de *Bitcoin* a partir da comprovação estatística de que o mercado brasileiro de *Bitcoin* é influenciado pelo mercado internacional. Para tanto, após esta breve introdução, será feita no item dois uma breve revisão de literatura sobre os conceitos econômicos acerca da teoria monetária, as principais características da moeda e sua evolução ao longo do desenvolvimento das sociedades. Ainda na segunda parte será apresentada a origem das criptomoedas e sua interpretação à luz da teoria monetária. Apresenta-se também como o mercado tem percebido e classificado o *Bitcoin* e as moedas digitais de um modo geral, ou seja, se podem ser de fato tratadas como moeda, *commodity* ou título mobiliário. Na terceira parte, apresenta-se uma breve discussão sobre os conceitos de mercado eficiente, que significa a impossibilidade de realização de lucros anormais a partir da utilização de informação, uma vez que o preço já reflete as informações publicamente disponíveis. Esta teoria se mostra

relevante, pois o artigo tenta revelar a não existência de um mercado eficiente, pois evidencia a existência de arbitragem. Na quarta parte é descrita a metodologia adotada para desenvolvimento do presente trabalho, baseado em análise de séries temporais. Na quinta seção serão analisados os dados diários de preço de fechamento de *Bitcoin* para o período de Jan/15 a Abr/18 com o objetivo de analisar a possibilidade de arbitragem no mercado brasileiro de *Bitcoin* por meio de estudo estatístico. Nesta seção apresentam-se os resultados assim como sua discussão. Finalmente, na sexta seção apresentam-se as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Da teoria monetária à criptomoeda

A moeda, como explica Ribeiro (2017), é o instrumento pelo qual são realizadas operações monetárias, sendo, portanto, um instrumento que evolui na medida em que as sociedades se desenvolvem. Na tentativa de explicar o nascimento da moeda, é importante o entendimento do surgimento dos mercados primitivos, os quais eram baseados em escambo – troca de bem ou serviço entre duas partes com o objetivo de satisfação pessoal. Ou seja, num sistema de troca direta, para que uma parte “A” pudesse satisfazer seu desejo por bem ou serviço, uma segunda parte “B” teria que ofertar o bem ou serviço de interesse da parte “A”, bem como ter o interesse em consumir o bem ou serviço ofertado pela parte “A” como troca.

Portanto, como bem ressaltado por Mankiw (2001), em uma economia baseada no escambo, diz-se que para o funcionamento do comércio é exigida a dupla coincidência de desejos, ou seja, que as duas partes da relação tenham, cada uma delas, o bem ou serviço que a outra deseja. Diante desse contexto, e com aumento no volume de trocas, a existência de uma moeda facilitava o comércio entre as partes, na medida em que não há mais a necessidade de que cada parte tenha, respectivamente, o bem ou serviço que satisfaça a outra parte de uma relação de troca, bastando que exista um “bem” que, embora não seja de interesse de consumo das partes, tenha liquidez e desperte o interesse de uma terceira parte na troca por algo de valor para ela.

Para facilitar a troca indireta, os bens mais vendáveis, por serem mais procurados, acabaram se tornando, de forma espontânea, meios de troca, tais como alguns metais preciosos a exemplo do ouro e da prata. Cumpre ressaltar que, segundo Ulrich (2014), a tangibilidade é a característica comum a todos os meios de troca até então aceitos pelas sociedades. A tangibilidade traz credibilidade para o meio de troca, entretanto, para as

negociações que exigiam troca de grande quantitativo de prata ou ouro (ou qualquer outro bem usado como meio de troca), a logística começava a ficar prejudicada. Surgem, por conseguinte, os serviços de custódia.

Inicialmente esse serviço era feito pelo próprio ourives, mas posteriormente passou a ser exercido pelos bancos, sendo que os depositantes recebiam um certificado de depósito referente à quantia do metal monetário custodiado. Em decorrência, os certificados de depósito passaram a ser comercializados como se fosse o próprio metal, de forma a facilitar as transações de bens e serviços.

Santos (2016) entende que com a evolução das sociedades, uma economia monetizada daria maior segurança às partes envolvidas no processo de troca de bens e serviços, uma vez que os excedentes de produção poderiam ser trocados em mercado a um custo reduzido.

Como mencionado, no decorrer do desenvolvimento das sociedades, alguns metais preciosos foram utilizados como moeda por serem vendáveis. Chamamos, portanto, esses bens de moeda-mercadoria, pois possuem valor intrínseco, ou seja, têm utilidade e valor, mesmo não sendo utilizados como moeda.

A partir do momento em que se deixou de utilizar a moeda-mercadoria como meio de troca, surge a moeda papel, lastreada em ouro. Bem ressaltado por Soares (2006), a adoção de metais preciosos como moeda teria provocado alguns transtornos, como a necessidade de se verificar a pureza dos metais e de se mensurar, de forma precisa, os itens em tamanho e peso para efetivação de justa transação.

Como consequência, surge a moeda de curso forçado (papel-moeda) e sem lastro metálico, a qual exige a chancela de uma autoridade governamental, a qual emitirá e dará credibilidade à moeda. A figura do Estado surge para validar e dar segurança ao processo, evitando falsificações e aplicando sanções quando necessário.

Com o advento da tecnologia e, sobretudo, da internet, surge a moeda digital criptografada, a qual Ribeiro (2017) ressalta a importância, por se tratar de uma moeda descentralizada que não pode ser taxada ou emitida por nenhuma autoridade governamental.

Segundo a teoria monetária, a moeda tem três funções na economia, quais sejam: meio de troca, unidade de conta e reserva de valor. Na função de meio de troca, a moeda é que possibilita a troca de bens e serviços, viabilizando transações mais indiretas em comparação àquelas realizadas no tempo do escambo, uma vez que, corroborando a ideia de Mankiw (2015), não exige a dupla coincidência de anseios. Assim, a moeda é que possibilita, por exemplo, a compra de mercadoria em uma determinada loja, pois o comprador está confiante de que o vendedor aceitará seu dinheiro, por ser o meio de troca usualmente aceito.

Como unidade de conta, a moeda é o padrão pelo qual se mensura as transações econômicas, ou seja, é a referência para se estabelecer preços e mensurar débitos. Ela representa a ideia de um denominador comum de valor, no qual os bens são quantificados e valorados. Por fim, na função de reserva de valor, a moeda possibilita a troca por bens e serviços no futuro, uma vez que a moeda permite a transferência do poder de compra do presente para o futuro. Deste modo, a moeda tem a capacidade de promover a movimentação na dimensão temporal, tornando-se um bem com valor intrínseco e capaz de acumular riqueza. (SOARES, 2006). Importante ressaltar que, além da moeda, existem outros meios de reserva de valor, outros ativos que possuem valor intrínseco, mas a moeda é o ativo que possui maior liquidez.

Uma criptomoeda é uma moeda digital que utiliza a tecnologia da criptografia para certificar a legitimidade das transações. Esse tipo de transação não requer a figura de um intermediário, pois utiliza uma espécie de Livro Razão - instrumento de escrituração contábil que objetiva organizar e controlar, separadamente, a movimentação de cada conta contábil - público, no qual são registradas todas as transações realizadas com determinada criptomoeda. O objetivo primordial do registro de todas as transações é evitar que a mesma criptomoeda seja gasta mais de uma vez.

A primeira criptomoeda - o Bitcoin - foi criada em 2008 por um programador de pseudônimo Satoshi Nakamoto e desenvolvida em uma rede *peer-to-peer*, por meio da tecnologia de criptografia de chave pública, que atribui a cada usuário dois códigos (“chaves”), sendo eles um público e um privado. Conforme explica Ulrich (2014), a chave privada é mantida em segredo enquanto a chave pública pode ser compartilhada com a rede. Quando um usuário deseja transferir determinada criptomoeda para outro usuário, o primeiro envia uma mensagem contendo a chave pública do segundo usuário (receptor) e a assina com sua chave privada. A partir desse momento é efetuada a transferência de titularidade da criptomoeda para o segundo usuário em questão, sendo tal transação registrada em um banco de informações que é constantemente atualizado com todas as transações realizadas na rede, evitando possíveis fraudes.

As transações financeiras realizadas por meio de moeda digital têm como vantagem a redução de custos de transação, pois não existe o intermediador da operação, entretanto, por não ser moeda emitida por nenhum governo, o que normalmente assegura a confiabilidade, apresenta alta volatilidade, estando sujeita às variações de confiança do mercado. Após a criação do Bitcoin, surgiram diversas outras moedas digitais, formando atualmente um mercado com considerável quantidade de movimentações diárias.

Silva (2017) afirma não haver consenso da natureza jurídica sobre as criptomoedas, podendo ser entendidas como moeda, moeda estrangeira, *commodity* ou até mesmo um valor mobiliário. A depender do tratamento dado, a análise jurídica pode variar, pois para cada um dos instrumentos citados existe uma tutela jurídica própria e diferenciada.

No contexto das teorias econômicas, como mencionado anteriormente, a moeda possui três funções na economia: meio de troca, reserva de valor e unidade de conta. Analisando o funcionamento do Bitcoin, percebe-se que, no tocante à função de meio de troca, esta é exercida parcialmente, conforme ressalta Ribeiro (2017) e Yermack (2013). Considerando que o Bitcoin não tem ampla aceitação mundial, isso invalida a capacidade de servir como meio de troca para todo e qualquer cidadão, independente do país em que esteja. Entretanto, assim como as demais moedas como dólar, euro ou real, suas aceitações também são limitadas a uma determinada esfera econômica, o que nos permite ter a ideia de que o Bitcoin é uma moeda mais democrática, na medida em que não há limites nem diferenças territoriais e econômicas para sua utilização.

Bem ressaltado por Ulrich (2014) e Yermack (2013), o número de pessoas que efetuam transações com a moeda digital tem aumentado com o passar dos anos. Entretanto, é válido dizer que existe uma grande demanda especulativa, ao invés de meio de troca, mas também é correto dizer que a especulação se faz presente em todo e qualquer mercado de moeda.

Em relação à função de unidade de conta, Ribeiro (2017) esclarece que a alta volatilidade e o tratamento das criptomoedas como *commodity* em diversos países exige que sejam cotadas em uma moeda convencionalmente aceita, não sendo considerada, portanto, como padrão para mensuração de transações econômicas. Desta forma, a alta volatilidade observada no preço do Bitcoin dificulta a não mensuração em moeda corrente das transações efetuadas por meio da moeda virtual. E, à medida que a volatilidade persistir, a adoção como unidade de conta permanecerá distante.

Como reserva de valor, apesar de ser uma função atribuída à moeda, ela não é de exclusividade da mesma, podendo ser exercida por ativos financeiros de um modo geral. A alta volatilidade das criptomoedas faz com que elas se assemelhem mais a ativos financeiros, estando sujeitas à não apresentação da rentabilidade e liquidez esperadas. Diferentemente, as moedas tradicionais apresentam pouca oscilação, mesmo com efeito inflacionário e movimentações de câmbio.

Desta forma, comparando-se com o conceito tradicional da economia monetária, as criptomoedas não satisfazem às caracterizações gerais de moeda, podendo ser consideradas,

no máximo, uma “quase moeda”. Entretanto, pode-se dizer que as criptomoedas estão sob um processo de desenvolvimento e possível monetização e os reais desdobramentos desse fenômeno computacional são imprevisíveis.

A possível existência de oportunidade de arbitragem no mercado de Bitcoin está ligada à Hipótese da Eficiência de Mercado, que representa uma das bases mais importantes para a Teoria de Finanças, servindo de pilar para diversos modelos de precificação de ativos. Desenvolveremos brevemente os conceitos de mercados eficientes na próxima seção.

2.2 Mercados eficientes e arbitragem

A ideia fundamental dessa teoria é que o preço dos ativos em negociação espelha por completo as informações disponíveis sobre os mesmos. Portanto, como explica Junior e Ikeda (2004), no campo de finanças, dizer que um mercado é eficiente significa a impossibilidade de realização de lucros anormais a partir da utilização de informação, uma vez que o preço reflete as informações publicamente disponíveis.

Para melhor entendimento, é importante ressaltar que Fama (1970) estabelece três condições que sustentam a eficiência de mercado: não existem custos de transação; todas as informações estão igualmente disponíveis a qualquer participante do mercado; todos os participantes atuam de forma racional e esperam o mesmo retorno para determinado risco assumido.

Pode-se dizer que a base teórica para a Hipótese dos Mercados Eficientes (HME) repousa em três argumentos: i) investidores são assumidos como racionais e avaliam e precificam ativos de forma racional; ii) a medida que alguns investidores não são racionais, suas participações no mercado são assumidas como aleatórias, cancelando-se e não produzindo efeitos nos preços praticados pelo mercado; iii) 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.

O argumento da racionalidade dos investidores implica que eles precificam cada ativo pelo seu valor fundamental, ou seja, o valor presente de seus fluxos de caixa futuros descontados pelo seu risco. Adicionalmente, quando qualquer informação que implique alteração dos fundamentos desse ativo é descoberta, os investidores respondem imediatamente, aumentando o preço do ativo se as informações forem positivas e diminuindo-o se forem negativas. Logo, os preços dos ativos incorporam todas as informações ajustando-se a novos níveis correspondentes aos novos valores presentes dos fluxos de caixa.

No contexto de um mercado eficiente, o valor de um ativo é reflexo dos consensos dos participantes com relação a seu desempenho esperado (VAN HORNE, 1998, 49). Na hipótese de eficiência, o preço de um ativo é formado com base nas diversas informações publicamente disponíveis aos investidores, sendo as decisões de compra e venda tomadas com base em interpretações dos fatos relevantes.

Os preços praticados pelos agentes de mercado são sensíveis às informações introduzidas pelo comportamento do mercado e da própria empresa. Assim, toda nova informação relevante pode trazer alterações nos preços dos ativos negociados. Desta forma, um mercado eficiente é aquele cujos preços refletem as informações disponíveis e podem ajustar-se rápida e livremente a outros movimentos de mercado. Em outras palavras, o conceito de eficiência não implica a existência de preços perfeitos dos ativos, mas sim que os preços não sejam tendenciosos, formados de acordo com alguma intenção e interesse individual.

A (HME) descarta a possibilidade de ganhos consistentes com sistemas de negociação que se baseiem apenas nas informações disponíveis, desta forma, um investidor médio, seja ele indivíduo, fundo de pensão ou fundo mútuo, não deve esperar superar o mercado consistentemente, e os recursos que tais tipos de investidores utilizam para analisar e negociar ativos são desperdiçados, sendo melhor manter, passivamente, a carteira de mercado, esquecendo a gestão ativa de carteiras. Pode-se afirmar, seguramente, que o campo acadêmico das finanças em geral e, especificamente, o campo de análise e precificação de ativos foi construído com base na HME.

Afirmar, portanto, que um mercado é eficiente em termos de informação significa que não há maneiras de obtenção de lucros anormais mediante o uso da informação, visto que os preços já contemplam essa informação. O mercado é eficiente mesmo com a presença de investidores não totalmente racionais, assumindo-se que estes negociam de forma aleatória. Quando há um grande número de investidores irracionais e suas estratégias de negociação são não correlacionadas, as operações cancelam-se, não afetando os preços dos ativos.

As hipóteses dos Mercados Eficientes podem ser ratificadas mesmo em situações em que as estratégias de negociação dos investidores são correlacionadas. Isso se dá pela arbitragem.

A arbitragem é a compra e venda simultânea do mesmo título, ou outro correlacionado, em dois diferentes mercados, por preços diferentes, de forma a ser obter uma vantagem na operação. Em outras palavras, compra-se o ativo no mercado mais barato e vende-se no mercado com maior cotação.

Por hipótese, admita que um ativo esteja com sobrepreço em relação ao valor presente líquido de seus fluxos de caixa esperados, resultado da ação de investidores não racionais no mercado. Ao notar essa variação outros investidores (arbitradores) poderiam vender esse ativo e se *hegedar* comprando outro similar. Com esta ação (arbitragem) os investidores obteriam um lucro, fato que atrairia mais investidores. Em síntese, a ação dos arbitradores traria o preço da ação a patamares compatíveis com seu valor correto. Desta forma, no longo prazo, a arbitragem funciona como um corretor automático dos mercados.

Para cumprir o objetivo deste artigo, iremos tratar o Bitcoin como uma opção de investimento e investiga-se a possibilidade de arbitragem no mercado brasileiro por meio da análise de cointegração entre as séries analisadas, supondo que o mercado americano influencia o mercado nacional.

3 METODOLOGIA

A seguir é descrita a metodologia adotada para desenvolvimento do presente trabalho, baseado em análise de séries temporais. Uma série temporal é um conjunto de observações feitas de forma sequencial ao longo de um período. Uma característica muito importante desse tipo de informações é que existe uma dependência entre as observações próximas e o grande interesse em estudar uma série temporal é justamente analisar e modelar esse grau de dependência.

Para alcance do objetivo proposto inicialmente, foram analisadas duas séries temporais diárias – preço de fechamento da corretora brasileira Mercado Bitcoin (MRCDBR) e preço de fechamento da corretora americana Bitstamp Bitcoin (BITSTAMPUSD) - para o período compreendido entre janeiro de 2015 e abril de 2018.

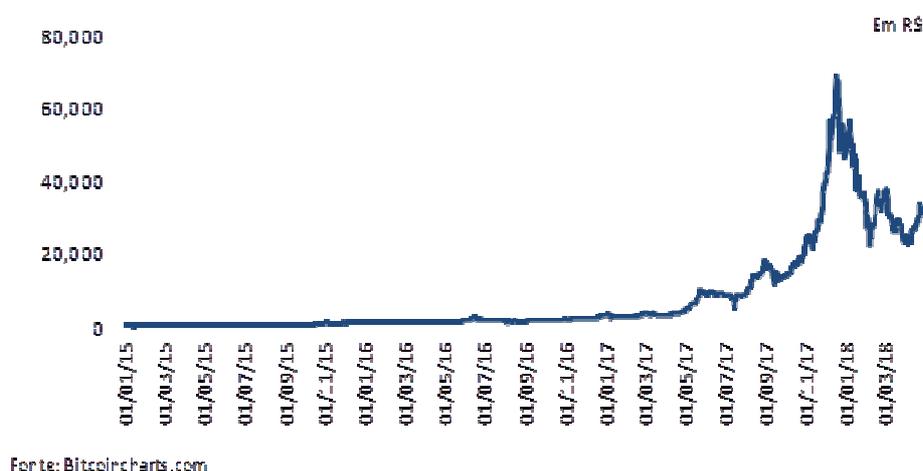
A corretora brasileira Mercado Bitcoin é umas das mais antigas empresas da América Latina com foco em comercialização de criptomoedas, sendo a segunda corretora em participação no mercado brasileiro, conforme relatório do Mercado Brasileiro de Bitcoin de Dez/2017 disponível no endereço eletrônico <https://bitvalor.com>. A corretora americana Bitstamp Bitcoin é umas das mais antigas empresas de criptomoedas, tendo sido fundada em 2011 e sendo a maior corretora em liquidez e volume de negociação em euro. Como explicado anteriormente, o Bitcoin (BTC) foi criado em 2008, tendo sua primeira transação efetivada em 2009, entretanto, no período analisado, considerando as duas corretoras, o volume em moeda de transações de BTC cresceu 236% e 162% nos mercados brasileiro e americano, respectivamente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As séries temporais utilizadas no estudo possuem cada uma 1.216 observações. As séries de *Bitcoin* utilizadas para análise foram coletadas no endereço eletrônico www.bitcoincharts.com. Para obter os resultados alcançados foi utilizado o software “R”.

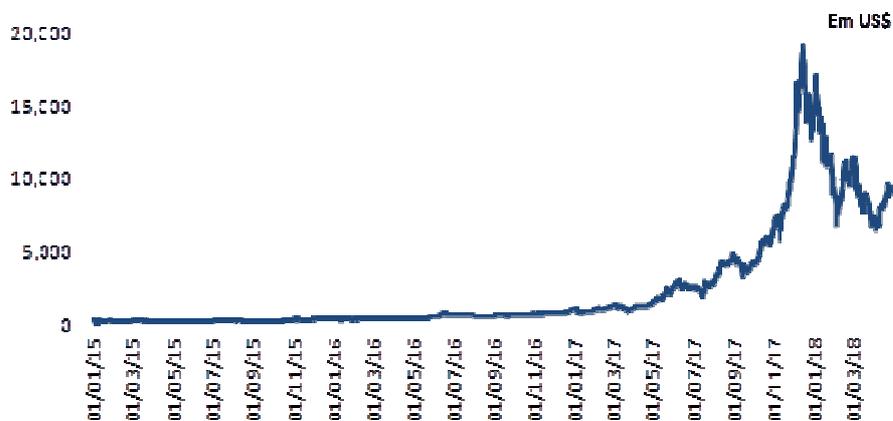
A seguir é apresentado na Figura 1, o gráfico da evolução da série histórica nacional.

**Figura 1 – Evolução do preço de fechamento de negociação MRCDBR (Jan/2015-
Abr/2018)**



Analisando o gráfico da Figura 1, podemos observar uma possível ruptura na tendência da série temporal, motivo pelo qual foi, inicialmente, realizado teste estatístico para verificar a presença de quebra estrutural na série, bem como em qual(ais) observação(ões) ela(s) ocorre(m). O mesmo comportamento pode ser observado no gráfico 2 mostrado na Figura 2, referente à série histórica americana.

Figura 2 – Evolução do preço de fechamento de negociação BITSTAMPUSD (Jan/2015-Abr/2018)



Fonte: Bitcoincharts.com

Foi utilizado o pacote “*strucchange*” do software “R” e, por meio do teste “*breakpoints*”, foi verificada a presença de quebra estrutural para ambas as séries. O citado teste foi documentado por Bai e Perron (1998) e tem como objetivo evidenciar a quantidade de quebras estruturais em uma determinada série, ou seja, comprovar o rompimento numa tendência estável da série, bem como quais são esses pontos.

Para comprovação da quebra estrutural na série MRCDBR foram testados os seguintes modelos:

Tabela 1 – Modelos testados no teste de quebra estrutural para MRCDBR (Jan/2015-Abr/2018).

Modelo 1	$LOG(MRCDBR) = \beta_0 + \varepsilon_t$
Modelo 2	$LOG(MRCDBR) = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon_t$
Modelo 3	$LOG(MRCDBR) = \beta_0 + \beta_1 (t - 1) + \varepsilon_t$

Fonte: Elaboração do autor.

A Tabela 1 mostra que o modelo 1 de MRCDBR verifica a existência de quebra estrutural no intercepto da série. O modelo 2, MRCDBR é explicada pelo intercepto e pelo tempo, ou seja, verifica-se a existência de quebra estrutural no intercepto e na tendência. Finalmente, no modelo 3, o teste verifica se existe quebra no intercepto e na tendência da

primeira defasagem. Os mesmos modelos da Tabela 1 também foram testados para BITSTAMPUSD.

O teste de raiz unitária (ADF - *Dickey Fuller* aumentado) tem como objetivo testar se as séries analisadas são estacionárias ou não. Para cálculo do teste ADF, foi utilizado o pacote “tseries” e as hipóteses testadas foram H_0 = série é não estacionária e H_1 = série é estacionária. Para verificação de tal condição na série MRCDBR foram testados os seguintes modelos:

Tabela 2: Modelos Testados no Teste de Estacionariedade para BITSTAMPUSD (Jan2015 - Abr/2018).

Modelo 1	$MRCDBR = \beta_0 + \varepsilon_t$
Modelo 2	$\text{LOG}(MRCDBR) = \beta_0 + \varepsilon_t$
Modelo 3	$MRCDBR_{t-1} = \beta_0 + \varepsilon_t$
Modelo 4	$\text{LOG}(MRCDBR_{t-1}) = \beta_0 + \varepsilon_t$

Fonte: Elaboração do autor.

Os mesmos modelos da Tabela 2 também foram testados para BITSTAMPUSD.

A análise de cointegração em séries temporais permite determinar se as séries analisadas possuem ou não uma relação de longo prazo. Entretanto, quando se analisam séries não estacionárias é importante destacar que, segundo Pindyck e Rubinfeld (2004), estimar uma regressão entre séries que seguem um passeio aleatório pode levar a resultados viesados. Dizer que uma série segue um passeio aleatório significa que ela não tende a voltar a uma determinada tendência de longo prazo depois de sofrer um choque. Ressalta-se que uma série que possui estacionariedade, ou seja, não segue um passeio aleatório, possui média e variância constantes ao longo do tempo.

Assim sendo, somente a aplicação de pelo menos uma diferença na série é que poderá torná-la estacionária. Mas por mais que tal diferenciação seja aceitável, ela pode ocasionar perda de informação referente à relação de longo prazo entre as séries analisadas. (Pindyck e Rubinfeld, 2004).

No entanto, ainda que duas séries sejam não estacionárias, a combinação linear dessas duas séries será estacionária. Para tanto, estima-se um parâmetro de cointegração por meio de uma regressão por mínimos quadrados de uma série em relação à outra. Além disso, os resíduos da regressão devem ser usados para testar se de fato as séries são cointegradas.

Para a análise de cointegração entre as séries MRCDBR e BITSTAMPUSD foi realizado o Teste de Johansen utilizando o pacote “urca” do software “R”. Cabe ressaltar que diferencial do citado Teste é que além de verificar a existência ou não de cointegração entre séries temporais, permite também identificar quantos vetores de cointegração existem entre as variáveis analisadas. Na seção seguinte, serão apresentados os resultados encontrados na aplicação dos testes descritos nesta seção.

Como resultado para o Teste de Quebra Estrutural aplicado às séries analisadas, tem-se:

Tabela 3 – Teste de Quebra Estrutural para MRCDBR e BITSTAMPUSD (Jan/2015 - Abr/2018).

Modelo	Ponto(s) de Quebra	
	MRCDBR	BITSTAMPUSD
1	300, 488, 670, 852 e 1034	302, 488, 670, 852, 1034
2	301, 578, 852 e 1034	299, 591, 852, 1034
3	184	0

Fonte: Elaboração do autor.

O ajuste dos modelos 1, 2 e 3 mostra que existe quebra estrutural na série MRCDBR. Observa-se que a série BITSTAMPUSD tem comportamento semelhante ao da série MRCDBR, sendo que o ajuste dos modelos 1 e 2 mostram que existe quebra estrutural na série. As observações coincidentes apontadas pelos modelos 1 e 2 (852 e 1034) em ambas as séries e demonstradas na tabela 3 são referentes aos dias 01/05/2017 e 30/10/2017, respectivamente.

O mês de maio 2017 foi marcado com grandes recordes de valorização do Bitcoin, de volume de negociações e de valores comercializados. O mês de outubro também foi marcado com quebra de recordes, mas vale ressaltar a notícia de lançamento, por parte da bolsa de negociação de derivativos americana Chicago Mercantile Exchange (CME) do índice futuro para Bitcoin.

Os resultados observados por meio do teste ADF para verificação de raiz unitária foram:

Tabela 4: Verificação da Presença de Raiz Unitária para MRCDBR e BITSTAMPUSD (Jan/2015-Abr/2018)

Modelo	N° de Defasagens	MRCDBR		BITSTAMPUSD	
		Estatística	P-Valor	Estatística	P-Valor
1	10	-2,5987	0,3249	-2,5351	0,3518
2	10	-2,2408	0,4764	-2,2654	0,4660
3	10	-8,7292	<0,01	-8,6500	<0,01
4	10	-9,4314	<0,01	-9,9722	<0,01

Fonte: Elaboração do autor.

Analisando a tabela 4, os modelos 1 e 2 apontam como não estacionária a série MRCDBR, entretanto os modelos 3 e 4 apontam a série como estacionária, uma vez que foi analisada a série em primeira diferença, o que nos leva a rejeitar a hipótese nula e aceitar a hipótese alternativa.

Verifica-se que BITSTAMPUSD apresenta resultado semelhante à MRCDBR, ou seja, a série é estacionária quando analisada em primeira diferença.

Após aplicação do Teste de Johansen, a nível de confiança de 1%, o valor crítico apresentado (23,65) fornece forte evidência para rejeição da hipótese de não presença de cointegração, pois é menor que o valor da estatística de teste (58,34). Portanto, rejeitamos a hipótese de não existir cointegração e aceitamos a hipótese H_1 , ou seja, a hipótese de existir cointegração entre as séries analisadas.

Na análise da hipótese de existir 1 vetor de cointegração (H_0), em nível de confiança de 1%, o valor crítico apresentado (16,26) fornece forte evidência para rejeição da hipótese de existência de mais de um vetor de cointegração (H_1), pois é maior que o valor da estatística de teste (4,49). Portanto, rejeitamos a hipótese H_1 e aceitamos a hipótese de existir apenas 1 vetor de cointegração entre as séries analisadas.

Avaliando os vetores de cointegração quando normalizados por MRCDBR, verificamos que BITSTAMPUSD transfere pelo menos 3 unidades (-3,5310879) para a série MRCDBR. Quando analisamos os vetores normalizados pela série BITSTAMPUSD, percebe-se que menos de uma unidade (-0,2840031) é transferida da série brasileira para a série americana.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do trabalho foram apresentados os principais conceitos econômicos acerca da teoria monetária, as principais características da moeda e sua evolução ao longo do desenvolvimento das sociedades. Conclui-se que as funções tradicionais, postuladas pela economia monetária, bem como sua conceituação conforme legislação e jurisprudência brasileira, não abarcam perfeitamente as criptomoedas, dado que estas não cumprem uma série de requisitos básicos, tradicionalmente desejáveis para uma moeda.

Entretanto, considera-se que as criptomoedas estão sob um processo de desenvolvimento e possível monetização, mas os verdadeiros desdobramentos das moedas virtuais são imprevisíveis. Analisamos também a origem das criptomoedas e sua interpretação à luz da teoria monetária, pode-se inferir que, hoje, as moedas digitais, de um modo geral, assemelham-se a um ativo financeiro, estando sujeitas a não apresentação da rentabilidade e liquidez esperadas.

Após analisados os dados diários de preço de fechamento de Bitcoin para ao período de Jan/15 a Abr/18, ficaram evidenciadas oportunidades de arbitragem no mercado brasileiro de Bitcoin. Verificou-se que o mercado de Bitcoin brasileiro guarda relação direta com o mercado de Bitcoin americano, ou seja, constatou que a série BITSTAMPUSD se comporta como a expectativa de MRCDBR no período considerado.

Por meio do teste de cointegração de Johansen, verificou-se que mais unidades de BITTAMPUSD são transferidas para MRCDBR, o que nos leva a inferir que há fortes indícios de existência de arbitragem no mercado brasileiro de Bitcoin, uma vez que os vetores normalizados por MRCDBR mostram que as variações de BITSTAMPUSD influenciam mais o mercado nacional do que quando o movimento contrário é observado.

Como evolução do trabalho, propõe-se a modelagem a partir de um modelo vetorial de correção de erros (VEC), uma vez que as séries são não estacionárias e cointegradas, e posterior análise da função impulso resposta com o objetivo de mostrar como um choque na variável que representa o mercado americano de Bitcoin se propaga no mercado brasileiro ao longo do tempo, bem como a magnitude desse impacto.

REFERÊNCIAS

- CASTELLS, M. **A galáxia da Internet**: Reflexões sobre a internet, os negócios e a sociedade, Rio de Janeiro, Brasil: Zahar. 2003.
- FAMA, E. F. Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. **The Journal of Finance**, 25(2), 383-417. 1970.
- JUNIOR, T. S. R; IKEDA, R. H. Mercados Eficientes e Arbitragem: Um Estudo sob o Enfoque das Finanças Comportamentais. **Revista Contabilidade & Finanças – USP**, 34, 97-107. 2004.
- MANIKW, N. G. **Introdução à Economia: Princípios de Micro e Macroeconomia**. Rio de Janeiro, Brasil: Campus.2001.
- MANIKW, N. G. **Macroeconomia**. Rio de Janeiro, Brasil: LTC.2015.
- NAKAMOTO, S. **Bitcoin**: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Retirado de <http://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 31 de outubro, 2008.
- PINDYCK, R. S; RUBINFELD, D. L. (2004) **Econometria Modelos e Previsões**, Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier.2004.
- RIBEIRO, L. O. **Estudo do Bitcoin Enquanto Moeda e Investimento**. (Monografia de Bacharelado). Retirado de <http://repositorio.furg.br/handle/1/7601>.2017.
- SANTOS, O. A. S. **Impactos Econômicos da Criptomoeda Bitcoin**. Retirado de <http://www.fecilcam.br/eventos/index.php/eaic/iieaic/paper/viewFile/4279/1472>.2016.
- SILVA, L. G. D. **A regulação do Uso de Criptomoedas no Brasil**. (Dissertação de Mestrado). Retirado de <http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/2017>.
- SOARES, C. L. **Moeda Social** – Uma análise Interdisciplinar de suas Potencialidades no Brasil Contemporâneo. (Tese de Doutorado). Retirado de <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89433>. 2006.
- ULRICH, F. **Bitcoin**: A moeda na era digital, São Paulo, Brasil: Instituto Ludwig Von Mises Brasil. 2014
- VAN HORNE J. C. **Financial management and policy**. 11 ed. New Jersey: Prentice Hall. 1998.
- YERMACK, D. **Is Bitcoin a Real Currency?** An Economic Appraisal. (Working paper). Retirado de <http://www.nber.org/papers/w19747.pdf>. 2013.

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

BITTENCOURT, M. P; NUNES, A; ALMEIDA, A. N; SOUZA JÚNIOR, C. V. N. Bitcoin: Cointegração Entre o Mercado Brasileiro e o Mercado Americano. **Rev. FSA**, Teresina, v.18, n. 02, art. 8, p. 144-161, fev. 2021.

Contribuição dos Autores	M. P. Bittencourt	A. Nunes	A. N. Almeida	C. V. N. Souza Júnior
1) concepção e planejamento.	X	X	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X	X