



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
CURSO DE MESTRADO EM ECONOMIA

THIAGO CARVALHO PINTO

**ASPECTOS INOVATIVOS DO BITCOIN,
MICROESTRUTURA DE MERCADO E VOLATILIDADE DE
PREÇOS**

João Pessoa

2015

Thiago Carvalho Pinto

**ASPECTOS INOVATIVOS DO BITCOIN, MICROESTRUTURA DE MERCADO E
VOLATILIDADE DE PREÇOS:**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, em cumprimento à exigência de conclusão do curso de mestrado em Economia.

Orientador: Bruno Ferreira Frascaroli.

Área de concentração: Métodos Quantitativos

João Pessoa

2015

P659a Pinto, Thiago Carvalho.
Aspectos inovativos do Bitcoin, microestrutura de mercado
e volatilidade de preços / Thiago Carvalho Pinto.- João Pessoa,
2015.
86f. : il.
Orientador: Bruno Ferreira Frascaroli
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCSA
1. Economia. 2. Bitcoin - análise - aspectos conceituais.
3. Inovação. 4. M2L. 5. GARCH. 6. M-GARCH.

UFPB/BC

CDU: 33(043)

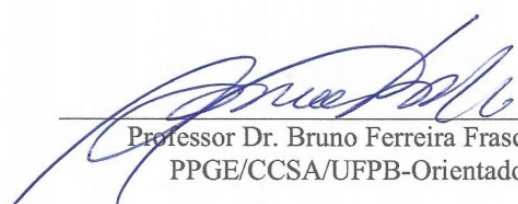
Thiago Carvalho Pinto

**ASPECTOS INOVATIVOS DO BITCOIN, MICROESTRUTURA DE MERCADO E
VOLATILIDADE DE PREÇOS**


Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, em cumprimento à exigência de conclusão do curso de mestrado em Economia.

Orientador: Bruno Ferreira Frascaroli.

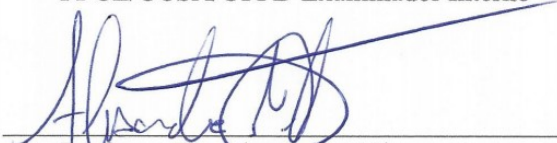
Área de concentração: Métodos Quantitativos



Professor Dr. Bruno Ferreira Frascaroli
PPGE/CCSA/UFPB-Orientador



Professor Dr. José Luís da Silva Netto Júnior
PPGE/CCSA/UFPB-Examinador Interno



Professor Dr. Alexandre Nóbrega Duarte
PPGI/CI/UFPB-Examinador Externo

João Pessoa

2015

*Dedico este trabalho a meus pais,
Ilda e José.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais, que tornaram possível a realização do objetivo traçado.

Aos colegas e amigos de curso destacadamente: Celina (Cecel), Otoniel, Juliane, Alexandre e Stélio.

A cada um dos professores do centro, em especial: Bruno, Márcia, Ignácio, Edilean e Hilton.

E a todas as pessoas que compartilham conhecimento por meio da internet!

RESUMO

A presente dissertação realizou uma análise sobre aspectos conceituais, inovativos, mercadológicos e quantitativos do Bitcoin. Após expostos conceitos basilares sobre o Bitcoin, moedas digitais e moeda buscou-se contextualizar o Bitcoin como inovação financeira. Com relação aos aspectos inovativos o surgimento do Bitcoin representou uma inovação radical e pré-paradigmática com potencial de destruição criativa. Também foram expostos os conceitos mais modernos da teoria da inovação e percebeu-se que o Bitcoin apresenta características de Inovação Disruptiva (ID) de dois tipos: *Low and* (ID) e *New Market* (ID). Quanto aos aspectos mercadológicos e estruturais foi investigada a existência de semelhanças entre o mercado de crédito e débito do Bitcoin e a estrutura tradicional do mercado de cartões conhecida por Mercado de Dois Lados (M2L). Verificou-se a perfeita adequação do Bitcoin à estrutura M2L, mas apenas no mercado de cartões de débito. O sistema de crédito existente no mercado do Bitcoin não se conforma da maneira tradicional. Buscou-se também compreender os determinantes da volatilidade dos preços do Bitcoin. Para atingir este objetivo foram realizados dois tipos de análises: univariadas e multivariadas. Para estimar a volatilidade univariada foram estimados os modelos ARCH, GARCH, EGARCH e TARCH cujos resultados apontaram existência de volatilidade persistente. Já análise quantitativa multivariada apresentou o objetivo de compreender a interação das volatilidades entre o Bitcoin e outras variáveis financeiras. Foi aplicada a metodologia DCC M-GARCH que possibilita a obtenção dos parâmetros por meio das quasicorrelações da volatilidade. Os resultados apontaram a existência dos efeitos ARCH e GARCH em todos os casos. Embora as variáveis explicativas não apontem significância a análise multivariada da subamostra aparentemente realiza movimento de convergência. Em todos os casos foram considerados os retornos das séries. Todos os modelos foram estimados para a amostra considerando o período de 13 de Setembro de 2011 e 23 de Junho de 2015 e para uma subamostra que abrange o período a partir de 10 de Março de 2013.

Palavras-Chave: Bitcoin. Inovação. M2L. GARCH. M-GARCH.

ABSTRACT

The present essay studied the conceptual, innovative, market-oriented and qualitative aspects of Bitcoin. After the exposure of the key concepts about the Bitcoin, digital currency and currency, there is a contextualization of the Bitcoin as a financial innovation. In regards to the innovative aspects, the birth of Bitcoin represented a radical and paradigmatic innovation with potential of creating a creative destruction. The most modern concepts of the Innovation Theory are also exposed and so it is perceived that the Bitcoin exhibits characteristics of Disruptive Innovation (DI) of two kinds: Low and (DI) and New Market (DI). In regards to the market-oriented and structural aspects it was investigated the existence of similarities between the credit and debit market of Bitcoin and the traditional structure of the payment card's market (two sided market - 2SM). It was verified the adequacy of Bitcoin to the 2SM structure, but only on the debit card's market. The credit system of the Bitcoin market does not fit to the one of the traditional system. This work sought to understand the volatility of determinants of the Bitcoin prices. To attain this objective two different kinds of analysis were made: univariate and multivariate analysis. To estimate the univariate volatility the following models were plotted: ARCH, GARCH, EGARCH and TARARCH whose results showed the existence of persistent volatility. The multivariate quantitative analysis aimed to understand the volatilities interaction between Bitcoin the other financial variables. It was applied the DCC M-GARCH methodology which allows the achievement of the statistical parameters using the quasi-correlation of the volatility. The results showed the existence of ARCH and GARCH effects in all cases. While the explanatory variables don't indicate any significance, the multivariate analysis of the subsample realize a convergence movement of the variables. In all cases it was considered the return toward the mean. All models were estimated for a sample considering the period between September 13th of 2011 and June 23th of 2015 and for a subsample that covers the period from March 10th of 2013.

Keywords: Bitcoin. Innovation. 2SM. GARCH. MGARCH.

LISTA DE QUADROS E FIGURAS

| | |
|--|----|
| QUADRO 1 - FUNÇÕES E CARACTERÍSTICAS COMPARADAS | 26 |
| QUADRO A2 - TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DO RETORNO DOS RESÍDUOS – AMOSTRA | 77 |
| QUADRO A3 - TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DO RETORNO DOS RESÍDUOS – SUBAMOSTRA | 77 |
| FIGURA 1 - FUNÇÕES E CARACTERÍSTICAS DA MOEDA..... | 25 |
| FIGURA 2 - MAIORES PISCINAS DE MINERAÇÃO DE BITCOINS | 30 |
| FIGURA 3 - PROCESSO DE MINERAÇÃO E VALIDAÇÃO DE BTC | 32 |
| FIGURA 4 - ORGANIZAÇÃO DO MERCADO DE CARTÕES DE PAGAMENTOS NO BRASIL..... | 42 |
| FIGURA 5 - O BTC NO SISTEMA DE DÉBITO TRADICIONAL | 45 |
| FIGURA 6 - O BTC NO SISTEMA DE CRÉDITO TRADICIONAL | 46 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 1- NÚMERO DE TRANSAÇÕES DIÁRIAS DE BTCs | 28 |
| GRÁFICO 2 - LUCRANDO COM A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA..... | 38 |
| GRÁFICO 3 - PREÇO DE FECHAMENTO | 60 |
| GRÁFICO 4 - RETORNO DOS PREÇOS DO BTC (AMOSTRA) | 61 |
| GRÁFICO 5 - RETORNO DOS PREÇOS DO BTC (SUBAMOSTRA) | 61 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| TABELA A1 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA AMOSTRA | 76 |
| TABELA A2 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DA SUBAMOSTRA | 76 |
| TABELA A3 - MODELO ARMA MELHOR AJUSTADO PARA A AMOSTRA..... | 76 |
| TABELA A4 - MODELO ARMA MELHOR AJUSTADO PARA A SUBAMOSTRA | 76 |
| TABELA A5 - TESTES DE RAIZ UNITÁRIA PARA O LOG RETORNO DE CADA VARIÁVEL | 77 |
| TABELA A6 - ESTATÍSTICA F - AMOSTRA | 77 |
| TABELA A7 - ESTATÍSTICA F - SUBAMOSTRA | 77 |
| TABELA A8 - MODELO DE MELHOR AJUSTE - AMOSTRA MODELO UNIVARIADO | 78 |
| TABELA A9 - MODELO DE MELHOR AJUSTE – SUBAMOSTRA - MODELO UNIVARIADO..... | 78 |
| TABELA A10 - RESULTADO GARCH (1,1) - AMOSTRA - MODELO UNIVARIADO | 78 |
| TABELA A11 - ESTATÍSTICA F – GARCH (1,1) - AMOSTRA | 78 |
| TABELA A12 - TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DO RETORNO DOS RESÍDUOS – ESTATÍSTICA Q.... | 79 |
| TABELA A13 - TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DO QUADRADO DOS RESÍDUOS – ESTATÍSTICA Q | 79 |
| TABELA A14 - RESULTADO GARCH (1,1) - CASO UNIVARIADO – SUBAMOSTRA..... | 80 |

| | |
|--|----|
| TABELA A15 - ESTATÍSTICA F – GARCH (1,1) - SUBAMOSTRA | 80 |
| TABELA A16 - TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DOS RESÍDUOS – ESTATÍSTICA Q..... | 80 |
| TABELA A17 - TESTE DE AUTOCORRELAÇÃO DO QUADRADO DOS RESÍDUOS..... | 81 |
| TABELA A18 - RESULTADO M-GARCH (1,1) - CASO MULTIVARIADO – AMOSTRA | 81 |
| TABELA A19 - TESTES - M-GARCH (1,1) - CASO MULTIVARIADO – AMOSTRA | 81 |
| TABELA A20 - TESTES DE NORMALIDADE - M-GARCH (1,1) - CASO MULTIVARIADO – AMOSTRA | 82 |
| TABELA A21 - TESTES DE AUTOCORRELAÇÃO- M-GARCH (1,1) - CASO MULTIVARIADO – AMOSTRA | 83 |
| TABELA A22 - TESTES DE AUTOCORRELAÇÃO- M-GARCH (1,1) - CASO MULTIVARIADO – SUBAMOSTRA - QUADRADO DOS RESÍDUOS | 83 |
| TABELA A23 - RESULTADO M-GARCH (1,1) - CASO MULTIVARIADO – SUBAMOSTRA | 84 |
| TABELA A24 - TESTES - M-GARCH (1,1) - CASO UNIVARIADO – SUBAMOSTRA..... | 84 |
| TABELA A25 - TESTES DE NORMALIDADE - M-GARCH (1,1) - CASO UNIVARIADO – SUBAMOSTRA | 85 |
| TABELA A26 - TESTES DE AUTOCORRELAÇÃO- M-GARCH (1,1) - CASO UNIVARIADO – SUBAMOSTRA | 86 |
| TABELA A27 - TESTES DE AUTOCORRELAÇÃO- M-GARCH (1,1) - CASO UNIVARIADO – SUBAMOSTRA | 86 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 ECONOMIA DA INOVAÇÃO..... | 15 |
| 2.1 Conceitos Sobre Inovação | 15 |
| 2.2 Inovação Financeira..... | 20 |
| 3 BITCOIN | 23 |
| 3.1 Funções e Características da Moeda..... | 23 |
| 3.2 Características Técnicas do Bitcoin..... | 27 |
| 3.3 Fragilidades..... | 34 |
| 3.4 O Bitcoin como Inovação Financeira | 35 |
| 4 MERCADO DE DOIS LADOS (M2L)..... | 39 |
| 4.1 Características Gerais de Mercado de Dois Lados | 39 |
| 4.2 Características do mercado de cartões | 40 |
| 4.3 Semelhanças e diferenças entre cartões de pagamento e o BTC | 43 |
| 4.3.1 Cartões de débito de BTC..... | 43 |
| 4.3.2 Sistema de crédito no mercado de BTC | 45 |
| 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 50 |
| 5.1 Modelos Univariados..... | 50 |
| 5.1.1 Modelo ARCH..... | 50 |
| 5.1.2 Modelo GARCH..... | 51 |
| 5.1.3 Modelo EGARCH | 53 |
| 5.1.4 Modelo TARCH | 54 |
| 5.2 Modelo Multivariado – GARCH Multivariado (M-GARCH)..... | 55 |
| 5.2.1 M-GARCH Diagonal vech (DVECH)..... | 56 |
| 5.2.2 Modelos M-GARCH de Correlação Condicional (CC)..... | 56 |
| 5.2.3 Modelos de Correlação Condicional Dinâmica (DCC) | 57 |
| 5.3 Descrição das variáveis..... | 59 |
| 5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS | 63 |

| | |
|--|----|
| 5.4 Análise Univariada – Amostra..... | 63 |
| 5.5 Análise Univarida – Subamostra | 64 |
| 5.6 Análise Multivariada – Amostra..... | 64 |
| 5.7 Análise Multivariada – Subamostra..... | 66 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS | 69 |
| REFERÊNCIAS | 71 |
| APÊNDICE..... | 76 |

1 INTRODUÇÃO

A conformação das sociedades contemporâneas na forma de Estados de Direito, que interagem economicamente, tornou-se possível em função da adoção de legislações e mútuo reconhecimento entre os estados soberanos estabelecidos. A autonomia dos estados possibilita a imposição de leis aos habitantes regulando e organizando aspectos primordiais da vida em sociedade, determinando o que será considerado lícito ou ilícito. Nesse contexto, a moeda apresenta-se como instrumento fundamental para a organização social. A população produz e consome bens e serviços utilizando moeda como meio de troca e forma de remuneração.

É imprescindível um sistema de preços estável que possibilite o cumprimento de contratos a emissão de títulos (privados ou públicos) e mesmo a existência e o funcionamento do mercado financeiro. Neste sentido, as tarefas de regulação do sistema financeiro, emissão e manutenção do poder aquisitivo da moeda são tradicionalmente atribuídas ao Estado. Assim, políticas monetárias afetam o bem estar social ao alterar o poder fiduciário da moeda.

O processo de globalização possibilitou a abertura de novos mercados, o fortalecimento de laços comerciais e a criação de zonas de influência. Novos produtos e mercados surgem com grande velocidade. Mercados mais interligados podem tornar o ambiente mais sensível a oscilações. Argumenta-se que crises financeiras apresentam crescente capacidade de contágio e a interdependência comercial entre países é fator preocupante. Por isso, defendem uma maior regulação desses mercados, com a criação de leis e organismos governamentais a fim de incutir disciplina ao sistema financeiro.

A ação dos governos pode comprometer a desejabilidade da moeda. Participação em conflitos, políticas de substituição de importações, regime de câmbio fixo, planos de resgate econômicos e a senhoriagem, são exemplos de estratégias que implicam ao menos momentaneamente, e independentemente do êxito, em algum grau de depreciação da moeda de modo a afetar o sistema de preços.

Os meios de troca refletem o nível de organização social e tecnológico. Por exemplo, o escambo já foi a principal forma de aquisição pacífica de bens e serviços, mas a dinâmica social foi gradativamente transformada por eventos e processos socioeconômicos, culturais e tecnológicos, de forma que com o decorrer do tempo a utilização de moedas dominou as demais formas e se tornou padrão. Cartões de crédito e débito representaram novo avanço técnico ao proporcionar facilidade, segurança e possibilitar alteração do comportamento de consumo. A proliferação de meios de pagamento digitais, como por exemplo, Pay pal, Google Wallet e MoneyGram conhecidos como *eWallets* facilitaram ainda mais as transações no

comércio eletrônico. No entanto, nenhuma dessas facilidades constitui de fato uma moeda, e embora apresentem algumas de suas características, todos estes produtos estão atrelados a moedas de curso forçado, emissão centralizada e sujeitas a reflexos de políticas monetárias.

Grande parte das transações correntes atuais ocorre de forma digital por meios eletrônicos. Portanto, surpreende que nenhum país tenha até então eliminado a emissão de papel moeda e instituído padrão digital eletrônico, permitindo que o papel moeda atuasse apenas como forma subsidiária em regiões de difícil acesso. Ao contrário, o surgimento das *moedas digitais* constitui uma inovação que ocorre à margem dos sistemas monetários estabelecidos e reconhecidos, portanto, à parte dos sistemas de crédito.

As moedas digitais representam meios eletrônicos de troca com todas as funções e características das moedas tradicionais, exceto pelo fato de não serem fisicamente tangíveis. Algumas das características são ainda mais evidentes em moedas digitais que nas moedas físicas, tais como a homogeneidade, divisibilidade, transferibilidade e facilidade de manuseio e transporte.

Há atualmente um crescente número de moedas digitais além do Bitcoin (BTC), cada uma delas privilegia certos aspectos que seus idealizadores entendem como mais desejáveis. Entre as mais populares destacam-se:

- *Litecoin* – Que em tudo se assemelha ao BTC, mas a emissão esta condicionada a 84 milhões de unidades monetárias e a dificuldade de mineração representa algo próximo à quarta parte o que possibilita o uso de equipamentos mais simples. O apelo inicial desta moeda estava na facilidade relativa de mineração. Vale destacar que o algoritmo de mineração é diverso do BTC;
- *Dogecoin* – Possui emissão ilimitada com o claro objetivo de evitar se tornar uma moeda com tendência deflacionária e também facilitar a eventual formação de um mercado de crédito;
- *PPcoin* – Apresenta oferta de moeda não determinística e possui vantagens com relação ao modulo de segurança. A recompensa a cada bloco minerado depende da dificuldade de mineração, com um novo bloco emitido a cada dez minutos;
- *Dash* (denominada anteriormente como *Darkcoin*) – Objetiva tornar anônimas as transações ao implementar maior dificuldade de rastreabilidade por meio de transações fictícias.

Dentre as diversas moedas digitais existentes, o BTC é a que apresenta a maior liquidez e volume negociado diariamente nos mercados financeiros. Além disso, por ser a primeira moeda digital emitida, sua série de preços cotados possui maior número de observações e os movimentos da série refletem não apenas aspectos quantitativos, mas também adaptações sociais. Ou seja, ainda que estatisticamente a série apresente difícil tratamento estatístico o estudo é pertinente por representar a adaptação social a um novo meio de troca concorrente que pode ser eficiente, independente e inovador. O BTC Trata-se de uma moeda criptografada¹, não centralizada, não regulada por legislação específica e de curso não forçado.

As possíveis transformações sociais que moedas digitais não reguladas e de curso não forçado podem ocasionar justificam o debate e estudo aprofundado sobre o tema. Sistemas monetários descentralizados podem afetar: a forma de remuneração do trabalho, a estrutura e funcionamento do sistema de crédito, o grau de êxito na execução de política monetária e também a capacidade de manter ou ampliar o nível de tributação.

Num contexto histórico a teoria austríaca dos ciclos econômicos é a que melhor justifica o surgimento das moedas digitais privadas que coincidiu com o ápice dos efeitos adversos oriundos da crise do *subprime*. Assim, as moedas representam também inovação social, por possibilitar autonomia, ainda que não consentida.

Apresentadas essas características sobre o tema abordado, este trabalho tem por objetivo geral analisar e contextualizar o BTC em seus aspectos operacionais, “institucionais” e histórico-sociais.

Os objetivos específicos são respectivamente:

- Contextualizar o BTC segundo o conceito de inovação financeira;
- Analisar o BTC usando a estrutura teórica dos Mercados de Dois Lados (M2L), de forma a identificar similitudes e diferenças com o sistema de crédito e débito tradicional;
- Verificar possíveis determinantes da volatilidade dos preços do BTC e realizar exercícios econométricos para testar seus fundamentos no plano agregado;
- Estimar as quasicorrelações entre a volatilidade dos preços do BTC e as variáveis elencadas como seus possíveis determinantes.

Stråle e Tjernström (2014) estimaram um modelo GARCH (1,1) e concluíram que a

¹ Criptografia é o estudo dos princípios e técnicas pelas quais a informação pode ser transformada da sua forma original para outra ilegível, de forma que possa ser conhecida apenas por seu destinatário (detentor da "chave secreta"), o que a torna difícil de ser lida por alguém não autorizado. Assim sendo, só o receptor da mensagem pode ler a informação com facilidade.

demanda, o volume negociado, a quebra da Mt Gox e a crise de Chipre que impôs controle de capital em meados de Março de 2013 representaram fatores determinantes da volatilidade dos preços do BTC. Na presente pesquisa, buscou-se ampliar o escopo de análise ao aplicar além da modelagem GARCH também o DCC M-GARCH, que é um modelo de volatilidade condicional multivariada.

Este trabalho encontra-se dividido da seguinte maneira: o capítulo 1 é composto por esta breve introdução. O capítulo 2 apresenta conceitos teóricos sobre a inovação e inovação financeira. No capítulo 3 são apresentadas as características e funções de moedas tradicionais de modo a compará-las com o BTC. Nas subseções seguintes o mesmo é caracterizado quanto a aspectos técnicos, fragilidades e como inovação financeira. O capítulo 4 expõe a estrutura do mercado de dois lados e aponta similitudes e diferenças entre o mercado de cartões de pagamento e o mercado de BTC considerando a estrutura referida. O capítulo 5 apresenta a metodologia e a análise dos resultados obtidos. Por fim, as considerações finais.

2 ECONOMIA DA INOVAÇÃO

A economia da inovação busca identificar as causas, a dinâmica e os efeitos dos processos de inovação, pois estes transformam as estruturas primárias reestruturando indústrias e mercados. Este capítulo faz uma breve revisão sobre a economia da inovação e objetiva adaptar esta literatura originalmente pensada para estruturas produtivas ao BTC e outras moedas digitais descentralizadas.

2.1 Conceitos Sobre Inovação

Joseph Alois Schumpeter pode ser considerado o primeiro economista a estudar os aspectos determinantes da inovação com profundidade, embora, outros teóricos já houvessem explorado o tema anteriormente de modo implícito ou breve. Schumpeter (1997) defende que a inovação ocasiona uma ruptura na economia, revolucionando estruturas produtivas e criando diferenciação para as empresas. Seu modelo compara uma pequena empresa criada por um empreendedor e uma grande empresa estabelecida e conclui que a grande empresa estabelecida introduz inovações rotineiras a partir de *pesquisa e desenvolvimento* (P&D). O autor advoga que os processos de inovação são facilitados quando as empresas são relativamente grandes e o mercado é concentrado.

Conforme Teece (1986) a inovação consiste de conhecimentos técnicos sobre como fazer algo melhor do que o estado atual da arte. Barreyre apud Oliveira e Torkomian (2009, p.3) elenca os quatro tipos de inovação:

- *Inovação comercial*: esta categoria agrupa o conjunto das mudanças que visam uma melhoria dos modos de comercialização em vigor na empresa como, por exemplo, o desenvolvimento de um novo modo de distribuição para o produto ou uma nova apresentação de um produto existente;
- *Inovação organizacional*: esta forma de inovação inclui todas as mudanças que alterem os modos de organização da empresa, seus procedimentos e suas modalidades de desenvolvimento. Têm-se como exemplos deste tipo de inovação a instalação de um departamento de P&D na empresa e a adoção de novas estruturas mais adaptadas aos objetivos da empresa;
- *Inovação institucional*: fala-se aqui da instalação de novos sistemas e de novas normas em vigor nas empresas. Nesta categoria de inovação pode-se citar a

instalação de sistemas de participação dos funcionários aos benefícios da empresa e a participação da empresa em termos de engajamento social em seu meio;

- *Inovação tecnológica*: enquadram-se as mudanças relativas aos aspectos técnicos dos produtos ou serviços assim como aos processos e métodos de produção ou de prestação de serviço utilizados, como, por exemplo, a utilização de uma nova matéria prima; a adoção de novos procedimentos de fabricação; de novos maquinários; alterações no produto, entre outras.

O tipo de inovação tecnológica, caso do BTC, consiste no desenvolvimento de novos produtos ou processos ou seus respectivos aperfeiçoamentos. Hasenclever e Ferreira (2002) mencionam que a mudança no processo tecnológico resulta de esforços e investimentos das empresas em P&D, a estratégia ocasiona o surgimento de novos produtos, processos e formas organizacionais. Inobstante, verifica-se um ciclo inovador que compreende: invenção, inovação e imitação ou difusão.

Raramente os processos são dirigidos única e exclusivamente para certo tipo de inovação, na realidade, os processos coexistem. Dessa forma, inovações comerciais podem ocorrer em decorrência de inovações técnicas, organizacionais ou institucionais. Inclusive múltiplos processos inovativos podem decorrer de uma única inovação.

A tentativa de compreender os elementos determinantes da inovação ensejou o desenvolvimento de uma série de modelos. Os primeiros modelos de inovação que surgiram ficaram conhecidos por modelos de incitação. Destacam-se os autores Arrow (1962), P. Dasgupta e J. Stiglitz (1980). Nestes modelos ainda buscava-se identificar as estruturas de mercado e tamanhos ótimos de plantas para propiciar maior taxa de inovação. Nota-se que inicialmente toda a teoria da inovação se desenvolve baseada em uma perspectiva de produção. Em geral, essa teoria é adaptada para outras abordagens e a vasta aplicabilidade tornam impossíveis apontamentos determinísticos. Por exemplo, Dasgupta concluiu, diferentemente de Arrow, e de modo similar a Schumpeter que quanto mais concentrado o mercado, maior a taxa de inovação.

Baumol (2002) argumenta que pressões competitivas do mercado forçam as empresas a integrar a inovação nos processos de decisão e atividades de rotina, além disso, entende que esforços em P&D são apenas uma das opções de investimento por parte das empresas. Ao reconhecer que o investimento em P&D implica em gastos extraordinários pode-se depreender que a opção de não investir em inovação possa ser interessante. Isso pode ocorrer caso empresas que não investem em P&D consigam se apropriar com facilidade das

inovações por estratégia imitativa, por engenharia reversa ou legislação de direitos ineficaz. Destaca-se que estes dois fatores são apontados com frequência como elementos limitantes de processos inovativos.

Há também outra abordagem de modelos de inovação conhecidos como *modelos de seleção*, representados por autores como E. Penrose (1952) e A.A. Alchian (1953) da década de 1950, posteriormente Sidney Winter na década de 1960 e ainda por Richard Nelson (1987) nos anos 1980. Nesta classe de modelos as empresas apresentam incerteza quanto aos retornos de investimentos em P&D. Há dois tipos de estratégias: imitativas ou inovadoras. As empresas que não conseguem se apropriar das inovações seja por imitação ou pelo desenvolvimento da mesma, trabalham com um custo unitário mais elevado e ao longo do tempo são eliminadas. Nesses modelos a produtividade é maior em mercados concentrados. Quanto aos modelos de inovação os resultados empíricos de acordo com Hasenclever e Ferreira (2002) são inconclusivos.

Inovações radicais são aquelas que não coadunam com o ambiente já estabelecido e surgem à parte e representam novidade em si mesmo. Porém, não necessariamente tratam daquilo que Schumpeter denomina de destruição criativa. Conforme Hasenclever e Tigre (2002) inovações radicais são acompanhadas por inovações organizacionais. A destruição de mercados, indústrias, serviços ou produtos em decorrência de processos ou produto inovador somente é possível se houver possibilidade de substituição do antigo pelo novo. Portanto, inovação radical é conceito oposto à inovação incremental e não sinônimo de destruição criativa, ou como também é denominada destruição criadora.

Na outra mão, os processos de inovação incremental são aqueles que não ameaçam a estrutura já consolidada, apenas imprimem maior dinamismo, conforme Gersick (1991):

An innovation that is compatible with dominant assumptions and established organization practices and structures is likely to be incremental. Organizations that innovate incrementally refine or exploit the potential of their established processes or products, while their basic social relationships, rules, perspectives, and activity patterns remain the same. (Gersick 1991, apud. Wanda J. Orlikowski 1991, p. 5).

Na *abordagem evolucionista* empresas que não conseguem investir em P&D economizam recursos por não assumir risco pela inovação, que pode ou não ser bem sucedida. O eventual surgimento de uma inovação, que apresente custo de utilização significativo poderá determinar a exclusão desta empresa do mercado, mas ela pode existir sem investimento algum em P&D, enquanto não houver inovação. Assim, as empresas são selecionadas por um meio ambiente econômico dinâmico. O meio e a capacidade de

adaptação são fundamentais para a autopreservação da empresa. Portanto, as estratégias adotadas por parte das empresas são determinantes.

Para o objeto analisado pelo presente estudo, de modo idêntico, espera-se que as moedas digitais passem a competir entre si. No entanto, a hegemonia de uma moeda digital sobre todas as outras possivelmente será evitada por questões de segurança. O ambiente de competição entre as moedas digitais deve condicionar protocolos de emissão e validação seguros o suficiente para incutir nos respectivos usuários o desejo de mantê-las. Conforme abordado na seção introdutória, as diversas moedas digitais apresentam características diferentes capazes de atrair diversos perfis de usuários. Considerando que os mesmos sejam avessos ao risco, tendem a diversificar suas carteiras, restando não apenas BTC, mas uma variedade de moedas digitais, com protocolos de segurança fundamentalmente diversos.

O modelo de Winter (1984) considera a existência de dois regimes sendo um deles o empreendedor e o outro o rotineiro. G. Dosi (1988) igualmente reconhece os dois regimes em uma indústria. Na fase quando a empresa surge ocorrem tentativas e erros incorporados ao seu processo (*learning by doing*). Consequentemente, o progresso técnico neste período tende muitas vezes a ser produzido em regime de associação entre empresas e instituições técnicas. No modelo supracitado as empresas que chegam à maturidade tendem a constituir um oligopólio, pois foram selecionadas ao longo do tempo e as estratégias adotadas se mostraram eficientes.

A linha evolucionista da teoria da inovação parece se adaptar de modo direto aos processos observados na conformação do mercado de moedas digitais. O BTC, ao que tudo indica, surgiu da associação de um grupo de programadores. Por possuir código aberto incentivou uma competição desejada desde o início entre o BTC e outras moedas digitais. Apesar de apresentar um limitado grau de anonimato quando comparado ao Dash, por exemplo, o BTC por ter sido a primeira moeda digital apreciou-se e se mantém como a mais líquida das moedas digitais. Por outro lado, há uma quantidade crescente de moedas digitais, mas apenas uma diminuta fração delas apresenta relevância econômica. Ou seja, verifica-se uma corrida por inovação, mas os usuários ao elegerem as moedas desejadas acabam por conformar o mercado em algo próximo da estrutura de oligopólio.

Pode-se ainda abordar o surgimento das moedas digitais pelo prisma das inovações disruptivas². A inovação disruptiva é capaz de desenvolver novos mercados que superam aos previamente existentes e já consolidados. Dessa forma, o conceito é análogo ao conceito de

² Para detalhes ver McDougall (2014). Vale ressaltar que esta teoria representa literatura multidisciplinar. Alguns dos conceitos da economia da inovação são análogos aos apresentados pela teoria da Inovação Disruptiva (ID).

destruição criadora. Inclusive McDougall (2014, p. 6) expõe graficamente a evolução do termo inovação disruptiva e a raiz do termo é o conceito de destruição criativa apresentado por Schumpeter em 1942. Embora os conceitos sejam análogos, as tipificações de inovação disruptiva e a maior contemporaneidade justificam uma exposição mais detalhada.

Conforme Christensen e Raynor (2003) produtos que apresentam inovações disruptivas possuem preço menor e qualidades específicas não atendidas pelo mercado já estabelecido. Com o tempo e melhorias subsequentes acabam por substituir o antigo mercado dominante.

São definidos três tipos de Inovação Disruptiva (ID):

- *Low and Disruption* – Christensen e Raynor (2003)
- *New Market Disruption* – Christensen e Raynor (2003)
- *High and Disruption* – Govindarajan e Kopalle (2006)

A ID do tipo *low and disruption* surgem em produtos mais baratos e, por vezes, “incompletos” quando comparados aos produtos tradicionais. Mas, as inovações incrementais são incorporadas com o tempo e este produto torna-se o padrão por atender também aos clientes mais exigentes. Por outro lado, a ID *new market and disruption* não competem com a indústria estabelecida, ao contrário, cria um novo mercado antes inexistente. Os produtos são mais simples, baratos e inicialmente relativamente inferiores de forma a capturar potenciais clientes que não participavam do mercado em razão de restrição orçamentária. Neste sentido, constitui de fato um novo mercado. Conforme Christensen e Raynor (2003) as estruturas inovativas *low and disruption* e *new market disruption* podem coexistir quando ao mesmo tempo competem por preço e criam novos mercados.

Por fim a ID *high and disruption* ocorrem por meio da vinculação de maior qualidade em características específicas do produto. Inicialmente o produto é mais oneroso e capta clientes que apresentam menor elasticidade-preço. Em comum todas as ID's acabam por substituir o mercado dominante, mas inicialmente atendem a uma pequena parcela de clientes ou potenciais clientes.

McDougall (2014) conclui que o BTC não apresenta características de *high and disruption*, mas que em qualquer dos três tipos de ID, inicialmente os produtos apresentam qualidade inferior com relação aos produtos *mainstream*. Dessa forma, inicialmente os mercados inovadores buscariam atender a nichos específicos e gradativamente ocorreria uma

massificação do produto inovador. Salienta-se que a inserção do produto inovador está relacionada negativamente com o custo de produção.

No processo de massificação do produto inovador ocorre uma série de inovações subjacentes no mercado, transformando-o gradativamente ao longo do tempo. Esta característica não é documentada exclusivamente por estes novos teóricos da inovação. Ao contrário, Teece (1986), por exemplo, aponta processo idêntico ao considerar ciclo de produto inovador e processos inovativos, tornando evidente que a atual teoria da inovação revisita e se apropria de conceitos já consagrados, reformulando-os e aplicando de modo específico. Isso ocorre devido à multidisciplinaridade das teorias de inovação, que eventualmente podem gerar resultado análogo ao efeito “pisar nos pés” dos modelos de crescimento econômico, que é uma externalidade negativa ocasionada por recursos escassos dispendidos por diversos agentes no mesmo esforço³.

2.2 Inovação Financeira

De acordo com Jensen et. al. apud Oliveira e Torkomian (2009) existem dois tipos de conhecimento: o *conhecimento codificado* e o chamado *conhecimento tácito*. O primeiro é relativamente fácil de ser transmitido, enquanto que o segundo depende de aprendizado. Estes conceitos são bastante comuns nos modelos de inovações evolucionistas, que têm como expoentes autores como Richard Nelson e Sidney Winter. A aplicação destes conceitos permite a compreensão do processo de conformação dos mercados financeiros na forma de conglomerados.

Como consequência da centralização do capital, observam-se grandes centros financeiros geograficamente aglutinados. Tal conformação não depende apenas de fatores históricos econômicos e sociais, mas também de externalidades existentes no setor financeiro. Estas características promovem a manutenção de uma estrutura produtiva na conformação de aglomerados. Pode-se dizer que os clusters produtivos são espaços de compartilhamento do conhecimento acentuando a aprendizagem como um processo localizado, que ocorre por meio da interação e da imbricação social, fortalecendo as redes e práticas de inovação (IPIRANGA, 2006 apud OLIVEIRA; TORKOMIAN 2009, p.4).

³ No modelo de Crescimento Endógeno de Romer o efeito pisar nos pés resulta de $\lambda < 1$. Trata-se de uma externalidade do setor de pesquisa e se verifica que as ideias geradas por um pesquisador na realidade não são novas. Quando ocorre corrida por inovação esse fenômeno pode se tornar mais frequente.

Os principais temas analisados sob a ótica das inovações financeiras são risco compartilhado e suas implicações econômicas, informação assimétrica, custos de transação e o papel de restrições regulatórias. Argumenta-se com frequência que os mercados financeiros são excessivamente afetados por intermediadores, em detrimento de poupadores e empreendedores.

A atuação dos intermediadores completam mercados ao atrair agentes e, se verificados ganhos de escala, diminui os custos. Inovações financeiras radicais possibilitam estender o gerenciamento de risco para além dos limites anteriores, abrangendo novas classes de riscos, modificando os pressupostos sobre seguros financeiros, estratégias de *hedge* e de diversificação.

O mesmo processo de difusão propiciado por inovações em outros setores também é observado nos processos de inovação financeira. Schiller (2007, p. 306) argumenta que os processos de inovação financeira são contínuos e seguem tendência de difusão. O autor aponta o papel da tecnologia da informação, compreensão do comportamento e psicologia aplicada às finanças como determinantes da difusão.

Entende-se que um *risk sharing* pleno, tal como idealizado por Kenneth Arrow, em que existe mercado para cada preço, risco e para cada estado da natureza, são difíceis de mensurar. Assim, problemas como assimetria de informação e suas manifestações na forma de *seleção adversa* e *risco moral*, associados ao gerenciamento de riscos implicam em custos de transação, que podem ser reduzidos. Wonglimpiyarat (2011) obteve resultados que indicam que as inovações financeiras afetam o desempenho econômico, ao promover atividades empresariais. Trata-se de um importante setor do sistema de inovação que pode ser visto como elo de financiamento para a inovação.

O surgimento de moedas digitais, por exemplo, representa a possibilidade de desvinculação entre o sistema financeiro e objetivos políticos. Desse modo, permite autonomia ao usuário que pode evitar moedas que apresentem elevado potencial de perda de valor. O conceito de externalidade de rede é também relevante para a maior adoção de moedas criptografadas por parte de usuários.

Conforme Varian (2003) as externalidades de rede são um tipo especial de externalidades na qual o grau de utilidade auferido por um indivíduo depende da quantidade de usuários do mesmo bem. Quando a disponibilidade a pagar dos indivíduos supera os custos, o mercado se expande e, dado que ao menos dois equilíbrios são possíveis em mercados que apresentam externalidades de rede, verifica-se a tendência de que o mercado atinja um equilíbrio com grande número de agentes.

Em mercados com características de externalidade de rede os produtores podem inicialmente causar perturbação com promoções, discriminação de preços e outras estratégias para atrair usuários para a rede. No caso das moedas digitais, ao menos três fatores podem ser determinantes para possibilitar a atratividade da rede: a confiabilidade, a possibilidade de ganhos e a manutenção de uma taxa de entrantes até a formação de uma massa crítica, que é dada por um volume de usuários que ao ser atingido torna a rede atraente aos não participantes pela própria existência da rede.

A emissão inicial do BTC ao valor simbólico de US\$ 0,01 foi entendida como sinalizadora de respeito irrestrito ao mercado, pois concede o poder completo para que os usuários lhe atribuam valor em razão das forças de oferta e demanda. Pode também ser encarada como estratégia de preço promocional, pois os dois entendimentos não são conflitantes. Preços iniciais promocionais, estratégias de divulgação e manutenção de uma taxa de crescimento da rede são estratégias frequentemente adotadas por empresas que atuam num mercado que apresenta externalidade de redes, como por exemplo, o mercado de softwares.

Ao se considerar o preço inicial de emissão e a menor dificuldade inicial de mineração, verificam-se estratégias similares àquelas adotadas por empresas que dependem da formação de uma rede para a maior penetração de seus produtos. Por ser um “produto” de potencial valor futuro, cada vez mais usuários são atraídos pela possibilidade de ganho e formam a rede inicial. Após divulgação nos meios de comunicação e a manutenção de uma taxa de crescimento da rede ocorre a apreciação. Estes movimentos são realimentados até a formação de uma massa crítica com a qual se dá a consolidação do mercado.

Também a tecnologia dos protocolos nos quais se baseiam as moedas digitais aplicadas aos mercados financeiros é capaz de causar uma série de inovações marginais, possibilitando produtos mais seguros, ágeis e customizados, transformando gradualmente a estrutura corrente.

3 BITCOIN

3.1 Funções e Características da Moeda

O surgimento das moedas se deu de forma espontânea. Inicialmente, algumas mercadorias se tornaram meios de troca intermediários devido à liquidez, tais bens foram posteriormente denominados moeda mercadoria e já representavam grande vantagem sobre o escambo simples. São exemplos históricos de moeda mercadoria: gado, sal, cacau, prata e ouro. A expansão comercial tornou necessária a portabilidade monetária. Nesse período, destacam-se o ouro e a prata, já na forma de moeda cunhada. Niall (2008) observa que os metais preciosos possuíam além da característica da portabilidade, também a durabilidade e divisibilidade.

Posteriormente, por facilidade e segurança, títulos que garantiam ao portador certa quantidade de metal precioso passaram a ser emitidos e gradativamente substituíram a circulação desses metais, isso possibilitou o sistema de crédito moderno, em virtude do sistema de reservas fracionárias, e posteriormente a criação da moeda fiduciária, ou seja, moeda sem lastro ou valor intrínseco, tal como utilizado atualmente. Assim, o valor subjetivo depende da percepção de valor coletiva.

Estudiosos da escola austríaca enfatizam que interferência no sistema monetário implica em perdas, portanto, questionam o papel do estado como indutor da atividade econômica. Hayek argumenta que não é estritamente necessário que a emissão monetária se dê por meio do estado:

Certamente pode existir dinheiro, e mesmo muito satisfatório, sem qualquer intervenção do governo, embora raramente tenha sido permitido que esse dinheiro existisse por muito tempo [...] Na imaginação popular, porém, o termo “moeda de curso-legal” viu-se cercado por uma penumbra de ideias nebulosas a respeito da suposta necessidade de o estado estabelecer a moeda. Trata-se de um resquício da ideia medieval de que é o estado que, de alguma forma, confere ao dinheiro um valor que inexistiria sem a chancela oficial. (HAYEK, 1986, p. 44).

A gestão displicente das contas nacionais aliada com uma política monetária expansionista pode afetar o valor e desejabilidade por certa moeda. Diversos países tiveram de enfrentar processos inflacionários severos, são exemplos: Argentina, Alemanha, Israel, Brasil, entre outros.

As moedas nacionais apresentam características e funções amplamente reconhecidas e desejáveis. As funções da moeda são três: *unidade de conta*, *meio de pagamento* e *reserva de valor*.

A função de *unidade de conta* é imprescindível para a realização de comparação,

planejamento financeiro de famílias e empreendimentos. A impossibilidade de comparação torna exacerbada a subjetividade, posto que, na completa ausência de padrão de comparação se está sujeito à dupla coincidência de desejos. Esta função monetária torna possível a existência de um sistema de preços eficiente, a contabilização da economia, seja em nível macro ou micro.

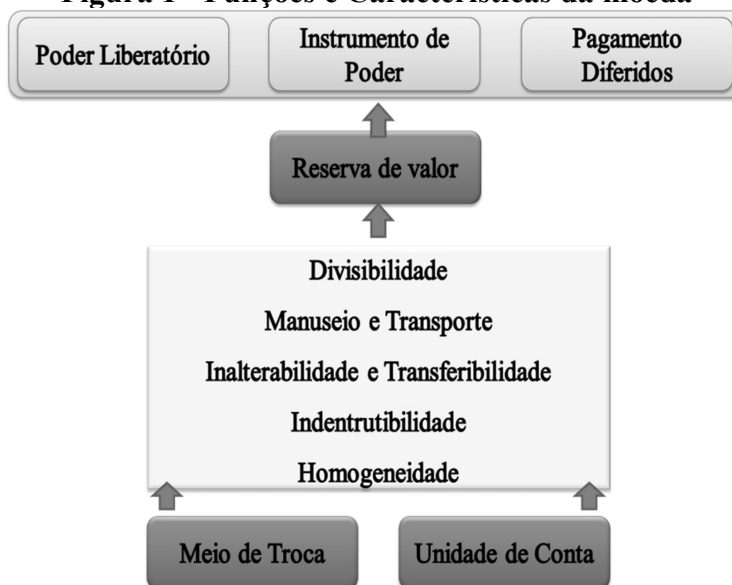
A função de *meio de troca* permite incremento da atividade econômica, facilitando a produção, a aquisição e a distribuição de bens e serviços. Conforme Lopes e Rossetti (1998) é condição essencial para a especialização ocorrer e consequentemente os ganhos advindos desse processo. Tal função possibilita redução do tempo dispendido em transações.

A função de *reserva de valor* não é exclusiva da moeda, mas intrínseca a qualquer ativo financeiro. A diferença da moeda para os demais ativos é que a primeira é considerada de maior liquidez. Entende-se que haveria pronta e imediata aceitação em ampla área geográfica e outros ativos seriam mais voláteis em comparação com a moeda. Além das três funções mencionadas Lopes e Rossetti elencam ainda: poder liberatório, instrumento de poder e pagamentos diferidos como funções da moeda, mas essas “funções” são decorrentes da noção de reserva de valor.

Moedas, além das funções mencionadas, apresentam as seguintes características: *divisibilidade, facilidade de manuseio e transporte, homogeneidade, indestrutibilidade, inalterabilidade e transferibilidade*. É de importância fundamental a percepção de que tanto funções quanto as características da moeda são atendidas pelas moedas digitais.

A ausência de qualquer das três funções da moeda impossibilita o reconhecimento de certo ativo como tal. Por exemplo, a URV (Unidade Real de Valor) antes de emitida na forma de Real, possuía apenas duas das funções acima mencionadas, a saber, unidade de conta e reserva de valor. Nesse período a “moeda” então circulante exercia basicamente a função de meio de pagamento. A experiência brasileira na implantação do plano Real possibilitou a observação da construção gradativa das funções de uma moeda. Ao implementar de forma intencional a desvalorização da “moeda” corrente – o Cruzeiro Real – em função de um processo de estagflação vivenciado no país, a URV, ainda não emitida, passou a apresentar as funções que as moedas emitidas nos planos econômicos anteriores não conseguiam manter por muito tempo, por inúmeros fatores.

Figura 1 - Funções e Características da moeda



Fonte: Elaboração própria a partir de Lopes e Rossetti (1989).

A figura 1 demonstra que as características da moeda na realidade são atributos físicos, ou técnicos no caso de moedas digitais, que possibilitam a percepção das funções meio de troca e unidade de conta. As características da moeda não são relevantes para a função de reserva de valor. Reserva de valor trata-se de uma percepção individual baseada na suposição de que os demais indivíduos da coletividade apreciam de modo idêntico ou muito próximo o mesmo ativo. De modo semelhante, as funções de poder liberatório, *instrumento de poder* e *pagamento diferido* podem ser entendidas como gradações da percepção da função reserva de valor. Se entendido dessa forma as moedas digitais criptografadas, e em especial o BTC, são moedas *stricto sensu*.

Ressalta-se que o BTC apresenta todas as três funções elencadas, e também as características desejáveis. No entanto, as funções oriundas da percepção de reserva de valor somente são percebidas de forma inequívoca por seus utilizadores.

Diferentemente das moedas de curso forçado, em que o estado incute por meio de leis regulamentos e eventuais punições a percepção de valor, nas moedas de curso não forçado ocorre o inverso. Primeiramente o indivíduo é convencido do valor intrínseco ou apenas fiduciário da moeda e somente posteriormente a adota. Dessa forma, sempre que o indivíduo opta por utilizar certa moeda digital verifica-se a clara manifestação de preferência enquanto que o contrário não é verdadeiro.

O quadro a seguir compara as funções e características da moeda entre o BTC e moedas de curso forçado.

Quadro 1 - Funções e Características Comparadas

| RESERVA DE VALOR | DEPENDE DE REFERENCIAL LOCAL E TEMPORAL (Em economias estáveis é percebida como melhor) | DEPENDE DE REFERENCIAL LOCAL E TEMPORAL (Em economias estáveis é percebida como pior) |
|--------------------------------------|--|--|
| PODER LIBERATÓRIO | PERCEBIDO COMO MELHOR | PERCEBIDO COMO PIOR |
| INSTRUMENTO DE PODER | PERCEBIDO COMO MELHOR | PERCEBIDO COMO PIOR |
| PAGAMENTOS DIFERIDOS | PERCEBIDO COMO MELHOR | PERCEBIDO COMO PIOR |
| UNIDADE DE CONTA | PIOR | TECNICAMENTE MELHOR |
| MEIO DE TROCA | PIOR | TECNICAMENTE MELHOR |
| DIVISIBILIDADE | LIMITADA | TECNICAMENTE ILIMITADA |
| FACILIDADE DE MANUSEIO E TRANSPORTE | PIOR | MELHOR |
| HOMOGENEIDADE | PIOR, MAS NÃO COMPROMETEDORA | MELHOR |
| INDESTRUTIBILIDADE | DIFÍCIL COMPARAÇÃO POR RAZÕES DIVERSAS | DIFÍCIL COMPARAÇÃO POR RAZÕES DIVERSAS |
| INALTERABILIDADE E TRANSFERIBILIDADE | PIOR | MELHOR |

Fonte: Elaboração própria a partir de Ulrich (2014).

O BTC tem se mostrado volátil e esta característica representa elevado custo de carregamento, o que compromete a percepção de ativo com característica de reserva de valor. Em contrapartida, moedas de curso forçado, por depender da conjuntura político-econômica, podem perder parcial ou completamente suas funções, de modo que a reserva de valor é, em última análise, relativa e mesmo subjetiva.

Quanto ao *poder liberatório*, instrumento de poder e pagamentos diferidos, claramente as moedas tradicionais são majoritariamente percebidas como melhor em relação ao BTC, isso ocorre porque há a percepção de um sistema legal de direitos e deveres e um sistema de crédito já estabelecido. A necessidade de assunção de todos os riscos por parte dos usuários de moedas digitais representa desestímulo ao uso, quanto maiores forem os valores transacionados. Isto implica considerável limitação quando comparado ao sistema tradicional.

Quanto à *unidade de conta*, *meio de troca* e *divisibilidade*, o BTC é tecnicamente superior pelas características atuais e possíveis. Quanto ao *manuseio e transporte*, o BTC torna possível a portabilidade e a movimentação de grandes valores, não implicando em custos extraordinários. Além disso, também não se faz necessária a reposição de cédulas desgastadas pelo tempo. Por ser digital, o primeiro é perfeitamente homogêneo e enquanto o código for seguro é indestrutível. O mesmo se verifica ao analisar os atributos de *inalterabilidade* e *transferibilidade*.

3.2 Características Técnicas do Bitcoin

Desenvolvido em 2008 por Satoshi Nakamoto, possivelmente um pseudônimo utilizado por programadores, e implantado em 3 de janeiro de 2009, o BTC é a moeda digital criptografada mais popular. Conforme Nakamoto (2008) a utilização de rede P2P⁴ possibilita operações sem a necessidade estrita de terceiros, as operações são registradas cronologicamente e as informações permanecem disponíveis.

A arquitetura P2P é a mesma utilizada em serviços de troca de arquivos em serviços como o antigo *Kazaa* e os atuais *Torrents*. Redes P2P permitem a transmissão de dados sem necessidade de um servidor central e apresentam capacidade de auto-organização tolerante a falhas. Conforme Barcelos e Gasparry apud. Camara (2014) o sistema é construído com base na colaboração dos participantes.

Os BTCs são validados por meio de algoritmos. Uma função *hash* é capaz de mapear dados de comprimento variável e retornar dados de comprimento fixo. Conforme Paar e Pelzl (2009) o hash é um conceito largamente utilizado. Trata-se de um identificador único de dados e necessariamente deve apresentar:

- Função unidirecional – Sendo o hash produto da entrada de dados, não é possível obter os dados originários por meio do mesmo;
- Baixa colisão – É baixa a probabilidade de que dados diversos resultem no mesmo hash, ainda que gerados com este objetivo. A alteração de um único caractere altera completamente o hash gerado por uma mesma função, tornando inviáveis métodos de tentativa e erro por aproximação;
- Saídas de tamanho uniforme independente da entrada com baixo custo computacional.

Cada um dos usuários do BTC possui duas “chaves”, sendo uma delas pública e outra privada. A chave pública identifica o usuário na rede e utiliza um algoritmo de curva elíptica de assinatura digital, (ECDSA)⁵. Cada usuário pode possuir quantas chaves públicas desejar. A cada transação os usuários envolvidos precisam informar suas respectivas chaves públicas e estas podem ser checadas por quaisquer usuários da rede.

A emissão de BTC é limitada em 21 milhões e a taxa de emissão é decrescente ao longo

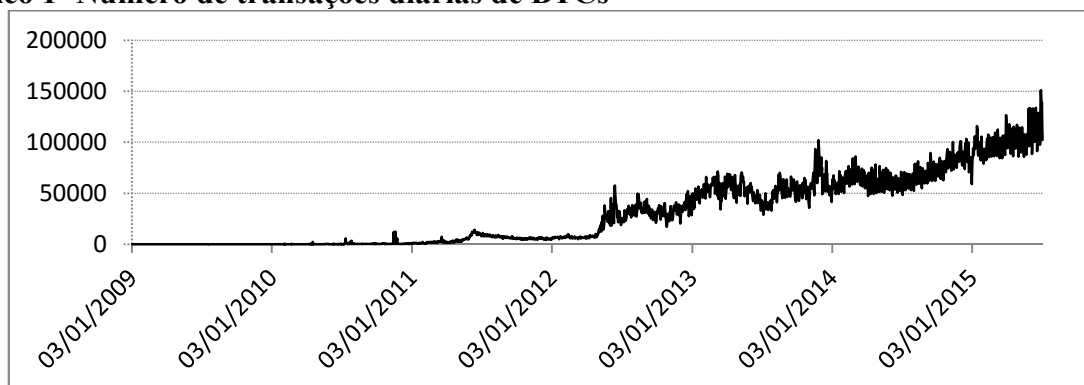
⁴ Redes do tipo P2P são popularmente conhecidas por facilitar troca de arquivos utilizando-se de *torrents*, neste sistema cada máquina funciona como servidor e usuário simultaneamente.

⁵ Para detalhes sobre o protocolo de curva elíptica (ECDSA) ver: GOLDFEDER, Steven et al. (2014). No entanto, tal nível de especificidade foge ao escopo do trabalho.

do tempo. Taylor (2013) apontava que 58,8% da totalidade dos mesmos já havia sido emitida até 2013 e até 2032 a taxa será de 99%. Atualmente conforme gráfico abaixo, já foram minerados aproximadamente 14.357.900,00 BTCs.

A transparência do sistema constitui fator capaz de agregar popularidade ao BTC. A qualquer tempo, é possível verificar as quantidades transacionadas, no entanto, não é possível acesso à identificação direta dos envolvidos nas transações. A Figura 2 a seguir apresenta a evolução do número de transações diárias desde a emissão.

Gráfico 1- Número de transações diárias de BTCs



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de blockchain.info.

Outra característica do BTC é a *irreversibilidade*, ou seja, os negociadores assumem todo o risco, se aproximando ainda mais de uma transação monetária tradicional. Os registros das transferências são mantidos permanentemente e, conforme Taylor (2013), estes registros podem comprometer o anonimato, mesmo para usuários que utilizam variadas contas, pois análise minuciosa pode evidenciar um mesmo operador com relativo grau de certeza.

A possibilidade da verificação dos registros das transações disponibilizados por alguns comerciantes, a fim de sinalizar credibilidade ao mercado também pode comprometer o sigilo dos usuários do BTC. Contudo, há serviços disponíveis que objetivam tornar menos claras tais evidências, utilizando-se de instrumentos de transmissão condicionada a futura devolução, mas envolvendo um número considerável de contas, funciona como um embaralhador virtual.

O BTC é muito utilizado como ativo financeiro, capaz de gerar retornos especulativos, mas também pode ser útil como instrumento capaz de tornar menos onerosas operações de câmbio. Mesmo com a popularização, verifica-se relativa relutância por parte de diversas redes comerciais em utilizá-lo, pois a maioria dos governos proíbe a livre circulação de outras moedas. Rússia e China já sinalizaram que têm intenção de proibir o uso de moedas digitais. Singapura Taiwan e EUA demonstram preocupação com atividades ilegais e defesa da moeda nacional.

Além disso, os EUA, Japão, Alemanha e Finlândia criaram instrumentos para instituir a tributação.

The currency is also subject to taxation in many countries such as the US, Japan, Finland and Germany. Countries with strict capital control such as China and Iceland have also recognized the currency and prohibited transactions, eliminating possibilities of bypassing capital control restrictions. (ÁRNASON, 2015, p. 24).

May (1994) expôs os esforços dos governos em limitar o acesso de suas respectivas populações às ferramentas de criptografia e os efeitos adversos que esta tentativa causou, por exemplo, na França, nas Filipinas e nos EUA. Em suas conclusões, o estudo ressaltou a possibilidade de evasão fiscal, o que pode comprometer sensivelmente a capacidade de arrecadação por parte dos governos. Na outra mão, Moore e Christin (2013) apontam o possível uso do BTC como salvaguarda de um mercado turbulento, como o observado por conta da crise financeira de 2008, a política adotada inundou o mercado de liquidez e expôs os efeitos adversos de uma política expansionista, dentre estes aceleração inflacionária.

Esta moeda eletrônica pode vir a representar papel semelhante ao do ouro, posto que de antemão, a taxa de emissão é conhecida e inferior as de moedas tradicionais. Nesse caso, a valorização da moeda eletrônica frente outras moedas, muito provável mesmo em momentos não turbulentos, depende dos agentes aceitarem esse tipo de moeda.

Há basicamente três maneiras de se adquirir BTCs. A maneira mais comum no início das emissões era o processo de *mineração*. Não existia ainda um mercado estabelecido. Nakamoto (2009) justifica o termo mineração por analogia à atividade de garimpo de ouro. No caso desta moeda, tal esforço é representado por maior dificuldade computacional e gastos com energia elétrica.

O BTC é minerado em blocos. O primeiro bloco minerado ficou conhecido pelo nome de *Genesis block* e gerou cinquenta BTCs. Vale destacar que cada hash é composto por 64 caracteres, além disso, cada bloco minerado informa o hash do bloco seguinte. O sucesso da mineração gera um registro na *blockchain*, que é um arquivo que registra todas as transações efetuadas em BTC.

Cada BTC encontrado por um *minerador* deve ser validado por outros usuários de forma sistêmica e algorítmica. A popularização da moeda, o maior número de mineradores e o crescente poder computacional exigido têm tornado menos interessante a mineração, e os usuários, na prática, atuam em grupos denominados *pools*, repartindo os ganhos entre o grupo conforme esforços individuais. Na realidade, exploradores com pouco poder computacional são

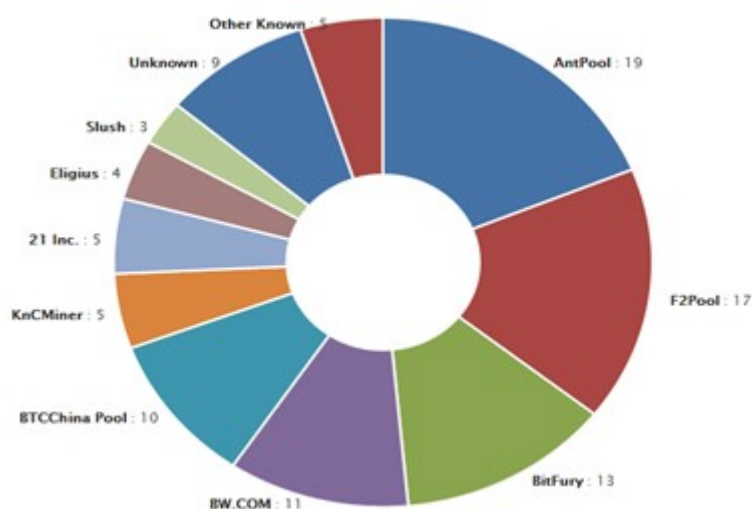
compelidos a atuar em grupo para obter algum retorno. Quanto maior o poder de processamento, maior a probabilidade de sucesso de certo grupo de mineradores. O grau de dificuldade é regulado de forma autônoma de modo que seja possível manter a taxa de emissão decrescente relativamente constante.

Propriedades matemáticas que garantem uma oferta monetária, cujo aumento ocorre a um ritmo decrescente a um limite máximo e pré-sabido por todos os usuários da moeda. Após um bem ser empregado e reconhecido como moeda, seu lastro jaz na sua escassez relativa. (ULRICH, 2014, p. 75).

Uma característica peculiar é a sua oferta limitada em 21 milhões de unidades, a qual crescerá paulatinamente a uma taxa decrescente até alcançar esse limite máximo. Embora intangível, o protocolo do Bitcoin garante, assim, uma escassez autêntica. (ULRICH, 2014, p. 113).

Afigura a seguir, mostra a estimativa do percentual de distribuição da taxa de hash entre as maiores pools de mineração considerando um período de 24 horas.

Figura 2 - Maiores piscinas de mineração de Bitcoins



Fonte: blockchain.info.

A dinâmica temporal desenha um futuro com taxas cada vez menores de emissão, o que dificulta ainda mais a atividade de mineração para novos entrantes. É possível que até 2032 existam poucos e eficientes mineradores dado o maior poder computacional exigido e elevados custos de hardware⁶.

Nesse sentido Taylor (2013) afirma que dois fatores são determinantes: o primeiro deles o

⁶ Mike Hearn, apontado pela coindesk como *bitcoin core developer*, divulgou em 14/01/2016 que um pequeno grupo de mineradores é responsável por grande parte do processamento da rede e dessa forma pode ocorrer controle indireto dos preços das taxas de transação.

acesso à energia e o segundo, possuir o hardware utilizado quitado, enquanto os retornos forem elevados.

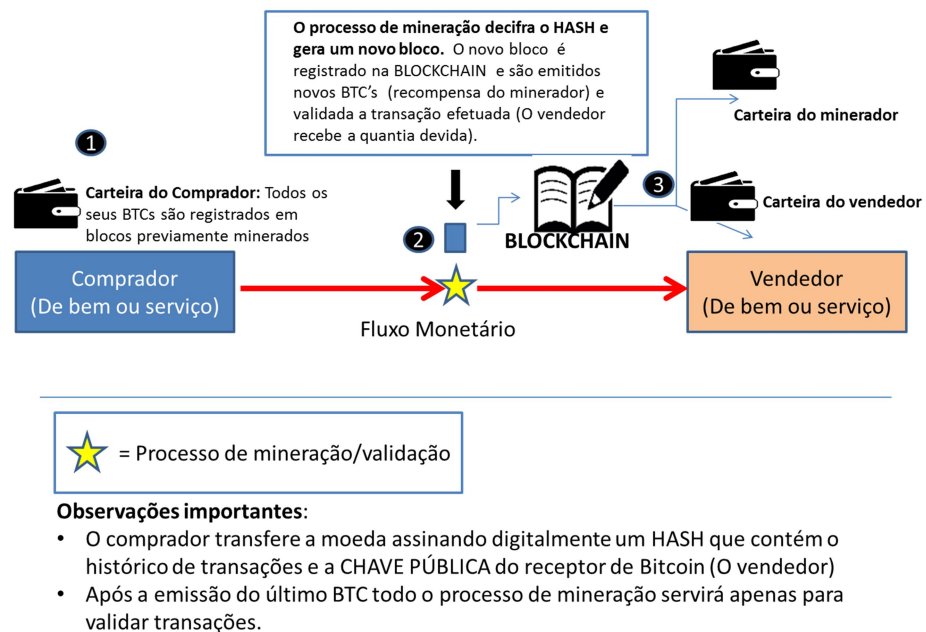
Caso ocorra entesouramento por parte dos mineradores, os usuários finais podem desenvolver relativa aversão pela moeda. Mesmo considerando a extrema divisibilidade do BTC, os usuários estariam sujeitos a ataques monetários puramente especulativos. Mas, é pouco provável que processos dessa natureza sejam verificados por duas razões: a coordenação de grande parte de mineiros é impraticável e; mineradores têm um ponto de entrada não coincidente. Logo, o preço ótimo entre mineradores difere consideravelmente, mesmo se participarem da mesma pool. A depender do ponto de entrada, do investimento realizado e dos custos de operação que são individuais, se um grande número de mineradores decidir realizar lucros, muito possivelmente os preços jamais se tornarão inferiores ao custo de mineração, porque no momento em que o preço de mercado se igualar ao custo de mineração, os mineiros que ainda não alcançaram o ponto de saída passariam a adquirir BTC no mercado e manteriam o maquinário minerando.

O processo de mineração possibilita recompensar o minerador e também validar transações. Quando um comprador de bens ou serviços realiza uma ordem de pagamento com BTC a transação não é realizada instantaneamente. A carteira digital do comprador possui uma série de BTCs ou frações que foram previamente geradas por meio de esforço computacional. O objetivo dos mineradores é gerar novos blocos e estes são gerados após a “resolução” de uma função hash.

As transferências monetárias são realizadas através de um hash, que carrega informações das transações anteriores e a chave pública do receptor da quantia. Quando algum minerador decifra o código e este é validado pela rede, o bloco é registrado na *blockchain*, e somente após esse processo os destinatários, vendedor e minerador recebem a quantia devida. Como o bloco contém as informações pretéritas e a chave pública do destinatário, todos os nós da rede podem se certificar de que a quantia que o comprador deseja dispor ainda pertence a ele. Este procedimento elimina a possibilidade de gasto duplo.

Uma exposição mais aprofundada sobre os processos de mineração, validação e conceitos de criptografia de chaves assimétricas pode ser verificada no trabalho de Camara (2014). A figura a seguir exemplifica o processo de validação de transações que ocorre por meio da mineração.

Figura 3 - Processo de Mineração e Validação de BTC



Fonte: Elaboração própria a partir de Câmara (2014).

A segunda maneira de se obter BTC envolve trocas livres entre usuários. Em geral, este tipo de transação não incorre custo monetário, ou conforme Taylor (2013), o mesmo é simbólico variando 0,0005 BTC a 1 *Satoshi*, que equivale a 0,00000001 BTC. Cada nó da rede possui uma cópia do blockchain, e dado que a cada transação a chave pública utilizada “assina” um hash, se faz possível a comparação da chave pública do fornecedor, eliminando a possibilidade de duplo gasto. Em outras palavras, caso o fornecedor já não seja possuidor dos BTCs transacionados, o histórico armazenado acusará tal diferença. A constatação de posse por parte do emissor e a aceitação da transferência por parte do receptor são armazenados no blockchain e torna-se informação disponível e atualizada para cada nó da rede. Ressalta-se a transação será armazenada num novo bloco, portanto, necessária à atuação dos mineradores, pois, as transações não ocorrem de forma instantânea.

Esta modalidade envolve os usuários finais de BTCs, comerciantes e consumidores de bens e produtos finais. Para realizar a transmissão de valores, o usuário precisa fazer uso de sua chave privativa. Esta forma de aquisição, apesar de ser a menos custosa, é a mais arriscada. Aqueles que atuam como compradores de certo bem ou serviço não teriam a quem recorrer em caso de descumprimento de acordo. Na realidade esse é um fator determinante para a capacidade de penetração da moeda, posto que para assumir tal risco o valor do bem ou o serviço adquirido devem ser relativamente baixos. De outra maneira, alguma forma de garantia passa a ser

desejada.

A forma de aquisição direta de moedas digitais possibilita o auxílio financeiro a causas e organizações criminosas. Estas possuem possibilidades mínimas de identificação e punição de responsáveis, caso os mesmos se utilizem de estratégias apropriadas de proteção à identidade. Grupos terroristas, paramilitares, cartéis interessados em evasão fiscal, e mesmo acordos tácitos, podem ser explicitados e não percebidos por meio dos instrumentos tradicionais de auditoria. Em contra partida, auxílio humanitário, doações a pesquisas médicas e combate a excessos praticados por governos que restringem as liberdades individuais podem ser consideravelmente mitigados com o uso de moedas descentralizadas. Apesar disso é importante destacar que quando uma grande empresa decide adotar o BTC passa a gozar de credibilidade solidificada ao longo do tempo de atuação no mercado, tornando a negociação direta consideravelmente mais segura.

A terceira maneira de obter BTC, e atualmente a mais referida nos meios de comunicação, é a comercialização de moeda intermediada. Nesse caso, o usuário obtém moeda diretamente, nas diversas “bolsas” ou “bancos” de BTCs. Meiklejohn et al. (2013) ressalta que no início de 2012 dobrou de forma abrupta a porcentagem de transações para valores menores que a unidade monetária e triplicaram àquelas referentes a menos de um décimo da unidade. Não somente a comercialização de quantidades fracionárias torna-se mais popular, como também se observa aumento na velocidade da moeda⁷, que de fato é quantificada e não uma aproximação. Conforme os supracitados autores apenas uma parcela estimada em quatro milhões dos BTCs disponíveis é comercializada com frequência, mas a uma taxa de troca intensa.

A disseminação do BTC não é uniforme e muitos comerciantes evitam adotá-lo, por não haver regras claramente definidas, além de questões tributárias e da elevada volatilidade do preço da moeda. Permanecer por muito tempo com a moeda, pode significar expressivo ganho ou perda para aquele que transaciona respeitando a paridade verificada com sua moeda local no momento da compra. Em outras palavras, aumenta o *carrying cost*, como antes mencionado. Apesar do desejo de parte dos usuários para a legalização e regularização do BTC e de outras moedas digitais, esta iniciativa apresenta caráter destoante do ideal fundamental de não regulação e de assunção da totalidade dos riscos por parte de seus usuários.

As moedas digitais possibilitam oportunidade de crescimento de novos nichos de mercados, também conhecidos como *mercados de cauda longa*. Nestes tipos de mercados a produção de certos bens e serviços, por vezes, se torna economicamente inviável, por

⁷ A velocidade da moeda é definida como o número de vezes que o estoque de moeda circula entre os agentes num dado tempo. Vale ressaltar que a fórmula usual para estimar a velocidade da moeda considera a produção como aproximação para o número de transações. No entanto, o uso das moedas digitais, em especial o BTC, permite conhecer o real número de transações, uma vez que cada troca é registrada.

dificuldades em atingir o mercado consumidor disperso geograficamente. Além de outras ferramentas de comércio eletrônico, as moedas digitais podem tornar tais atividades lucrativas, ao fazer menos burocráticos e custosos os processos de troca. O que possibilita o comércio de mercadorias de baixo custo, dado que praticamente inexistem taxas. Conforme White (1999, p.18) a transição monetária de analógica para digital não modifica o padrão fiduciário, nem tampouco a questão bancária.

3.3 Fragilidades

A principal fragilidade do BTC não é intrínseca à moeda, mas às plataformas de comercialização, quer sejam bolsas de valores específicas ou bancos. A popularização e valorização da moeda fazem dos detentores de BTC alvos de ataques hackers. Em março de 2012 mais de 43 mil BTCs foram roubados da *Bitcoinica*. Em 2012, a *Bitfloor*, casa de câmbio, teve o equivalente a US\$ 250.000,00 roubados. Em 2014 a ex-principal bolsa de BTC, a Mt Gox, sediada no Japão, abriu pedido de concordata, embora a intenção maior fosse de conseguir processo de recuperação judicial. As dificuldades neste caso, também decorrentes de suposto ataque hacker, ocasionaram a perda de cerca de US\$ 480.000.000,00 nesse mercado.

Por fim, o banco canadense *Flexcoin* encerrou as atividades no dia 3 de março de 2014, após ataque no dia anterior com prejuízo estimado em US\$ 600.000,00. O efeito do ataque à Mt Gox foi intenso, persistente e, de imediato, refletiu na cotação da moeda, que em 29 de novembro de 2013 estava cotada a US\$ 1242,00 a unidade. Destaca-se que a mesma chegou a ser cotada em US\$ 173,00 no dia 25 de fevereiro de 2014, uma queda de 86,07%, conforme dados da *br.investing.com*.

Conforme Moore e Christin (2013) o maior risco para os usuários de BTC decorre da intermediação. No entender dos autores, instituições intermediadoras agem, na prática, como autoridades centralizadas, mas esse entendimento é questionável, pois não é possível realizar política monetária de nenhuma espécie, quando variações severas são observadas o mercado reage de forma imediata. Os mesmos autores apontam que de 18 bolsas, ou casas de câmbio que encerraram atividades, apenas em 11 casos os clientes foram ressarcidos. No estudo em questão, os autores utilizaram modelagem de escolhas discretas, regressões logísticas, e os resultados levou-os a afirmar que a Mt Gox e Intersango eram as bolsas que apresentavam as menores possibilidades de fechar em decorrência de ataques.

Apesar do grande número de ataques hackers, ressalta-se que o sistema criptográfico da moeda jamais foi ameaçado até o presente momento. É necessário que as instituições financeiras

se tornem mais resistentes aos ataques. É possível que empresas do setor financeiro que atuem com moedas digitais de maior sucesso sejam impelidas a firmar contratos de seguro e adotar ferramentas mais eficientes de segurança digital. Conforme a popularização do uso do BTC, estas empresas seriam induzidas, em função da competição, a adotar políticas de governança já praticadas. Contudo, seria interessante que estes ajustes de gestão ocorressem sem a intervenção estatal ou a adoção de legislações, a fim de não incutir ônus e não descaracterizar a essência das moedas eletrônicas não reguladas. Caso este processo não ocorra dessa forma, as legislações tendem a divergir e assim certas localidades apresentariam custos de transação maiores que outras, incentivando a arbitragem e negociações não intermediadas, com a intensificação do uso da *Deep Web* com a finalidade de driblar legislações.

Courtois e Barack (2014) argumentam que no futuro a criptografia utilizada pelo BTC possa ser quebrada e enfatizam que nenhuma autoridade do segmento de certificação digital reconhece oficialmente a segurança do código utilizado. Os mesmos autores concluem que o BTC é bastante centralizado, mas note-se que esta alegada centralização não é originada de qualquer governo e sim na fase de mineração. Possivelmente, isso já reflete a superposição de poucos grupos de mineradores bastante eficientes, e com grande poder computacional sobre outros grupos. É relevante ponderar que estas plataformas de mineração são constituídas por muitos usuários, e sabe-se que quanto mais agentes envolvidos, mais complexas tornam-se a coesão estratégica e o movimento coordenado entre os participantes.

3.4 O Bitcoin como Inovação Financeira

O surgimento e intensificação das diversas formas de comércio eletrônico podem ser conceituados como inovações radicais. Em muitos casos, isso representou de fato inovação destruidora, ao substituir, ao menos parcialmente, agentes, produtos ou serviços existentes no mercado antes da implantação da inovação. Do exposto, depreende-se que, ao mesmo tempo, certa inovação possa ser entendida como radical, incremental e mesmo destruidora, a depender da amplitude do mercado a ser considerado.

Ao considerar o futuro das instituições financeiras o relatório do Fórum Econômico Mundial (2015, p.102-108) apresenta três possíveis cenários sobre o futuro papel de instituições financeiras, em resposta às contínuas mudanças nas preferências dos agentes do sistema financeiro internacional. No primeiro cenário, consideram um movimento de desconcentração do mercado, com o surgimento de novos agentes e de produtos financeiros mais flexíveis, intuitivos e personalizados. Nele os agentes atuais evoluem e se especializam, personalizando ao máximo

seus respectivos produtos. São riscos apontados por este cenário: possibilidade de que o sistema se torne refém de desenvolvedores de tecnologia, comprometimento da capacidade de fidelização do cliente e incerteza quanto a aspectos reguladores.

O segundo cenário apresentado retrata a possibilidade de que os bancos tradicionais mudem de foco ao atuar como plataformas para conexão com produtos de nicho⁸. Neste caso, também haveria menor grau de fidelização e, além disso, deveria ocorrer maior especialização, diminuindo a possibilidade da existência de subsídios cruzados. Como pontos críticos surgem: a dificuldade de seleção em razão da maior atômica, dificuldades de atribuir responsabilidades por falhas no serviço ou fraude, problemas de assimetria de informação e diminuição da lealdade do cliente.

Por fim, no terceiro cenário as instituições financeiras aumentariam os pontos de contato com os clientes por meio da tecnologia, emulando o relacionamento humano e objetivando a retenção e fidelização. Objetiva-se a superação das necessidades com a oferta de serviços não financeiros sem aumento significativo de custos. Sendo assim, é possível que as moedas digitais não centralizadas e não reguladas venham em pouco tempo ser consideradas como uma inovação radical, com características de inovação destruidora. Nesse caso, inovações incrementais poderão surgir, remodelando as formas tradicionais de comércio, tributação e legislação.

Todos os quatro tipos de inovação: comercial, organizacional, tecnológica e as institucionais podem ocorrer em maior ou menor grau a depender do grau de utilização de moedas descentralizadas. A inovação institucional está ligada aos meios considerados legais de atuação. Neste sentido, é imprescindível que o ordenamento jurídico e as instituições reguladoras da sociedade, em todos os aspectos, inclusive econômicos, sejam de fato efetivos e capazes de prover segurança jurídica aos agentes dos diversos tipos de mercados. Caso o BTC se torne um ativo amplamente aceito como moeda, mas as legislações não acompanhem a sua evolução do ponto de vista do arcabouço legal aplicado aos incentivos econômicos corretos, tende em grande parte a tornar-se uma letra morta. Faz-se referência, neste caso, ao que na prática hoje ocorre em relação às leis de direito autoral e *copyright* na indústria do entretenimento de alguns países.

Vale observar que o BTC, assim como as demais moedas digitais, surgiu fora da indústria financeira instituída. Nesse aspecto, o modelo desenvolvido por Teece (1986) parece explicar melhor o surgimento das chamadas criptomoedas por surgirem a parte do organismo instituído. Retomando Schumpeter:

⁸ Mercados de nicho são mercados que atendem consumidores com preferências ou necessidades específicas. Anderson (2013) atesta que produtos de nicho possuem pouca demanda ou baixo volume, mas a soma dessas demandas de mercados específicos pode ser maior que a demanda dos produtos de massa.

[...] em regra, o novo não nasce do velho, mas aparece ao lado deste e o elimina na concorrência, é o de mudar de tal modo todas as condições que se torna necessário um processo especial de adaptação[...] (SCHUMPETER, 1997, p. 192)

As inovações ocorridas na computação tornaram possível que moedas descentralizadas surgissem e as mesmas apresentassem potencial de transformar toda a estrutura de econômica até então existente. É possível que o meio instituído adote múltiplos padrões. Criptomoedas podem conviver no ambiente econômico financeiro com moedas nacionais, mas necessariamente alguma perda de poder político-econômico por parte dos gestores contemporâneos será observada. Em verdade, a competição monetária pode tornar, ao longo do tempo, as moedas nacionais mais sólidas e os gestores da política monetária menos propensos ao endividamento.

Outra possível estratégia seria tornar gradativamente o uso de moedas descentralizadas crime, mas a viabilidade dessa estratégia depende igualmente do grau de popularidade de tais moedas. Por outro lado, supondo adoção generalizada da mesma, dever-se-á observar uma série de inovações incrementais por conta das transformações advindas da adesão à inovação radical. Embora Schumpeter preveja que o novo destrua o velho e ocupe o seu lugar, no caso do sistema monetário e mercado financeiro, isto somente será observado se houver uma estratégia de combate condicionado à preferência social pelo novo padrão, algo atualmente improvável. Os oligopólios financeiros e padrões monetários nacionais irão competir cada vez mais com uma série de inovações e padrões monetários autônomos e descentralizados.

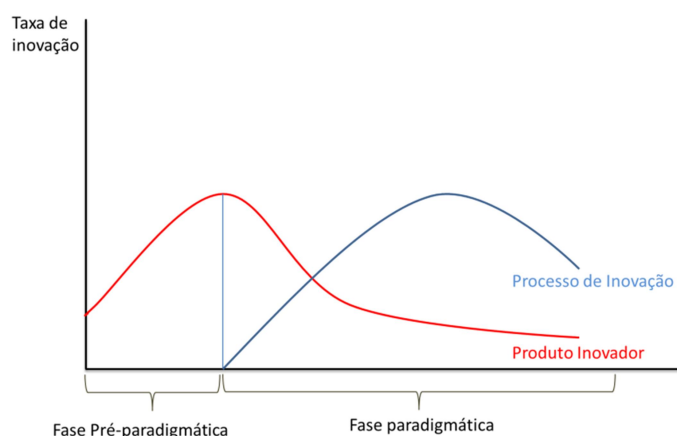
Uma vez que é relativamente simples a realização transação completamente anônimas com a utilização de softwares e protocolos destinados à ocultação de identidade, a tentativa de impossibilitar a aceitação de moedas descentralizadas única e exclusivamente por meios legais tende a ser ineficaz. A estratégia que se desenha como mais eficaz, tendo por objetivo a não comercialização de bens e serviços em moedas privadas é tornar o sistema monetário e financeiro tão atrativo quanto o sistema alternativo. Se assim for o sistema estabelecido já não existirá da mesma forma porque hão de realizar uma série de inovações incrementais para se manter dominante.

Schumpeter alega que o capitalismo não se recupera sem perdas, o sistema econômico precisa se reanimar antes de seguir novamente e o sistema de valores precisa se reorganizar, pois o desenvolvimento que surge a partir daí tem um padrão diferente e não caracteriza a continuação do padrão de desenvolvimento anteriormente visto. Então, dadas às inovações drásticas este passa a *destruir* o anterior e afeta todo o sistema. Postos de trabalho são destruídos,

prejuízos auferidos, produtos e serviços deixam de ser ofertados, etc. Observa-se que o *boom* inicial das inovações drásticas sinaliza o fim de um ciclo consagrado, surgem então as inovações incrementais e um tempo depois uma nova conformação da indústria.

A grande proliferação de moedas digitais observada corresponde a fenômeno análogo ao que ocorre em inovações industriais. Um produto inovador é imitado e compete com produtos estabelecidos e com produtos igualmente inovadores. Há uma fase de verificação do formato que será dominante. Conforme Teece (1986), a definição de um formato preferido por muitos, indica o final de uma fase denominada pré-paradigmática. No presente caso a dominância pode se dar apenas no ambiente das moedas digitais caso a adoção por parte das pessoas seja limitada ou pode transbordar para o sistema tradicional de moeda. Com a definição do formato dominante uma série de inovações incrementais surge a fim de tornar o mercado ajustado ao formato eleito como dominante.

Gráfico 2 - Lucrando com a inovação tecnológica



Fonte: Adaptado de Teece (1986).

Este ponto é em especial importante, pois Teece (1986) preconiza que as empresas detentoras dos recursos co-especializados como canais de distribuição, logística, maior exposição e contato com o consumidor final estaria em vantagem. Em especial, se as empresas detentoras de recursos co-especializados forem oligopolistas e se os introdutores da inovação no mercado tiverem um sistema de apropriabilidade fraco, é justamente o que ocorre nos sistemas financeiros. A administração instituída pode com grande facilidade implementar muitas das melhorias técnicas ao sistema já existente, incorporando qualidades desejadas às moedas nacionais e, dessa forma, tornar menos atrativas as moedas privadas.

4 MERCADO DE DOIS LADOS (M2L)

Esta seção define e caracteriza a teoria conhecida como Mercado de Dois Lados (M2L). Apesar da grande gama de configurações possíveis buscar-se-á comparar a estrutura do setor de cartões de pagamentos eletrônicos com a estrutura ainda em formação de um mercado de BTCs. Serão apontadas similitudes e diferenças fundamentais que impedem a total conformação do mercado de BTCs com a estrutura M2L.

4.1 Características Gerais de Mercado de Dois Lados

Modelos que descrevem o M2L possuem duas características: a existência de dois grupos distintos de participantes e a presença de externalidades positivas de rede. Essa estrutura se baseia numa plataforma que possibilita o encontro e a interação de dois tipos de usuários e deve ser capaz de propiciar que os grupos realizem o maior número de transações possíveis. A plataforma deve ser estruturada de modo a promover a percepção de vantagem de utilização por parte dos usuários finais.

Rochet e Tirole (2006) esclarecem que o M2L não se caracteriza apenas por conta da existência de uma plataforma que conecta dois usuários finais, mas sim o fato de que o volume total das transações depende principalmente da estrutura de preços, ou seja, como o preço é dividido entre os usuários finais. De acordo com Freitas (2007) no M2L a estrutura de preços e a definição de quem assumirá a maior parte dos custos da plataforma devem ser “desenhadas”, de tal modo que incentive a participação dos dois lados do mercado. Disso resulta que o preço pago por determinado participante para fazer uso da plataforma não está necessariamente relacionado ao custo de sua entrada no sistema.

Evans e Schmalensee (2005) citam alguns mercados que, por sua natureza e características, estão organizados como M2L, tais como agências de encontro de casais, clubes noturnos, corretoras, agências de propaganda, jornais e revistas, sistemas operacionais de computadores, vídeo games, *shopping centers* e cartões de pagamento. Conforme os autores verificam-se três características fundamentais neste tipo de estrutura: a de preços diferenciada, os modelos de desenho do negócio e a existência de regras e regulamentos específicos.

Conforme Evans (2003) os preços finais são cobrados dos usuários finais, consumidores e comerciantes, a fim de se obter o equilíbrio das demandas. É importante não apenas manter, mas também atrair novos entrantes dos dois conjuntos de usuários na rede. O elemento-chave desse

mercado, portanto, é o balanceamento das demandas dos usuários finais. As elasticidades-preço da demanda de cada de cada grupo exercem papel fundamental na determinação dos respectivos preços carregados por cada um deles. O lado mais elástico tende a ter seu preço reduzido, de forma a viabilizar a entrada de usuários deste lado da rede. Em geral, o lado com menor elasticidade tende a arcar com a maior parte dos custos da indústria.

O desenho do negócio é crucial na análise do M2L, devido não só à presença de externalidades de rede e das elasticidades-preço da demanda como também à necessidade de integração dos dois lados do mercado. Já a existência de regras e regulamentos específicos impostos pela plataforma faz-se necessária em razão da necessidade de construção de parâmetros que promovam as externalidades positivas e limitem as negativas, com vistas a produzir benefícios para os usuários finais (BANCO CENTRAL DO BRASIL; SECRETARIA DE ACOMPANHAMENTO ECONÔMICO; SECRETARIA DE DIREITO ECONÔMICO, 2010).

A estrutura de apreçamento deve promover estímulos para, pelo menos, um dos lados, sem que isso resulte em uma punição muito severa ao outro, desestimulando sua participação. Este processo de fixação de preços em mercados de dois lados não reflete apenas a estrutura de custos dos participantes da indústria, mas também o excedente gerado para um dos grupos quando o mercado incorpora um usuário a mais no outro (ROCHET e TIROLE, 2002; 2003). Isto quer dizer que, na estrutura de apreçamento de um M2L, se todas as outras condições permanecerem constantes, o grupo que tiver obtido o maior excedente *subsidiará* o outro grupo. O lado que arca com os custos é chamado centro de lucro, o lado beneficiado é chamado de centro de perda.

4.2 Características do mercado de cartões

Na análise da estrutura de preços desse mercado duas características devem ser observadas. A primeira é a soma dos preços provenientes da estrutura de dois lados e a segunda é a repartição desses preços entre usuários finais de cada um dos lados. Os preços de cada lado do mercado dependem não só de seu custo marginal, mas da elasticidade-preço da demanda de cada lado do mercado, do valor que a entrada de um agente em um dos lados gera para aqueles participantes do outro lado (externalidade de rede), e do grau de competição interplataformas e intraplataformas (BANCO CENTRAL DO BRASIL; SECRETARIA DE ACOMPANHAMENTO ECONÔMICO; SECRETARIA DE DIREITO ECONÔMICO, 2010).

Fagundes, Ferrés e Saito (2009)⁹ explicam que as externalidades de uso se verificam com aumentos das receitas por conta da difusão da ferramenta. A internalização de externalidades positivas para o comércio e consumidores pode ampliar o volume de transações e consequentemente ampliar as receitas, se o ônus da utilização for arcado majoritariamente pelo agente que apresenta menor elasticidade.

No caso tradicional da estrutura desse tipo de mercado, a tentativa de tornar o mercado mais competitivo com base em regulamentações apoiadas em estudos técnicos fortemente baseados na teoria microeconômica, que consideram a convergência de preços para patamar próximo aos respectivos custos marginais, poderia eliminar a característica de externalidade de rede e produzir efeitos outros de maior magnitude que o excedente gerado pelo corpo regulatório. Por exemplo, um nível maior de concorrência pode apenas ocasionar menor lucratividade para o proprietário do esquema. Entretanto, a literatura¹⁰ aponta que estímulos à concorrência podem promover benefícios, quando um mesmo usuário tem acesso a diversos cartões indistintamente aceitos por parte dos comerciantes.

Poder-se-ia argumentar que independente das distintas elasticidades entre usuários finais, o custo poderia ser repassado em parte ou integralmente dos vendedores para os consumidores. Ou seja, por apresentar diferentes custos para diversas modalidades de pagamentos, se os comerciantes viessem a diferenciar e repassar aos clientes tais custos, mas existam cláusulas impeditivas impostas aos grupos de comerciantes, pode dificultar a diferenciação de preços. No entanto, a impossibilidade de diferenciá-los pode ocasionar subsídio cruzado punindo os usuários que optam pela forma de pagamento menos custosa.

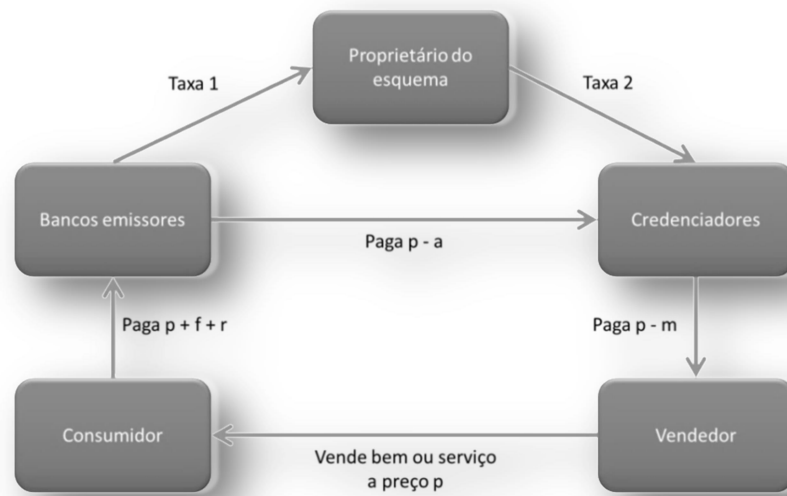
Frequentemente, o mercado de cartões é estruturado sob uma plataforma contendo três ou quatro partes. Na plataforma de três partes o credenciador é também emissor do plástico. Na plataforma de quatro partes estes agentes não coincidem. A Figura 4 a seguir retrata uma plataforma de quatro partes¹¹:

⁹ Os autores têm como escopo o mercado de cartões de crédito, mas raciocínio análogo aplica-se ao objeto do presente estudo, os BTCs.

¹⁰ Ver: Evans (2002), Frascaroli (2011), Guthrie e Wright (2007), Rochet e Tirole (2004).

¹¹ Além de mais didático a estrutura em quatro partes do sistema de débito de BTC se ajusta da mesma maneira.

Figura 4 - Organização do mercado de cartões de pagamentos no Brasil



Fonte: Frascaroli (2010).

onde:

p é o preço do bem ou serviço;
 f é a tarifa ao portador do cartão de pagamento, geralmente uma anuidade;
 r é a taxa de juros;
 a é a tarifa de intercâmbio;
 m é taxa de desconto.

Resumidamente, o mercado funciona da seguinte forma:

- O proprietário do esquema (bandeira do cartão) define as regras do negócio;
- Os emissores são geralmente bancos que mantêm contato direto com portadores de cartões definem: limites de crédito, encargos e taxas, vencimentos de fatura, programas de benefícios, etc;
- O credenciador realiza a ponte entre estabelecimentos comerciais e proprietário de esquema por meio de contrato;
- O consumidor é o portador de cartão;
- O vendedor é o agente que aceita o cartão como meio de pagamento;
- Os preços finais são compartilhados entre usuários finais, consumidores e vendedores, de modo a equilibrar as demandas dos dois lados.

4.3 Semelhanças e diferenças entre cartões de pagamento e o BTC

O mercado de BTC apresenta algumas semelhanças com o mercado tradicional de cartões estruturado como um M2L, mas também significativas diferenças. O sistema de débito/crédito é ainda incipiente, de modo que é impossível prever qual será a conformação dominante e em que grau se assemelhará aos mercados de débito/crédito tradicionais. Há pelo menos duas formas definidas e distintas de crédito e uma forma de débito.

4.3.1 Cartões de débito de BTC

A atual conformação da forma de pagamento por meio de débito automático do BTC representa a simples inserção do mesmo no mercado tradicional de débito. As características de inovação destruidora não impediram que o sistema financeiro tradicional incorporasse esta moeda como meio de pagamento na plataforma tradicional, por exemplo, o cartão de débito pré-pago fornecido pela *bitcoin to you* com bandeira mastercard. Opções como esta praticamente eliminam a dificuldade enfrentada por consumidores na aceitação de seus respectivos BTCs.

Neste sistema, o consumidor utiliza a moeda para carregar o cartão com moeda nacional, mas ressalte-se que nestes casos trata-se de uma incorporação do sistema tradicional de débito. Nessa conformação o BTC é de fato um ativo financeiro que deve necessariamente ser previamente convertido em moeda nacional para a realização do consumo. Quando o BTC é apenas incorporado ao sistema já vigente não apresenta maior potencial de destruição dos mercados do que qualquer outra forma de inovação financeira já existente. Os usuários de cartões de débito podem adotar duas estratégias distintas, acumulação e especulação, ou mesmo combiná-las fracionando o patrimônio.

Uma parte dos consumidores que possuem ou desejam estes cartões tende a perceber o BTC como moeda forte e preferível às moedas de curso forçado. A estratégia adotada por este grupo é a de manter esta moeda em espécie e somente convertê-los em moeda nacional, conforme a necessidade de realizar consumo. Esta parcela de indivíduos apresenta tendência a aceitar os custos de carregamento são agentes seriam guiados principalmente por aspectos ideológicos e menos sensíveis à volatilidade observada no preço do BTC. Acreditam que gradativamente as moedas nacionais serão substituídas por moedas criptografadas e que esta é uma tendência irreversível.

Outra parte de consumidores possuidores de BTC utilizam-no como ativo financeiro. Para estes a principal utilidade que o mesmo pode proporcionar advém de operações especulativas da moeda. Este grupo não converte BTCs apenas para realizar consumo, mas

principalmente para realizar lucros, atuando de forma a manter fundos em diversas moedas, nacionais e digitais, e objetivando captar ganhos advindos da oscilação de um *pool* de moedas. São preferidas moedas de economias grandes e representativas no comércio internacional, o que facilita mudança de posição com velocidade, em função grau de liquidez das mesmas.

Apesar da estratégia financista, em última instância, são consumidores porque desejam maximizar consumo. Na prática, o usuário médio tende a adotar uma mescla das duas estratégias expostas, de modo a considerar as volatilidades, a conjuntura e a estrutura econômica em que está inserido, além de eventuais dificuldades legais.

Importante destacar também que a simples declaração de ilegalidade por parte do Estado não é suficiente para impedir que agentes econômicos utilizem de moedas descentralizadas. O ambiente econômico, a severidade da punição e a probabilidade de ser apanhado são determinantes. Assim, em países que passam por processos inflacionários severos, a população estará mais disposta a incorrer na eventual ilegalidade, mas são justamente estes países que tendem a restringir fortemente o uso de moedas digitais.

Agentes do mercado financeiro fornecedores de cartões apresentam comportamento semelhante ao grupo de agentes especuladores, e tendem a considerar o BTC como ativo de grande volatilidade. Nesse caso, irão reter o ativo quando em tendência de alta e a dispor destes quando em viés de baixa.

Os comerciantes simplesmente estão à parte do sistema. Uma vez que já aceitam os cartões de débito das bandeiras emitidas. Isso se deve a regra *honor all cards* imposta aos comerciantes por contrato, que na versão fraca atesta que estabelecimentos não podem discriminar cartões por bancos emissores. No caso específico, o banco pode ser inclusive um banco de moedas digitais contanto que carregue a bandeira contratada. Além disso, por serem remunerados em moeda nacional, nenhuma modificação é percebida por este grupo, assim, não incorrem em ganhos ou perdas advindas da inovação no sistema financeiro. A figura 5 apresenta a estrutura mercadológica do BTC no sistema de cartões de débito.

Figura 5 - O BTC no sistema de débito tradicional



Fonte: Elaboração Própria.

Uma observação importante no sistema de débito relatado é que as características de anonimato se desvanecem e os governos podem, com base em dados fornecidos pelo mercado, identificar agentes dispostos a aceitar moedas digitais. Isso ocorre porque o cartão carrega bandeiras de instituições financeiras tradicionais. Caso a massa de dados gerada seja significativa, é possível traçar, eventualmente, perfis de usuários relativamente confiáveis. A conformação do mercado nesta situação é idêntica a do mercado de plásticos observada na Figura 3.

4.3.2 Sistema de crédito no mercado de BTC

São possíveis, ao menos, duas configurações que possibilitam sistemas de crédito aos usuários de BTC. A primeira inclui bancos ou *exchanges*. A segunda estrutura é na prática a simples existência de uma plataforma de negociação direta entre tomadores e credores. As bolsas de BTC podem possuir duas plataformas de negociação, sendo uma de mercado à vista e a outra fornecedora de crédito e juros. Na primeira, indivíduos na plataforma de mercado disparam ordens de compra e venda que são realizadas na medida em que existam *matching* entre elas, tal qual ocorre no mercado acionário tradicional das bolsas de valores.

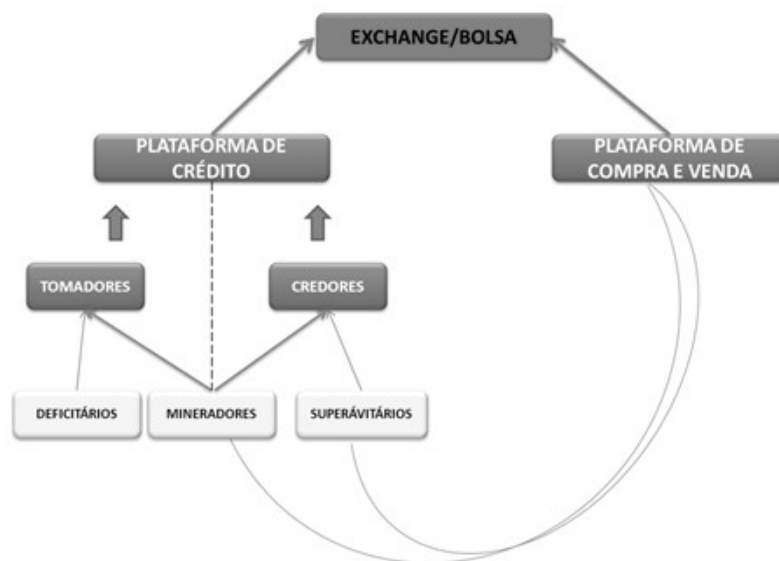
A plataforma de crédito é muito semelhante, porém conta com informações adicionais como taxa de juros, duração do empréstimo, período de capitalização. O credor define as condições por meio de ordens e o devedor ao aceitá-las pode sacar os respectivos BTCs.

Cada *exchange*/banco pode impor condições gerais às quais tomadores e credores podem ficar restritos. Na plataforma de crédito, os agentes superavitários oferecem empréstimo de suas reservas que podem ser convertidas com relativa facilidade para qualquer moeda nacional. Dessa forma, o mercado de crédito/debito não é delimitado por fronteiras geográficas ou espaciais.

Uma prática comum é que mineradores programem para que seus respectivos BTCs minerados sejam automaticamente enviados para uma *exchange* e fiquem total ou parcialmente disponíveis para empréstimos que lhe rendam juros. Na bolsa Bitfinex, por exemplo, o tomador deve possuir até três vezes o saldo requerido e somente pode retirar completamente seus saldos quando quitar o empréstimo, na prática não representa nada mais que alavancagem financeira, num sistema análogo ao aluguel de ações. Detalhes destes tipos de transação podem ser verificados em Lopes (2015).

Uma vez que a vulnerabilidade das moedas digitais esteja justamente na incapacidade de proteção dos bancos e casas de câmbio, a relação diferenciada entre mineradores e gestores de fundos incute importante risco à segurança. A existência de reservas fracionárias não implica maiores riscos, e sim a relação diferenciada entre mineradores e gestores. Ataques reais ou simulados podem ocorrer e o ressarcimento de fundos, em especial aqueles convertidos em moeda nacional, podem se tornar menos prováveis para o simples poupador que não goza de relação privilegiada.

Figura 6 - O BTC no sistema de crédito tradicional



Fonte: Elaboração Própria.

A figura anterior exemplifica as relações mencionadas. Verifica-se que a plataforma de

mercado à vista é independente. O sistema de crédito é alimentado por credores e tomadores, mas o papel desempenhado pelo minerador é incerto, não apenas pela possibilidade de atuar como tomador ou credor, mas por uma eventual relação diferenciada com os gestores da *exchange*/banco. Inclusive é possível que mineradores na prática sejam proprietários ou sócios de bancos de moedas digitais. Uma vez que o agente atue majoritariamente de forma especulativa, dependa do grau de alavancagem suportado e do grau de interação com os gestores financeiros, todo o sistema pode ser comprometido. Estes agentes podem ser tentados a não suportar reversões do mercado, seja por não ter meios ou por simples recusa de aceitar prejuízos, simulando ataques externos e transferindo os prejuízos para os agentes poupadores, que não reaverão seus respectivos fundos.

No entanto, como relatado anteriormente, há outra conformação do mercado de crédito de BTC que ocorre da mesma forma, exceto pela ausência de um banco/Exchange. Em outras palavras, basta suprimir da figura acima o agente mencionado. Assim, apenas a plataforma que conecta tomadores e credores é disponibilizada. Nesse sistema, a vulnerabilidade em decorrência da interação de agentes é mitigada. O sistema de crédito se molda de forma independente. Nessa conformação cada agente financiador age como um banco decidindo com base na reputação, acesso a dados pessoais e da destinação alegada se fornecerá ou não recursos.

O financiador também decide a quantidade emprestada, prazos e taxas do empréstimo. Destaca-se que o mercado de BTC ainda está em formação e cada vez mais instrumentos tradicionais são incorporados. Com o intuito de aumentar a segurança das transações já há a possibilidade da contratação de seguros, serviço disponibilizado pela empresa okcoin.com e declaração de garantias¹².

A existência de crédito independe de plataformas embora elas facilitem o processo o que é um ponto em comum com o mercado de crédito/débito tradicional que opera na estrutura M2L. A eventual popularização desse sistema pode diminuir consideravelmente os custos a tomada de empréstimos e note-se que no sistema de crédito as características de anonimato são preservadas, em contrapartida a assunção dos riscos recai exclusivamente sobre as partes, praticamente até o momento inexistem dispositivos legais de proteção.

Importante perceber que o mercado de débito é fundamental para os usuários de BTC, por possibilitar o uso independentemente dos temores dos comerciantes com relação à legislação. As trocas ocorridas sem qualquer intermediação são seguras o suficiente para que, em equipamentos adequados e com utilização de serviços e protocolos adicionais, jamais sejam identificadas por

¹² Para detalhes ver vídeo: “como conseguir empréstimos com BTC”, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=eO12MbVJoqo>

organismos reguladores, o que pode levar à evasão fiscal, em especial, se houver desvantagem comparativa em permanecer com a moeda nacional.

Ao mesmo tempo a maior parte das pessoas somente está disposta a adquirir ou dispor de valores em BTCs em bolsas ou lojas com relativa credibilidade. Fenômeno semelhante ao observado no comércio eletrônico, no qual compras de valor substancial são realizadas em lojas virtuais que também possuam lojas físicas. Assim, é aparentemente mais eficaz a regulação de bolsas e bancos que operem moedas digitais, mas novamente vale salientar que tais regulamentos não podem destoar significativamente de legislações de outras localidades.

O relatório do fórum econômico mundial (2015, p.87) aponta que as novas plataformas de empréstimo P2P acarretam redução de custos, maior rapidez, flexibilidade e diversidade de alternativas orientadas aos clientes com relação ao mercado tradicional de empréstimos.

Outra característica observada em estruturas M2L é a interdependência entre os dois usuários finais, lojistas e consumidores. O valor atribuído à moeda está intimamente vinculado ao número de usuários. Assim, o incremento da quantidade de usuários torna o BTC mais atraente, e não havendo entraves, cada vez mais comerciantes podem aceitá-lo. O aumento no número de estabelecimentos comerciais dispostos a aceitar a moeda torna mais vantajoso e incentiva o uso da moeda por parte dos consumidores, pois ao adotar o BTC, cada consumidor está individualmente estimulando a adoção do mesmo por parte de mais estabelecimentos comerciais. Freitas (2007) retrata processo análogo verificado no mercado de cartões de crédito.

Gandal e Halaburda (2014) relatam o aspecto da difusão do BTC e a sua capacidade de dominância sobre outras moedas digitais, considerando os seus preços em relação ao dólar americano em diferentes períodos. Além disso, apontam a inexistência de efeito difusão negativo da adoção monetária, o que significa nesse caso, que a adoção de certo padrão por parte de determinado lojista causa externalidade positiva, inclusive para o grupo de lojistas, sendo o mesmo válido para os consumidores.

Albuquerque e Callado (2015) reconhecem e exemplificam que a regulação é fraca, mas, a despeito de aspectos regulatórios, a bolsa de Nova York (NYSE) criou no dia 19 de maio de 2015 um índice oficial de conversão para valor em Dólar Americano¹³. Evento que sinaliza que o mercado financeiro tradicional já assimila o mercado de moedas digitais como uma realidade.

A inexistência de legislação específica impede que empresas e comerciantes realizem vendas por meio de moedas digitais, temendo processos judiciais. Desta forma, o papel dos governos passa a ser fundamental como limitador ao processo de penetração dessa nova

¹³ Ver <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2015/05/bolsa-de-nova-york-cria-indice-de-conversao-entre-bitcoin-e-dolar.html>

tecnologia. Entretanto, há limitações técnicas, legais e morais para que se torne possível controle efetivo sobre negócios realizados dessa maneira. No mercado de cartões existe a tarifa de intercâmbio, que é o instrumento que a bandeira utiliza para estabelecer um sistema ótimo de preços para portadores e estabelecimentos. Igualmente ocorre no mercado de BTC, pois com a possibilidade de adquirir de qualquer agente diretamente, as taxas cobradas pelos bancos e casas de câmbio tenderiam, num ambiente competitivo, a se referir apenas ao valor atribuído pelos primeiros, pela eliminação do risco. A depender da localidade, este risco pode incluir não somente a possibilidade de perda financeira, mas também complicações legais, caso já exista norma restritiva.

Em síntese, o mercado de débito se conforma tal qual o mercado de crédito/débito tradicional, numa estrutura M2L característica. Já o mercado de crédito possui características que não se assemelham à forma tradicional de transações. Na prática a realização de compras na modalidade crédito representa custo adicional ao consumidor que previamente contrai empréstimo para então adquirir o produto.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta seção apresenta os procedimentos envolvidos na estratégia empírica deste estudo. São descritos de modo breve os modelos da família ARCH (*Autoregressive Conditional Heterocedasticity*) com objetivo de compreensão da volatilidade do BTC. Posteriormente, são expostos modelos GARCH multivariados, mais precisamente o modelo M-GARCH DCC, proposto por Engle. Este modelo foi utilizado para estimar como a volatilidade dos preços do BTC responde às volatilidades de outras variáveis, buscando compreender, ao menos parcialmente, o intrincado processo de formação de preços da variável. A análise de resultados segue após a exposição dos modelos.

5.1 Modelos Univariados

A volatilidade é uma característica frequentemente presente em séries de ativos financeiros quantificada pelo desvio padrão (ou variância) dos resultados. Utilizada como medida de risco do ativo, a volatilidade pode ser mesurada pela intensidade das variações do processo histórico analisado, que pode se comportar de maneira imprevisível, de acordo com muitos fatores, entre eles institucionais, legais, macroeconômicos, ou aspectos mais ligados à formação do mercado o qual o ativo em questão, o BTC, é negociado.

Para capturar a presença da volatilidade em séries financeiras é necessário recorrer a modelos que possuam estimadores adaptados para processos históricos de natureza heteroscedástica. Os mesmos consideram a variância (volatilidade) de um retorno num dado instante de tempo, como sendo dependente de informações passadas, sendo assim considerado um processo histórico de uma variável aleatória que segue um processo estocástico. O trabalho seminal de Engle (1982) introduziu a possibilidade de estimar modelos de *Heterocedasticidade Condicional Autorregressiva* (ARCH). A seguir três variantes do modelo ARCH, a saber, os modelos GARCH, EGARCH e TARCH e os resultados daquele que melhor se ajusta considerando-se duas amostras.

5.1.1 Modelo ARCH

Nos trabalhos seminais utilizava-se o modelo Autorregressivo com Médias Móveis (ARMA) para modelar a dependência linear existentes nos retornos das séries financeiras. Engle (1982), com objetivo de estimar a variância da inflação dos EUA, mostrou que modelos lineares

são limitados e incapazes de explicar algumas características. Assim, mostrou que era possível captar a volatilidade de autocorrelações.

A ideia básica advém do entendimento da existência de heterocedasticidade condicionada à observação verificada no passado imediato, ou seja, o retorno presente depende do retorno pretérito. O modelo ARCH (r) é definido por:

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t, \quad (1)$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1}^2 + \dots + \alpha_r X_{t-r}^2 \quad (2)$$

onde X_t representa o retorno não correlacionado serialmente; ε_t é uma sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídos (i.i.d.) com média zero e variância unitária; $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $i > 0$; h_t é a volatilidade (variância condicional) que depende dos retornos passados por meio de uma função quadrática; e o parâmetro $\alpha_r X_{t-r}^2$ capta efeitos de até p dias anteriores de grandes movimentações. Como estes movimentos aumentam a variância condicional no instante t são impostas restrições aos parâmetros para que eles sejam não negativos atendendo à seguinte condição $\alpha_0 > 0$ e $0 < \alpha_1 < 1$.

O modelo ARCH é limitado pelo fato do valor de r tornar o modelo mais difícil de ser expandido, assim, o número de defasagens dificulta a estimação dos parâmetros. Outro ponto importante conforme Morettin e Tolo (2006), é que o modelo ARCH trata retornos positivos e negativos de forma semelhante. Isso ocorre por meio da incorporação dos quadrados dos retornos na fórmula da volatilidade, como pode ser visto em (2), contudo a literatura mais recente mostra que a magnitude da volatilidade difere entre retornos positivos e negativos.

Após o trabalho seminal de Engle (1982) foram desenvolvidas algumas extensões do modelo ARCH, como o modelo GARCH, EGARCH e TARARCH que serão expostos a seguir:

5.1.2 Modelo GARCH

O modelo *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* (GARCH) formulado por Bollerslev (1986) é uma generalização do modelo ARCH. Ele permite a utilização de apenas dois parâmetros para captar simultaneamente a média e a variância de uma série temporal de um processo ARMA. Um modelo GARCH (r, s), em que parâmetro r representa a ordem do componente ARCH e s a ordem do componente GARCH, pode ser expresso por:

$$X_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t, \quad (3)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i X_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_j h_{t-j} \quad (4)$$

onde α_0 é a constante; α_i é o coeficiente de reação da volatilidade; X_{t-i}^2 é o termo de erro defasado em um período; β_j é o coeficiente de persistência da volatilidade; e h_{t-j} é a variância condicional defasada de um período. Neste sentido, o modelo GARCH (r, s) revela que a volatilidade, h_t , depende de uma constante (α_0), de choques na volatilidade (X_{t-i}^2) e da previsão da volatilidade passada (h_{t-j}). No entanto, para que o modelo seja bem definido, as seguintes restrições devem ser respeitadas: ε_t i.i.d. $\sim (0,1)$, $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$, $\beta_j \geq 0$, $\sum_{i=1}^q (\alpha_i + \beta_i) < 1$, $q = \max(r, s)$.

O caso mais simples e frequentemente utilizado, isto é $r = s = 1$, tem-se um GARCH (1,1) que assume a seguinte forma:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 X_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1} \quad (5)$$

onde as restrições $0 \leq \alpha_1, \beta_1 < 1$, $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ devem ser atendidas.

De acordo com Pereira (2009), a partir do modelo GARCH (1,1) é possível deduzir algumas informações sobre a persistência de choques na volatilidade do retorno, a saber:

- a) Grandes coeficientes β_1 indicam que os choques levam um longo tempo para dissipar-se (volatilidade persistente);
- b) Grandes coeficientes α_1 significam que a volatilidade tende a ser mais “pontagudas” (apresentando alta reação).

onde o coeficiente α_1 é chamado de coeficiente de reação e β_1 é chamado de coeficiente de persistência da volatilidade.

Pela equação (5) percebe-se que o somatório dos parâmetros α_1 e β_1 determina no curto prazo, a persistência de choques na volatilidade do retorno. Desse modo, se $\alpha_1 + \beta_1$ assumem valores próximos de zero, há evidências que um choque sobre a volatilidade provocará efeitos transitórios sobre o comportamento das séries convergindo. Inobstante, à sua média histórica; por outro lado, se $\alpha_1 + \beta_1$ assumem valores próximos de 1. Em outras palavras, de que será necessário um tempo maior para o choque desaparecer. Se $\alpha_1 + \beta_1 = 1$ isto demonstrará que o modelo possui raiz unitária.

O modelo GARCH assume que os mercados são eficientes e que os retornos seguem processos estocásticos. No entanto, este modelo apresenta algumas limitações e uma delas refere-se aos impactos de choques (negativos e positivos) na volatilidade, que são considerados simétricos, conforme já mencionado. Outra limitação do modelo GARCH refere-se à restrição dos parâmetros $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i, \beta_i \leq 0$ o que restringe as raízes características dos polinômios. Para resolver o problema da restrição dos parâmetros do modelo GARCH, Nelson (1991) propôs o modelo EGARCH.

5.1.3 Modelo EGARCH

Sabe-se que os modelos ARCH e GARCH tratam a volatilidade dos retornos de maneira simétrica, quando na verdade a volatilidade reage de forma assimétrica aos retornos, sendo maior para os retornos negativos (MORETTIN e TOLOI, 2006). Assim, tentando resolver esta limitação, Nelson (1991) propôs o modelo Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (EGARCH), que consiste em captar os impactos assimétricos nas séries de dados, além da não concessão de coeficientes negativos no modelo. Se esses coeficientes fossem negativos, isto significaria que a série de dados não seria estacionária.

O modelo EGARCH é caracterizado pela assimetria da volatilidade, no qual os choques têm efeito exponencial e não quadrático, e assim não há necessidade de impor restrições de não negatividade sobre os parâmetros α e β . A representação do modelo EGARCH(1, 1) é dada por:

$$\ln(h_t^2) = \alpha_0 + \beta_1 \ln(h_{t-1}^2) + \alpha_1 \left| \frac{u_{t-1}}{h_{t-1}} \right| + \gamma_1 \frac{u_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \quad (6)$$

onde $\ln(h_t^2)$ é o logaritmo natural da variância condicional; α_0 é a constante; β_1 o coeficiente da persistência da volatilidade; $\alpha_1 \left| \frac{u_{t-1}}{h_{t-1}} \right|$ representa o termo de reação da volatilidade; e $\gamma_1 \frac{u_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$ é o termo que capta o efeito da assimetria da volatilidade.

Para que retornos negativos tenham maior impacto na volatilidade, espera-se que $\gamma < 0$. Essa assimetria permite que a volatilidade responda mais rapidamente a retornos negativos do que a positivos, fato este conhecido como “efeito alavancagem” (MORETTIN E TOLOI, 2006).

5.1.4 Modelo TARCh

Os modelos que captam a volatilidade (ARCH e GARCH) consideram que os choques são simétricos, ou seja, choques negativos e positivos possuem os mesmos efeitos sobre o retorno de ativos financeiros. No entanto, os estudos empíricos revelam que na prática os choques negativos perduram mais que os choques positivos.

Com o propósito de capturar o efeito alavancagem e parte da hipótese de que informações negativas e positivas provocam impactos diferentes sobre a volatilidade, Zakoian (1994) desenvolveu o modelo Threshold Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (TARCh). Com a utilização deste modelo é possível captar o efeito alavancagem e também captar o efeito assimétrico tanto pelo sinal do choque quanto pelo tamanho do choque de mercado.

O modelo TARCh (1, 1) assume a seguinte forma funcional:

$$h_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1}^2 + \gamma_1 d_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 \quad (7)$$

onde: α_0 é o termo constante; h_t^2 é a variância condicional; α_1 é o coeficiente de reação da volatilidade; ε_{t-1}^2 é o termo de erro ao quadrado no período $t - 1$; h_{t-1}^2 é a variância da volatilidade no período $t - 1$; β_1 é o coeficiente de persistência da volatilidade; γ_1 é o efeito assimetria; e d_t é a variável dummy.

Caso $\gamma \neq 0$ Choques negativos e positivos apresentam volatilidade diversa.

Se $\gamma > 0$ verifica-se a presença do efeito alavancagem, choques negativos possuem maior impacto na volatilidade da serie.

Enquanto $\gamma = 0$ indica que a variância não apresenta assimetria.

Tem-se ainda que $d_{t-1} = 1$ se $\varepsilon_{t-1}^2 < 0$ e $d_{t-1} = 0$ se $\varepsilon_t \geq 0$.

5.2 Modelo Multivariado – GARCH Multivariado (M-GARCH)

O M-GARCH possibilita a estimação de parâmetros generalizados auto-regressivos considerando heterocedasticidade condicional. Modelos M-GARCH, por serem dinâmicos, permitem a obtenção da média e covariância condicional. Um modelo M-GARCH geral seria excessivamente flexível e inviável a estimação de todos os parâmetros. Por esta razão há uma grande variedade de modelos GARCH multivariados, modelos que possibilitam a obtenção de parâmetros de maneira mais parcimoniosa.

Em geral, são utilizados alternativamente quatro métodos de parametrização: modelos Vech Diagonal (DVECH), correlação condicional constante (CCC), modelo de correlação condicional dinâmico (DCC) e modelo de correlação condicional tempo variante (VCC).

Bollerslev, Engle e Woodridge (1988), Bollerslev, Engle e Nelson (1994), Bauwens, Laurent, and Rombouts (2006), Silvenoinnen e Terasvirta (2009) e Engle (2009) proporcionam introdução geral à modelagem M-GARCH.

Uma definição que possibilita a comparação entre modelos alternativos é dada por:

$$y_t = Cx_t + \epsilon_t \quad (8)$$

$$\epsilon_t = H_t^{1/2} v_t \quad (9)$$

em que y_t é um vetor de variáveis dependentes de ordem $m \times 1$; C é uma matriz de parâmetros de ordem $m \times k$; x_t é um vetor de variáveis independentes que podem conter lags de y_t ; $H_t^{1/2}$ é o fator de Cholesky da matriz de covariância condicional tempo variante H_t ; v_t é um vetor de ordem $m \times 1$ é vetor de média zero e variância unitária i.i.d.

No modelo geral H_t é uma matriz de GARCH univariados. Por exemplo, um M-GARCH geral com um termo auto-regressivo de heterocedasticidade condicional (ARCH) e um termo GARCH é dado por:

$$vech(H_t) = s + Avech(\epsilon_{t-1}\epsilon'_{t-1} + Bvech(H_{t-1})) \quad (10)$$

em que a função $vech(.)$ capta elementos acima ou abaixo da diagonal principal; s é um vetor de parâmetros, A e B são matrizes de parâmetros. Como este modelo utiliza a função $vech$ para extrair e modelar elementos únicos de H_t ficou conhecido como modelo $vech$. H_t deve ser, portanto, positiva definida. A equação (10) pode ser usada para mostrar que os parâmetros em s ,

A e B não são únicos, logo para que H_t seja positiva definida outras restrições devem ser incorporadas em s , A e B .

Os diversos modelos que a literatura propõe diferem quanto ao grau de flexibilidade e parcimônia das especificações impostas a H_t .

5.2.1 *M-GARCH Diagonal vech (DVECH)*

Bollerslev, Engle, e Wooldridge (1988) impuseram que A e B fossem diagonais. Apesar de mais parcimonioso que o caso geral o modelo somente é vantajoso para estimar um pequeno número de processos temporais, pois o número de parâmetros aumenta de forma quadrática. Apesar do grande número de parâmetros, a estrutura diagonal implica que cada variância e covariância condicionais dependem do próprio passado, mas não de outras variâncias e covariâncias.

Formalmente, no DVECH (1,1) cada elemento de H_t é dado por:

$$h_{ij,t} = s_{ij} + a_{ij}\epsilon_{i,(t-1)}\epsilon_{j,(t-1)} + b_{ij}h_{ij,(t-1)} \quad (11)$$

O processo exige que H_t seja definida positiva em cada t o que impõe severas restrições.

5.2.2 *Modelos M-GARCH de Correlação Condicional (CC)*

Nesses modelos é utilizada uma combinação não linear de modelos GARCH univariados para representar variâncias condicionais. A matriz de correlação condicional será positiva definida motivada pela estrutura de construção que facilita a estimação dos parâmetros. Nos modelos CC, H_t é decomposta numa matriz de correlação condicional R_t e uma matriz diagonal de variâncias condicionais D_t :

$$H_t = D_t^{1/2} R_t D_t^{1/2} \quad (12)$$

em que cada variância condicional segue um processo GARCH univariado e as parametrizações de R_t variam conforme modelo específico.

Por (12) tem-se que:

$$h_{ij,t} = \rho_{ij,t} + \sigma_{i,t}\sigma_{j,t} \quad (13)$$

em que $\sigma_{i,t}$ é modelado por processo GARCH univariado. A equação destaca que modelos CC incorporam combinações não-lineares de modelos GARCH univariados para representar variâncias condicionais e que os parâmetros no modelo $\rho_{ij,t}$ descrevem a dinâmica conjunta dos erros observados nas equações i e j . Comparando (11) e (12) percebe-se que em modelos CC o número de parâmetros aumenta mais vagarosamente.

Bollerslev (1990) propôs um CC com matriz de correlação tempo invariante. Por esta razão o modelo é conhecido como modelo M-GARCH de correlação condicional constante (CCC). Ao se restringir que R_t seja constante, o número de parâmetros se reduz e simplifica a estimação, mas este fato pode restringir consideravelmente a precisão da estimação e comprometer a análise.

5.2.3 Modelos de Correlação Condicional Dinâmica (DCC)

Engle (2002) introduziu um modelo de Correlação Condicional Dinâmica (DCC) em que R_t segue um GARCH (1,1) como processo. Conforme descrito por Engle (2009) e Aielli (2009) os parâmetros de R_t não são padronizados para serem correlações, pois são denominados por quasicorrelações. A fim de manter a parcimônia todas as quasicorrelações condicionais são restringidas a seguir a mesma dinâmica. Esta modelagem é significativamente mais flexível que o CCC e não introduz um número muito maior de parâmetros para o número de séries. Em virtude dessa vantagem decidiu-se utilizar a modelagem DCC M-GARCH para o presente estudo.

O modelo DCC M-GARCH utiliza-se de combinações não lineares ponderadas de GARCH univariados tempo variantes. Os elementos diagonais de H_t são modelados por meio de estimações univariadas (GARCH) enquanto que os demais elementos são modelados por funções não lineares tendo por base os termos oriundos da diagonal. Em um DCC M-GARCH tem-se:

$$h_{ij,t} = \rho_{ij,t} \sqrt{h_{ii,t} h_{jj,t}} \quad (14)$$

Em que os termos $h_{ii,t}, h_{jj,t}$ seguem processo GARCH e $\rho_{ij,t}$ segue processo dinâmico conforme exposto em Engle (2002) e discutidos a seguir:

O DCC M-GARCH pode ser escrito como:

$$y_t = Cx_t + \epsilon_t \quad (8)$$

$$\epsilon_t = H_t^{1/2} v_t \quad (9)$$

$$H_t = D_t^{1/2} R_t D_t^{1/2} \quad (11)$$

$$R_t = \text{diag}(Q_t)^{-1/2} Q_t \text{diag}(Q_t)^{-1/2} \quad (15)$$

$$Q_t = (1 - \lambda_1 - \lambda_2)R + \lambda_1 \tilde{\epsilon}_{t-1} \tilde{\epsilon}_{t-1}' + \lambda_2 Q_{t-1} \quad (16)$$

em que o único termo ainda não expresso é D_t , então tem-se que: y_t é um vetor de variáveis dependentes de ordem $m \times 1$; C é uma matriz de parâmetros de ordem $m \times k$; x_t é um vetor de variáveis independentes que podem conter lags de y_t ; $H_t^{1/2}$ é o fator de Cholesky da matriz de covariância condicional tempo variante H_t ; v_t é um vetor de ordem $m \times 1$ é vetor de média zero e variância unitária *i.i.d*; e D_t é uma matriz diagonal de variância condicional.

$$D_t = \begin{bmatrix} \sigma_{1,t}^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_{2,t}^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_{m,t}^2 \end{bmatrix}$$

em que cada $\sigma_{i,t}^2$ evolui conforme um GARCH univariado dado por:

$$\sigma_{i,t}^2 = s + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_j \epsilon_{i,t-j}^2 + \sum_{j=1}^{q_i} \beta_j \sigma_{i,t-j}^2 \quad (17)$$

ou quando se inclui termo constante:

$$\sigma_{i,t}^2 = \exp(\gamma_i z_{i,t}) + \sum_{j=1}^{p_i} \alpha_j \epsilon_{i,t-j}^2 + \sum_{j=1}^{q_i} \beta_j \sigma_{i,t-j}^2 \quad (18)$$

em que γ_i é um vetor $1 \times p$ de parâmetros, z_i é um vetor $p \times 1$ de variáveis independentes incluindo um termo constante, α_j são parâmetros ARCH e β_j são parâmetros GARCH. A matriz condicional de quasicorrelação será:

$$R_t = \begin{bmatrix} 1 & \rho_{12,t} & \dots & \rho_{1m,t} \\ \rho_{12,t} & 1 & \dots & \rho_{2m,t} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{1m,t} & \rho_{2m,t} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

onde $\tilde{\epsilon}_{t-1}$ é um vetor $m \times 1$ de resíduos padronizados, $D_t^{-1/2}\tilde{\epsilon}_t$; e λ_1 e λ_2 são parâmetros que governam a dinâmica das quasicorrelações. Além disso, λ_1 e λ_2 São não negativos e atendem a condição $0 \leq \lambda_1 + \lambda_2 < 1$.

Quando Q_t é estacionária, a matriz R é a média ponderada da matriz de covariância dos resíduos padronizados $\tilde{\epsilon}_t$, denotada por \bar{R} e a média incondicional de Q_t e denotada por \bar{Q}_t . Como $Q_t \neq R_t$, como demonstrado por Aielli (2009), R não representa a matriz de correlação, e tampouco a média incondicional de Q_t , por esta razão os parâmetros em R são denominados quasicorrelação.

5.3 Descrição das variáveis

Todos os dados utilizados na pesquisa foram obtidos no sítio *br.investing.com*. Utilizou-se uma amostra composta de um total de 1.362 observações, e considera o período compreendido entre 13 de setembro de 2011 e 23 de junho de 2015. Além disso, para fins de testar a robustez das estimações, foi construída uma subamostra, que considera apenas os dados a partir de 10 de março de 2013. Esta última é justificada por eventos e tendências que impactaram na série histórica de preços do BTC. O instrumento técnico para justificar a subdivisão da série foi a modelagem MS-VAR¹⁴ que apontou a convergência da série histórica das variáveis considerando dois regimes, sendo que o regime 1 apresenta duração esperada de 7,40 períodos de tempo e o regime 2 apresentou duração esperada de 2,45 períodos. Desse esforço foi obtida a seguinte matriz de transição:

| Matriz de Transição de Probabilidades - MSVAR | |
|---|-------------|
| 0,86 (0.00) | 0.41 (0.01) |
| 0,14 (NaN) | 0,59 (NaN) |

Devido ao pequeno número de observações, micronumerosidade, não foi possível regredir para três regimes, embora haja indícios da existência de um terceiro regime. A matriz de

¹⁴ Artigo seminal Hamilton (1989). O modelo aplicado segue exposição de Perlin (2015). Para maiores detalhes ver Droumaguet (2012).

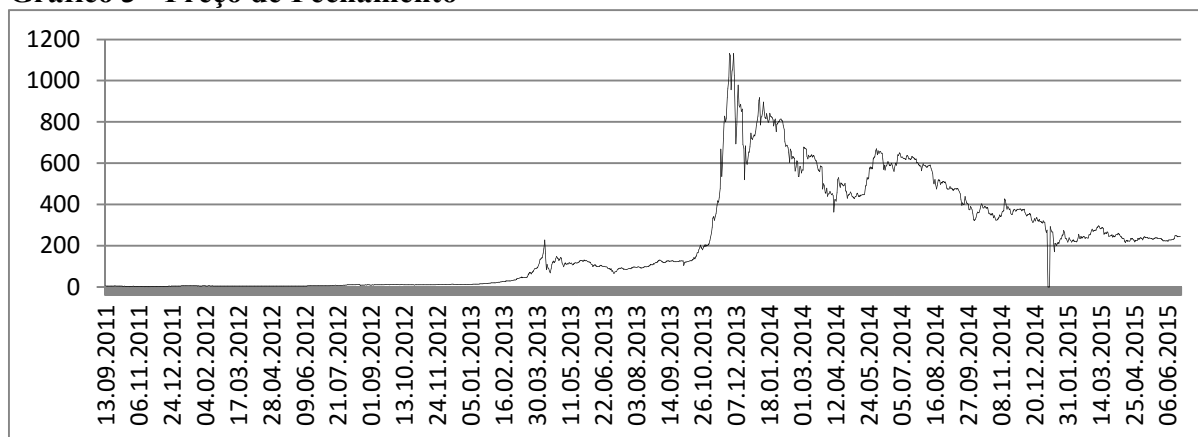
transição exposta resume o melhor ajuste obtido com a modelagem MS-VAR. Foram incorporados à modelagem dois *lags* e os resultados indicam que todas as variáveis em algum momento apresentam significância estatística para a equação de interesse. Contudo, ressalta-se que a sua magnitude diminuta, coadunando com a literatura até então produzida.

Com a finalidade de mitigar efeitos indesejados considerou-se a série de retornos dos preços de fechamento diário BTC cotados da bolsa Bitstamp entre 13 de setembro de 2011 e 23 de junho de 2015. No presente trabalho, optou-se por expor quatro resultados diferentes, com especial foco para a análise da volatilidade, sendo a análise univariada de modelos da família GARCH para cada uma das amostras e a análise M-GARCH DCC para cada uma das amostras. Em nível a série apresenta características indesejáveis, observa-se uma abissal amplitude entre o valor máximo de US\$ 1.132,01 e o valor mínimo de US\$ 2,24. Também há fortes tendências, de alta e baixa, o que justificou a transformação da série original em uma série de retornos tradicionalmente definida da seguinte forma:

$$rt = p_t - p_{t-1} \quad (8)$$

onde p_t é o logaritmo natural do preço no tempo t e p_{t-1} é o logaritmo natural do preço no tempo $t-1$. A figura seguinte evidencia as características mencionadas para os dados em nível.

Gráfico 3 - Preço de Fechamento



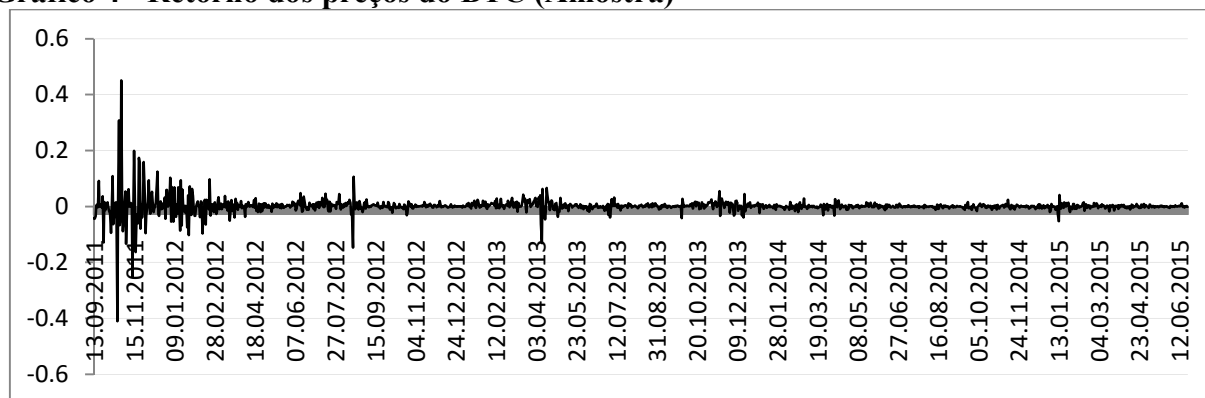
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Bitstamp.

Note-se que em nível a série apresenta severa amplitude com picos e quedas bem demarcadas, além de variadas tendências ascendentes e descendentes. Da figura anterior, se pode supor três fases distintas: uma fase de ‘consolidação de mercado’, que perdurou do início da série até início de março de 2013. Uma fase de ‘euforia’, na qual a cotação aumenta fortemente

ainda que o tamanho do mercado não tenha consiga responder com a mesma taxa de expansão. E uma terceira fase, de ‘correção e acomodação’ que foi possivelmente adiantada em razão da quebra da bolsa/banco de Bitcoin Mt Gox. Esta fase persiste até o fim da série em que picos de mesma magnitude, já não são mais observados.

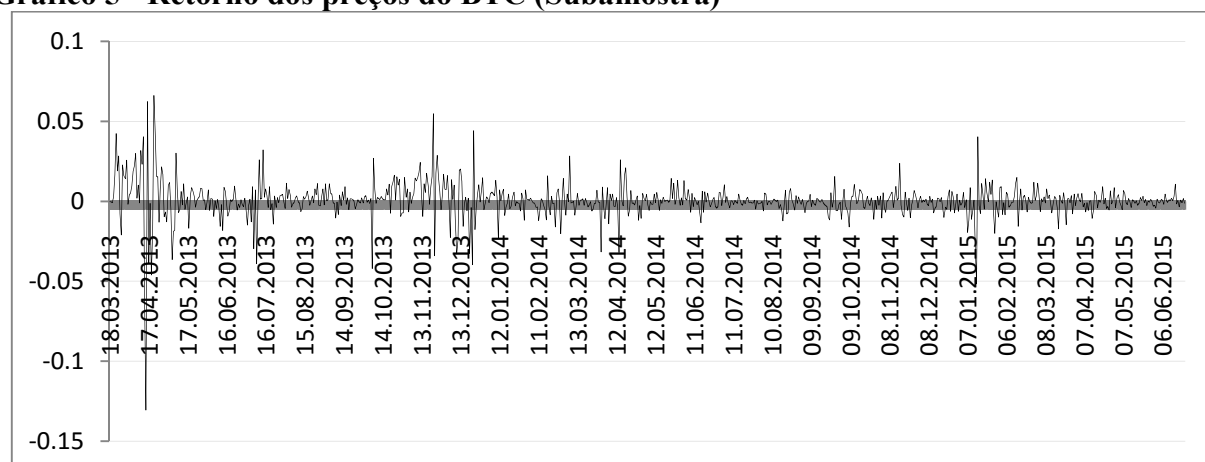
Dessa forma, a subamostra compreende dados a partir de 10 de março de 2013 numa tentativa de captar as fases de euforia e acomodação. Ressalta-se que idealmente seria interessante distinguir as três fases, mas o tamanho da amostra é fator limitante para este exercício, em função do grande número de parâmetros estimados a partir dos modelos econométricos estimados, principalmente os multivariados, que consomem muitos graus de liberdade. As figuras seguintes apresentam os retornos da amostra e da subamostra.

Gráfico 4 - Retorno dos preços do BTC (Amostra)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Bitstamp.

Gráfico 5 - Retorno dos preços do BTC (Subamostra)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Bitstamp.

Ao se comparar visualmente os retornos da amostra com os retornos da subamostra, são claras as diferenças de magnitude. Séries denotadas na forma de retorno possibilitam mitigar efeitos persistentes de tendências, no entanto a análise visual sugere períodos de acentuada

volatilidade que possivelmente afetam a variância ao longo do tempo. Por essa análise, modelos da família GARCH são apropriados para uma tentativa de quantificar efeitos de variância condicional.

Com o propósito de estimar os modelos multivariados foram consideradas as variáveis *standard and pools 500* (SPX-500), cotação do ouro e também o principal índice da bolsa da China (SSEC). Embora nesta pesquisa esteja se buscando relações entre as formações de volatilidades das séries de tempo, justifica-se a inclusão da variável ouro (XAU) em virtude de exercício anterior realizado utilizando-se da metodologia de Vetores Auto Regressivos (VAR). Neste exercício esta variável foi a que demonstrou o maior grau de correlação, inclusive o teste de Granger apontou relação de causalidade. Além disso, entusiastas do BTC defendem que a moeda seja um substituto melhor ou tão bom quanto o ouro e como visto na seção 3 o próprio termo mineração se dá por analogia já remetendo a essa ideologia.

O índice SPX-500 foi inserido em virtude de os EUA representarem o maior mercado de BTC da atualidade, inclusive o país já conta com uma incipiente regulamentação que proporciona aos usuários um grau maior de certeza. Como o BTC é cotado em Dólares Americanos não há como considerar a moeda estadunidense como uma variável. Ressalta-se também que inúmeros trabalhos que modelam a taxa de câmbio consideram esse índice como componente importante na formação do preço da moeda dos EUA.

Fator semelhante ocorre com a variável SSEC, índice da bolsa de Xangai. O Yuan, moeda chinesa, apresenta preços fortemente controlados, portanto, não representa com acuidade as forças de mercado que tem governado os movimentos do BTC. Em contra partida, o índice da bolsa de Xangai é capaz de captar forças de mercado, e como o mercado chinês representa o segundo maior do BTC, espera-se a verificação de alguma influência dessa variável.

Em virtude da própria natureza da série de preços de BTC estudiosos encontram dificuldades de modelar e apontar de modo convincente relações de causa e efeito entre este e outras variáveis. Por exemplo, Pavel, D'artis e Mirosława (2014) utilizando a modelagem VAR não obtiveram resultados que apontassem relação considerável de causa e efeito e concluem que as respectivas estimações não apontam para resultados significantes. Esse trabalho foi considerado, conforme exposto anteriormente, para construir as relações estimadas entre as variáveis utilizadas.

Nesse trabalho a hipótese de normalidade foi rejeitada para todas as variáveis em quaisquer das amostras. Além disso, o excesso de curtose apontam séries léptocurticas, comum em séries financeiras de tempo, o que reforça o argumento para a utilização de modelos capazes de mensurar a volatilidade e estudar como elas se correlacionam. As estatísticas descritivas da

amostra e subamostra estão dispostas nas Tabelas A1 e A2 respectivamente. Os testes Dickey-Fuller aumentado (ADF) e Phillips-Perron (PP) indicaram estacionariedade das séries de retornos, dispostos na Tabela A5. Todos os testes realizados encontram-se no apêndice.

5.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.4 Análise Univariada – Amostra

Com a finalidade de verificar a presença de heterocedasticidade condicional nos resíduos da série de retornos do BTC, foram estimados os modelos GARCH, EGARCH e TARCH. Neste sentido, o primeiro passo na construção do modelo ARCH foi tentar ajustar o modelo ARMA para promover a correlação serial da série. A escolha do melhor modelo pelo grau de ajustamento baseou-se nos critérios *Akaike Information Criterion* (AIC) e *Schwartz Bayesian Criterion* (SBC). Segundo Morettin e Tolo (2006), quanto menor o AIC e SBC melhor o ajustamento do modelo aos dados da série. O modelo ARMA (0,2) foi o que melhor se ajustou e apresentou as seguintes características esperadas: retornos não correlacionados, mas com severa correlação nos quadrados dos retornos, o que justifica a estimação por modelos capazes de captar efeitos de volatilidade condicional.

Ressalte-se que os dados apresentam memória longa, assim o teste ARCH somente captou a volatilidade a partir da segunda defasagem residual. O modelo melhor ajustado dentre os modelos estimados foi o GARCH (1,1) conforme o critério de *Schwartz*. O modelo corrigiu completamente a autocorrelação residual e ao se repetir o teste ARCH se constatou a inexistência de volatilidade condicional. O modelo estimado resultante é dado por:

$$h_t = (3.46)10^{-6} + (0.220539)X_{t-1}^2 + (0.800577)h_{t-1} \quad (19)$$

A análise relevante recai sobre os coeficientes da equação de variância, que resultaram todos significativos ao nível de 1%. Com $\alpha_1 = 0.220539$ e $\beta_1 = 0.800577$ percebe-se que tanto o choque imediato quanto à persistência são bastante representativos, mas há preponderância da persistência, muito possivelmente estes resultados captam o aspecto inercial da fase de euforia. Nesse período os agentes especuladores possivelmente percebiam todo e qualquer retorno negativo como oportunidade de compra e não como reversão de tendência.

As Tabelas A3, A5, A6, A8, A10, A11, A12, A13 e o Quadro A2 do Apêndice estatístico apresentam testes realizados e resultados estimados da análise univariada da amostra.

5.5 Análise Univarida – Subamostra

O mesmo exercício foi realizado tomando como base a subamostra e, como esperado, o modelo de melhor ajuste de volatilidade divergiu. O modelo ARMA (0,2) também resultou no melhor ajuste conforme o critério de Schwarz e igualmente o melhor ajuste da volatilidade para um modelo GARCH (1,1), ou seja, estrutura idêntica a observada anteriormente. No entanto, os coeficientes resultantes são essencialmente diferentes. O modelo ajustado é dado por:

$$h_t = (6,74)10^{-6} + (0.240146)X_{t-1}^2 + (0.698707)h_{t-1} \quad (20)$$

Igualmente o modelo de variância condicional GARCH (1,1) eliminou a correlação serial observada na modelagem ARMA (0,2) e o teste ARCH aponta a inexistência do efeito após a estimação apropriada. Ao comparar com a estimação anterior, percebe-se que o termo constante praticamente dobrou, o que pode apontar para a percepção de um mercado, já não tão incipiente. O β_1 perdeu importância relativa, apontando que a persistência da volatilidade tem diminuído. O termo α_1 basicamente não se alterou.

As Tabelas A4, A5, A7, A9, A14, A15, A16 A17 e o Quadro A3 do Apêndice estatístico apresentam testes realizados e resultados estimados da análise univariada da subamostra.

5.6 Análise Multivariada – Amostra

Com a finalidade de estimar o modelo multivariado a análise ficou limitada ao modelo DCC M-GARCH (1,1), apenas alternado a ordem do modelo ARMA que serve de insumo para a estimação multivariada, em virtude do elevado número de parâmetros. Procedimento que se justifica em virtude do consumo de graus de liberdade.

Foi utilizado o modelo ARMA (1,1) para o ajuste do modelo DCC M-GARCH (1,1) que foi o que melhor se ajustou. Exceto pelos efeitos ARCH e GARCH, os resultados não apontaram para coeficientes de variância condicional significativos, para quaisquer das variáveis consideradas, XAU, SSEC e SPX-500, com relação à variável de interesse. A análise do período completo demonstrou que o grau de interdependência da série de retornos do BTC com variáveis consideradas foi fraco.

Os resultados não destoam de trabalhos empíricos anteriores. O perfil da série praticamente impossibilita estratégias de hedge para aqueles que especulam com o BTC e

elevam o custo de carregamento para aqueles que transacionam corriqueiramente com a moeda. As estimações utilizando a amostra indicou uma série de comportamentos voláteis e com grau de persistência da volatilidade, quase perfeito. É possível que a série seja dominada por choques oriundos de expectativas, quer seja em virtude de rumores sobre a proibição ou regulação, ou ataques de hackers às instituições financeiras atuantes. A seguir esta reproduzida a tabela A18, do apêndice estatístico, que apresenta o resultado melhor ajustado para a amostra de 1192 observações:

Tabela A18 - Resultado M-GARCH (1,1) - Caso Multivariado – Amostra

| Parâmetro | Valor | Erro Padrão | <i>t</i> | <i>t</i> -prob. |
|-----------|-----------|-------------|----------|-----------------|
| rho_21 | 0,074760 | 0,075238 | 0,9936 | 0,3206 |
| rho_31 | 0,002272 | 0,047111 | 0,04823 | 0,9615 |
| rho_41 | 0,016071 | 0,056024 | 0,2869 | 0,7743 |
| rho_32 | -0,001535 | 0,070378 | -0,02181 | 0,9826 |
| rho_42 | 0,068042 | 0,059743 | 1,139 | 0,2550 |
| rho_43 | 0,080281 | 0,065381 | 1,228 | 0,2197 |
| α | 0,004629 | 0,0024437 | 1,894 | 0,0584 |
| β | 0,989691 | 0,0083055 | 119,2 | 0,0000 |

Observações: 1192

Parâmetros: 32

Variáveis: 1-BTC; 2-XAU; 3-SSEC; 4-SPX500

Fonte: Elaboração própria.

As Tabelas A18, A19, A20, A21 e A22 do Apêndice estatístico apresentam testes realizados e resultados estimados da análise multivariada da amostra.

5.7 Análise Multivariada – Subamostra

Utilizando as mesmas especificações anteriormente, foi estimado um modelo para a subamostra, com 663 observações. Neste caso, algumas mudanças importantes devem ser ressaltadas. A variável α , que indica o efeito do impacto da volatilidade no momento em que ocorre o choque, deixa de ser estatisticamente significativa nos resultados multivariados. Por outro lado, a variável SSEC passa a ser significativa a 11,25% e a variável SPX-500 passa a ser significativa a 11,86%. Apesar de acima do limite de 10%, esta convergência parece apontar que os mercados de BTC vêm se transformando e gradualmente passando a ser mais interdependente de variáveis estimadas. Vale destacar também que o ouro não apresentou em nenhum dos modelos multivariados significância estatística, o que possivelmente aponta que a relação de causalidade antes referida fora apenas momentânea.

A seguir reproduz-se parcialmente a tabela A23, do apêndice estatístico. A tabela apresenta o resultado melhor ajustado para a subamostra:

Tabela A23 - Resultado M-GARCH (1,1) - Caso Multivariado – Subamostra

| Parâmetro | Valor | Erro Padrão | t | t-prob. |
|-----------|-----------|-------------|----------|---------|
| rho_21 | -0,021574 | 0,045540 | -0,4737 | 0,6358 |
| rho_31 | 0,062535 | 0,039347 | 1,589 | 0,1125 |
| rho_41 | -0,074188 | 0,047476 | -1,563 | 0,1186 |
| rho_32 | -0,005211 | 0,052837 | -0,09863 | 0,9215 |
| rho_42 | -0,064615 | 0,054152 | -1,193 | 0,2332 |
| rho_43 | -0,008687 | 0,051871 | -0,1675 | 0,8671 |
| α | 0,020865 | 0,024322 | 0,8579 | 0,3913 |
| β | 0,664926 | 0,27447 | 2,423 | 0,0157 |

Observações: 1192

Parâmetros: 32

Variáveis: 1-BTC; 2-XAU; 3-SSEC; 4-SPX500

Fonte: Elaboração própria.

A série mostra-se sensível a valores extremos, mas estas observações não devem ser suprimidas posto que a magnitude da oscilação e a existência de *gaps* amplos caracterizam a série de retornos de BTC.

Conforme anteriormente exposto, numa análise visual da série do BTC foi possível perceber que a mesma apresentou uma tendência de apreciação em momentos de crises econômicas e políticas, como, por exemplo, a crise grega e a venezuelana refletiram esse padrão. Por outro lado, ataques às instituições financeiras resultam tendência contrária. Apesar da impossibilidade de previsão de ciclos econômicos de forma determinística, a análise de fundamentos macroeconômicos pode fornecer aos especuladores do BTC insumos para mudança

de estratégia. Pode-se afirmar que crises parecem atuar como fator de expansão do mercado de BTC e moedas digitais em geral.

As Tabelas A23, A24, A25, A26 e A27 do Apêndice estatístico apresentam testes realizados e resultados estimados da análise multivariada da amostra.

No presente estudo optou-se pela não inclusão de variáveis binárias na estimação dos modelos, pois seria impossível mantê-las ao se estimar os modelos multivariados. Para obter uma data limite para a determinação da subamostra além dos indícios visuais e históricos foi estimado o modelo MS-VAR regredindo para dois regimes. Ainda assim, os efeitos ARCH e GARCH tal como demonstrados por Stråle e Tjernström (2014) ficaram evidentes.

Os resultados obtidos na estimação do DCC M-GARCH embora não significativos representam algum avanço em razão da metodologia utilizada. Saliente-se que Pavel, D'artis e Miroslava (2014) realizaram a tentativa de identificar o processo de formação de preços do BTC por meio da modelagem de Vetores Auto Regressivos (VAR) e de igual modo os parâmetros obtidos pelos autores não foram significativos.

A presente análise multivariada conseguiu apontar a volatilidade como componente da formação dos preços do BTC, posto que a série é dada pelo retorno dos preços. Os parâmetros da subamostra parecem ainda indicar uma aparente convergência para valores significativos que poderá ou não ser comprovada posteriormente com uma massa de dados mais robusta.

Embora a persistência de autocorrelação possa ter influenciado nos parâmetros estimados do modelo multivariado para a amostra e subamostra, é possível perceber que uma pressão do aumento repentino da demanda causada por crises político-econômicas e os reflexos observados de ataques hackers às bolsas de BTC que parecem exercer influência sobre as volatilidades estimadas.

A estimação das quasicorrelações entre as volatilidades possibilitou a obtenção dos parâmetros dinâmicos da volatilidade condicional do modelo DCC M-GARCH (1,1). A análise dos resultados aponta que com o decorrer do tempo o BTC o mercado tem assimilado esta inovação. O BTC entendido como uma inovação financeira possibilita a redução dos custos e tempo de transação. A depender do mercado considerado, o BTC pode apresentar características de inovação destruidora. O próprio relatório do fórum econômico mundial de 2015 aponta que as novas plataformas de empréstimo P2P representa inovação com potencial de inovação disruptiva.

Além disso, os resultados da análise multivariada para as observações mais recentes sinalizam convergência para parâmetros significantes que parecem refletir a adesão do sistema

financeiro ao BTC. A perfeita adequação à estrutura de M2L dos cartões de débito pode na realidade ser apenas um dos muitos possíveis reflexos dessa convergência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para atender ao objetivo geral foram analisados aspectos institucionais e operacionais do BTC. O estudo apontou que o período de surgimento do mesmo coincidiu com o período dos intensos reflexos da crise mundial originada nos EUA. Esse contexto histórico-social pode ter sido determinante para que o BTC alcançasse popularidade.

A exposição mostrou a existência de antagonismos limitantes à operação com BTC. Verificou-se que as legislações mais restritivas são oriundas de localidades em que a moeda nacional apresenta desejabilidade fraca. Diversos picos de cotação coincidem temporalmente com picos de crises, notadamente Venezuela e Grécia.

Sem dúvida o BTC pode ser caracterizado como inovação radical, por não se conformar às estruturas observadas até o seu surgimento. Ao se considerar as tipificações conceituais de inovação disruptiva o BTC apresenta potenciais características dos tipos *Low and (ID)* e *New Market (ID)*, mas o impacto destas sobre o ambiente econômico é de modo fundamental dependente da percepção do BTC como moeda.

O BTC e as demais moedas criptografadas privadas de emissão não centralizada aparentemente estão sendo absorvidas pelo sistema financeiro de modo mais intenso não como moeda, mas como ativo financeiro. A grande variedade de moedas digitais propicia competição e a população pode ou não escolher um tipo dominante.

A adoção do BTC por parte das instituições financeiras, apesar do potencial de destruição criativa, contrasta com a baixa quantidade de comerciantes dispostos a aceita-lo. Talvez as instituições financeiras tradicionais não sejam demasiadamente rígidas à adaptação de seus respectivos serviços. Moedas digitais podem representar oportunidade de ganhos líquidos quando relativizadas com as possíveis perdas por possibilitar a oferta de novos produtos e a captação de novos clientes que antes não participavam do mercado. Instabilidades jurídicas, custo de carregamento em função da oscilação de preços e irreversibilidade representam possíveis fatores que limitam a disseminação do BTC.

O entendimento de que as moedas digitais não reguladas são na realidade ativos financeiros torna mais branda a potencial ameaça às moedas nacionais de curso forçado. Dessa forma, as legislações mais restritivas tendem ser mais rígidas para gestores financeiros e comerciantes.

A comparação do BTC com o mercado de cartões de pagamentos, tendo por base a estrutura de M2L, mostrou que a utilização de BTC para a obtenção de crédito não apresenta semelhança com o modelo tradicional. O sistema de crédito no mercado de BTC é ainda

extremamente incipiente e apresenta funcionamento muito semelhante ao de aluguel de ações, quando obtido por meio de *exchanges*. Por outro lado, empreendimentos e *startups* conseguem captação de recursos por crédito não intermediado ou doações de BTC e outras moedas digitais.

Quando considerado o sistema de débito a estrutura de M2L se mostrou adequada. Mas destaca-se para que o consumo seja realizado os BTCs são trocados em algum momento por moeda nacional corrente, isso ocorre na imensa maioria dos casos, devido a pouca aceitação do mesmo por parte dos comerciantes, em razão dos limitantes anteriormente expostos. Esse resultado aponta que o BTC é considerado como ativo quando incorporado ao sistema financeiro.

Com a finalidade de compreender os processos de formação do preço do BTC e da volatilidade associada ao mesmo, dois tipos de modelos foram estimados: univariados e multivariados. Cada um dos deles foi estimado para a amostra e para a subamostra. As análises econométricas apontam que o modelo GARCH (1,1) é o que apresenta melhor ajuste em quaisquer dos casos. No entanto, os resultados diferem consideravelmente ao se comparar os resultados em função da amostra.

Os resultados econométricos apontaram que a série de BTC é consideravelmente volátil e apresenta forte componente de persistência de choques. O resultado M-GARCH (1,1) para a subamostra parece indicar convergência do BTC, de modo a guardar alguma correlação com variáveis financeiras relevantes das principais regiões em que o mesmo é comercializado. No entanto, ressalta-se que os resultados são sensíveis a alterações na amostra, o que é um reflexo da autocorrelação verificada nos retornos residuais. Quantitativamente o BTC apresenta forte componente inercial, denotados pelo termo GARCH e sensibilidade a choques, denotados pelo termo ARCH.

Em razão da relação entre picos na cotação do BTC e epicentros de crises político-econômicas sugere-se, para estudos futuros, que tenham por objetivo mensurar a volatilidade dos preços do BTC, a incorporação de variáveis não apenas financeiras, mas também de indicadores de tendências macroeconômicas, capazes de apontar iminência de crises. Embora destaca-se que o caráter global da economia das moedas digitais pode não responder a movimentos locais de pequena intensidade. De modo semelhante, os ataques às instituições financeiras que transacionam BTCs também são elementos que afetam sensivelmente a volatilidade nos seus preços, mas em sentido contrário, afeta negativamente o preço.

REFERÊNCIAS

- AIELLI, G. P. **Dynamic Conditional Correlations: On Properties and Estimation**. Working paper, University of Florence, 2009.
- ALBUQUERQUE, Bruno Saboia de; CALLADO, Marcelo de Castro. **Understanding Bitcoins: Facts and Questions**. *Revista Brasileira de Economia*, v. 69, n. 1, p. 3-16, 2015.
- ALCHIAN, A. A. Comment on Penrose, E.(1952)‘**Biological analogies in the theory of the firm.**’. *American Economic Review*, v. 43, n. 4, p. 15-17, 1953.
- ANDERSON, Chris. **The long tail**. Nieuw Amsterdam, 2013.
- ÁRNASON, Sindri Leó. **Cryptocurrency and Bitcoin**. A possible foundation of future currency: why it has value, what is its history and its future outlook. 2015.
- ARROW, Kenneth. **Economic welfare and the allocation of resources for invention**. In: The rate and direction of inventive activity: Economic and social factors. Princeton University Press, 1962. p. 609-626.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL; SECRETARIA DE ACOMPANHAMENTO ECONÔMICO; SECRETARIA DE DIREITO ECONÔMICO. **Relatório sobre a indústria de cartões de pagamentos**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/htms/spb/Relatorio_Cartoes.pdf>. Acesso em: 20 julho de 2015.
- BAUMOL, William J. **The free-market innovation machine: Analyzing the growth miracle of capitalism**. Princeton university press, 2002. Disponível em: <<http://pup.princeton.edu/chapters/s7310.html>>
- BAUWENS, Luc et al. **Volatility models**. Handbook of Volatility Models and their Applications, p. 1-45, 2012.
- BAUWENS, Luc; LAURENT, Sébastien; ROMBOUTS, Jeroen VK. **Multivariate GARCH models: a survey**. *Journal of applied econometrics*, v. 21, n. 1, p. 79-109, 2006.
- BOLLERSLEV, T. **Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity**. *Journal of Econometrics*, 31, pp. 307-327, 1986.
- BOLLERSLEV, Tim; ENGLE, Robert F.; WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **A capital asset pricing model with time-varying covariances**. *The Journal of Political Economy*, p. 116-131, 1988.
- BOLLERSLEV, Tim. Modelling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model. *The Review of Economics and Statistics*, p. 498-505, 1990.
- BOLLERSLEV, Tim; ENGLE, Robert F.; NELSON, Daniel B. **ARCH models**. Handbook of econometrics, v. 4, p. 2959-3038, 1994.
- CAMARA, Michele Pacheco. **O Bitcoin é alternativa aos meios de pagamento tradicionais?**. 2014. 76. Monografia. UFRGS. Porto Alegre 5 de Dezembro de 2014.

CHRISTENSEN, Clayton M.; RAYNOR, Michael E.; ANTHONY, Scott D. **Six keys to creating new-growth businesses**. Harvard Management Update, v. 8, n. 1, p. 3-6, 2003.

COURTOIS, Nicolas T.; BAHACK, Lear. On subversive miner strategies and block withholding attack in bitcoin digital currency. 2014.

DASGUPTA, Partha; STIGLITZ, Joseph. **Industrial structure and the nature of innovative activity**. The Economic Journal, v. 90, n. 358, p. 266-293, 1980.

DOSI, Giovanni. **Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation**. Journal of economic literature, p. 1120-1171, 1988.

DROUMAGUET, Matthieu. **Markov-Switching Vector Autoregressive Models: Monte Carlo experiment, impulse response analysis, and Granger-Causal analysis**. 2012. Tese de Doutorado.

ENGLE, Robert F. **Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation**. Econometrica: Journal of the Econometric Society, p. 987-1007, 1982.

ENGLE, Robert. **Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models**. Journal of Business & Economic Statistics, v. 20, n. 3, p. 339-350, 2002.

ENGLE, Robert. **Anticipating Correlations: A New Paradigm for Risk Management**. Princeton NJ: University Press, 2009.

EQUIPE IMB, **Fraude. Por que houve esta grande recessão**. 5 de outubro de 2012. Vídeo disponível em: < <http://www.mises.org.br/Article.aspx?id=1427>>. Acesso em: 20 de Julho de 2015.

EVANS, David S. **The antitrust economics of two-sided markets**. Available at SSRN 332022, 2002.

EVANS, David S. **Some empirical aspects of multi-sided platform industries**. Review of Network Economics, v. 2, n. 3, 2003.

FAGUNDES, J.; FERRÉS, J.; SAITO, K. **Indústria de cartões de crédito, regulação e concorrência**. Revista do IBRAC, v. 15, n. 4, 2009.

FRASCAROLI, Bruno Ferreira. Uma investigação sobre moeda, meios de pagamentos e crédito no Brasil utilizando simulações nas taxas de juros: o que podemos dizer sobre as recentes contribuições em economia monetária?. 2010. 162 f. Tese (Doutorado em Economia) UFPE.

FREITAS, P. S. **Mercado de cartões de crédito no Brasil: problemas de regulação e oportunidades de aperfeiçoamento da legislação**. Brasília, DF: Consultoria Legislativa do Senado Federal, 2007. Texto para discussão n. 37, Brasília, DF.

G1.GLOBO.COM-Bolsa de Nova York cria índice de conversão entre bitcoin e Dolar. G1.com, 19 de maio de 2015. Disponível em:< <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2015/05/bolsa-de-nova-york-cria-indice-de-conversao-entre-bitcoin-e-dolar.html> >. Acesso em 16 de Agosto de 2015.

GANDAL, Neil; HALABURDA, Hanna. **Competition in the Cryptocurrency Market**. 2014. Disponível em: < <http://www.bankofcanada.ca/wp-content/uploads/2014/08/wp2014-33.pdf>>. Acesso em: 20 de julho de 2015.

GOLDFEDER, Steven et al. **Securing Bitcoin wallets via threshold signatures**. 2014.

GOVINDARAJAN, Vijay; KOPALLE, Praveen K. **Disruptiveness of innovations: measurement and an assessment of reliability and validity**. Strategic Management Journal, v. 27, n. 2, p. 189-199, 2006.

HAMILTON, James D. **A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle**. Econometrica: Journal of the Econometric Society, p. 357-384, 1989.

HASENCLEVER, L.; TIGRE, P. B. . Estratégias de Inovação. In: Lia Hasenclever; David Kupfer. (Org.). **Economia Industrial - Fundamentos Teóricos e práticos no Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002, v. , p. 431-447.

HASENCLEVER, L.; FERREIRA, P. M. . Estrutura de Mercado e Inovação. In: Lia Hasenclever; David Kupfer. (Org.). **Economia Industrial - Fundamentos Teóricos e Práticos no Brasil**. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2002, v. , p. 129-147.

HAYEK, Friedrich A. **Desestatização do dinheiro**. Singular Digital, 1986.

JONES, Charles Irving. **Introdução à teoria do crescimento econômico**. Campus, 2000.

LOPES, Rocelo. Paraguai. **XAPO x ADCCASH**. Youtube, 23 de março de 2015. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=4n8lFgo0nik>> .Acesso em 16 de Agosto de 2015.

LOPES, João do Carmo; ROSSETTI, José. Paschoal. **Economia Monetária**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 1998.

LUNDVALL, B. **Políticas de inovação na economia do aprendizado**. Brasília: CGEE Parcerias Estratégicas. Nº. 10. mar. 2001.

MAY, Timothy C.. **Crypto Anarchy and Virtual Communities**. 1994. Disponível em: <<http://groups.csail.mit.edu/mac/classes/6.805/articles/crypto/cypherpunks/may-virtual-comm.html>> . Acesso em 15 ago. 2015.

MEIKLEJOHN, Sarah et al. **A fistful of bitcoins: characterizing payments among men with no names**. In: Proceedings of the 2013 conference on Internet measurement conference. ACM, 2013. p. 127-140.

MOORE, Tyler; CHRISTIN, Nicolas. **Beware the middleman: Empirical analysis of bitcoin-exchange risk**. In: Financial Cryptography and Data Security. Springer Berlin Heidelberg, 2013. p. 25-33.

MORETTIN, P. A. **Econometria financeira**. Associação Brasileira de Estatística ABE, 17ª Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística SINAPE, Caxambu - MG, 2006.

NELSON, Richard R. **Understanding technical change as an evolutionary process**. Amsterdam: North-Holland, 1987.

NELSON, Daniel B. **Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach**. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, p. 347-370, 1991. NIALL, Ferguson. *The Ascent of Money: A Financial History of the World*. London, Allen Lane, 2008.

OLIVEIRA, M. F. ; TORKOMIAN, Ana Lucia Vitale./**Aprendizagem e Inovação em Pequenas Empresas Inseridas em Aglomerações Produtivas**./ In: Congrès de L'Institut Franco-Brésilien d'Administration des Entreprises, 5º., 2009, Grenoble.

ORLIKOWSKI, Wanda Janina et al. **Radical and incremental innovations in systems development: an empirical investigation of case tools**. 1991.

PAAR, Christof; PELZL, Jan. **Understanding cryptography: a textbook for students and practitioners**. Springer Verlag, 2010.

PAVEL, Ciaian; D'ARTIS, Kancs; MIROSLAVA, Rajcaniova. **The Economics of BitCoin Price Formation**. EERI Research Paper Series, 2014.

PENROSE, Edith Tilton. **Biological analogies in the theory of the firm**. *The American Economic Review*, v. 42, n. 5, p. 804-819, 1952.

PERLIN, Marcelo. **MS_Regress-the MATLAB package for Markov regime switching models**. Available at SSRN 1714016, 2015.

ROCHET, Jean-Charles; TIROLE, Jean. **Cooperation among competitors: Some economics of payment card associations**. *Rand Journal of economics*, p. 549-570, 2002.

ROCHET, Jean-Charles; TIROLE, Jean. **Platform competition in two-sided markets**. *Journal of the European Economic Association*, p. 990-1029, 2003.

ROCHET, Jean-Charles; TIROLE, Jean. Two-sided markets: a progress report. *The RAND Journal of Economics*, v. 37, n. 3, p. 645-667, 2006.

ROCHET, Jean-Charles; TIROLE, Jean. **Two-sided markets: an overview**. IDEI working paper, 2004.

SATOSHI, Nakamoto. **Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system**. (2008). Disponível em:< <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>. Acesso em 16 de Agosto de 2015.

SCHILLER, R. J.. **Radical Financial Innovation**. In: *Entrepreneurship, Innovation, and the Growth Mechanism of the Free-Enterprise Economies*. Princeton University Press, 2007, v. p. 306-323.

SCHUMPETER, J.A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. Trad. Maria Sílvia Possas. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SCHMALENSEE, Richard; EVANS, David S. The economics of interchange fees and their regulation: An overview. 2005.

STRÅLE, J. N; TJERNSTRÖM, M. The price volatility of bitcoin: A search for the drivers affecting the price of this digital currency. 2014. 79 f. Dissertação. (Dissertação) Umeå Universitet. 28 de Outubro de 2014.

TAYLOR, Michael Bedford. **Bitcoin and the age of bespoke Silicon**. In: Proceedings of the 2013 International Conference on Compilers, Architectures and Synthesis for Embedded Systems. IEEE Press, 2013. p. 16.

TEECE, D. J. **Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy**. California, 1986.

ULRICH, Fernando. **Bitcoin – A moeda na Era Digital**. São Paulo: Mises Brasil, 2014.

WHITE, Lawrence H.. **The Theory of Monetary Institutions**. Oxford: Blackwell Publishers, 1999.

WINTER JR, Sidney G. Economic "Natural Selection" and the Theory of the Firm, 4 Yale Econ. Essays, v. 225, p. 227-28, 1964.

WINTER, Sidney G. Schumpeterian competition in alternative technological regimes. **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 5, n. 3, p. 287-320, 1984.

WONGLIMPIYARAT, Jarunee. **The dynamics of financial innovation system**. **The Journal of High Technology Management Research**, v. 22, n. 1, p. 36-46, 2011.

WORLD ECONOMIC FORUM and DELOITTE. **The Future of Financial Services: How disruptive innovations are reshaping the way financial services are structured, provisioned and consumed**, Junho, 2015.

ZAKOIAN, J. M. **Threshold heteroskedastic models**. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 18, p. 931-944, 1994.

APÊNDICE

MODELAGEM DO MODELO ARMA PARA AMOSTRA E SUBAMOSTRA

Tabela A1 - Estatísticas descritivas da amostra

| Variáveis | Média | Mediana | Máximo | Mínimo | Desvio Padrão | Assimetria | Curtose |
|----------------|------------|-------------|----------|-----------|---------------|------------|----------|
| BTC | 0,001256 | 0,000389 | 0,450252 | -0,409647 | 0,0293 | 1,245677 | 89,84125 |
| XAU | -0,0000439 | -0,00000638 | 0,006592 | -0,013292 | 0,001278 | -1,129933 | 15,68017 |
| SSEC | 0,0000565 | 0,000021 | 0,00575 | -0,007908 | 0,001198 | -0,348153 | 9,388075 |
| SPX-500 | 0,0000597 | 0,0000322 | 0,005984 | -0,007674 | 0,000924 | -0,43433 | 11,42462 |

*Em todos os casos as séries apresentam assimetria e curtose

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A2 - Estatísticas descritivas da subamostra

| Variáveis | Média | Mediana | Máximo | Mínimo | Desvio Padrão | Assimetria | Curtose |
|----------------|------------|------------|----------|-----------|---------------|------------|----------|
| BTC | 0,000483 | 0,000211 | 0,066043 | -0,130503 | 0,011374 | -1,639805 | 30,0825 |
| XAU | -0,0000488 | -0,0000198 | 0,006592 | -0,013292 | 0,001313 | -1,356306 | 19,10513 |
| SSEC | 0,000106 | 0,000103 | 0,00575 | -0,007908 | 0,001223 | -0,762647 | 10,46889 |
| SPX-500 | 0,0000503 | 0,0000413 | 0,00312 | -0,003425 | 0,000747 | -0,186709 | 5,734772 |

*Em todos os casos as séries apresentam assimetria e curtose

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A3 - Modelo ARMA melhor ajustado para a amostra

| Modelo | Critério Schwarz | Critério Akaike |
|-------------------|------------------|-----------------|
| btc c ar(0) ma(2) | -4,31091 | -4,318593 |
| btc c ar(1) ma(2) | -4,309464 | -4,320995 |
| btc c ar(2) ma(2) | -4,308237 | -4,319776 |
| btc c ar(2) ma(0) | -4,305244 | -4,312936 |
| btc c ar(2) ma(1) | -4,302505 | -4,314044 |
| btc c ar(1) ma(1) | -4,249096 | -4,260627 |
| btc c ar(0) ma(1) | -4,219087 | -4,22677 |
| btc c ar(1) ma(0) | -4,216269 | -4,223957 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A4 - Modelo ARMA melhor ajustado para a subamostra

| Modelo | Critério Schwarz | Critério Akaike |
|-------------------|------------------|-----------------|
| btc c ar(0) ma(2) | -6,108152 | -6,101125 |
| btc c ar(0) ma(1) | -6,107361 | -6,100334 |
| btc c ar(1) ma(0) | -6,106115 | -6,099082 |
| btc c ar(2) ma(0) | -6,105777 | -6,098737 |
| btc c ar(1) ma(1) | -6,102771 | -6,092221 |
| btc c ar(1) ma(2) | -6,102762 | -6,092212 |
| btc c ar(2) ma(1) | -6,101588 | -6,091028 |
| btc c ar(2) ma(2) | -6,101245 | -6,090685 |

Fonte: Elaboração própria.



Tabela A5 - Testes de Raiz Unitária para o log retorno de cada variável

| Testes de Raiz Unitária (Amostra) | | | Testes de Raiz Unitária (Subamostra) | | |
|-----------------------------------|------------|------------|--------------------------------------|------------|------------|
| Variáveis | ADF | PP | Variáveis | ADF | PP |
| BTC | -8,301624* | -41,44987* | BTC | -28,14421* | -28,16805* |
| XAU | -32,75358* | -32,82711* | XAU | -29,23710* | -29,24580* |
| SSEC | -36,55772* | -37,03559* | SSEC | -23,68373* | -23,76906* |
| SPX-500 | -37,20030* | -37,20349* | SPX-500 | -28,87981* | -28,87969* |

Nota: * Rejeita a hipótese nula a 1%



Fonte: Elaboração própria.

Quadro A2 - Teste de autocorrelação do retorno dos resíduos – Amostra

| Teste de autocorrelação do retorno dos resíduos | | | | | |
|---|---|---------------|----------|--------|-------|
| Autocorrelação | Autocorrelação P. | AC | PAC | Q-Stat | Prob. |
|  |  | 1 -0.04... | -0.04... | 2.9463 | |
| | | 2 0.001 | -0.00... | 2.9474 | 0.086 |
| | | 3 0.070 | 0.070 | 9.5827 | 0.008 |
| | | 4 0.014 | 0.020 | 9.8438 | 0.020 |
| | | 5 -0.08... | -0.08... | 18.891 | 0.001 |
| | | 6 -0.02... | -0.04... | 19.995 | 0.001 |
| | | 7 0.042 | 0.038 | 22.426 | 0.001 |
| | | 8 0.031 | 0.047 | 23.721 | 0.001 |
| | | 9 -0.04... | -0.03... | 25.908 | 0.001 |
| | | 1... -0.05... | -0.07... | 30.451 | 0.000 |
| | | 1... 0.139 | 0.124 | 57.013 | 0.000 |
| | | 1... 0.071 | 0.099 | 63.876 | 0.000 |

Fonte: Elaboração própria.

Quadro A3 - Teste de autocorrelação do retorno dos resíduos – Subamostra

| Teste de autocorrelação do retorno dos resíduos | | | | | |
|---|---|------------|----------|--------|-------|
| Autocorrelação | Autocorrelação P. | AC | PAC | Q-Stat | Prob. |
|  |  | 1 0.025 | 0.025 | 0.8710 | 0.351 |
| | | 2 0.115 | 0.115 | 18.942 | 0.000 |
| | | 3 0.103 | 0.099 | 33.302 | 0.000 |
| | | 4 0.027 | 0.010 | 34.281 | 0.000 |
| | | 5 0.461 | 0.448 | 324.37 | 0.000 |
| | | 6 0.076 | 0.071 | 332.36 | 0.000 |
| | | 7 0.020 | -0.08... | 332.89 | 0.000 |
| | | 8 0.070 | -0.01... | 339.67 | 0.000 |
| | | 9 0.038 | 0.028 | 341.61 | 0.000 |
| | | 1... 0.030 | -0.23... | 342.87 | 0.000 |
| | | 1... 0.063 | -0.01... | 348.36 | 0.000 |
| | | 1... 0.017 | 0.076 | 348.77 | 0.000 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A6 - Estatística F - Amostra

Teste: ARCH – Amostra – modelo ARMA (0,2)

| | | | |
|-----------------|----------|---------------------|---|
| Estatística - F | 8,098550 | Prob. F(4,1348) | 0 |
| Obs*R² | 31,75133 | Prob. Chi-Square(4) | 0 |

*A série apresenta volatilidade

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A7 - Estatística F - Subamostra

Teste: ARCH – subamostra – modelo ARMA (0,2)

| | | | |
|-----------------|----------|---------------------|---|
| Estatística - F | 52,71409 | Prob. F(4,819) | 0 |
| Obs*R² | 168,7086 | Prob. Chi-Square(4) | 0 |

*A série apresenta volatilidade

Fonte: Elaboração própria.

MODELAGEM DOS MODELOS GARCH PARA CADA UMA DAS AMOSTRAS

Tabela A8 - Modelo de melhor ajuste - amostra modelo univariado

| | | | | | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| GARCH 11 | btc c ar(0) ma(2) | Schwarz criterion | -6,019988 | Akaike info criterion | -6,039195 |
| TARCH 112 | btc c ar(0) ma(2) | Schwarz criterion | -6,019542 | Akaike info criterion | -6,046433 |
| EGARCH 112 | btc c ar(0) ma(2) | Schwarz criterion | -5,990469 | Akaike info criterion | -6,01736 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A9 - Modelo de melhor ajuste – subamostra - modelo Univariado

| | | | | | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------|------------------|
| GARCH 11 | btc c ar(0) ma(2) | Schwarz criterion | -6,777104 | Akaike info criterion | -6,805601 |
| TARCH 111 | btc c ar(0) ma(2) | Schwarz criterion | -6,769141 | Akaike info criterion | -6,803336 |
| EGARCH 221 | btc c ar(0) ma(2) | Schwarz criterion | -6,766251 | Akaike info criterion | -6,811845 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A10 - Resultado GARCH (1,1) - amostra - modelo Univariado

Método: ML - ARCH (Marquardt) - Distribuição Normal

Número de observações: 1357

| Variável | Coefficientes | Erro Padrão | Estatística - Z | P Valor |
|-----------------|----------------------|--------------------|------------------------|----------------|
| C | 0,000114636 | 0,00029024 | 0,39497012 | 0,69286494 |
| MA(2) | 0,055499339 | 0,027560405 | 2,013734487 | 0,044037417 |

Equação da Variância

| | | | | |
|-------------------------|--------------|-------------|---------------------|--------------|
| C | 3,46E-06 | 2,17E-07 | 15,93489162 | 3,63E-57 |
| RESID(-1)^2 | 0,220539029 | 0,012605408 | 17,49558823 | 1,55E-68 |
| GARCH(-1) | 0,800576674 | 0,008196231 | 97,67619844 | 0 |
| R ² | -0,037313333 | | | |
| R ² ajustado | -0,038078878 | | | |
| SQR | 1,207575369 | | Critério de Akaike | -6,039195489 |
| Estatística DW | 2,103768306 | | Critério de Schwarz | -6,019987561 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A11 - Estatística F – GARCH (1,1) - Amostra

Teste: ARCH – amostra – Modelo GARCH (1,1)

| | | | |
|--------------------|----------|---------------------|---------------|
| Estatística - F | 0,004481 | Prob, F(1,1354) | 0,9466 |
| Obs*R ² | 0,004488 | Prob, Chi-Square(4) | 0,9466 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A12 - Teste de Autocorrelação do retorno dos resíduos – Estatística Q

| Autocorrelação | Autocorrelação parcial | t | AC | PAC | Q-Stat | Prob* |
|----------------|------------------------|----|--------------|--------------|-------------|-------------|
| | | 1 | 0,047759972 | 0,047759972 | 3,102185399 | |
| | | 2 | -0,018341142 | -0,020669303 | 3,560024346 | 0,059186871 |
| | | 3 | 0,032210437 | 0,034184226 | 4,973127558 | 0,083195354 |
| | | 4 | 0,018667042 | 0,015090256 | 5,448082594 | 0,14177704 |
| | | 5 | 0,022379043 | 0,022157518 | 6,131216155 | 0,189560934 |
| | | 6 | 0,05195774 | 0,049628126 | 9,816275243 | 0,080611561 |
| * | * | 7 | 0,097656629 | 0,093272095 | 22,84401255 | 0,000850442 |
| | | 8 | 0,03934184 | 0,031716951 | 24,95992014 | 0,000771314 |
| | | 9 | -0,007915416 | -0,010584161 | 25,04563515 | 0,001527116 |
| | | 10 | 0,019921106 | 0,014694018 | 25,58895876 | 0,002384292 |
| | | 11 | 0,039069466 | 0,030554644 | 27,68032067 | 0,002030596 |
| | | 12 | 0,033614384 | 0,025152241 | 29,22959145 | 0,002090959 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A13 - Teste de Autocorrelação do quadrado dos resíduos – Estatística Q

| Autocorrelação | Autocorrelação parcial | t | AC | PAC | Q-Stat | Prob* |
|----------------|------------------------|----|--------------|--------------|-------------|-------------|
| | | 1 | 0,001819164 | 0,001819164 | 0,004500734 | 0,946512036 |
| | | 2 | 0,006343791 | 0,006340502 | 0,059272623 | 0,970798538 |
| | | 3 | -0,023150262 | -0,023174272 | 0,789221532 | 0,852043326 |
| | | 4 | -0,01202655 | -0,011986591 | 0,986365561 | 0,911856321 |
| | | 5 | 0,009890203 | 0,010235976 | 1,119789282 | 0,95233712 |
| | | 6 | 0,012623699 | 0,012216605 | 1,337318305 | 0,969560111 |
| | | 7 | -0,015783753 | -0,016531343 | 1,67763722 | 0,97551569 |
| | | 8 | 0,005217316 | 0,00543558 | 1,714849097 | 0,988541104 |
| | | 9 | -0,019447265 | -0,018452859 | 2,232249181 | 0,987239996 |
| | | 10 | -0,022581514 | -0,023162484 | 2,930381599 | 0,983015223 |
| | | 11 | -0,010417768 | -0,010498744 | 3,079079076 | 0,989638958 |
| | | 12 | -0,029710879 | -0,030010021 | 4,289420805 | 0,977629524 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A14 - Resultado GARCH (1,1) - Caso Univariado – Subamostra

Variável Dependente: BTC

| Variável | Coefficientes | Erro Padrão | Estatística - Z | P Valor |
|----------------------|---------------|-------------|---------------------|-----------|
| C | -0,000348 | 0,000286 | -1,214364 | 0,2246 |
| MA(2) | -0,010033 | 0,041015 | -0,244615 | 0,8068 |
| Equação da Variância | | | | |
| C | 6,74E-06 | 6,30E-07 | 10,71209 | 0,0000 |
| RESID(-1)^2 | 0,240146 | 0,024194 | 9,926044 | 0,0000 |
| GARCH(-1) | 0,698707 | 0,021892 | 31,91609 | 0,0000 |
| R-Quadrado | -0,04835 | | | |
| R-Quadrado ajustado | -0,006051 | | | |
| SQR | 0,107511 | | Critério de Akaike | -6,805601 |
| Estatística DW | 1,948503 | | Critério de Schwarz | -6,794671 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A15 - Estatística F – GARCH (1,1) - Subamostra

Teste: ARCH – Subamostra – Modelo GARCH (1,1)

| | | | |
|-----------------|----------|---------------------|--------|
| Estatística - F | 0,333927 | Prob. F(1,825) | 0.5635 |
| Obs*R² | 0,334602 | Prob. Chi-Square(4) | 0.5630 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A16 - Teste de Autocorrelação dos resíduos – Estatística Q

| Autocorrelação | Autocorrelação Parcial | t | AC | PAC | Q-Stat | Prob* |
|----------------|------------------------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| . | . | 1 | 0,063624561 | 0,063624561 | 3,363973072 | |
| . | . | 2 | 0,037853145 | 0,033942462 | 4,556126953 | 0,032801171 |
| . | . | 3 | 0,027915075 | 0,023551218 | 5,205257526 | 0,074078587 |
| . | . | 4 | 0,021765321 | 0,017443621 | 5,600361489 | 0,132757607 |
| . | . | 5 | 0,044386849 | 0,040467659 | 7,24555587 | 0,123466906 |
| . * | . * | 6 | 0,11480386 | 0,108584665 | 18,26474391 | 0,002632269 |
| . | . | 7 | 0,031710255 | 0,015441122 | 19,10645829 | 0,003987569 |
| . | . | 8 | 0,028346486 | 0,016587578 | 19,77988918 | 0,006065264 |
| . | . | 9 | - | - | | |
| . | . | 9 | 0,039238515 | 0,050514153 | 21,07185094 | 0,006958993 |
| . | . | 10 | 0,017704774 | 0,015344826 | 21,33520249 | 0,011242416 |
| . | . | 11 | 0,038268755 | 0,029517947 | 22,56710133 | 0,012462337 |
| . | . | 12 | - | - | | |
| . | . | 12 | 0,004997568 | 0,022787771 | 22,588136 | 0,020192899 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A17 - Teste de Autocorrelação do Quadrado dos resíduos

Número de observações: 828

| Autocorrelation | Partial Correlation | t | AC | PAC | Q-Stat | Prob* |
|-----------------|---------------------|----|--------------|--------------|-------------|-------------|
| . | . | 1 | 0,02011261 | 0,02011261 | 0,336155164 | 0,562056987 |
| . | . | 2 | -0,001165 | -0,001570152 | 0,337284388 | 0,844811128 |
| . | . | 3 | -0,016725938 | -0,016677678 | 0,570327057 | 0,903190423 |
| . | . | 4 | -0,02355434 | -0,02289954 | 1,033052181 | 0,904743466 |
| . | . | 5 | -0,003678191 | -0,00279614 | 1,044349546 | 0,958909947 |
| . | . | 6 | -0,005013381 | -0,005219859 | 1,065363032 | 0,983012667 |
| . | . | 7 | -0,00124507 | -0,001818449 | 1,066660667 | 0,993680358 |
| . | . | 8 | -0,014425007 | -0,015040112 | 1,241052701 | 0,996219522 |
| . | . | 9 | -0,030941118 | -0,030728466 | 2,044387419 | 0,990746051 |
| . | . | 10 | -0,013539941 | -0,012710775 | 2,198411508 | 0,994580818 |
| . | . | 11 | -0,003358888 | -0,003540085 | 2,207901752 | 0,99762204 |
| . | . | 12 | -0,028520504 | -0,030249723 | 2,892968141 | 0,996253644 |

Fonte: Elaboração própria.

MODELAGEM DO M-GARCH PARA CADA UMA DAS AMOSTRAS**Tabela A18 - Resultado M-GARCH (1,1) - Caso Multivariado – Amostra****ESPECIFICAÇÕES MGARCH(1,1)**

Variância condicional: Modelo de Correlação Dinâmica (Engle)

Distribuição Multivariada Normal.

Erro Padrão Robusto (formula Sandwich)

| | Coefficiente | Erro Padrão | Estat. t | t-prob. |
|--------|--------------|-------------|----------|---------|
| rho_21 | 0,074760 | 0,075238 | 0,9936 | 0,3206 |
| rho_31 | 0,002272 | 0,047111 | 0,04823 | 0,9615 |
| rho_41 | 0,016071 | 0,056024 | 0,2869 | 0,7743 |
| rho_32 | -0,001535 | 0,070378 | -0,02181 | 0,9826 |
| rho_42 | 0,068042 | 0,059743 | 1,139 | 0,2550 |
| rho_43 | 0,080281 | 0,065381 | 1,228 | 0,2197 |
| alpha | 0,004629 | 0,0024437 | 1,894 | 0,0584 |
| beta | 0,989691 | 0,0083055 | 119,2 | 0,0000 |

Observações: 1192 Parâmetros: 32

Variáveis: 1 - BTC; 2 - XAU; 3 - SSEC; 4 - SPX500

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A19 - Testes - M-Garch (1,1) - Caso Multivariado – Amostra**Critérios de informação**

| | | | |
|---------|------------|--------------|------------|
| Akaike | -38,659429 | Shibata | -38,660821 |
| Schwarz | -38,522963 | Hannan-Quinn | -38,608006 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A20 - Testes De Normalidade - M-Garch (1,1) - Caso Multivariado – Amostra

| Testes individuais de Normalidade | | | |
|-----------------------------------|-------------|---------|-------------|
| Série: btc | | | |
| | Estatística | Teste t | P-Valor |
| Skewness | -1,2121 | 17,105 | 1,3533e-065 |
| Excess Kurtosis | 11,351 | 80,163 | 0,00000 |
| Jarque-Bera | 6691,2 | NaN | 0,00000 |
| Testes individuais de Normalidade | | | |
| Série: xau | | | |
| | Estatística | Teste t | P-Valor |
| Skewness | 0,20592 | 2,9061 | 0,0036594 |
| Excess Kurtosis | 4,0215 | 28,401 | 1,9845e-177 |
| Jarque-Bera | 811,66 | NaN | 5,6319e-177 |
| Testes individuais de Normalidade | | | |
| Série: ssec | | | |
| | Estatística | Teste t | P-Valor |
| Skewness | -0,38843 | 5,4818 | 4,2112e-008 |
| Excess Kurtosis | 3,6039 | 25,451 | 6,8162e-143 |
| Jarque-Bera | 675,05 | NaN | 2,6045e-147 |
| Testes individuais de Normalidade | | | |
| Série: spx500 | | | |
| | Estatística | Teste t | P-Valor |
| Skewness | -0,57573 | 8,1251 | 4,4700e-016 |
| Excess Kurtosis | 5,6941 | 40,213 | 0,00000 |
| Jarque-Bera | 1676,2 | NaN | 0,00000 |
| Fonte: Elaboração própria. | | | |

Tabela A21 - Testes de Autocorrelação- M-Garch (1,1) - Caso Multivariado – Amostra

| Série: btc | Série: xau |
|------------------------------|------------------------------|
| Q(5) = 0,952249 [0,9663245] | Q(5) = 10,1627 [0,0707548] |
| Q(10) = 8,09680 [0,6193817] | Q(10) = 19,6281 [0,0329728] |
| Q(20) = 20,8687 [0,4048954] | Q(20) = 29,9704 [0,0703353] |
| Q(50) = 58,2710 [0,1973003] | Q(50) = 48,5299 [0,5325121] |

| Série: ssec | Série: spx500 |
|------------------------------|------------------------------|
| Q(5) = 2,31352 [0,8042793] | Q(5) = 3,51488 [0,6211372] |
| Q(10) = 6,61360 [0,7613499] | Q(10) = 9,58548 [0,4775813] |
| Q(20) = 13,3655 [0,8611587] | Q(20) = 15,2313 [0,7630227] |
| Q(50) = 39,4433 [0,8583046] | Q(50) = 37,5876 [0,9021283] |

H0 : Não há correlação serial ==> Aceita H0 quando prob. é elevada [Q < Chisq(lag)]

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A22 - Testes De Autocorrelação- M-Garch (1,1) - Caso Multivariado – Subamostra - Quadrado dos resíduos

| Série: btc | Série: xau |
|------------------------------|------------------------------|
| Q(5) = 1,34048 [0,9307118] | Q(5) = 10,3517 [0,0658617] |
| Q(10) = 4,41971 [0,9264334] | Q(10) = 25,1507 [0,0050671] |
| Q(20) = 13,4741 [0,8561287] | Q(20) = 40,0142 [0,0049748] |
| Q(50) = 30,0825 [0,9884888] | Q(50) = 102,662 [0,0000168] |

| Série: ssec | Série: xau |
|------------------------------|------------------------------|
| Q(5) = 17,1297 [0,0042603] | Q(5) = 14,2121 [0,0143168] |
| Q(10) = 45,6557 [0,0000017] | Q(10) = 17,8319 [0,0578655] |
| Q(20) = 77,5877 [0,0000000] | Q(20) = 34,7942 [0,0212284] |
| Q(50) = 169,410 [0,0000000] | Q(50) = 72,4295 [0,0207066] |

H0 : Não há correlação serial ==> Aceita H0 quando prob. é elevada [Q < Chisq(lag)]

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A23 - Resultado M-GARCH (1,1) - Caso Multivariado – Subamostra

| ESPECIFICAÇÕES MGARCH(1,1) | | | | |
|--|--------------|-------------|----------|---------|
| Variância condicional: Modelo de Correlação Dinâmica (Engle) | | | | |
| Distribuição Multivariada Normal. | | | | |
| Erro Padrão Robusto (formula Sandwich) | | | | |
| | Coefficiente | Erro Padrão | Estat. t | t-prob. |
| rho_21 | -0,021574 | 0,045540 | -0,4737 | 0,6358 |
| rho_31 | 0,062535 | 0,039347 | 1,589 | 0,1125 |
| rho_41 | -0,074188 | 0,047476 | -1,563 | 0,1186 |
| rho_32 | -0,005211 | 0,052837 | -0,09863 | 0,9215 |
| rho_42 | -0,064615 | 0,054152 | -1,193 | 0,2332 |
| rho_43 | -0,008687 | 0,051871 | -0,1675 | 0,8671 |
| alpha | 0,020865 | 0,024322 | 0,8579 | 0,3913 |
| beta | 0,664926 | 0,27447 | 2,423 | 0,0157 |

Observações: 1192 Parâmetros: 32

Variáveis: 1 - BTC; 2 - XAU; 3 - SSEC; 4 - SPX500

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A24 - Testes - M-Garch (1,1) - Caso Univariado – Subamostra

| Critérios de informação | | | |
|-------------------------|------------|--------------|------------|
| Akaike | -39,815129 | Shibata | -39,819509 |
| Schwarz | -39,598090 | Hannan-Quinn | -39,731021 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A25 - Testes de Normalidade - M-Garch (1,1) - Caso Univariado – Subamostra

| Testes individuais de Normalidade | | | |
|-----------------------------------|-----------|---------|-------------|
| Series: btc | | | |
| | Statistic | t-Test | P-Value |
| Skewness | -1,1073 | 11,666 | 1,8963e-031 |
| Excess Kurtosis | 8,6850 | 45,819 | 0,00000 |
| Jarque-Bera | 2219,2 | NaN | 0,00000 |
| Testes individuais de Normalidade | | | |
| Series: xau | | | |
| | Statistic | t-Test | P-Value |
| Skewness | -0,49425 | 5,2073 | 1,9163e-007 |
| Excess Kurtosis | 5,6201 | 29,650 | 3,3973e-193 |
| Jarque-Bera | 899,55 | NaN | 4,6204e-196 |
| Testes individuais de Normalidade | | | |
| Series: ssec | | | |
| | Statistic | t-Test | P-Value |
| Skewness | -0,086449 | 0,91080 | 0,36240 |
| Excess Kurtosis | 3,1366 | 16,548 | 1,6633e-061 |
| Jarque-Bera | 272,61 | NaN | 6,3640e-060 |
| Testes individuais de Normalidade | | | |
| Series: spx500 | | | |
| | Statistic | t-Test | P-Value |
| Skewness | -0,25520 | 2,6887 | 0,0071723 |
| Excess Kurtosis | 2,7393 | 14,451 | 2,4555e-047 |
| Jarque-Bera | 214,48 | NaN | 2,6658e-047 |

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A26 - Testes De Autocorrelação- M-Garch (1,1) - Caso Univariado – Subamostra

| Series: btc | Series: xau |
|------------------------------|------------------------------|
| Q(5) = 4,18133 [0,5236152] | Q(5) = 1,45537 [0,9181620] |
| Q(10) = 12,7910 [0,2355925] | Q(10) = 3,47511 [0,9679367] |
| Q(20) = 24,0882 [0,2385593] | Q(20) = 13,3841 [0,8603032] |
| Q(50) = 68,3933 [0,0429550] | Q(50) = 40,8745 [0,8178095] |

| Series: ssec | Series: spx500 |
|------------------------------|------------------------------|
| Q(5) = 6,80759 [0,2353482] | Q(5) = 2,16674 [0,8256249] |
| Q(10) = 18,1040 [0,0532340] | Q(10) = 3,75388 [0,9577674] |
| Q(20) = 26,4292 [0,1521004] | Q(20) = 19,1194 [0,5140775] |
| Q(50) = 52,0189 [0,3952199] | Q(50) = 60,1708 [0,1536360] |

H0 : Não há correlação serial ==> Aceita H0 quando prob. é elevada [Q < Chisq(lag)]

Fonte: Elaboração própria.

Tabela A27 - Testes De Autocorrelação- M-Garch (1,1) - Caso Univariado – Subamostra

| Series: btc | Series: xau |
|------------------------------|------------------------------|
| Q(5) = 0,616186 [0,9872502] | Q(5) = 12,4954 [0,0285950] |
| Q(10) = 1,95980 [0,9966391] | Q(10) = 14,3132 [0,1591778] |
| Q(20) = 10,0060 [0,9680631] | Q(20) = 24,7001 [0,2131477] |
| Q(50) = 31,8304 [0,9788777] | Q(50) = 47,4270 [0,5772369] |

| Series: ssec | Series: spx500 |
|------------------------------|------------------------------|
| Q(5) = 9,04407 [0,1073194] | Q(5) = 11,0774 [0,0498660] |
| Q(10) = 27,9164 [0,0018617] | Q(10) = 33,9054 [0,0001916] |
| Q(20) = 45,5476 [0,0009295] | Q(20) = 71,1767 [0,0000001] |
| Q(50) = 111,270 [0,0000015] | Q(50) = 168,501 [0,0000000] |

H0 : Não há correlação serial ==> Aceita H0 quando prob. é elevada [Q < Chisq(lag)]

Fonte: Elaboração própria.