

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO



BITCOIN: ANÁLISE DA CRIPTOMOEDA NO MERCADO BRASILEIRO

Felipe Lima Prado
No. de matrícula: 1313303

Orientador: Antonio Marcos Hoelz Ambrozio

Junho de 2017

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

BITCOIN: ANÁLISE DA CRIPTOMOEDA NO MERCADO BRASILEIRO

Felipe Lima Prado
No. de matrícula: 1313303

Orientador: Antonio Marcos Hoelz Ambrozio

Junho de 2017

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria e que não recorri para realizá-lo a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo professor tutor.

“As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor”

Agradecimentos

Primeiro, agradeço a minha família por ter me criado para o mundo. Sempre estiveram ao meu lado provendo oportunidades e apoiando minhas escolhas acima de tudo. Toda conquista celebrada com eles tem um valor maior.

Agradeço aos meus amigos e amigas por estarem ao meu lado todos esses anos seja me incentivando, me criticando ou comemorando comigo. Tantas experiências compartilhadas, tantos ensinamentos aprendidos ao longo dessa jornada me possibilitaram chegar até aqui.

Por fim, agradeço ao meu orientador Antonio Marcos Hoelz Ambrozio, por todas as aulas, onde tive o prazer de me aprofundar sobre Teoria dos Jogos, na minha opinião um dos tópicos mais interessantes do curso, e pelo aconselhamento acadêmico.

Este trabalho representa o fim de uma etapa, mas também é início de uma jornada sem roteiro. Porém, munido de todas as lições que aprendi até aqui, me sinto pronto para encará-la. Muito obrigado a todos!

Sumário

1	Introdução	5
2	Origem do Bitcoin, o que é, como funciona?	6
3	Posicionamento do Bitcoin no Mercado Brasileiro	11
4	Análise de Falhas/Ineficiência de Mercado	18
5	Oportunidades de Arbitragem	24
6	Conclusão.....	27
7	Bibliografia.....	28

1. Introdução

A tecnologia disruptiva avança em todos meios. Com o avanço e democratização da tecnologia vemos grandes players, que antes se mostravam perpetuados pelo alto custo de entrada em seus respectivos mercados, perderem espaço. Exemplos esses que já estão na boca do povo, como a quebra do monopólio de táxis promovida por aplicativos como o Uber. O app Airbnb que não só conquistou clientes fidelizados de grandes redes hoteleiras, como modificou a forma e hábitos de viagem de seus usuários. Muito se fala nas impressoras 3D que fundirá nosso mundo com o digital, modificando completamente o comércio como conhecemos hoje.

Foram citadas no parágrafo anterior tecnologias que estão mudando e/ou certamente mudarão o mundo. Porém existe uma específica, que é o foco deste estudo, que tem capacidade de quebrar barreiras e potencial para revolucionar o comércio, sistema bancários, instituições monetárias e, portanto, a economia mundial. Essa tecnologia chama-se ‘descentralized crypto currency’ (criptomoeda descentralizada, em português).

Criptomoedas descentralizadas são, como o nome já diz, moedas descentralizadas, sem necessidade de bancos centrais, que se utilizam de criptografia para validação de transações e controle de emissão de novas unidades de moeda. A primeira moeda deste gênero chama-se Bitcoin, teve origem de um paper publicado em 2008, coincidindo com a devastadora crise do mercado financeiro, por uma pessoa ou grupo de pessoas que utilizavam o pseudônimo Satoshi Nakamoto. Hoje em dia ela é a moeda digital mais aceita no mundo, tendo o maior volume de transação e valor.

Entraremos em mais detalhes nos próximos capítulos, porém o foco desta monografia será analisar como a principal criptomoeda está posicionada no mercado brasileiro e projetar quais as oportunidades que ela está originando. Será feito um estudo detalhado e ao final com os resultados em mãos, iremos buscar responder perguntas como: Como funciona o mercado brasileiro de Bitcoin? Existem oportunidades de ganho financeiro nesse mercado? De que forma se dão e como explorá-las?

2. Origem do Bitcoin, o que é, como funciona?

Em outubro de 2008, em compasso com o estouro da crise do subprime, é publicado um paper intitulado “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, nele é descrito um método de transação seguro que soluciona o problema de ‘double spending’ (duplo gasto, traduzindo para português), ou seja, impossibilidade de se efetuar inúmeras transações com o mesmo dinheiro, sem necessidade de intermediários financeiros. A base da tecnologia proposta seria a já conhecida peer-to-peer network, utilizada em sites como BitTorrent para baixar música, filmes, arquivos em geral.

No artigo é descrita a tecnologia revolucionária responsável por possibilitar as transações, conhecida como Blockchain. Ela é nomeada assim, pois, explicando de forma simplificada, todas as transações são gravadas, por ‘mineradores’, uma em cima da outra dentro de blocos criptografados.

Os ‘mineradores’ são pessoas que utilizam a capacidade de processamento de computadores para, através de algoritmos, serem os primeiros a conseguir decodificar toda a cadeia de blocos que contém todas as informações de todas as transações já efetuadas de Bitcoin e gravá-las com novas informações geradas por novas transações. Este processo é chamado de ‘proof-of-work’ e é componente essencial do método de validação de transações que torna tecnicamente impossível o ‘double-spending’. Os mineradores que tem gastos de energia por conta da alta necessidade de processamento de seus CPUs geram bitcoins durante esse processo, além de receber comissões das transações validadas.

A tecnologia Blockchain é alvo de estudo dos maiores bancos do mundo. Em um estudo recente realizado pela consultoria Accenture foi identificado que 8 grandes bancos de investimentos poderiam economizar de 8 à 12 bilhões de dólares por ano com a implantação da tecnologia. Atualmente, em um estudo feito pela Greenwich Associates, uma firma independente de pesquisa de benchmarking, previu que em 2016 foram gastos pelo mercado de capitais cerca de USD 280 mm em Blockchain.

O método transacional do Bitcoin tem potencial de implantação nos mais diversos segmentos, lembrando, é uma rede de validação que guarda toda a informação precedente e que impossibilita duplicações. Já se discute sua aplicabilidade em votações

eleitorais e também em registros hoje feitos em cartórios, impossibilitando fraudes como disputas de terras e roubos de identidade, por exemplo.

Agora que vimos o valor da Blockchain, vamos voltar ao foco principal desse estudo, a moeda Bitcoin. Seu código foi programado de forma colaborativa em uma plataforma ‘open source’, de maneira similar ao sistema operacional Linux. Em Janeiro de 2009 sua primeira versão é lançada, nele é definido que será possível emitir uma quantidade finita de Bitcoins. A cada bloco gerado são emitidas 50 novas unidades de BTC, porém a cada 210.000 novos blocos, equivalente a um período de 4 anos, as emissões de BTC por bloco caem pela metade. Portanto trata-se de uma equação de progressão geométrica infinita. Calcula-se assim, que o número máximo de BTC são 21 mm de unidades com previsão de que 98,0% do limite de BTCs estejam minerados em 2033.

Abaixo segue cálculo e gráfico(Figura 1) da progressão geométrica:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{210000 \times 50}{2^n} = 210000 \times 50 \times \frac{1}{1 - \frac{1}{2}} = 21000000$$

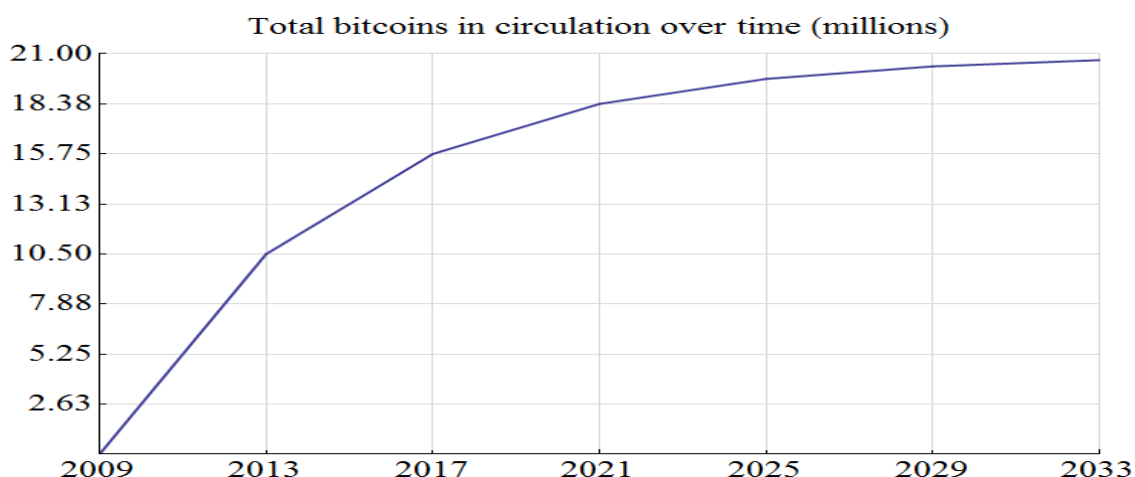


Figura 1: Total de Bitcoins em circulação pelo tempo.

Desde seu início, o número de usuários foi crescendo de maneira relativamente rápida, inicialmente pessoas ligadas ao universo de computação e grupos de ideologia anarquista e libertária se interessaram pelo projeto. Em Julho de 2010 é criada MtGox, o que se tornou por um bom período uma das corretoras de bitcoin mais relevantes, desenvolvendo o mercado embrionário e impulsionando o crescimento da moeda.

Com o aumento da popularidade do Bitcoin, órgãos de Estado começaram a criar interesse pela nova tecnologia, porém de maneira negativa. A utilização do Bitcoin como forma de pagamento do Site Silk Road, também conhecido como a ‘Amazon das drogas’ criado em 2011, levantou o debate sobre a legalidade da criptomoeda, que pelo fato de ser descentralizada e sem controle de órgãos reguladores, estaria alimentando o mercado negro das drogas e outras atividades criminosas como terrorismo e lavagem de dinheiro.

Apesar das críticas, dois gráficos abaixo mostram a resistência do preço do BTC ao fechamento do site Silk Road pelo FBI, em 2 de outubro de 2013, e a valorização decorrente de uma aparente aproximação e possível reconhecimento da criptomoeda por parte do governo.

Na figura 2, vemos uma queda brusca, de 125 USD/BTC para 84 USD/BTC (desvalorização de 33%), exatamente no dia do fechamento do site de comercialização de narcóticos. No dia seguinte, o preço volta ao mesmo patamar que estava anteriormente. Minha análise é de que esta queda se deve provavelmente por razões especulativas, como se trata de um mercado incipiente preços são muito influenciados por notícias e a maioria dos investidores podem ‘overreact’ (reação excessiva) a uma inesperada e dramática eventual notícia, conforme apontado no paper Werner F. M. De Bondt and Richard Thaler: “Does the Stock Market Overreact”. Na Figura 3, se observa o movimento de valorização cerca de três meses depois, após uma audiência no Senado Americano, no dia 18 de novembro de 2013, intitulada “Beyond Silk Road: Potential Risks, Threats and Promises of Virtual Currencies” (tradução: Além do Silk Road: Riscos Potenciais, Ameaças e Promessas das Moedas Virtuais) que discutia a legitimidade e desafios de moedas virtuais. Observem que a moeda vai de 121 USD/BTC em 04/08/13 para 1147 USD/BTC em 04/12/13, uma valorização de 848%. Este é, na minha opinião, um exemplo de que os agentes deste mercado não buscam se manter na obscuridade, valorizando discussões sobre o tema em âmbito público.



Figura 2: Fechamento do Silk Road em 02/08/13



Figura 3: Em vermelho dia do fechamento do Silk Road, em verde Audiência do Senado Americano

Outro ponto muito debatido é a segurança da moeda. Por ser uma moeda digital riscos de roubos por Hackers são a primeira coisa que vêm à cabeça. À medida que o mercado foi se desenvolvendo aumentaram o número de corretoras e também o número de roubos. Casos como esses afetam consideravelmente a confiança dos agentes, afastam a moeda do mainstream e consequentemente afetam o preço. Porém ao longo dos anos, as corretoras se desenvolveram e aprenderam com os erros do passado, e ao

reduzirem consideravelmente a ocorrência de furtos devolveram a confiança aos investidores. É curioso que a persistência, principalmente ideológica, dos agentes desse mercado fez com que a cada grande notícia de roubo a comunidade de programadores envolvida deste o início do projeto se unisse tanto na investigação, quanto na solução das falhas, permitindo não só a sobrevivência da moeda como seu fortalecimento.

Com o passar do tempo, o público em geral pôde acompanhar a evolução da rede Bitcoin, tornando-a cada vez mais aceita por estabelecimentos comerciais do mundo todo. Segundo um relatório publicado por um dos maiores portais de informações de Bitcoin, em junho de 2014, 64.000 lojistas já aceitavam a moeda. No Japão, em Abril de 2017, foi sancionada uma lei que permite a utilização de Bitcoin como método de pagamento, apesar de não reconhecê-la como moeda. Este fato recente promoverá um aumento do número de estabelecimentos que aceitam a criptomoeda, e dependendo dos resultados poderá causar a expansão deste modelo para outros países. Vamos analisar agora o posicionamento do BTC no mercado brasileiro.

3. Posicionamento do Bitcoin no Mercado Brasileiro

Vamos agora analisar o Bitcoin no mercado brasileiro. Apesar de ser um mercado novo, sua estrutura tem similaridades com o mercado financeiro que conhecemos. Nos próximos parágrafos buscarei fazer uma análise descritiva, apresentando as variáveis principais para a compreensão geral. Feita essa análise, partiremos para um estudo minucioso visando identificar falhas de mercado e oportunidades de arbitragem.

Volume

O volume de transação mede o nível de utilização do BTC no Brasil, esta variável é fundamental para o sucesso de qualquer moeda, para as moedas digitais não é diferente. A seguir temos uma tabela contendo o crescimento ano a ano dos números de transações e um gráfico de volume mensal (Figura 4) mostrando a evolução desse indicador durante o período de 2015 e 2016, tanto em BTC quanto em Reais (Volume BTC*Preço BTC).

Volume	2013	2014	2015	2016
BTC	14	35	113	172
Variação (%)	-	145%	222%	53%
BRL MM	14	44	113	363
Variação (%)	-	206%	158%	221%

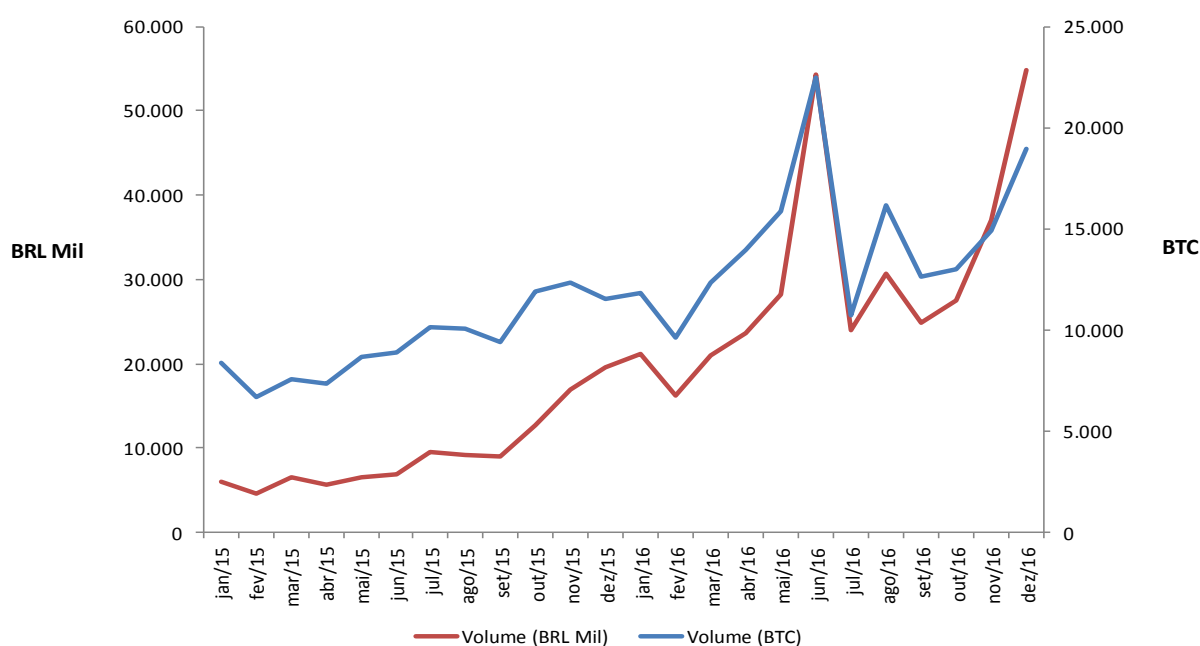


Figura 4: Volume de transações em Reais e BTC do mercado brasileiro

Atualmente, o Brasil apresenta um número de volume de transações de BTC irrelevante comparado ao cenário internacional, conforme vemos na figura 5. Esta condição pode causar distorções no mercado doméstico comparado ao global, iremos explorar esse assunto nos próximos capítulos.

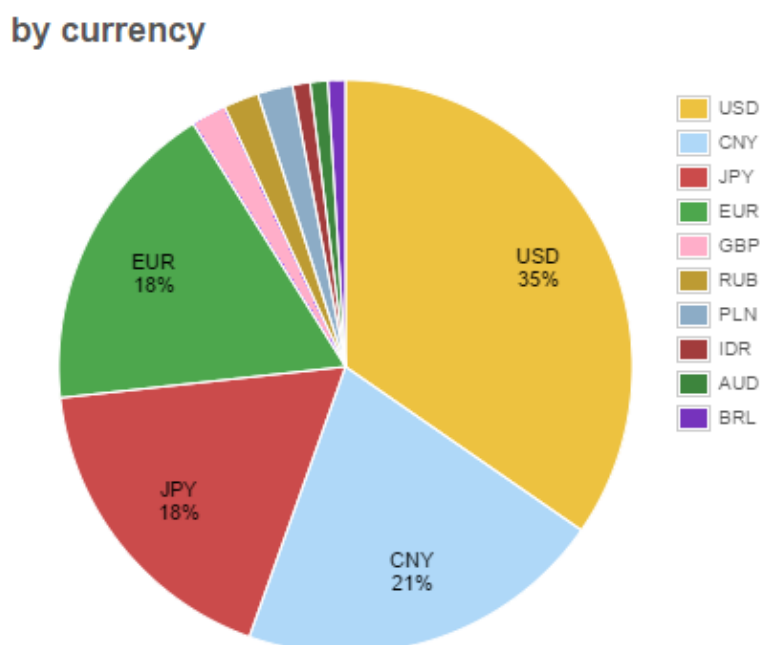


Figura 5: Volume de transação por moeda. Fonte: <https://bitcoincharts.com/charts/volume pie/>

Funcionalidades da moeda

Após avaliarmos a volumetria deste mercado, buscarei apresentar três funções da moeda no mercado brasileiro que acredito ser a origem desse volume. Hoje em dia, um número ínfimo de estabelecimentos comerciais no território brasileiro aceitam Bitcoin, o que me faz supor que grande parte do volume negociado tem três grandes objetivos:

- **Envio de remessas para o exterior**

Atualmente o custo e velocidade de transação de dinheiro para outros países são muito elevados. Ao utilizar a criptomoeda para este tipo de transação é possível transferir o valor em apenas 10 minutos, enquanto o método convencional pode demorar 2 dias úteis ou mais. Além disso, ao utilizar o BTC são pagas apenas as taxas cobradas pelo depósito, compra, venda e retirada. Evitando assim, as tarifas e spreads cobrados nas operações cambiais pelas instituições financeiras.

Segue abaixo um total de quatro simulações, duas em cada data, de envio de remessas em dois sentidos: Uma transferência de BRL 1.000 do Brasil para os Estados Unidos (esquerda), e outra seguindo a direção oposta (direita). Foram utilizadas as taxas e preços cobrados por duas das principais corretoras de cada país (FoxBit – Brasil / Kraken –USA) e o tempo de exposição à variação do preço do BTC, ou seja, o tempo entre a compra do BTC até a venda do BTC, é de cerca de 10-15 min.

Repare na simulação à esquerda (Brasil>EUA) da Figura 6, que a taxa de câmbio efetiva após descontarmos todos os custos de uma transação de BTC é menor que a taxa de câmbio turismo, demonstrando uma economia, se ainda pensarmos nas taxas extras para envio de remessas ao exterior cobradas pelas instituições financeiras. Enquanto isso, na operação da direita (EUA>Brasil), também existe ganhos de taxa cambial ao transferir via Bitcoin. É possível vender seus dólares a um preço mais caro.

Valor BRL		1.000
Foxbit	Depósito	0%
	BRL/BTC	4.460
	Compra	0,50%
Transferência		0,0008 BTCs
Kraken	Venda	0,26%
	USD/BTC	1.380
	Saque	5
Valor Efetivo USD		300,97
Taxa de Câmbio Efetiva		3,32
Câmbio Comercial do dia		3,18
Câmbio Turismo do dia (Comprar)		3,34

Valor BRL		1.000
Kraken	Depósito	5
	USD/BTC	1.380
	Compra	0,26%
Transferência		0,0008 BTCs
Foxbit	Venda	0,50%
	BRL/BTC	4.460
	Saque	1%
Valor Efetivo BRL		3203,80
Taxa de Câmbio Efetiva (USD/BRL)		3,20
Dólar Comercial do dia		3,18
Dólar Turismo do dia (Vender)		3,02

Figura 6: Simulação 1 no dia 28/04/17, utilizando as taxas e cotações vigentes às 17:50

Na simulação à esquerda (Brasil>EUA) da Figura 7, não existe vantagem em se enviar dinheiro via Bitcoin, o custo de transação se torna mais caro que pelas vias tradicionais. Porém, na simulação à direita (EUA>Brasil) se obtém relevantes ganhos cambiais. O resultado encontrado chama atenção, aparentemente os brasileiros pagam um prêmio em comparação ao valor global de BTC. Brasileiros residentes no exterior têm grandes incentivos a enviar dinheiro para seus familiares via criptomoeda.

Valor BRL		1.000
Foxbit	Depósito	0%
	BRL/BTC	8.880
	Compra	0,50%
Transferência		0,0008 BTCs
Kraken	Venda	0,26%
	USD/BTC	2.490
	Saque	5
Valor Efetivo USD		271,29
Taxa de Câmbio Efetiva		3,69
Câmbio Comercial do dia		3,32
Câmbio Turismo do dia (Comprar)		3,47

Valor BRL		1.000
Kraken	Depósito	5
	USD/BTC	2.490
	Compra	0,26%
Transferência		0,0008 BTCs
Foxbit	Venda	0,50%
	BRL/BTC	8.880
	Saque	1%
Valor Efetivo BRL		3532,13
Taxa de Câmbio Efetiva		3,53
Dólar Comercial do dia		3,32
Dólar Turismo do dia (Vender)		3,27

Figura 7: Simulação 1 no dia 27/06/17, utilizando as taxas e cotações vigentes às 20:20.

Um ponto importante a ser levantando é a questão de recolhimento de impostos. Como o BTC não é regulado pela legislação brasileira não existe um procedimento a ser seguido. Esta falta de regulamentação torna impossível afirmar se a operação é legal ou ilegal, gerando insegurança jurídica.

- **Burlar fiscalização e pagamentos de impostos**

A falta de regulação do Bitcoin na legislação brasileira gera brechas para a utilização da criptomoeda com o objetivo de burlar o sistema. O difícil rastreamento de pagamentos em Bitcoin tornam possíveis transações criminosas e sem o recolhimento de impostos. Indivíduos que antes utilizavam dinheiro vivo para este tipo de transação, hoje em dia encontram o Bitcoin como uma nova ferramenta.

Apesar disso, como atualmente Bitcoin não é reconhecido como moeda no Brasil, a Receita Federal definiu que nos casos que o contribuinte tenha BTCs equivalentes a mais de BRL 1.000, eles devem ser declarados ao preço de compra no IR como ‘outros bens’. Além disso, a apuração e recolhimento dos rendimentos com Bitcoin devem ser efetuados em todos os meses nos quais a soma das vendas exceder BRL 35 mil, utilizando-se o Programa de Apuração dos Ganhos de Capital.

Até final de dezembro de 2016, quem obteve ganhos de capital na venda de bitcoins pagou 15% de Imposto de Renda independentemente do valor do lucro. A partir de Janeiro de 2017, somente os ganhos de capital de até R\$ 5 milhões serão tributadas em 15%. A alíquota sobe para 17,5% nos ganhos entre R\$ 5 milhões e R\$ 10 milhões, para 20% nos ganhos entre R\$ 10 milhões e R\$ 30 milhões e para 22,5% nos lucros acima de R\$ 30 milhões.

- **Investimento**

Acredito que investimento seja responsável pela **maioria expressiva** do volume transacionado, sendo assim, o principal objetivo dos compradores do Bitcoin no Brasil. A seguir apresento os dois perfis investidores existentes:

-Investidor de médio e longo prazo

Os que acreditam no potencial da criptomoeda e sua rede e observam o crescimento de valor ano a ano, superando investimentos em renda fixa, grandes fundos e bolsas de valores. Este investidor comprará a moeda ao preço que estiver estipulado e irá retê-la.

Segue abaixo a valorização do Bitcoin, no Brasil, de 2014 até o momento:

Período	Variação BRL	Variação %
6 meses atrás	+5.485	+156%
1 anos atrás	+6.695	+290%
2 anos atrás	+8.141	+948%
3 anos atrás	+7.870	+696%

Figura 8: Cotação base utilizada no dia 28/06/17

-Traders (Investidor de curto prazo)

Este tipo de investidor enxerga na alta volatilidade do valor da moeda e na ineficiência do mercado de Bitcoin brasileiro oportunidades de gerar ganhos em curtíssimo prazo. Estes investidores balizam os preços de mercado baseados nas cotações americanas. São agentes muito importante deste mercado, pois são responsáveis por gerar liquidez e equalização de preços.

Corretoras

Conforme descrevi no Capítulo 2, as corretoras de BTCs são peças chave para o funcionamento deste mercado. Nelas é possível transacionar como numa corretora usual, de maneira muito simples e econômica permitindo a entrada de usuários leigos. Basicamente, são sites que geram o encontro de indivíduos interessados em comprar e/ou vender a criptomoeda, onde os próprios indivíduos definem o preço que consideram justo. Atualmente existem sete exchanges relevantes no Brasil. Apresentarei

a seguir um gráfico que retrata a evolução do market share de cada uma delas. Para isto utilizarei o volume de BTCs transacionados, esses dados foram obtidos através de relatórios disponibilizados pelo portal Bitvalor. O primeiro registro disponibilizado são dados anuais em 2013 e 2014, a partir de 2015 com o crescimento do mercado foi possível obter dados mensais. A partir de 2015 a Foxbit se consolida como a maior corretora de Bitcoin brasileira, apresentando atualmente um market share de cerca de 40%.

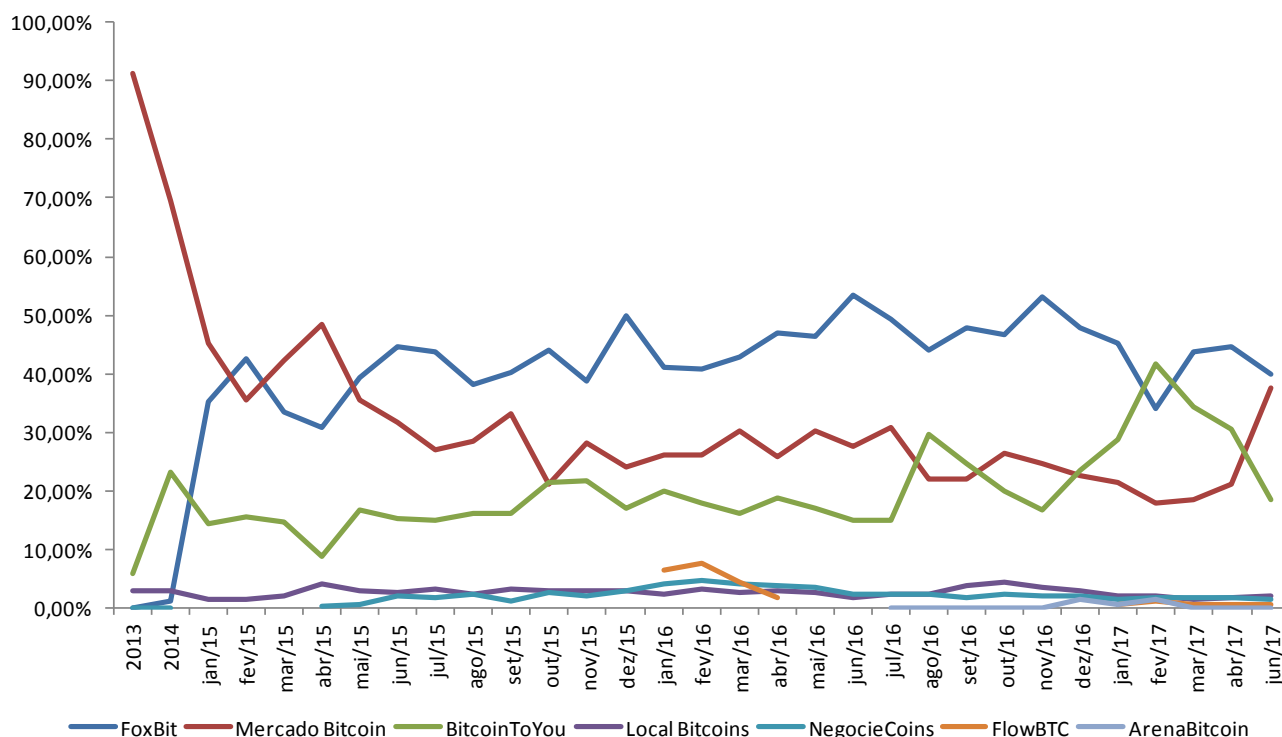


Figura 9: Evolução do market share das corretoras mais relevantes no mercado brasileiros.

Preço

Vimos que o Bitcoin é um mercado global com rapidez de transação, portanto, faz sentido seu preço no mercado doméstico se mover junto com a cotação americana, conforme observamos no gráfico a seguir (Figura 10). No gráfico também observamos que apesar da taxa de câmbio começar a se reduzir em Março de 2016, e o preço em USD se permanecer de certa forma estável, aparentemente o vale entre as duas cotações se amplia. Analisaremos esta relação mais a fundo no capítulo a seguir.

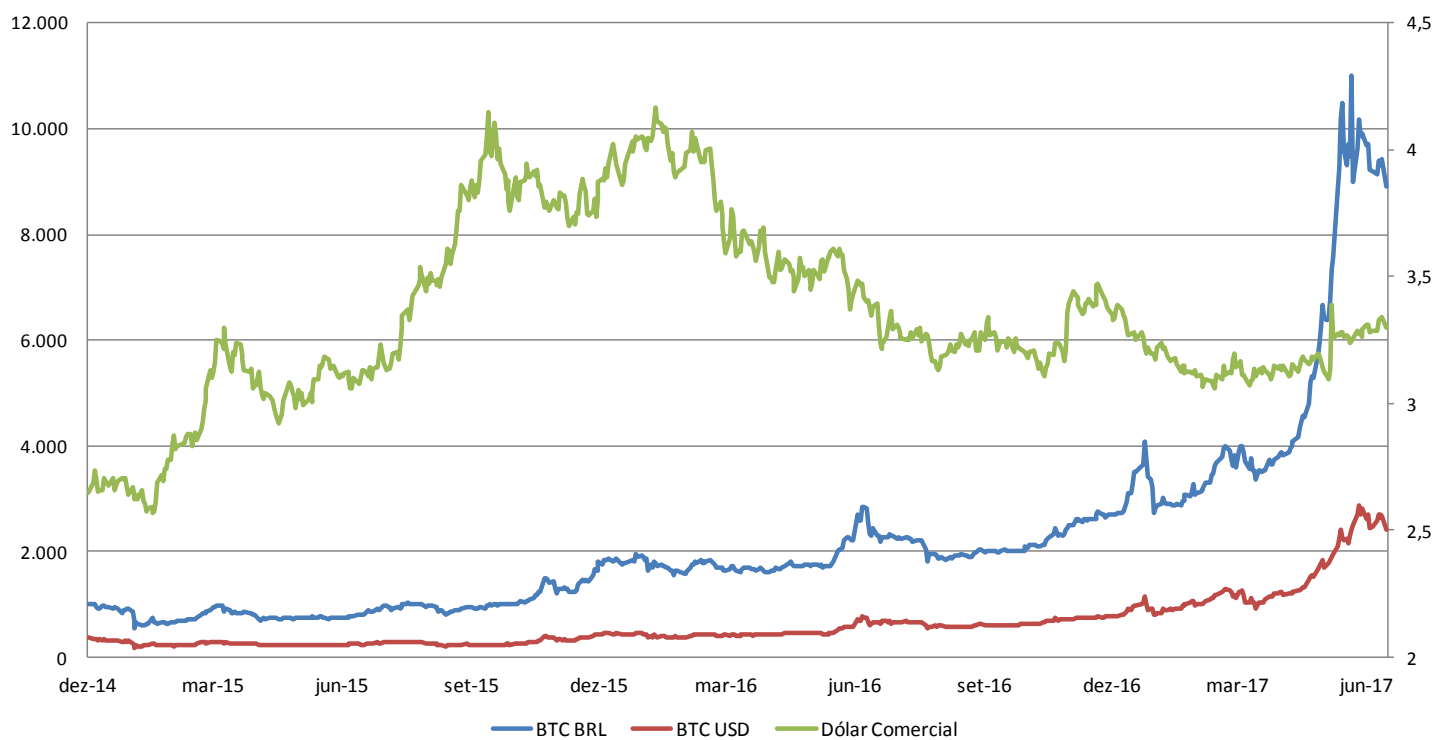


Figura 10: Evolução preço Bitcoin nas corretoras FoxBit (Brasil) e Kraken (USA).

4. Análise de Falhas/Ineficiência de Mercado

A hipótese dos mercados eficientes postula que o preço dos ativos reflete integralmente toda a informação disponível. A teoria foi desenvolvida e sustentada empiricamente majoritariamente pelos economistas Eugene Fama e Kenneth French. As evidências mais robustas para a hipótese dos mercados eficientes tem origem de estudos de evento. Ou seja, eventos precisamente datados e com um efeito expressivo nos preços (exemplo: efeito delação JBS, vazamento áudio Joesley) fornecem uma estimativa da velocidade de ajuste de preços à chegada da nova “informação” (ver Fama e French (1980), Fama (1991) e Cochrane (1991)). Para a literatura de finanças corporativas os resultados apontam que os preços rapidamente se ajustam às informações que “fazem preço”, como mudanças na estrutura de capital e mudanças de política de dividendos. A implicação direta da teoria de mercados eficientes em sua vertente forte e semi-forte é que obter retornos em excesso consistentemente é impossível.

À luz desta teoria, onde se encontra o nascente mercado de Bitcoin? Durante o projeto de monografia já foram apresentadas as estruturas e características principais do mercado brasileiro de Bitcoin. Porém, ao me aprofundar sobre o tema e acompanhar de perto o mercado me deparei com situações de aparente ineficiência de mercado, que vão em direção oposta à teoria e motivaram à seguinte análise:

Bitcoin é um mercado embrionário em expansão e com alta volatilidade. Além disso, é um mercado global, portanto no caso de eficiência de mercado o preço no mercado doméstico deve seguir a paridade da cotação global. Essas características deram origem aos questionamentos a seguir: Como se dá o ajuste de preço no mercado brasileiro decorrente de mudanças na cotação global? Ou seja, em quanto tempo se ajusta? O ajuste é eficiente? É parcial ou total?

A análise empírica visará dar luz a essas perguntas. Para isso, investigarei a persistência das oportunidades de arbitragem no mercado de criptomoedas brasileiro vis a vis o internacional e analisarei o episódio do vazamento do áudio Joesley.

Para responder estas perguntas, coletei no site <https://bitcoincharts.com/>, portal que disponibiliza dados de corretoras de Bitcoin do mundo todo, as séries históricas da cotação de fechamento diária das corretoras FoxBit (Brasil) e Kraken (USA). A

corretora brasileira é a exchange com maior market share e a americana é umas das principais corretoras americana.

A seguir, escolhi a linguagem de programação ‘R’ para fazer um teste de resposta a impulso do BTC USD sobre BTC BRL, esta linguagem foi desenvolvida colaborativamente e é ideal para cálculos estatísticos e gráficos. Por ser open-source está em constante evolução e são disponibilizados diversos pacotes com recursos e ferramentas modernas. Nesta análise utilizarei os pacotes: ‘vars’ e ‘tseries’.

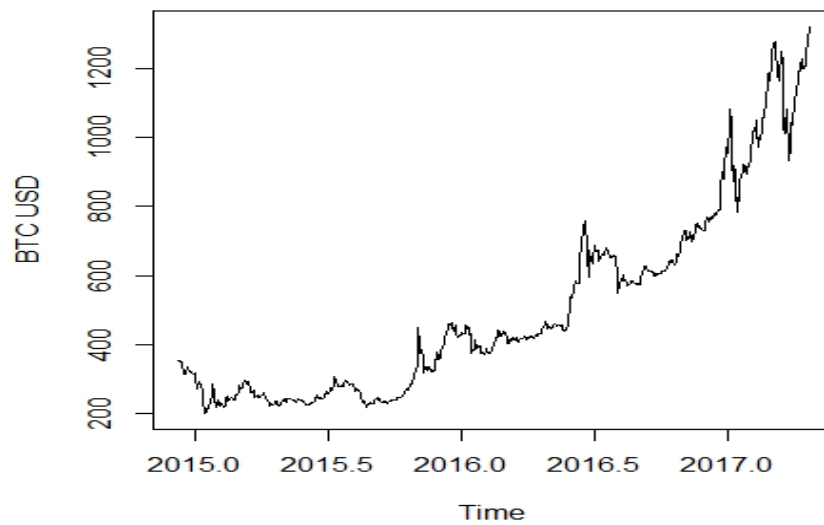
O primeiro passo foi verificar a existência de raiz unitária em cada uma das séries. Para tal tarefa rodei um teste ADF (Dickey Fuller Aumentado). Observe que em ambas os p-valores são elevados, não rejeitando a hipótese nula (presença de raiz unitária). Para solucionar este impasse tiro a primeira diferença das séries as tornando estacionárias.



```
> adf.test(BTC_BRL)
```

Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: BTC_BRL  
Dickey-Fuller = -2.4632, Lag order = 9, p-value = 0.3822  
alternative hypothesis: stationary
```



```
> adf.test(BTC_USD)
```

```
Augmented Dickey-Fuller Test
```

```
data: BTC_USD
```

```
Dickey-Fuller = -1.54, Lag order = 9, p-value = 0.773
```

```
alternative hypothesis: stationary
```

Agora que temos as duas séries em sua primeira diferença, rodo três modelos de vetores autorregressivos (VAR) aumentando suas defasagens sucessivamente. Observo pelos resultados que o modelo de duas defasagens é suficiente para capturar uma possível dinâmica de ajuste do preço brasileiro ao americano. Acrescentar mais uma defasagem aumentaria o R^2 , porém um valor insignificante para o objetivo da análise.

Abaixo o resumo das regressões:

- VAR (P=1)

```
VAR Estimation Results:
=====
Endogenous variables: BTC_BRL, BTC_USD
Deterministic variables: const
Sample size: 862
Log Likelihood: -7842.272
Roots of the characteristic polynomial:
0.1867 0.1041
Call:
VAR(y = y, p = 1)

Estimation results for equation BTC_BRL:
=====
BTC_BRL = BTC_BRL.l1 + BTC_USD.l1 + const

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
BTC_BRL.l1  0.004935    0.043730   0.113   0.9102
BTC_USD.l1  0.129795    0.172101   0.754   0.4510
const       3.397547    2.024552   1.678   0.0937 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 59.27 on 859 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.001316, Adjusted R-squared: -0.001009
F-statistic: 0.5659 on 2 and 859 DF, p-value: 0.5681

Covariance matrix of residuals:
      BTC_BRL BTC_USD
BTC_BRL 3512.5  549.1
BTC_USD  549.1  164.3

Correlation matrix of residuals:
      BTC_BRL BTC_USD
BTC_BRL 1.0000 0.7228
BTC_USD 0.7228 1.0000
```

- VAR (P=2)

```
VAR Estimation Results:
=====
Endogenous variables: BTC_BRL, BTC_USD
Deterministic variables: none
Sample size: 861
Log Likelihood: -7829.003
Roots of the characteristic polynomial:
0.3201 0.3201 0.2704 0.2704
Call:
VAR(y = y, p = 2, type = "none")

Estimation results for equation BTC_BRL:
=====
BTC_BRL = BTC_BRL.l1 + BTC_USD.l1 + BTC_BRL.l2 + BTC_USD.l2

              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
BTC_BRL.l1 -0.05936    0.04927  -1.205   0.22857
BTC_USD.l1  0.57376    0.22781   2.519   0.01196 *
BTC_BRL.l2 -0.14567    0.05489  -2.654   0.00811 **
BTC_USD.l2  0.11240    0.17429   0.645   0.51914
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 59.15 on 857 degrees of freedom
Multiple R-Squared: 0.01118, Adjusted R-squared: 0.006566
F-statistic: 2.423 on 4 and 857 DF, p-value: 0.0468
```

Covariance matrix of residuals:

```
      BTC_BRL  BTC_USD
BTC_BRL  3486.7   544.5
BTC_USD   544.5   162.8
```

Correlation matrix of residuals:

```
      BTC_BRL  BTC_USD
BTC_BRL  1.0000  0.7228
BTC_USD  0.7228  1.0000
```

- VAR (P=3)

VAR Estimation Results:

```
=====
Endogenous variables: BTC_BRL, BTC_USD
Deterministic variables: none
Sample size: 860
Log Likelihood: -7815.748
Roots of the characteristic polynomial:
0.5028 0.5028 0.4354 0.4354 0.3714 0.281
Call:
VAR(y = y, p = 3, type = "none")
```

Estimation results for equation BTC_BRL:

```
=====
BTC_BRL = BTC_BRL.l1 + BTC_USD.l1 + BTC_BRL.l2 + BTC_USD.l2 + BTC_BRL.l3 + BTC_USD.l3
```

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
BTC_BRL.l1	-0.06120	0.04946	-1.237	0.21632
BTC_USD.l1	0.55870	0.22857	2.444	0.01471 *
BTC_BRL.l2	-0.17240	0.05958	-2.893	0.00391 **
BTC_USD.l2	0.30714	0.23095	1.330	0.18390
BTC_BRL.l3	-0.04809	0.05517	-0.872	0.38364
BTC_USD.l3	-0.09055	0.17489	-0.518	0.60475

 signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Covariance matrix of residuals:

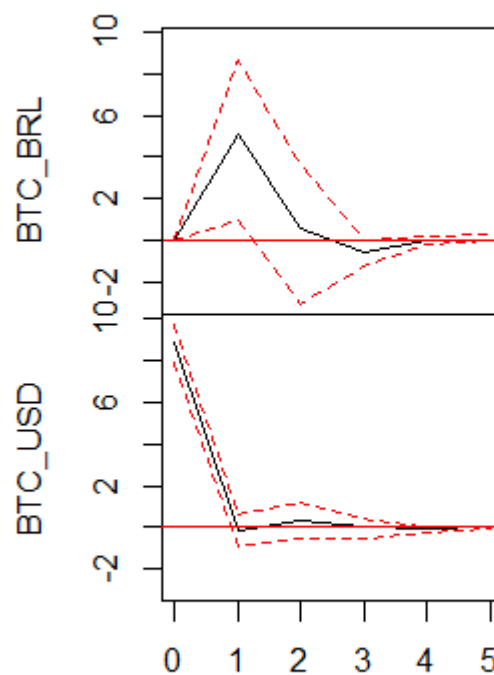
```
      BTC_BRL  BTC_USD
BTC_BRL  3485.6   544.4
BTC_USD   544.4   163.2
```

Correlation matrix of residuals:

```
      BTC_BRL  BTC_USD
BTC_BRL  1.0000  0.7219
BTC_USD  0.7219  1.0000
```

Escolhido o modelo, segui para o objetivo final de toda essa análise, verificar como o preço do Bitcoin no Brasil se ajusta à variação do preço global. Para isso, fiz um teste de resposta a impulso ao choque de um desvio padrão da variável BTC USD. O resultado nos faz questionar a teoria de mercados eficiente para este mercado especificamente, observe que o ajuste ocorre com um atraso considerável e com menor intensidade, indicando que possivelmente existem oportunidades de arbitragem:

Orthogonal Impulse Response from BTC_USD



95 % Bootstrap CI, 100 runs

5. Oportunidades de Arbitragem

Vimos no capítulo anterior através de uma simulação que possivelmente podem surgir oportunidades de arbitragem neste mercado. Motivado pelo estudo anterior agora vamos analisar se no mundo real realmente existem oportunidades de ganhos financeiros de baixo risco.

Simularei duas transações diárias em todos os dias úteis entre 2015 e 2017 (20/04/2017), uma onde se compraria Bitcoins nos EUA e venderia no Brasil e outra inversa. Para isso, utilizarei os seguintes dados: cotação de fechamento da Exchange brasileira (FoxBit) e americana (Kraken), suas respectivas taxas (depósito, compra, transferência, venda, retirada) e cotações de fechamento da compra e venda de dólar turismo.

- Comprando BTC nos EUA e vendendo no Brasil (Simulação 1)

Neste caso o indivíduo converte seus reais em dólares (cotação de compra de dólar turismo), compra BTCs nos Estados Unidos e vende seus BTCs no Brasil (incluindo todas as taxas). O gráfico abaixo apresenta a quantidade de dias que houve oportunidade de arbitragem em cada mês (dias úteis).

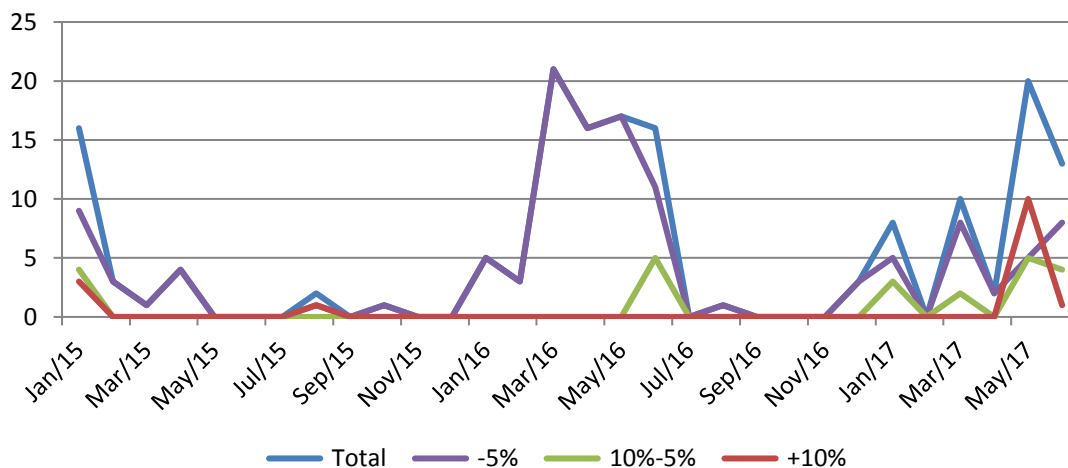


Figura 11: Quantidade de dias que houve oportunidade de arbitragem em cada mês (dias úteis). Simulação 1

Abaixo tabela resume as informações acima em escala anual:

Lucro	Total	%	2015	%	2016	%	2017	%
0 - 1%	47	8%	11	4%	25	10%	11	9%
1%-2%	35	6%	2	1%	23	9%	10	8%
2%-3%	23	4%	3	1%	18	7%	2	2%
3%-4%	16	3%	3	1%	11	4%	2	2%
4%-5%	3	1%	0	0%	0	0%	3	3%
5%-10%	23	4%	4	2%	5	2%	14	12%
10%+	15	3%	4	2%	0	0%	11	9%
Total	162	28%	27	11%	82	33%	53	45%
Amostra	587		249		250		119	

- Comprando BTC no Brasil e vendendo nos EUA (Simulação 2)

Neste caso o indivíduo converte seus dólares em reais (cotação de venda de dólar turismo), compra BTCs no Brasil e vende seus BTCs no EUA (incluindo todas as taxas). Novamente, o gráfico abaixo apresenta a quantidade de dias que houve oportunidades de arbitragem em cada mês (dias úteis).

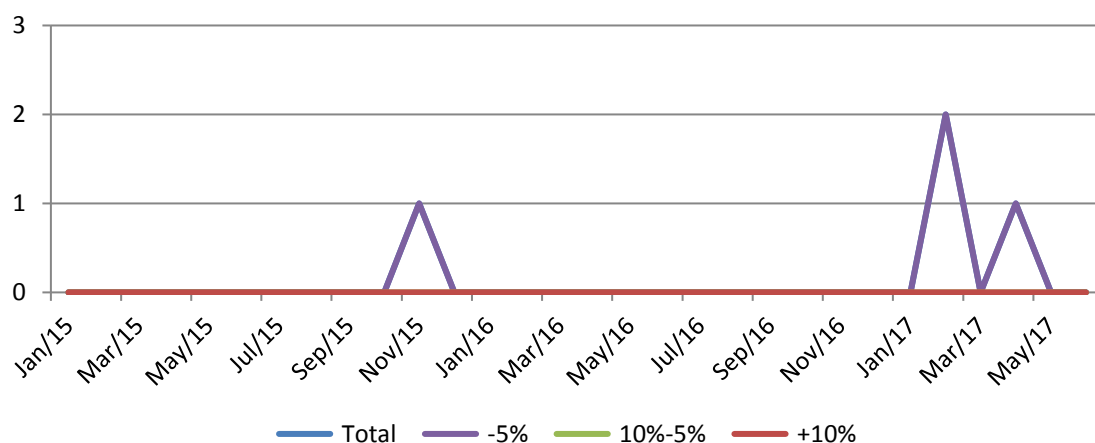


Figura 12: Quantidade de dias que houve oportunidade de arbitragem em cada mês (dias úteis). Simulação 2

Percebe-se que são muito raras as oportunidades comparadas à simulação anterior:

Lucro	Total	%	2015	%	2016	%	2017	%
0 - 1%	2	0%	0	0%	0	0%	2	2%
1%-2%	2	0%	1	0%	0	0%	1	1%
2%-3%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
3%-4%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
4%-5%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
5%-10%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
10%+	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	4	1%	1	0%	0	0%	3	3%
Amostra	581		249		250		119	

Vimos neste capítulo a possibilidade de arbitragem internacional de Bitcoin para o mercado brasileiro. Porém chama atenção o aumento da frequência e dos lucros em situações de arbitragem no último mês (maio de 2017). Dois eventos são chave para entender o motivo: Recente valorização da criptomoeda (dobrou de preço de março/17 para maio/17) e consequente maior divulgação da grande mídia brasileira sobre o tema e a delação da JBS sobre o presidente Michel Temer.

A linha tracejada em vermelho da figura abaixo demarca o dia da divulgação da delação do Joesley Batista contra o presidente da República (17/05/2017). A partir desta data, houve diversos acontecimentos, como divulgações de áudios, inquéritos e depoimentos, que geraram incertezas na economia e política brasileira. Como foi constatado anteriormente, oportunidades de arbitragem já vinham acontecendo pela alta volatilidade da criptomoeda e ajuste ineficiente do mercado brasileiro. Porém, este gráfico deixa claro que houve um aumento do spread do preço global para o preço brasileiro após a divulgação da delação premiada. Um possível motivo, é que os agentes do mercado brasileiro prevendo uma alta do dólar, e devido a ótima performance anual de rentabilidade do investimento em BTC, escolheram o Bitcoin como forma de hedge. O incremento da demanda, somado à variações no preço global do Bitcoin, criou um ambiente de ganhos por arbitragem de mais de 30%, os maiores níveis já vistos dentro do período analisado (Janeiro2015 - Junho 2017). Após duas semanas, os preços do mercado brasileiro começam a se ajustar com o mercado global.

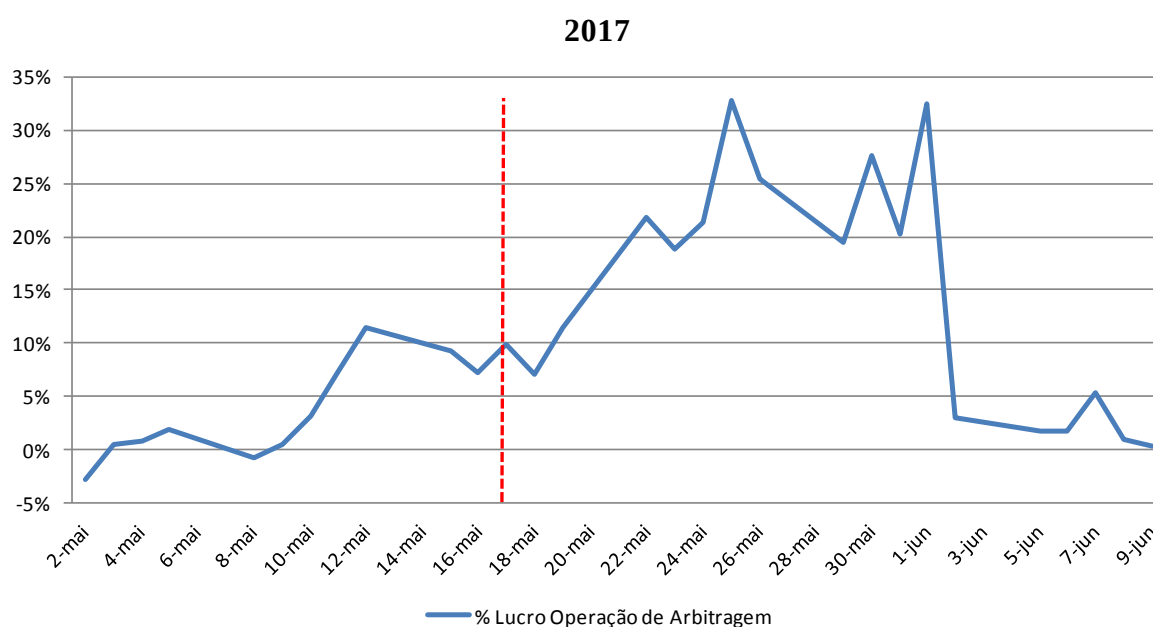


Figura 13: Lucro diário de oportunidades de Arbitragem. (Simulação 1)

6. Conclusão

Inicialmente, através de uma análise descritiva foi possível avaliar particularidades deste mercado em desenvolvimento no Brasil. Posteriormente, em uma análise empírica, foi constatada, através de um choque de resposta a impulso, uma condição que indica claramente ineficiência no ajuste de preço do Bitcoin no Brasil. A moeda é facilmente transacionada globalmente, o que indicou uma situação clara de possibilidade de arbitragem. A hipótese foi provada verdadeira através de simulações diárias com dados reais. Além disso, observamos através dos dados, que um choque inesperado, que impactou o cenário político e econômico, aparentemente expandiu os lucros provenientes de operações de arbitragem, pois criou um descompasso entre os preços globais e locais.

Acredito que o caso brasileiro não é particular. Podemos extrapolar os resultados que indicam possibilidade de arbitragem para outros países que estão desenvolvendo um mercado local de Bitcoin. Esta condição, porém, não durará pra sempre. À medida que os mercados forem evoluindo e as oportunidades de arbitragem sejam exploradas, elas desaparecerão gradualmente.

7. Referências Bibliográficas

1. Satoshi Sakamoto. Labour Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008
2. Accenture Consultins. Banking on Blockchain: A value analysis for investment banks
3. Werner F. M. De Bondt and Richard Thaler. Does the Stock Market Overreact? The Journal of Finance, VOL. XL, N. 3, Junho 1985
4. Fama, Eugene F. Efficient capital markets: II. The journal of finance, v. 46, n. 5, p. 1575-1617, 1991.
5. Cochrane, John H. Volatility tests and efficient markets: A review essay. Journal of Monetary Economics, v. 27, n. 3, p. 463-485, 1991.
6. Historyofbitcoin.org. Website: <http://historyofbitcoin.org/>
7. Coindesk.com. Website: <http://www.coindesk.com>
<http://www.coindesk.com/state-of-bitcoin-q2-2014-report-expanding-bitcoin-economy/>
8. Gizmodo.com. Website: <http://gizmodo.com/the-6-biggest-bitcoin-heists-in-history-1531881137>
9. Blockchain.info. Website: <https://blockchain.info/>
10. Bitvalor.com. Website: <http://bitvalor.com/relatorios>
11. Bitcoinity.org. Website: <https://bitcoinity.org/>
12. Bitcoincharts.com Website: <https://bitcoincharts.com/>
13. Techtudo.com Website:
<http://www.techtudo.com.br/listas/noticia/2017/03/precisa-declarar-bitcoin-no-imposto-de-renda-veja-dicas-importantes.html>
14. Cotações Câmbio. Website: <https://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio>