

Mestrado em Economia
Na especialidade de Economia Financeira

Gabriel Correia Guerreiro

O Mercado de *Bitcoins*/USD
Caracterização Estatística e Inter-Relação Temporal

Trabalho de Projeto Orientado por:
Professor Doutor Helder Sebastião

Fevereiro 2017



FEUC FACULDADE DE ECONOMIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Gabriel Correia Guerreiro

O Mercado de *Bitcoins*/USD

Caracterização Estatística e Inter-Relação Temporal

Trabalho de Projeto do Mestrado em Economia, na especialidade de
Economia Financeira, apresentado à Faculdade de Economia da Universidade
de Coimbra para obtenção do grau de Mestre

Orientador: Professor Doutor Helder Sebastião

Coimbra, 2017

Agradecimentos

Concluído este percurso académico quero agradecer a todas as pessoas que estiveram presentes e que contribuíram, de alguma forma, para ultrapassar esta etapa.

Ao meu orientador, Professor Doutor Helder Miguel Correia Virtuoso Sebastião pela orientação, disponibilidade e apoio neste trajeto, que foi sem dúvida uma determinante fulcral para a conclusão do meu mestrado.

À Luísa, pelo apoio incondicional, dedicação e paciência que demonstrou durante todo este processo.

À minha família pelo valor e estímulo que me deram em todas as minhas decisões.

Resta-me saudar Coimbra pelos melhores anos da minha vida.

Resumo

O principal objetivo deste trabalho de projeto é analisar as taxas de câmbio *bitcoins* /USD oferecidas por diversas casas de câmbio. Esta análise é realizada através da descrição das propriedades estatísticas de várias séries temporais e através do estudo das suas inter-relações. Foi considerado o recurso a medidas de *feedback* com o intuito de inferir qual o sentido do fluxo de informação entre os mercados. A base de dados é composta por quatro casas de câmbio que, no seu conjunto, formam uma quota de cerca de 60% do mercado total *bitcoins*/USD, para o período de 15/11/2013 a 15/09/2016. Para as três principais casas de câmbio, Bitfinex, Bitstamp e BTC-e, cerca de 82% a 97% da transmissão de informação ocorre logo nas primeiras duas horas, após esse intervalo de tempo a maior parte da informação parece ser transmitida pelo mercado mais relevante em termos de volume de transação. A Itbit, enquanto casa de câmbio de menor dimensão e, portanto, menos representativa, tem um papel meramente marginal no processo de transmissão de informação. Apesar de não se verificar empiricamente uma relação linear entre a transmissão de informação e a volatilidade ou o volume de transação, pode concluir-se que a Bitfinex, a casa de câmbio líder, com uma quota de mercado de 43,63%, é também aquela com o papel mais importante na descoberta do preço *bitcoins*/USD. A escolha desta casa de câmbio líder como fonte de informação pode efetivamente trazer vantagens comparativas para os investidores que queiram posicionar-se neste mercado.

Palavras-chave: *Bitcoin*, USD, Causalidade à Granger, VAR, Medidas de *Feedback*.

Classificação JEL: G14, G15, G23.

Abstract

The main objective of this project is to analyze the exchange rates *bitcoins/USD* offered by several exchange houses. This analysis is performed through the description of the statistical properties of several time series and through the study of their inter-relationships. It was considered the use of feedback measures to infer the direction of the information flow between the markets. The database is composed by four exchange houses that together form a market share of about 60% of the overall *bitcoins/USD* market, for the period 11/15/2013 to 9/15/2016. For the three main exchange houses, Bitfinex, Bitstamp and BTC-e, about between 82% and 97% of the transmission of information takes place in the first two hours, after this interval the largest part of the information seems to be transmitted from the most relevant market in terms of transaction volume. The Itbit, while smaller exchange house and therefore less representative, has a purely marginal role in this information process. Although it can't be verified empirically a linear relationship between the transmission of information and the volatility or volume of transaction, it can be concluded that the Bitfinex, the leader exchange house, with a market share of 43.63%, is also the one with the most important role in terms of price discovery in the *bitcoins/USD* market. The choice of this exchange house leader as a source of information may become a comparative advantage to the investor that wants to take positions in this market.

Keywords: Bitcoin, USD, Granger Causality, VAR, Feedback Measures.

JEL Classification: G14, G15, G23.

Índice

Índice de Tabelas	vi
1. Introdução	1
2. Revisão da Literatura	3
3. Descrição Estatística	7
4. Metodologia	11
5. Resultados	13
6. Conclusões	16
Referências Bibliográficas	18
Anexos	19
Anexo 1- Resenha Histórica	19
Anexo 2 – Estacionaridade das Séries	22
Anexo 3 – Distribuição dos Desfasamentos	22
Anexo 4 – Estatísticas Descritivas das <i>Proxies</i> utilizadas nas Regressões.	23

Índice de Tabelas

Tabela 1: Estatísticas Descritivas dos Volumes de Transação Diários.	8
Tabela 2: Estatísticas Descritivas dos Preços Médios Diários.	8
Tabela 3: Estatísticas Descritivas dos Retornos Médios Diários.....	9
Tabela 4: Estatísticas Descritivas das Rentabilidades de duas em duas horas.	10
Tabela 5: Medidas de Feedback de Geweke para a Totalidade da Amostra.	13
Tabela 6: Estatísticas Descritivas das Medidas de Feedback das Subamostras Quinzenais.	14
Tabela A2.1: Testes ADF à Estacionaridade das Séries dos Preços.....	22
Tabela A2.2: Testes ADF à Estacionaridade das Séries das Taxas de Rentabilidade.....	22
Tabela A3.1: Desfasamentos dos VARs Bivariados para as Subamostras	22
Tabela A4.1: Estatísticas Descritivas dos Volumes Diários Médios.....	23
Tabela A4.2: Estatísticas Descritivas das Variâncias Médias.....	23
Tabela A4.3: Estatísticas Descritivas dos Intervalos de Preços Diários Médios.....	23

1. Introdução

Ao longo dos últimos anos, a compra de bens e serviços através da *internet* tem apresentado uma evolução quase exponencial. Essa evolução foi, inerentemente, acompanhada pela diversificação da oferta de métodos de pagamento.

O mercado das *bitcoins* é bastante recente, no entanto tem sido objeto de uma crescente e generalizada aceitação por parte dos “internautas”. Sintomática da sua implementação internacional é o valor já capitalizado neste mercado, o qual atingiu em novembro de 2016, cerca de 11 bilhões de dólares.¹

O conceito da *bitcoin* foi introduzido em 2008, por um ou mais indivíduos anónimos, através do pseudónimo de Satoshi Nakamoto, como o primeiro sistema de pagamentos descentralizado *peer to peer*, permitindo pagamentos e transferências *online* entre partes, sem a intermediação de qualquer instituição financeira.

Neste processo, o eventual envolvimento de intermediários financeiros acarretaria um acréscimo dos custos de transação e a imposição de limites à criação deste meio de pagamento, contudo a intermediação tem como efeito benéfico o aumento da confiança dos utilizadores efetivos e potenciais desta forma de pagamento. Este novo sistema de pagamentos veio agilizar, de certa forma, o modo como se transaciona e transfere valor entre partes, mas que, naturalmente, envolve certos riscos. A principal problemática deste sistema e que, de facto, tem contribuído para episódios de fraude, é o designado *double-spending*,² em que o utilizador não consegue verificar se os antigos detentores das suas *bitcoins* as utilizaram mais do que uma vez. Ocorreram, igualmente, outros acontecimentos fraudulentos, como a *Silk Road*,³ ou o furto na Mt Gox.⁴ Assim, como tentativa de reduzir o risco de incerteza de pagamento e o problema do *double-spending*, criou-se um sistema de segurança baseado em criptografia e em assinaturas digitais e, simultaneamente, a

¹ Consultar valor dos dados referentes à quota de mercado, em quandl.com.

² Confrontar com Satoshi Nakamoto (2008), para uma descrição com maior detalhe, acerca de todo o funcionamento do sistema de pagamentos e principais problemáticas.

³ *Silk Road*, considerado o “*Amazon for Drugs*” foi, talvez, o *site* responsável pelo maior volume de vendas em bitcoin (Trautman, 2014).

⁴ Consultar www.coindesk.com, nomeadamente <http://www.coindesk.com/mt-gox-bankruptcy-details-creditor-reimbursement/> e <http://www.coindesk.com/mt-gox-temporarily-suspends-usd-withdrawals/>, para maior esclarecimento sobre o fecho da Mt Gox.

blockchain, uma base de dados pública (*public ledger*), onde se encontram registadas, cronologicamente, todas as transações efetuadas entre utilizadores.

Em 2011 surgiu a primeira casa de câmbio, a Mt Gox que, juntamente com a BTC-e lideravam inicialmente o mercado de câmbios entre a *bitcoin* e várias moedas, sobretudo de reserva internacional (ver Anexo 1).

O preço da *bitcoin* é determinado, naturalmente, pelas leis da procura e da oferta, sendo que esta está limitada aos 21 milhões de *bitcoins* que, a manter-se o ritmo de crescimento atual, serão atingidos em 2140 (Badev e Chen, 2014).

Como o número de pessoas e instituições que utiliza *bitcoins* ainda é relativamente reduzido e como este tipo de ativo, por se tratar de um mercado *online*, é suscetível a manipulações, a taxa de câmbio entre as *bitcoins* e as outras moedas sofre de elevada volatilidade, o que sob outra perspetiva pode trazer maiores retornos e possibilidade de cobertura de risco de preço devido à sua fraca correlação com outros ativos.

Visto tratar-se de um mercado novo, não só em termos históricos, mas também com respeito aos princípios que lhe estão subjacentes, o seu estudo torna-se de grande importância não só para académicos como para os efetivos e potenciais utilizadores deste mercado. Assim, com este trabalho de projeto pretende-se contribuir para a escassa literatura, atualmente existente, sobre esta temática.

Deste modo, pretende-se numa primeira fase proceder à caracterização estatística univariada das séries temporais das taxas de câmbio *bitcoins/USD* apresentadas por quatro casas de câmbio *online*, sendo três delas bastante significativas em termos de quota de mercado. Numa segunda fase pretende-se estudar as inter-relações entre essas mesmas séries através da análise do contributo dos vários mercados para a incorporação de informação no sistema multivariado de preços e na averiguação das principais determinantes para os veículos de comunicação de informação entre mercados.

A estrutura do trabalho iniciar-se-á com uma breve exposição introdutória acerca do papel da *bitcoin* e principais problemáticas. A revisão da literatura, onde são incluídos os artigos que sustentam o presente estudo, será apresentada na secção 2. As secções 3 e 4 serão dedicadas, respetivamente, à apresentação dos dados, à análise estatística das variáveis selecionadas e à respetiva metodologia utilizada no estudo. Os resultados serão apresentados e discutidos na secção 5 e, finalmente, na secção 6, são apresentadas as principais conclusões.

2. Revisão da Literatura

A *bitcoin* é uma versão *peer to peer* de moeda virtual descentralizada que permite pagamentos e transferências *online*, não estando envolvido neste processo qualquer espécie de intermediação por parte de uma instituição financeira (Nakamoto, 2008). Nesta circunstância, o mercado das *bitcoins* veio revolucionar o sistema de pagamentos internacional ao introduzir a hipótese de realização de transações internacionais sem a intervenção de intermediários financeiros. Efetivamente a *bitcoin* tem-se assumido, cada vez mais, como uma forma fidedigna de efetuar essas transações, evitando os custos de intermediação e, portanto, reduzindo os custos de transação sem quaisquer imposições de limites tanto mínimos como máximos.

A principal problemática deste sistema de pagamentos, e que tem sido a base de alguns episódios de fraude, é o *double-spending* em que o detentor não consegue verificar se as suas *bitcoins* foram utilizadas mais do que uma vez.⁵ Como não existe qualquer tipo de intermediação, é necessário algum controlo e regulação onde, no caso do presente mercado, são precisamente os utilizadores que assumem esta função. Como referem Badev e Chen (2014), todas as transações são registadas cronologicamente na *blockchain*, uma base de dados de acesso público. Com recurso à *blockchain* todos os utilizadores conseguem saber a origem das suas *bitcoins* e se realmente foram utilizadas mais do que uma vez, o que torna bastante difícil ocorrerem episódios de *double-spending* (Li *et al.*, 2014).

Vários autores discutem se a *bitcoin* pode ou não ser considerada uma moeda, no sentido de possuir as propriedades dos ativos que servem como moeda nos seus espaços monetários. Segundo Yermack (2013), a *bitcoin* tem dificuldade em servir de meio de troca devido à complexidade de obtenção de novas *bitcoins*, a menos que se seja um *miner* bem-sucedido.⁶ Por outro lado, dificilmente serve como unidade de conta e meio de reserva de valor, pois o seu valor é caracterizado por uma elevadíssima volatilidade e flutuações intradiárias extremas. A complicar o desempenho de meio de reserva de valor está ainda o facto de a *bitcoin* não ter existência física, sendo geralmente guardada em

⁵ O sistema de pagamentos *bitcoin*, através da *blockchain*, reconhece a origem das *bitcoins* com base no ID da conta usada.

⁶ Indivíduo especializado na descoberta de novos blocos na *blockchain*.

contas *online*, denominadas de carteiras digitais, não podendo ser, por exemplo, depositadas junto do setor financeiro tradicional.

Este mercado tem apresentado um crescimento quase exponencial e reflexo disso é o valor da sua capitalização que atingiu, recentemente, em janeiro de 2013, os 187 milhões de USD (Moore e Christin, 2013).

O que começou apenas como uma experiência entre entusiastas rapidamente evoluiu para um consistente meio de pagamento, passível de ser trocado por múltiplas moedas, principalmente de reserva internacional (Brandvold *et al.*, 2015). Em 2010 surgiu a primeira casa de câmbio, a Mt Gox, onde foi possível, a partir desse momento, trocar as *bitcoins* por várias moedas. A Mt Gox dominou o mercado entre 2010 e 2012 detendo uma quota de mercado superior a 80%, sendo que a maior parte das suas transações, até ao ano de 2014, foram efetuadas em USD (aproximadamente 80%). A Mt Gox perdeu grande parte da sua quota de mercado, no ano de 2013, para a Bitstamp e para a BTC-e devido a problemas substanciais relacionados com levantamentos (*withdrawals*).

Após o fecho da Mt Gox, a BTC-e, a primeira casa de câmbio a trocar *bitcoins* por USD atingiu uma quota de mercado de cerca de 25%, em termos de volume de transação *bitcoins/USD*. A Bitstamp, que apenas fazia transações nestas duas moedas e, também a Bitfinex, que entrou um pouco mais tarde no mercado, possuíam 50% e 25% da quota de mercado, respetivamente (Gandal e Halaburda, 2014). Dados mais recentes apontam para uma maior concorrência entre casas de câmbio, estando os montantes e frequências de transação, as quotas de mercado e o processo de descoberta dos preços melhor repartidos (Fink e Johann, 2014). Todavia, todos os autores são consonantes em apontar elevadas taxas de retorno acompanhadas por elevadas volatilidades que tiveram por base eventos extremos de crises e *booms* das principais casas de câmbio.

Moore e Christin (2013) enunciam alguns fatores que podem explicar a sobrevivência e sucesso de uma casa de câmbio. Os autores referem que um elevado volume de transação diário médio é essencial para a rentabilidade de uma casa de câmbio. Outro fator é a probabilidade de uma “falha de segurança”, pois estas falhas reduzem os lucros e os *cash flows*, “minam” a confiança e a reputação, resultando numa redução assinalável dos lucros futuros. Os autores verificam, empiricamente, que a probabilidade de uma casa de câmbio encerrar está negativamente relacionada com o volume de transação diário médio, mas positivamente relacionado com o evento “falha de segurança”.

Relativamente ao preço das *bitcoins*, este é determinado pelas leis da procura e oferta, sendo que esta está limitada aos 21 milhões de *bitcoins*, que serão atingidos, supostamente, de acordo com Badev e Chen (2014), em 2140. Portanto, o potencial de oferta é fixo, todavia a procura tem vindo a aumentar incessantemente (Li *et al.*, 2014). No início das transações em *bitcoins*, em 2010, o preço de uma *bitcoin* era inferior a 0,14 cêntimos de USD. Em 2011, o preço de cada *bitcoin* aumentou até aos 32 USD tendo voltado a cair até aos 2 USD. O ano em que se verificou o maior aumento de sempre da história da *bitcoin* ocorreu em novembro de 2013, quando cada *bitcoin* chegou a ser cotada em 1200 USD. O seu decréscimo, a partir dessa data, deveu-se em grande medida à falência da Mt Gox, em fevereiro de 2014, o que denota a fragilidade do mercado, uma vez que até a maior casa de câmbio pode, subitamente, colapsar.

Quanto às determinantes que afetam a flutuação do valor da taxa de câmbio *bitcoins*/USD, Li *et al.* (2014) referem que a mesma não é, apenas, afetada por fatores de políticas monetárias nominais, como a taxa de inflação ou a oferta de moeda mas, é igualmente suscetível de ser influenciada por fatores tecnológicos, como o reconhecimento público ou a *mining technology*.⁷

A recente crise levou alguns investidores a explorarem e a inovarem nas suas oportunidades de investimento. O investimento em *bitcoins*, embora seja de elevado risco, possui uma taxa de retorno com características significativamente diferentes do ouro ou do petróleo e proporciona uma diversificação nos portefólios com elevados benefícios, por estes terem uma ínfima correlação com outros ativos. De acordo com Brière *et al.* (2013) a inclusão de *bitcoins*, mesmo numa pequena porção, num portefólio bem diversificado, pode aumentar significativamente a sua taxa de rentabilidade esperada, porém diminui decerto o risco total.

Dada a multiplicidade de casas de câmbio, a questão central prende-se com a necessidade de saber qual a casa que providencia informação a um ritmo mais acelerado sobre o verdadeiro valor das *bitcoins*. A determinação desse mercado é essencial como sinalização do preço da *bitcoin*, mas também pode providenciar informação que permite operações de arbitragem (Gandal e Halaburda, 2014).

⁷ A *mining technology* é composta, mais recentemente, pelos ASICs (*Application-specific integrated circuit chips*), desenvolvidos para auxiliar na descoberta de novos blocos de forma mais eficiente.

A melhor sinalização de um determinado mercado tem como efeito o aumento da frequência e do volume de transação, aumentando a sua liquidez. Todavia, as pequenas casas de câmbio podem coexistir com outras de grande dimensão, pois a concorrência, tendo em conta os intervenientes em cada lado do mercado (compra e venda), é mais reduzida, possibilitando a obtenção temporária de preços mais favoráveis (Gandal e Halaburda, 2014). Aliás, como referem Ellison e Fudenberg (2003), enquanto não for possível a realização de operações de arbitragem com baixos custos e rapidamente, a coexistência entre várias casas de câmbio será possível.

A quota de informação de uma casa de câmbio dá-se pela fração de participação de cada casa na descoberta do preço das *bitcoins*, em que Brandvold *et al.* (2015) com uma amostra constituída por sete casas de câmbio e quatro taxas de câmbio concluíram que a Mt Gox e a BTC-e lideravam o mercado, no que respeita à transmissão de informação, visto que a fração de participação na descoberta do preço das *bitcoins*, por casas de câmbio de maior dimensão, era superior. A temática da descoberta de preço pelas várias casas de câmbio já foi retratada por outros autores (por exemplo, Brandvold *et al.*, 2015) no entanto, dada a reestruturação rápida deste mercado com o fecho de casas de câmbio, com poder de mercado (caso da Mt Gox que faliu, em 2014) e da entrada de novos participantes, esta continua a ser uma questão em aberto. De facto, a questão essencial pode ser reformulada da seguinte forma: A liderança em termos de volume de transação e inerente quota de mercado continua a implicar liderança em termos de descoberta do preço de equilíbrio?

3. Descrição Estatística

Uma vez que todos os códigos da *bitcoin* são *open source* e que todas as transações podem ser verificadas publicamente através da *blockchain*, é possível aceder *online* a dados de transação com elevada frequência. A base de dados usada no presente trabalho de projeto foi descarregada do *site bitcoincharts*. A base de dados é composta pelas taxas de câmbio *bitcoin/USD* de quatro casas de câmbio com periodicidade de duas em duas horas, o que obviamente inclui os valores de abertura, de fecho, diários mais alto e mais baixo, assim como o volume de transação diário (tanto em dólares como em *bitcoins*) e o preço diário médio ponderado pelo volume de transação.

Neste estudo foram consideradas a Bitstamp, a Bitfinex e a BTC-e, as quais representam, no seu conjunto, uma quota de mercado assinalável em termos de volume de transação.⁸ Além das três anteriores casas de câmbio, foi ainda considerada a Itbit, cujo volume de transação fica muito aquém das anteriores mas, que é indubitavelmente, representativa do conjunto de inúmeras casas de câmbio com uma quota de mercado, em termos de volume de transação, inferior a 10%. Com a inclusão da Itbit pretende-se verificar se o comportamento das séries temporais e da sua interdependência depende em grande medida da sua dimensão. No seu todo, estas quatro casas de câmbio representam, durante o período em análise, aproximadamente 60% do mercado de transações entre *bitcoins/USD*. Mais especificamente, a Bitfinex apresenta uma quota de mercado de 43,63%, a Bitstamp de 28,58%, a BTC-e de 21,35% e a Itbit de 6,44%.

A amostra corresponde ao período compreendido entre as 18:00 horas de 15 de novembro de 2013 e as 20:00 horas de 15 de setembro de 2016. Apesar destas várias casas de câmbio terem iniciado a sua atividade em momentos diferentes (ver Anexo 1), a data de início da amostra foi escolhida tendo em consideração níveis significativos de volume e volatilidade.

A base de dados original contém volumes de transação infinitesimais, os quais foram substituídos por zeros e, por sua vez, as taxas de câmbio nulas substituídas pelas últimas taxas de câmbio conhecidas em cada momento.

⁸ No conjunto das casas de câmbio mais representativas encontra-se também a GDAX. A sua não inclusão neste estudo advém, simplesmente, da impossibilidade da obtenção de dados fidedignos.

Nas tabelas seguintes, encontram-se sumariadas as estatísticas descritivas das variáveis usadas no estudo.

Na Tabela 1 são apresentadas as estatísticas descritivas referentes aos volumes de transação diários das quatro casas de câmbio em análise.

Tabela 1: Estatísticas Descritivas dos Volumes de Transação Diários.

	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV	Sk	Kurt	Iq	ρ_1
Bitfinex	22511	14783	0,0000	274466	25637	1,1389	3,8797	24,428	197201	0,6637
Bitstamp	13072	8668,5	0,0000	137070	13416	1,0263	3,5765	20,083	11037,7	0,6466
BTC-e	9302,3	6279,5	0,0000	149309	10739	1,1545	5,4114	46,400	5500,2	0,6287
Itbit	3330,2	1904,9	0,0000	40070	4272,4	1,2829	3,4772	18,784	3383,5	0,6258

Notas: Estatísticas descritivas dos volumes de transação diários de cada casa de câmbio, durante o período de 15/11/2013 a 15/09/2016. DP refere-se ao desvio-padrão, CV representa o coeficiente de variação, Sk é a assimetria, Kurt é o excesso de curtose, Iq é o intervalo interquartil e ρ_1 é a autocorrelação de primeira ordem.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

A Bitfinex apesar de ter iniciado a sua atividade em 2013, depois da Bitstamp e da BTC-e, é a casa de câmbio com um volume de transação diário médio mais elevado, enquanto a Itbit é a casa de câmbio com um volume de transação diário médio mais baixo (apenas cerca de 15% do volume de transação da Bitfinex). Durante o período amostral ocorreram dias sem qualquer transação nas quatro casas de câmbio. A dispersão do volume segue a ordenação da média, todavia é precisamente a Itbit com um maior coeficiente de variação. Todas as séries dos volumes diários apresentam assimetria positiva e excesso de curtose, enquanto o coeficiente de correlação de primeira ordem é elevado, situando-se entre 0,62 e 0,66.

Na Tabela 2 encontram-se as estatísticas descritivas dos preços médios diários ponderados pelos volumes de transação.

Tabela 2: Estatísticas Descritivas dos Preços Médios Diários.

	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV	Sk	Kurt	Iq	ρ_1
Bitfinex	443,21	420,81	195,03	1137,1	176,60	0,3985	0,7279	0,1223	302,94	0,9922
Bitstamp	442,09	420,16	189,84	1132,2	175,98	0,3981	0,7292	0,1330	301,12	0,9923
BTC-e	436,89	418,10	190,15	1053,6	172,09	0,3940	0,6704	-0,1042	302,25	0,9924
Itbit	442,70	419,64	192,68	1141,5	177,34	0,4006	0,7590	0,2232	299,61	0,9913

Notas: Estatísticas descritivas dos preços médios diários, ponderados pelo volume de transação de cada casa de câmbio, durante o período de 15/11/2013 a 15/09/2016. DP refere-se ao desvio-padrão, CV representa o coeficiente de variação, Sk é a assimetria, Kurt é o excesso de curtose, Iq é o intervalo interquartil e ρ_1 é a autocorrelação de primeira ordem.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

Durante o período em análise, os preços médios situaram-se, em média, em cerca de 443 para a Bitfinex e para a Itbit, enquanto a BTC-e apresentou um preço médio de 437 e a Bitstamp de 442. Neste período a *bitcoin* sofreu uma oscilação assinalável, atingindo um mínimo e um máximo de aproximadamente 190 e 1140 USD, respetivamente. As séries dos preços médios apresentam um *trend* marcadamente positivo, com um desvio padrão substancialmente inferior à média, assimetria positiva e excesso de curtose (exceto para a BTC-e). Os coeficientes de autocorrelação de primeira ordem são muito próximos da unidade, o que obviamente indicia a não estacionaridade das séries.

Na Tabela 3 encontram-se as estatísticas descritivas dos retornos médios diários, ponderados pelo volume de transação.

Tabela 3: Estatísticas Descritivas dos Retornos Médios Diários.

	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV	Sk	Kurt	Iq	ρ_1
Bitfinex	0,0004	0,0000	-0,2595	0,2273	0,0368	99,618	-0,3259	9,9767	0,0254	0,1574
Bitstamp	0,0004	0,0000	-0,2533	0,2062	0,0365	101,14	-0,5026	9,4931	0,0243	0,1504
BTC-e	0,0004	0,0002	-0,2393	0,2261	0,0361	92,960	-0,7006	10,449	0,0215	0,1205
Itbit	0,0004	0,0000	-0,2820	0,3122	0,0392	109,82	0,0562	13,568	0,0224	0,0930

Notas: Estatísticas descritivas dos retornos médios diários, resultantes da taxa de crescimento instantânea dos preços médios diários, ponderados pelo volume de transação de cada casa de câmbio, durante o período de 15/11/2013 a 15/09/2016. DP refere-se ao desvio-padrão, CV representa o coeficiente de variação, Sk é a assimetria, Kurt é o excesso de curtose, Iq é o intervalo interquartil e ρ_1 é a autocorrelação de primeira ordem.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETLL.

Para a totalidade das casas de câmbio e tendo em conta os retornos, estes apresentam uma média igual entre casas de câmbio, na ordem dos 0,04% enquanto os desvios padrão são substancialmente superiores (por um fator de cerca de 100). Nestes mercados ocorreram rentabilidades extremas que variaram entre -28% e +31%. A assimetria revelou-se negativa, exceto no caso da Itbit. Todas as séries mostram excesso de curtose e, portanto, apresentam distribuições leptocúrticas. É também de assinalar a existência de autocorrelações de primeira ordem relevantemente positivas, entre 0,09 e 0,1574.

Na Tabela 4 encontram-se as estatísticas descritivas das respetivas taxas de rentabilidade contínuas de duas em duas horas.

Tabela 4: Estatísticas Descritivas das Rentabilidades de duas em duas horas.

	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV	Sk	Kurt	Iq	ρ_1
Bitfinex	3,040	0,0000	-0,4223	0,3311	0,0142	467,60	-1,6767	124,08	0,0071	-0,1259
Bitstamp	2,898	0,0000	-0,2356	0,1938	0,0128	442,04	-0,8803	38,959	0,0073	-0,0689
BTC-e	3,233	0,0000	-0,1819	0,1475	0,0125	385,22	-0,8454	29,119	0,0072	-0,0365
Itbit	2,797	0,0000	-1,7579	1,8005	0,0268	958,94	1,48401	3136,1	0,0053	-0,3829

Notas: Estatísticas descritivas das taxas de rentabilidade contínuas calculadas através dos preços de transação observados de duas em duas horas, durante o período de 15/11/2013 a 15/09/2016. As rentabilidades médias estão multiplicadas por 10^5 . DP refere-se ao desvio-padrão, CV representa o coeficiente de variação, Sk é a assimetria, Kurt é o excesso de curtose, Iq é o intervalo interquartil e ρ_1 é a autocorrelação de primeira ordem.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

As rentabilidades médias, apesar de positivas, não são economicamente diferentes de zero e a mediana é efetivamente zero. O desvio padrão das rentabilidades das várias casas de câmbio situa-se entre 1,25% (para a BTC-e) e 2,68% (para a Itbit), isto significa coeficientes de variação entre 385,22 e 958,94, respetivamente. Os valores extremos são realmente assinaláveis, com um mínimo absoluto de -176% e um máximo absoluto de 180% para a Itbit. Estes resultados permitem inferir que a Itbit, a casa de câmbio com menor quota de mercado e menor volume de transação, e conseqüente menor liquidez, é o mercado com maior volatilidade. Aliás, a Itbit apresenta-se algo diferente em relação às outras casas de câmbio em análise, pois apresenta assimetria positiva e excesso de curtose bastante superior. As rentabilidades intradiárias revelam ainda que o sinal destas tende, em média, a reverter-se de duas em duas horas.

Comparando as rentabilidades de duas em duas horas com as rentabilidades médias diárias, conclui-se que a média e o desvio padrão são, obviamente, menores no segundo caso, todavia é precisamente na escala intradiária que os eventos extremos ganham maior visibilidade, o que é justificado pelos valores muito maiores da assimetria (em termos absolutos) mas, especialmente para o excesso de curtose.

4. Metodologia

Nesta secção apresenta-se a metodologia utilizada para aferir acerca da interdependência temporal entre as várias casas de câmbio. Inicialmente são aplicadas as medidas de *feedback* de Geweke (1982) a toda a amostra. Seguidamente procurou-se encontrar os fundamentais que explicam a intensidade da transmissão de informação entre cada par de mercados.

A aplicação das medidas de *feedback* decorre dos seguintes passos (Geweke, 1982): Para cada par de taxas de retorno $\{r_i, r_j\}$ (diferença dos logaritmos das taxas de câmbio) foram aplicados modelos VAR(p), onde o número máximo de defasamentos, p , foi determinado pelo critério BIC. A utilização das taxas de retorno, em vez dos preços, prende-se com considerações quanto à estacionaridade das séries (ver Anexo 2):

$$r_{i,t} = a_i + \sum_{k=1}^p \alpha_{i,k} r_{i,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{j,k} r_{j,t-k} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$r_{j,t} = a_j + \sum_{k=1}^p \alpha_{j,k} r_{j,t-k} + \sum_{k=1}^p \beta_{i,k} r_{i,t-k} + \varepsilon_{j,t} \quad (2)$$

Posteriormente foram aplicados modelos restritos que efetivamente são modelos autorregressivos:

$$r_{i,t} = a_i + \sum_{k=1}^p \alpha_{i,k} r_{i,t-k} + \xi_{i,t} \quad (3)$$

$$r_{j,t} = a_j + \sum_{k=1}^p \alpha_{j,k} r_{j,t-k} + \xi_{j,t} \quad (4)$$

A relação de *feedback* linear é decomposta pela causalidade de i para j ($i \rightarrow j$), de j para i ($j \rightarrow i$), simultânea ($j \leftrightarrow i$) e total (i, j), tais que:

- ($j \rightarrow i$), $\hat{C}_{i \rightarrow i} = \ln(\hat{\sigma}_{\xi_j}^2 / \hat{\sigma}_{\varepsilon_j}^2)$ (5)

- ($j \rightarrow i$), $\hat{C}_{j \rightarrow i} = \ln(\hat{\sigma}_{\xi_i}^2 / \hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2)$ (6)

- ($j \leftrightarrow i$), $\hat{C}_{i \leftrightarrow j} = \ln[\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}^2 \hat{\sigma}_{\varepsilon_j}^2 / \det(\hat{\Omega})]$ (7)

- (i, j), $\hat{C}_{i, j} = \ln[\hat{\sigma}_{\xi_i}^2 \hat{\sigma}_{\xi_j}^2 / \det(\hat{\Omega})]$ (8)

$$\text{Sendo } \Omega \text{ definida como: } \Omega = \text{cov} \begin{bmatrix} \varepsilon_{i,t} \\ \varepsilon_{j,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_i^2 & \sigma_{ij} \\ \sigma_{ji} & \sigma_j^2 \end{bmatrix}$$

As hipóteses nulas consistem em $\hat{C}_{i \rightarrow j} = 0$, $\hat{C}_{j \rightarrow i} = 0$, $\hat{C}_{i \leftrightarrow j} = 0$ e $\hat{C}_{i,j} = 0$. Estas medidas, multiplicadas pelo número de observações, seguem uma lei qui-quadrado com p , p , 1 e $2p+1$ graus de liberdade, respetivamente (Geweke, 1982). Uma das propriedades interessantes destas medidas de *feedback* é a sua aditividade: $\hat{C}_{i \rightarrow j} + \hat{C}_{i \leftrightarrow j} + \hat{C}_{j \rightarrow i} = \hat{C}_{i,j}$. As medidas de *feedback* desfasadas podem ser obtidas, após manipulação algébrica, a partir das estatísticas F de significância conjunta.⁹

Quais são as forças que levam um mercado a ser superior a outro em termos de transmissão de informação? A teoria dita que deve ser a liquidez e a variabilidade dos preços (Kawaller *et al.*, 1993). Desta forma testaram-se essas hipóteses, considerando a partição dos dados de quinze em quinze dias. Para cada quinzena foram calculadas as medidas de *feedback* desfasadas e a superioridade de um mercado em relação a outro, onde a transmissão de informação é medida através da diferença dessas mesmas medidas de *feedback*. Como variáveis explicativas utilizaram-se como *proxies* da volatilidade e da liquidez a variância média das rentabilidades de duas em duas horas, o volume diário médio e a média do intervalo diário máximo dos preços, isto é, a diferença entre o preço máximo e o mínimo em cada dia. Deste modo o modelo utilizado foi o seguinte:

$$\Delta C_{i,t} = \alpha_i + \beta_{i,1} \Delta Var_{i,t} + \beta_{i,2} \Delta Vol_{i,t} + \beta_{i,3} \Delta Int_{i,t} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

Onde $\Delta C_i = C_{i \rightarrow j} - C_{j \rightarrow i}$ representa a diferença das medidas de *feedback* desfasadas, ΔVar_i representa a diferença das variâncias médias das rentabilidades da casa de câmbio i e da casa j , $\Delta Var_{i,t} = (Var_{i,t} - Var_{j,t})$, $\Delta Vol_i = (Vol_{i,t} - Vol_{j,t})$ representa a diferença no volume diário médio e $\Delta Int_{i,t} = (Int_{i,t} - Int_{j,t})$ denota a diferença entre os intervalos diários médios dos preços. A verificarem-se as hipóteses de que a superioridade na transmissão de informação depende sobretudo de diferenças na volatilidade e na liquidez, espera-se, então, que todos os coeficientes $\beta_{i,1}$, $\beta_{i,2}$ e $\beta_{i,3}$ sejam positivos.

⁹ Sendo $\hat{\sigma}_r^2$ a variância dos erros do modelo restrito e $\hat{\sigma}_{ur}^2$ a variância dos erros do modelo geral, n o número de observações, p_{ur} o número de desfasamentos do modelo restrito e p_r o número de desfasamentos do modelo restrito, então $F = \left(\frac{\hat{\sigma}_r^2 - \hat{\sigma}_{ur}^2}{\hat{\sigma}_{ur}^2} \right) * \left(\frac{n - p_{ur}}{p_{ur} - p_u} \right)$, sendo que $\left(\frac{n - p_{ur}}{p_{ur} - p_u} \right) = K$, logo vem: $\frac{F}{K} = \left(\frac{\hat{\sigma}_r^2 - \hat{\sigma}_{ur}^2}{\hat{\sigma}_{ur}^2} \right) \Leftrightarrow \left(1 + \frac{F}{K} \right) = \frac{\hat{\sigma}_r^2}{\hat{\sigma}_{ur}^2} \Leftrightarrow \ln \left(1 + \frac{F}{K} \right) = \ln \frac{\hat{\sigma}_r^2}{\hat{\sigma}_{ur}^2}$, em que $\ln \frac{\hat{\sigma}_r^2}{\hat{\sigma}_{ur}^2} = C$ (medida de *feedback* desfasada).

5. Resultados

Na Tabela 5 são apresentadas as medidas de *feedback* para a totalidade da amostra.

Tabela 5: Medidas de *Feedback* de Geweke para a Totalidade da Amostra.

I	j	$C_{i \rightarrow j}$	$C_{j \rightarrow i}$	$C_{i \leftrightarrow j}$	$C_{i,j}$
Bitstamp	Bitfinex	0,0224 (0,0210)	0,1715 (0,1608)	0,8722 (0,8182)	1,0661
BTC-e	Bitfinex	0,0233 (0,0290)	0,1202 (0,1496)	0,6599 (0,8215)	0,8033
Itbit	Bitfinex	0,0039 (0,0101)	0,2658 (0,6972)	0,1116 (0,2927)	0,3813
BTC-e	Bitstamp	0,0233 (0,0160)	0,0211 (0,0145)	1,4099 (0,9695)	1,4543
Itbit	Bitstamp	0,0035 (0,0078)	0,2413 (0,5293)	0,2110 (0,4629)	0,4559
Itbit	BTC-e	0,0066 (0,0315)	0,2028 (0,9686)	0,0000 0,0000	0,2094

Notas: Na presente tabela estão apresentadas as medidas de *feedback* de Geweke (1982). Para cada par de casas de câmbio, i e j , são apresentados os valores das estatísticas e os pesos relativos no valor de *feedback* total (entre parêntesis), considerando a propriedade de aditividade destas estatísticas.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

Tendo em consideração que o número de observações é o mesmo nas várias estimações, os resultados para cada par de casas de câmbio podem ser diretamente comparados.

O par de casas de câmbio com maior relação é constituído pela BTC-e e Bitstamp, com um *feedback* total de 1,4543, enquanto o par com a relação mais ténue é constituído pela Itbit e BTC-e (0,2094).

De acordo com os resultados, o *feedback* simultâneo é superior aos *feedbacks* desfasados, exceto quando o par em análise considera a Itbit, neste caso o *feedback* desfasado da outra casa de câmbio para a Itbit assume os valores mais elevados. Mais especificamente, em termos relativos, o *feedback* simultâneo Bitstamp/Bitfinex é de 81,82%, BTC-e/Bitfinex é de 82,15% e BTC-e/Bitstamp é de 96,95%, tal significa que nestes casos a maioria da informação passa entre os mercados em apenas duas horas. Quando na análise é considerada a Itbit, o *feedback* simultâneo assume os valores relativos de 29,27%, 46,29% e 0% com a Bitfinex, Bitstamp e BTC-e, respetivamente. Interessantemente, para cada par de casas de câmbio, verifica-se que é a casa de câmbio

com maior quota de mercado que possui maior impacto (medido pelo *feedback* desfasado), exceto no caso BTC-e/Bitstamp em que a primeira casa apresenta um *feedback* marginalmente superior. Esta conclusão ganha maior acutilância quando o par em análise inclui a Itbit, a qual tem um *feedback* desfasado entre, aproximadamente, apenas 1% e 3%. Deste modo, também se verifica que a Bitfinex é a casa de câmbio que transmite um maior montante de informação às restantes.

Na Tabela 6 apresentam-se as estatísticas descritivas das medidas de *feedback* desfasadas, calculadas tendo em conta subamostras quinzenais. Na maioria dos casos os VARs têm apenas 1 desfasamento (ver Anexo 3).

Tabela 6: Estatísticas Descritivas das Medidas de *Feedback* das Subamostras Quinzenais.

$C_{i \rightarrow j}$	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV	Sk	Kurt	Iq	ρ_1
Bitstamp→Bitfinex	0,0108	0,0064	0,0000	0,0679	0,0135	1,2411	2,1919	5,5871	0,0159	-0,1749
Bitfinex→Bitstamp	0,0631	0,0189	0,0000	0,5250	0,1197	1,8970	2,8371	7,1157	0,0548	0,7312
BTC-e→Bitfinex	0,0103	0,0029	0,0000	0,0614	0,0140	1,3661	1,7531	2,6026	0,0133	-0,0764
Bitfinex→BTC-e	0,0509	0,0179	0,0000	0,5525	0,0960	1,8864	3,2210	11,373	0,0476	0,7119
Itbit→Bitfinex	0,0133	0,0078	0,0000	0,1730	0,0232	1,7426	5,0138	31,113	0,0153	-0,0444
Bitfinex→Itbit	0,0459	0,0241	0,0000	0,4691	0,0702	1,5277	3,7274	18,059	0,0580	0,3283
BTC-e→Bitstamp	0,0128	0,0088	0,0000	0,1091	0,0170	1,3241	3,1396	13,963	0,0155	-0,0144
Bitstamp→BTC-e	0,0154	0,0086	0,0000	0,1467	0,0211	1,3654	3,8844	20,279	0,0157	-0,0031
Itbit→Bitstamp	0,0130	0,0053	0,0000	0,0870	0,0182	1,4009	2,1950	4,8495	0,0164	-0,1992
Bitstamp→Itbit	0,0249	0,0137	0,0000	0,1185	0,0280	1,1244	1,5850	2,0078	0,0294	0,2851
Itbit→BTC-e	0,0150	0,0098	0,0000	0,0614	0,0163	1,0882	1,1594	0,5019	0,0219	0,1054
BTC-e→Itbit	0,0253	0,0201	0,0000	0,0983	0,0263	1,0372	1,0067	0,0788	0,0422	0,3849

Notas: Na presente tabela são apresentadas as medidas de *feedback* desfasadas $C_{i \rightarrow j}$, onde, por exemplo, Bitstamp→Bitfinex representa o *feedback* desfasado da Bitstamp para a Bitfinex. As séries das medidas de *feedback* desfasadas foram obtidas através da partição da amostra em subperíodos de quinze dias de transação. Na tabela, DP refere-se ao desvio-padrão, CV representa o coeficiente de variação, Sk é a assimetria, Kurt é o excesso de curtose, Iq é o intervalo interquartil e ρ_1 é a autocorrelação de primeira ordem.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

É possível verificar, através da tabela anterior, que, quer em termos de médias quer em termos de medianas, se verificam as conclusões retiradas da Tabela 5 apresentada anteriormente. Verifica-se, igualmente, que em algumas quinzenas não existe uma relevante transmissão de informação (valores mínimos marginalmente diferentes de zero). As medidas de *feedback* tendem a apresentar um desvio-padrão próximo da média, assimetria positiva e excesso de curtose. O coeficiente de autocorrelação assume, em

metade dos casos, valores negativos, o que parece demonstrar, nestes casos, reversão à média, sobretudo no caso do *feedback* da Bitfinex.

As estatísticas descritivas das *proxies* utilizadas para medir a liquidez e volatilidade dos mercados encontram-se no Anexo 4. A Tabela A4.1 refere-se ao volume diário médio, a Tabela A4.2 refere-se às variâncias médias das rentabilidades de duas em duas horas e a Tabela A4.3 aos intervalos de preços diários médios. O facto mais relevante, por ser algo inesperado, são os valores relativamente elevados, em média, das *proxies* variância e intervalo de preços para a casa de câmbio Itbit, o que permite equacionar que estes valores são o resultado de fatores transitórios e, portanto, não são o resultado de nova informação fundamental.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados das regressões (9).

Tabela 7: Resultados da Regressão OLS.

i	j	Constante	ΔVar	ΔVol	ΔInt	$\overline{R^2}$
Bitstamp	Bitfinex	-0,0748** (-2,2740)	121,28 (1,4090)	-2,8268* (-1,7550)	83,928 (0,52470)	0,2297
BTC-e	Bitfinex	-0,0485** (-2,6540)	244,14*** (7,5980)	-1,5347** (-2,2750)	0,0007*** (2,9370)	0,5177
Itbit	Bitfinex	-0,0293*** (-3,6940)	-9,2792*** (-15,420)	-0,3326 (-1,3760)	773,94*** (21,80)	0,6237
BTC-e	Bitstamp	-0,0047 (-0,8998)	-34,823** (-2,2340)	-0,4630 (-0,8577)	-1,6058 (-0,0734)	-0,0228
Bitstamp	Itbit	-0,0015 (-0,2894)	1,5101*** (4,889)	1,4436*** (3,168)	15,608 (1,059)	0,1786
Itbit	BTC-e	0,0005 (0,0891)	0,7035 (1,4280)	1,8826*** (3,7280)	11,148 (0,3674)	0,1817

Nota: Na presente tabela são apresentados os resultados referentes à regressão (9), referida na Secção 4. A primeira linha refere-se à diferença entre o *feedback* desfasado Bitstamp \rightarrow Bitfinex e o *feedback* desfasado Bitfinex \rightarrow Bitstamp. Nas colunas seguintes encontram-se as variáveis explicativas: ΔVar refere-se à diferença das variâncias, ΔVol refere-se à diferença dos volumes e ΔInt refere-se à diferença dos intervalos dos preços. As séries dos volumes e dos intervalos de preços foram divididos por 10^5 . Finalmente, na última coluna está o R^2 ajustado de cada regressão. As regressões foram estimadas através do MMQ com desvios-padrão robustos (à autocorrelação e heteroscedasticidade). Para cada variável é apresentada a estimativa e o t-estatístico (entre parêntesis). Os asteriscos denotam a significância estatística ao nível de 10% (*), 5% (**) e 1% (***)

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

Apesar de os R^2 ajustados serem relativamente elevados e, portanto, as variáveis utilizadas terem algum poder explicativo (exceto no caso BTC-e/Bitstamp) em cerca de 39% (7 em 18) os sinais dos parâmetros são diferentes dos esperados, sendo em quatro casos estatisticamente significativos.

6. Conclusões

São vários os autores que contestam a caracterização da *bitcoin* enquanto um ativo-moeda, pondo em causa a sua capacidade em desempenhar as funções de meio de troca, unidade de medida e instrumento de reserva de valor, todavia, indubitavelmente, a *bitcoin* é atualmente um fenómeno que, quer pela sua originalidade quer pela sua aceitação, merece atenção, tanto por parte dos intervenientes nos mercados financeiros como por parte de académicos.

O presente estudo pretende contribuir para a análise do mercado de *bitcoins*, temática essa que, pela sua inovação, apresenta uma escassa literatura, a qual é praticamente inexistente no nosso país. Mais precisamente, a análise recaiu sobre o mercado *bitcoins/USD* considerando quatro casas de câmbio *online* (Bitfinex, Bitstamp, BTC-e e Itbit), para o período de 15/11/2013 a 15/09/2016. A principal conclusão permite corroborar o estudo de Brandvold *et al.* (2015), segundo o qual existe uma relação direta entre a quota de mercado de uma determinada casa de câmbio e o papel desempenhado no processo de descoberta de preço. Contudo, enquanto na base de dados daqueles autores o lugar de destaque era dado à MtGox, entretanto já encerrada, atualmente esse papel é desempenhado pela Bitfinex que detém uma quota de mercado de 43,63%.

Outra conclusão a retirar do nosso estudo é que, na sua esmagadora maioria, o processo de transmissão de informação entre as três principais casas de câmbio ocorre dentro das primeiras duas horas, isto é, os sistemas de preços destas casas de câmbio levam cerca de duas horas, independentemente do mercado onde se iniciam as transações com base nas novas peças de informação a digerir essa informação.

Em suma, um agente económico que atentamente siga de perto a formação de cotações na Bitfinex consegue, em média, uma vantagem comparativa em relação a agentes económicos que escolham outras casas de câmbio para se manterem informados do valor da *bitcoin* em dólares norte-americanos.

As hipóteses de que a superioridade na transmissão de informação está relacionada com uma maior volatilidade ou liquidez (aqui medida pelo volume de transação) não foram confirmadas empiricamente. Estes resultados negativos levantam algumas dúvidas sobre a utilização das *proxies* utilizadas para medir a chegada de nova informação ao mercado, pois, quer o volume de transação quer a volatilidade, podem ser o resultado de transações

que não têm por base nova informação, mas outros objetivos como, simplesmente, a realização de lucros ou obtenção de liquidez, por exemplo.

Por outro lado, pode pôr-se em causa, inclusive, a periodicidade dos dados (de duas em duas horas) que não é suficientemente refinada para detetar o sentido da maior parte da transmissão de informação, ficando esta “camuflada” nas medidas de *feedback* simultâneo. Finalmente, pode equacionar-se que a relação entre as variáveis é sobretudo não-linear, por exemplo, a superioridade de um dado mercado relativamente a outro pode ser principalmente visível, quando a diferença nos volumes é maior que um determinado limiar.

Referências Bibliográficas

Badev, A.I. & Chen, M. (2014) “Bitcoin: Technical Background and Data Analysis”. *Federal Reserve Bank*, Working Paper No. 2014-104.

Bitcoin: <https://bitcoin.org/en/> [5 de outubro de 2016].

BitcoinCharts: <http://www.bitcoincharts.com/> [2 de outubro de 2016].

Bitcoinity: <https://bitcoinity.org/> [10 de outubro de 2016].

Blockchain: <https://blockchain.info/> [30 de setembro de 2016].

Brandvold, M.; Molnár, P.; Vagstad, K. & Valstad, O.C.A. (2015) “Price Discovery on Bitcoin Exchanges”. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 36, 18-35.

Brière, M.; Oosterlinck, K. & Szafarz, A. (2013) “Virtual Currency, Tangible Return: Portfolio Diversification with Bitcoins”. Disponível em <https://ssrn.com/abstract=2324780>.

Ellison, G. & Fudenberg, D. (2003) “Knife-Edge or Plateau: When do Market Models Tip?”. *The Quarterly Journal of Economics*, 118, 1249-1278.

Eom, Y.H.; Subrahmanyam, M.G. & Uno, J. (2002) “The Transmission of Swap Spreads and Volatilities in the Japanese Swap Market”. *The Journal of Fixed Income*, 12, 6-28.

Fink, C. & Johann, T. (2014) “Bitcoin Markets”. Disponível em <https://ssrn.com/abstract=2408396>.

Gandal, N. & Halaburda, H. (2014) “Competition in the Cryptocurrency Market”. *Bank of Canada*, Working Paper No. 2014-33.

Geweke, J. (1982) “Measurement of Linear Dependence and Feedback between Multiple Time Series”. *Journal of the American Statistical Association*, 77, 304-313.

History of Bitcoin: <http://historyofbitcoin.org/> [30 de outubro de 2016].

Kawaller, I.G.; Koch, P.D. & Koch, T.W. (1993) “Intraday Market Behavior and the Extent of Feedback between S&P 500 Futures Prices and the S&P 500 index”. *Journal of Financial Research*, 16, 107-121.

Li, X.; Wang, C.A. & Wang, Q. (2014) “Exploring the Determinants of Bitcoin Exchange Rate”. Disponível em <http://www.cryptolibrary.org>.

Moore, T. & Christin, N. (2013) “Beware the Middleman: Empirical Analysis of Bitcoin-Exchange Risk”. *Financial Cryptography and Data Security*, 7859, 25-33. Springer Press.

Nakamoto, S. (2008) “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

Quandl: <https://www.quandl.com/> [30 de setembro de 2016].

Trautman, L.J. (2014) “Virtual Currencies; Bitcoin & What Now after Liberty Reserve, Silk Road and Mt. Gox?”. *Richmond Journal of Law and Technology*, 20, Article 3.

Yermack, D. (2013) “Is Bitcoin a Real Currency?”. *National Bureau of Economic Research*, Working Paper No. 19747.

Anexos

Anexo 1- Resenha Histórica

Desde o início da criação da *Bitcoin* ocorreram inúmeros acontecimentos, cuja percepção é essencial para o cabal entendimento do que é, atualmente, o mercado das *bitcoins*. Assim, no presente anexo, apresentam-se, por ordem cronológica, alguns dos eventos mais marcantes ocorridos desde 2007 até ao presente, tendo por base a informação disponibilizada no *site History of Bitcoin*.¹⁰

- **2007**
 - Satoshi Nakamoto inicia o desenvolvimento do conceito da *bitcoin*.
- **2008**
 - Agosto
 - Neal Kin, Vladimir Oksman e Charles Bry patenteiam o conceito da *bitcoin*.
 - Outubro
 - Satoshi Nakamoto publica o artigo “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”.
- **2009**
 - Janeiro
 - O *genesis block* é gerado.
 - Ocorrência da primeira transação em *bitcoins*.
 - Outubro
 - Estabelecimento da primeira taxa de câmbio, 1USD = 1309,03 *bitcoins*.
- **2010**
 - Fevereiro
 - Nascimento da primeira casa de câmbio, a *Bitcoin Market*.
 - Julho
 - Em 5 dias o valor da taxa de câmbio entre USD e BTC aumenta 10 vezes, de 0,008USD/*bitcoin* para 0,08USD/*bitcoin*.
 - Criação da MtGox.
 - Setembro
 - A Slush’s Pool mina o primeiro bloco.
 - Novembro
 - O volume de transação de *bitcoins* ascende a um milhão de USD.
- **2011**
 - Janeiro
 - Com o bloco 105 000 é atingido 25% do total de volume potencial de *bitcoins*.
 - Pela primeira vez, a *bitcoin* atinge a paridade com o USD (1USD = 1*bitcoin*).

¹⁰ <http://historyofbitcoin.org/>

- Fevereiro
 - Surgimento da Silk Road, um negócio ilícito de venda de drogas em *bitcoins*.
 - Março
 - Nascimento da Bitcoin, sendo possível a partir deste momento a conversão direta GBP/*bitcoins*.
 - A Bitcoin Brasil “abre portas”, possibilitando a conversão direta Reais/*bitcoins*.
 - Abril
 - A *bitcoin* atinge a paridade com o EUR e com a GBP.
 - O volume de transação das *bitcoins* ultrapassa os 10 milhões de USD.
 - Junho
 - Surge a BTC China.
 - A taxa de câmbio chega a 10USD/*bitcoin*.
 - A Bitcoin Market suspende as transações com o PayPal devido a um episódio de fraude.
 - O preço da *bitcoin* chega, na MtGox, a 31,91USD, com uma capitalização do mercado a situar-se em 206 milhões de USD.
 - Ocorre a *Great Bubble*, uma das maiores desvalorizações repentinas da *bitcoin*.
 - A WikiLeaks começa a aceitar donativos anónimos em *bitcoins*.
 - Ocorre uma falha de segurança na MtGox, que teve como consequência uma desvalorização repentina da cotação das *bitcoins* de 17,51USD para 0,01USD.
 - Julho
 - Surge a BTC-e.
 - A Bitomat, uma casa de câmbio sediada na Polónia, perde 17 000 *bitcoins*.
 - Agosto
 - Surge a Bitstamp.
 - A MyBitcoin, devido a um ataque por parte dos *hackers*, perde 150 000 *bitcoins*, no valor de 2 milhões de USD à taxa de câmbio no momento.
- **2012**
- Fevereiro
 - A segunda maior casa de câmbio, a TradeHill fecha devido a problemas de regulação, tendo perdido 100 000 USD.
 - Março
 - Os *hackers* atacam a Linode, um *website hosting company*, tendo sido roubadas 46 000 *bitcoins*, avaliadas em 228 000 USD à taxa de câmbio no momento.
 - Mai
 - A Satoshi Dice é considerada responsável por 50% do volume de transação total.
 - A Bitcoinica é atacada e encerra, tendo declarado uma perda de mais de 18 000 *bitcoins*, num valor aproximado de 90 000 USD.
 - Junho
 - É fundada a Coinbase, uma plataforma de transação, e também uma *bitcoin wallet*.
 - Setembro
 - Uma das maiores casas de câmbio dos Estados Unidos, a Bitfloor, é atacada, tendo sido roubadas 24 000 *bitcoins*, avaliadas em 250 000 USD, à taxa de câmbio do momento.

- Novembro
 - Surge, pela primeira vez, a iniciativa de premiar quem descobre novos blocos, tendo sido apurado um incentivo de 25 *bitcoins*.
- Dezembro
 - A Bitcoin Central, uma casa de câmbio estabelecida na Europa, é licenciada como banco.
- **2013**
 - Fevereiro
 - A Mega começa a aceitar pagamentos em *bitcoins*.
 - Março
 - A FinCEN, *Financial Crimes Enforcement Network*, define a sua posição quanto às moedas virtuais.
 - O valor das *bitcoins* atinge o valor de 74,90 USD e a capitalização total atinge um bilhão de USD.
 - Abril
 - O valor da *bitcoins* atinge os 100 USD.
 - Mai
 - Surge a Coindesk, um *website* de notícias sobre o mercado da *Bitcoin*.
 - Surge o primeiro ATM de *bitcoins* na Califórnia.
 - Agosto
 - A Alemanha permite o uso de *bitcoins* em transações privadas e institucionais.
 - Setembro
 - Surge a Bitfinex.
 - Outubro
 - O FBI ordena o encerramento da Silk Road.
 - Baidu, o principal motor de pesquisa chinês, torna-se a primeira instituição chinesa a aceitar *bitcoins*.
 - Encerra a BitMarket.
 - Novembro
 - Surge a Itbit.
 - A *bitcoin* bate novo recorde e atinge os 1242 USD.
 - A Universidade do Chipre começa a aceitar *bitcoins*.
 - Dezembro
 - O Banco Central Chinês bane as transações em *bitcoins*.
 - Baidu deixa de aceitar *bitcoins*, logo depois do Banco Central Chinês.
- **2014**
 - Fevereiro
 - Ocorre uma falha de segurança na MtGox, tendo sido roubadas 850 000 *bitcoins*, avaliadas em cerca de 500 milhões de USD, à taxa de câmbio na altura. A MtGox declara insolvência.
- **2016**
 - Agosto
 - A Bitfinex suspende as transações devido a uma falha de segurança, aquando do furto de 119 756 *bitcoins*, o equivalente a 65 milhões de USD, o que provocou uma desvalorização imediata da moeda virtual de 603,06 USD para 482,82 USD.

Anexo 2 – Estacionaridade das Séries

Tabela A2.1: Testes ADF à Estacionaridade das Séries dos Preços.

Casas de Câmbio	Desfasamentos	Estatística	Valor-p
Bitfinex	31	-1,7730	0,0725
Bitstamp	31	-1,7737	0,0724
BTC-e	29	-1,6693	0,0890
Itbit	30	-1,8223	0,0652

Notas: Nesta tabela são apresentados os valores-p e os valores das estatísticas dos testes ADF, com constante, aplicados aos preços de duas em duas horas. O número de desfasamentos utilizado nos testes foi escolhido através do critério BIC.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

Tabela A2.2: Testes ADF à Estacionaridade das Séries das Taxas de Rentabilidade.

Casas de Câmbio	Desfasamentos	Estatística	Valor-p
Bitfinex	27	-3,5208	0,0004
Bitstamp	24	-3,0390	0,0023
BTC-e	28	-3,0390	0,0023
Itbit	6	-166,83	0,0001

Notas: Nesta tabela são apresentados os valores-p e os valores das estatísticas dos testes ADF, com constante, aplicados às rentabilidades logarítmicas de duas em duas horas. O número de desfasamentos utilizado nos testes foi escolhido através do critério BIC.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

Anexo 3 – Distribuição dos Desfasamentos

Tabela A3.1: Desfasamentos dos VARs Bivariados para as Subamostras.

Nº de Desfasamentos	1	2	3	4	6
Bitfinex/Bitstamp	62,32	28,00	8,70	-	-
Bitfinex/BTC-e	81,16	17,39	1,45	-	-
Bitfinex/Itbit	68,12	24,64	4,35	1,45	1,45
Bitstamp/BTC-e	88,41	11,59	-	-	-
Bitstamp/Itbit	75,36	18,84	5,80	-	-
BTC-e/Itbit	82,61	14,49	2,90	-	-

Notas: Na presente tabela é apresentado a distribuição do número de desfasamentos, em percentagem, de todos os modelos VAR bivariados (e correspondentes modelos restritos) quinzenais, selecionados através do critério BIC.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

Anexo 4 – Estatísticas Descritivas das *Proxies* utilizadas nas Regressões.

Tabela A4.1: Estatísticas Descritivas dos Volumes Diários Médios.

	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV	Sk	Kurt	Iq	ρ_1
Bitfinex	22524,4	18529,5	3551,1	76713	15772,3	0,7002	1,4623	1,9570	15117,6	0,5781
Bitstamp	13068,1	10855,6	2662,6	38678,6	8737	0,6686	1,2570	0,8616	9816,5	0,5943
BTC-e	9300,6	6960,6	2506,8	36376,1	6905,3	0,7425	2,5516	6,5872	4317,6	0,6450
Itbit	3332,8	2559,1	72,906	13275,3	2970,5	0,8913	1,3071	1,5027	3693,3	0,7308

Notas: A presente tabela expõe as estatísticas descritivas dos volumes diários médios calculados para subamostras quinzenais (15 dias de transação). Na tabela, DP refere-se ao desvio-padrão, CV representa o coeficiente de variação, Sk é a assimetria, Kurt é o excesso de curtose, Iq é o intervalo interquartil e ρ_1 é a autocorrelação de primeira ordem.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao GRETL.

Tabela A4.2: Estatísticas Descritivas das Variâncias Médias.

	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV	Sk	Kurt	Iq	ρ_1
Bitfinex	0,0002	0	0,0000	0,0020	0,0004	1,7611	3,3776	12,230	0,0002	0,3539
Bitstamp	0,0002	0	0,0000	0,0019	0,0003	1,7007	4,0928	19,778	0,0002	0,5851
BTC-e	0,0002	0	0,0000	0,0014	0,0002	1,6041	3,4222	12,310	0,0001	0,6636
Itbit	0,0007	0	0,0000	0,0352	0,0043	5,9088	7,9422	61,971	0,0002	-0,0125

Notas: Na presente tabela apresentam-se as estatísticas descritivas relativas às variâncias das rentabilidades logarítmicas de duas em duas horas calculadas para as subamostras quinzenais (15 dias de transação). Na tabela, DP refere-se ao desvio-padrão, CV representa o coeficiente de variação, Sk representa a assimetria, Kurt o excesso de curtose, Iq o intervalo interquartil e ρ_1 a autocorrelação de primeira ordem.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao EXCEL.

Tabela A4.3: Estatísticas Descritivas dos Intervalos de Preços Diários Médios.

	Média	Mediana	Mín.	Máx.	DP	CV	Sk	Kurt	Iq	ρ_1
Bitfinex	118,66	67,970	11,940	811,25	154,75	1,3042	2,9898	9,0912	86,865	0,5870
Bitstamp	123,19	63,460	14,130	785	154,41	1,2534	2,9541	8,9271	88,310	0,5290
BTC-e	117,27	64,499	13,696	720,20	140,43	1,1975	2,8632	8,6770	94,483	0,5012
Itbit	112,28	63,520	14,052	725,91	132,53	1,1803	2,7924	8,2321	84,896	0,5418

Notas: A presente tabela exhibe as estatísticas descritivas referentes aos intervalos de preços diários médios, calculadas para as subamostras quinzenais (15 dias de transação). Para cada dia é calculado o intervalo dado pela diferença entre os preços de transação máximo e mínimo, seguidamente é calculada a média simples para cada subamostra quinzenal. Na tabela, DP refere-se ao desvio-padrão, CV representa o coeficiente de variação, Sk é a assimetria, Kurt é o excesso de curtose, Iq é o intervalo interquartil e ρ_1 é a autocorrelação de primeira ordem.

Fonte: Elaboração própria com recurso ao EXCEL.