

Bitcoin: Investimento do Século ou Bolha Especulativa?
Mensuração dos Impactos do Risco Individual do Bitcoin Sobre o Risco Sistêmico do
Mercado de Capitais do BRASIL E EUA

Resumo

As moedas digitais têm recebido significativa representatividade em economias mundiais, devido a agilidade, segurança e o baixo custo envolvido nas transações. Com a proposta de revolução no sistema monetário mundial, a moeda virtual denominada por Bitcoin propõe um sistema de pagamento eletrônico de *software* aberto com base na criptografia, em que não se utiliza bancos ou quaisquer outras entidades centrais de intermediação das transações. Os usuários do Bitcoin conferem a esta moeda dois papéis distintos. Primeiro, o Bitcoin pode desempenhar a função de meio de pagamento de trocas de bens e serviços. Segundo, o Bitcoin tem sido direcionado para o uso com propósitos especulativos devido a elevada volatilidade do seu valor no mercado financeiro (HUR, JEON e YOO, 2015). Adicionalmente, o protocolo de funcionamento instituído pelo Bitcoin permite que as transações entre os usuários permaneçam no anonimato. Portanto, a ausência de uma instituição reguladora das transações com moedas digitais tem levantado um debate relevante sobre a contribuição do Bitcoin em fomentar atividades de cunho ilegal. Dentro desse contexto, a presente pesquisa busca obter inferências sobre a contribuição do risco individual do Bitcoin sobre o sistema financeiro do Brasil e Estados Unidos, com intuito de sinalizar as autoridades reguladoras um posicionalmente do nível adequado de intermediação financeira. Os resultados da pesquisa visaram contribuir para o fornecimento de informações macroprudenciais, de modo a balizar a intervenção das instituições de controle financeiro a cerca da efetivação de medidas reguladoras para o Bitcoin. De modo geral, os resultados indicam que o risco individual do Bitcoin afeta o risco sistêmico e em cenários de evento extremos o Bitcoin é significativo para reduzir o risco sistêmico do mercado de capitais brasileiro e americano.

Palavras chave: Volatilidade; Risco; CoVaR; Bitcoin.

1. INTRODUÇÃO

A complexidade e a correlação econômica de várias entidades geopolíticas apresentam um debate comum - o dinheiro. Conforme Rogojanu e Badea (2014), as disputas relacionadas à acumulação de dinheiro indicam a concentração de poder, amplas oportunidades de negócios e possibilidade de concorrência monetária.

A busca por oportunidades de negócios, principalmente negócios que envolvam variáveis financeiras, leva ao crescimento econômico, mas pode causar grande volatilidade, dada a íntima conexão com os mercados das diversas economias, principalmente via mercado financeiro.

A crise financeira de 2008 alertou instituições reguladoras para a fragilidade do sistema financeiro e a importância da mensuração do risco sistêmico como sinalizador de economias exposta ao risco. Arruda e Pereira (2012) indicam que a complexidade das crises e suas implicações resultam da pluralidade de causas e conexão dos diversos aspectos difundidos no mercado financeiro. O padrão de formação e distribuição que resulta em novos ativos financeiros com o intuito de transferir o risco que as instituições financeiras possuem foi amplamente utilizado pelos bancos.

A evolução da interdependência dos mercados financeiros globais combinados a ampla mobilidade de capitais presentes em grande parte das economias mundiais, e ainda agravado pela ausência de mecanismos de coordenação econômica internacional, têm possibilitado o desenvolvimento de canais de transmissão de choques econômicos impulsionando a magnitude e a área de difusão de crises financeiras.

Tal como tem-se observado, nas últimas décadas o avanço da tecnologia permitiu a integração de mercado mundiais, possibilitando que economias transacionem seus produtos com outras economias do resto do mundo. Isto demanda meios de pagamentos seguros e ativos que minimizem o risco sistêmico. Bartos (2015) defende que as inovações são importantes contribuintes para o desenvolvimento econômico e proporcionam novas soluções para as interações de mercado. Logo, o aparecimento da internet permitiu a introdução de um novo formato de meio de pagamento – o digital, no qual fornece aos usuários mecanismos alternativos e seguros de pagamento, por meio de transações ágeis e cómodas para os indivíduos (BÖHME, CHRISTIN, EDELMAN & MOORE, 2015).

Neste sentido, o crescimento do acesso à internet combinado com a evolução tecnológica contribuiu para que o sistema financeiro desenvolvesse amplas inovações com o intuito de dirimir os riscos das transações. Dentro desse contexto, a moeda virtual tem chamado atenção de instituições financeiras, governos e pesquisadores, em que o principal ícone do processo de desenvolvimento monetário virtual é o Bitcoin (DWYER, 2015).

De acordo com Egorova e Torzhevskiy (2016), o Bitcoin é definido como um sistema monetário digital e descentralizado em que sua implementação é fundamentada por duas tecnologias fundamentais da criptografia: a chave público-privada, para armazenamento e o dispêndio do dinheiro; e a validação criptográfica das transações. O sistema de criptografia de chave público-privada permite que qualquer pessoa crie uma chave pública e uma chave privada correspondente. As mensagens criptografadas com uma chave pública só podem ser decodificadas por alguém que possua a chave privada associada, permitindo que qualquer pessoa criptografe uma mensagem que somente um destinatário especificado pode ler (BÖHME et al., 2015).

Devido ao crescimento da visibilidade do Bitcoin no ambiente mundial, legisladores e economistas têm levantado um amplo debate em relação à definição desse ativo num contexto econômico. O debate refere-se a questão do Bitcoin ser definido como uma moeda ou uma mercadoria. Glaser et al. (2014) concentraram sua pesquisa sobre a capacidade do Bitcoin em desempenhar o papel da moeda, enquanto meio de troca de bens e serviços dentro de um sistema econômico, visto que a moeda virtual apresenta características fundamentais da moeda, qual seja; liquidez e escassez.

De acordo com a literatura de finanças, a volatilidade pode ser definida por meio do tamanho das mudanças nos preços de um determinado ativo financeiro, refletindo o nível de variação de preços em um período de tempo. Assim, um ativo com elevada volatilidade significa que o preço desse ativo apresenta alta flutuação no mercado, apresentando elevado níveis de risco para o investidor (VICENTE et al, 2012).

Recentemente, as moedas digitais têm recebido destaque pela elevada rentabilidade desde o surgimento no mercado. Em especial, o Bitcoin tem acumulado mais de 1800% de rendimentos para o investidor só em 2017. Entretanto, essa forte elevação de preços apresenta um nível significativo de risco associado. Em comparação aos investimentos tradicionais, o Bitcoin é considerado um ativo de alto risco, que em média apresenta uma volatilidade em torno de 10% ao dia. Com intuito de sinalizar ao mercado a contribuição do risco individual do Bitcoin sobre o risco de mercado, é preciso analisar o comportamento dos preços para compreender a possível influência deste ativo sobre o mercado financeiro.

Outro aspecto de incremento de risco do Bitcoin está relacionado a engenharia tecnológica para o seu funcionamento, uma vez que este não reconhece uma unidade central de controle de suas transações, que por sua vez implica na ausência de regras que regulamentam sua estrutura operacional. Assim, pagamentos nacionais e internacionais com uso dessa moeda digital podem ser efetuados sem a necessidade da intermediação de instituições financeiras. Além disso, as moedas virtuais trouxeram a inovação de manter todos os registros públicos de suas transações, porém preservando o anonimato das partes envolvidas, pois tanto o comprador como o vendedor são identificados apenas pela chave pública em formato criptografado.

Após a ocorrência de choques da crise de 2008/2009, houve um crescimento da vigilância dos órgãos reguladores sobre maiores níveis de exposição ao risco e dos mecanismos econômicos que causaram as perturbações na economia mundial. Um dos principais canais de transmissão de risco, de ativos individuais para economia, derivam diretamente dos efeitos relacionados as distorções de informações de mercado. Arruda e Pereira (2012) indicam a existência de equilíbrios múltiplos e apontam os denominados *sunspots* como responsáveis por conduzir mudanças de expectativas de investidores ou reguladores. King e Wadhvani (1990) indicam a possibilidade de transferência de choques entre mercados, quando investidores racionais analisam resultados de choques internacionais e tentam extrair informações para o mercado doméstico.

No caso específico do mercado das moedas digitais, possíveis canais de transmissão de risco do Bitcoin podem está associado ao efeito de distorções de informações a medida em que investidores identificam o impacto de choques neste mercado alternativo e tentam extrair informações para precificar ativos no mercado de capitais tradicional.

Outra via provável de transferência de risco está relacionada com crises de liquidez (KIYOTAKI E MOORE, 2002). Considerando que investidores arrojados buscam diversificar seus portfólios, estes detêm ativos em diversos mercados distintos. Portanto, perdas inesperadas em um determinado ativo leva os investidores a transferência de fluxos de caixa de mercados adjacentes para liquidar seus prejuízos. Neste sentido, a medida em que investidores em Bitcoins sofrem com perdas imprevistas, decorrente da elevada volatilidade desse mercado, é possível que os demais mercados fornecedores de liquidez sejam bruscamente afetados.

Dentro dessa perspectiva, a presente pesquisa tem por objetivo investigar a contribuição que o risco individual do Bitcoin exerce sobre o risco sistêmico por meio da verificação do efeito contágio.

Embora Fry e Chear (2016) revelem que o Bitcoin contém um considerável componente especulativo, em geral a literatura indica que o mesmo desempenha o papel de efetivo diversificador de carteiras de investimentos e atua como um ativo de hedge (BRIÈRE, OOSTERLINCK E SZAFARZ, 2015; BAUR et al., 2015; DYHRBERG, 2016; BOURI et al., 2016; BOURI et al., 2017). Neste sentido, este trabalho adota a seguinte questão de pesquisa: **os riscos provenientes das negociações do Bitcoin afetam o risco sistêmico do mercado de capitais do Brasil e dos EUA?** Como resposta a priori, este estudo adota as seguintes hipóteses: **H1: O risco individual do Bitcoin afeta o risco sistêmico; H2: O risco do ativo financeiro Bitcoin é significativo para reduzir o risco sistêmico em cenários de extrema incerteza.**

Para responder aquela indagação foi utilizada a metodologia de mensuração de risco sistêmico CoVaR, CoVaR GARCH e Δ CoVaR com base no cálculo do *Value-at-Risk* (VaR) dos valores individuais do Bitcoin e do mercado.

2. O BITCOIN

2.1 O mecanismo

O mecanismo de funcionamento utilizado pelo protocolo do Bitcoin consiste em um sistema de arquitetura de redes de computadores, denominada de rede *peer-to-peer*¹, em que cada ponto da rede tem a função de compartilhamento de dados sem a necessidade de um servidor central. Conforme Kamienski et al. (2015), as redes *peer-to-peer* são redes virtuais que funcionam com auxílio da internet e com o objetivo de compartilhar recursos entre os participantes, em princípio não há diferenciação entre os participantes.

Além disso, Dwyer (2014) indica que, ao se utilizar o recurso de rede *peer-to-peer*, o Bitcoin opera em uma rede de *software* aberto, em que não há restrição de direitos sobre o uso e/ou modificação do programa. Assim, todos os participantes têm acesso a todas as operações realizadas e estão organizados para o desenvolvimento do sistema, o que indica transparência nas transações com uso de Bitcoin.

Neste contexto, existem diversas vantagens para o uso da moeda digital, algumas delas podem ser descritas como a não obrigatoriedade da presença física de comerciantes para uma transação. Portanto, o uso de Bitcoin economiza tempo para os envolvidos (PLASSARAS, 2013); as transações podem ser feitas a qualquer hora e em qualquer lugar,

¹ Rede de computadores que compartilham arquivos de internet por meio de rede integrada de ponto a ponto

proporcionando flexibilidade de negócios. Despesas de emissão são evitadas, bem como os custos de transporte, armazenamento e segurança que surgem ao colocar a moeda tradicional em circulação (ROGOJANU e BADEA, 2014).

Feld et al. (2014) ressaltaram que a característica de descentralização do Bitcoin é que a quantidade de unidades em circulação não é controlada por uma pessoa, grupo, empresa, autoridade central, ou do governo, mas por um algoritmo de *software* com tecnologia baseada na criptografia. O controle central é inexistente na economia de Bitcoin, porque o *software* que é o responsável por estabelecer as regras, projetado para que os usuários de Bitcoin sejam os únicos no controle das transações.

Durante os últimos anos, Glaser et al. (2014) enfatizaram que o Bitcoin vem sendo usado como um instrumento financeiro para fins de investimento e de especulação. A moeda virtual também tem uma comunidade empresarial estabelecida com a criação de empresas *start-up* para enfrentar muitas das necessidades e momentos de incertezas e, consequentemente, isso vem causando elevado nível de investimento na economia global de Bitcoins.

Segendorf (2014) demonstra que o funcionamento do processo de compra de Bitcoin inicia quando o proprietário da moeda envia para o negociante a sequência numérica que o identifica a partir da sua assinatura digital. Diferente do processo habitual, a transação não é processada por nenhuma instituição financeira, o processamento é distribuído para todos os computadores conectados à rede que têm o software do Bitcoin instalado. Esses computadores verificam se a sequência numérica informada realmente corresponde a uma Bitcoin relacionada a assinatura digital por qual foi enviada a ordem de compra. Polasik et al (2015) afirmam que após a verificação da transação, a propriedade da sequência numérica relacionada à assinatura digital é transferida para a carteira digital por meio da sequência numérica de ordem de venda (Figura 2).

Depois de ter instalado uma carteira Bitcoin no computador ou telefone celular, irá gerar o primeiro endereço Bitcoin. Toda quantia transacionada com Bitcoin é representada por uma sequência de 16 símbolos, que variam entre letras e números, guardada em anotações ou de modo mais seguro em carteiras digitais, semelhante aos bancos convencionais (NAKAMOTO, 2008).

Androulaki et al. (2013) ressaltam que todas as transações que ocorrem na economia virtual são registradas em uma espécie de contabilidade virtual da rede Bitcoin e distribuídas no chamado "*blockchain*", que nada mais é do que um grande banco de dados públicos, contendo o histórico de todas as transações realizadas. Novas transações são verificadas por meio do *blockchain*, de modo a assegurar que os mesmos Bitcoins não tenham sido previamente gastos, eliminando assim o problema do gasto duplo.

Para Dwyer (2014), a tecnologia utilizada pelo protocolo do Bitcoin, uma rede *peer-to-peer*, aliada ao potencial da criptografia moderna, faz com que uma unidade de Bitcoin seja um bem econômico, escasso e não copiável, enquanto o original permanece intacto e não utilizável por múltiplos atores simultaneamente e sem interferência mútua. Conforme descrito, somente 21 milhões de unidades poderão ser criadas; ninguém pode gastar a mesma unidade diversas vezes (*double spending*) e nenhuma unidade pode ser gasta por vários usuários simultaneamente.

Conforme Albuquerque e Callado (2015), no protocolo Bitcoins, o *double spending* é

evitado por meio da verificação da contabilidade pública, que é uma escrituração das transações feitas com Bitcoins desde a sua criação. Portanto, todas as transações com um determinado Bitcoin podem ser rastreadas até o momento da sua criação. Isso demonstra outra característica que define um Bitcoin como um bem econômico: o poder do proprietário de controlar o seu Bitcoin. Somente o proprietário do Bitcoin pode usar sua chave privada para dispor de seus Bitcoins, transferindo-os a quem desejar (ULRICH, 2014).

Para um usuário gerar uma prova de pedido de transferência, ele deve garantir que o próximo bloco tenha todos os n primeiros números do resultado de todas as assinaturas anteriores, de modo que todos os usuários ligados as redes compartilhadas devem verificar se o resultado se encaixa nos parâmetros antes de realizar o pedido, e assim validar a operação.

Existem três principais maneiras de se obter Bitcoins. A mais popular e amplamente aceita é a compra diretamente de outro indivíduo ou por meio de um mercado *online* de troca de moedas ou de bolsas de valores nacionais. A segunda maneira é aceitá-los como pagamento de bens e serviços, ou como os salários. O terceiro é por meio do processo de mineração para produzir Bitcoins (Figura 5), utilizando *hardware* e *software* de computador projetado especificamente para resolver o algoritmo criptográfico subjacente ao protocolo Bitcoin, produzindo novas moedas (HAYES, 2015).

2.2 Riscos e Regulação do Bitcoin

Desde o seu surgimento, o Bitcoin foi motivo de questionamentos para os reguladores. Por se tratar de uma tecnologia ainda em expansão, muitas autoridades legais estão desenvolvendo mecanismos para compreender os riscos e incertezas das “*cryptocurrency*”, bem como enfrentando o desafio da criação de uma base jurídica em torno das moedas digitais (OLIVEIRA, 2017). Em todo esse cenário de dubiedade, uma questão se destaca: Bitcoin é legal?

De acordo com o Banco Central do Brasil, as criptomoedas não são emitidas nem apresentam qualquer garantia por nenhuma autoridade monetária, de modo que o risco é transferido integralmente para seus usuários e acrescenta que o seu valor percebido é decorrente da confiança atribuída pelos indivíduos ao seu emissor.

Ainda existe uma enorme divergência da compreensão e aceitação do fenômeno da moeda digital, decorrente de uma série de aspectos que impossibilitam o consentimento de transação do Bitcoin em alguns países. Em primeiro lugar, Barbosa (2016) relembra que com uso da moeda digital o governo descentralizaria o controle da emissão do capital do país, perdendo a soberania sobre o controle do volume de moeda em circulação. Em seguida, as autoridades deparam-se com a dificuldade de identificação dos usuários, de modo que o uso da moeda aumentaria a tendência do uso para atividades ilícitas. Além disso, todo o sistema não está precisamente regulamentado. Em parte, isso ocorre porque qualquer desenvolvedor do mundo pode verificar exatamente como funciona o Bitcoin.

Além disso, Gandal et al. (2018) identificaram que aproximadamente 600.000btc (\$188 milhões) foram adquiridos de forma fraudulenta, consequência de manipulação de mercado alterando preço de \$150 até \$1000 por Bitcoin em 2013. Assim, ao saber que o ecossistema do Bitcoin está atualmente desregulado, o “auto-controle” dos principais atores e organizações é essencial. Além disso, à medida que o ecossistema Bitcoin se torna mais integrado nos sistemas internacionais de financiamento e pagamento, os reguladores tendem a

querer reavaliar as políticas que deixam o ecossistema não regulamentado e assumir um papel de supervisão do ativo (GANDAL et al., 2018).

Dessa forma, existem inúmeras leis e tentativas de regulação no panorama da moeda digital. No campo legal, a Câmara dos Deputados do Brasil discute um projeto de lei de 2015 (PL 2303/2015) implementado pelo Deputado Aureo Lidio Moreira Ribeiro do partido Solidariedade (SD-RJ), que defende a regulamentação das moedas digitais no país. Segundo o autor, o projeto tem o intuito de produzir um ambiente de confiança para o uso de novas tecnologias. Recentemente, o órgão de Comissão de Valores Mobiliário (CVM) proibiu gestores de fundos de investimento de comprarem Bitcoin e outras criptomoedas, alegando a presença de elevados riscos associados e excluindo o Bitcoin da classificação de ativo financeiro.

Em países desenvolvidos, como o Japão, o Bitcoin tem sido efetivado como um mecanismo de pagamento oficialmente legal desde abril de 2017. A princípio, a autoridade reguladora japonesa emitiu regulamentos que determinavam a existência de contratos no qual uma das partes seria destinada a permutar algo diferente de moeda financeira, com objetivo de criar uma espécie de garantia real e manter reservas de capital.

Nos Estados Unidos, em dezembro de 2017 um passo importante na história do Bitcoin foi marcado pelo início de negociações no mercado futuro na bolsa de Chicago (CME). Reguladores federais dos Estados Unidos autorizaram o grupo CME a iniciar as transações futuras de Bitcoin. Essa supervisão federal sinaliza aos investidores que a moeda digital tem recebido reforços na trajetória de consolidação no mercado de capitais.

No campo acadêmico, os primeiros trabalhos relacionados ao Bitcoin buscaram investigar o comportamento do ativo e os principais determinantes da formação dos preços do Bitcoin. Brandvold et al. (2015) investigaram o papel das diferentes bolsas de negociação com Bitcoin e sugere que a informação compartilhada nas transações da moeda é capaz de mensurar a previsão do preço do ativo em diferentes mercados.

Novas pesquisas têm surgido, no intuito de identificar os fatores que influenciam a volatilidade do preço do Bitcoin, seja como moeda para troca de bens e serviço, seja como ativo de investimento. Halaburda e Gandal (2014) encontraram que a inclusão de Bitcoin em um portfólio diversificado, aumenta significativamente a relação do retorno ajustado ao risco.

O risco causado pelas transações com o Bitcoin é um fenômeno importante a ser estudada, principalmente depois dos problemas de 2008. Neste sentido estudar a o impacto no risco sistêmico dessas negociações encontra justificativa. Abaixo segue uma metodologia que procura verificar o contágio da negociação de ativo financeiro com o risco sistêmico.

3. O RISCO SISTÊMICO – Método CoVaR

O gerenciamento de risco é o processo que identifica as possíveis exposições ao risco que uma organização ou investidor pode enfrentar e selecionar técnicas mais adequadas para lidar com exposição a cenários de incerteza. Exemplos de exposição de perdas podem ser compreendidos como: alta volatilidade no mercado financeiro, destruição de ativos tangíveis por fenômenos naturais, processos judiciais devidos a produtos defeituosos entre outros. Alguns destes riscos podem ser minimizados a partir do processo de diversificação de ativos. No entanto, existe outra parcela de risco que é intrínseco do sistema econômico denominado de risco sistêmico (BERGER; DEMSETZ; STRAHAN, 1999).

Arruda e Pereira (2012) definem o risco sistêmico como qualquer conjunto de circunstâncias que ameaçam a estabilidade ou a confiança pública no sistema financeiro. O Banco Central Europeu (BCE) (2010) define-o “como um risco de instabilidade financeira tão difundida que prejudica o funcionamento de um sistema financeiro ao ponto em que o crescimento econômico e o bem-estar sofrem significativamente”.

Com base nas regras definidas no Acordo de Basiléia foi desenvolvido uma técnica popularmente difundida pelos analistas de investimentos denominada por VaR – Value at Risk, com intuito de mensurar o risco envolvido nas operações financeiras. Pode-se definir VaR como a pior probabilidade da ocorrência de uma perda provável em um dado momento do tempo sob as condições normais de funcionamento do mercado, ou seja, é um método de se obter o valor esperado da máxima perda dentro de um horizonte de tempo com um intervalo de confiança. No cenário do mercado de capitais, a perda máxima possível é a maior perda que pode acontecer para um investidor no período de operação (HULL e WHITE, 1998).

O VaR foca no risco de uma instituição financeira isolada e não no risco sistêmico, que é a ameaça ao sistema financeiro como um todo. Uma medida de risco sistêmico deve levar em consideração que as instituições financeiras estão interligadas. (CHERNOZHUKOV e UMANITSEV, 2001). Então, os problemas de solvência de uma instituição podem levar a ocorrências de efeitos em várias outras, como se o sistema fosse uma manada.

Adrian e Brunnermeier (2011) propõem um método para estimar a contribuição marginal de uma instituição particular para o risco sistêmico global com base no Co-movement Value at Risk "CoVaR", que é o valor em risco do sistema financeiro condicional em que essa instituição esteja sob dificuldade. Conforme os autores, para tratar de risco sistêmico por meio da medida CoVaR é necessário a identificação da coparticipação do risco de um ativo individual como contribuição para alteração no risco sistêmico. Neste sentido, o CoVaR da instituição i relativo ao sistema é definido como o VaR do sistema financeiro como um todo condicional a instituição i estar em dificuldade.

Assim, Adrian e Brunnermeier (2011) demonstram a existência de duas formas de se estimar o CoVaR: a não condicional e a condicional, ambas efetuadas em dois estágios. A forma não condicional consiste na estimação tradicional ou ainda por meio de uma regressão quantílica apenas com a constante. A letra q refere-se ao quantil desejado e o sobrescrito j à instituição financeira em que se condicionará o CoVaR num momento posterior. No segundo estágio estima-se a variação dos ativos totais da instituição a variável dependente:

$$r_{t,q}^j = a_q^{j|i} + \beta_q^{j|i} r_{t,q}^i + \varepsilon_{t,q}^i \quad (1)$$

em que j consiste na instituição ou ativo que se deseja estimar o CoVaR e t o tempo. O valor esperado de (1) é descrito como: $Var_{t,q}^{j|r_{t,q}^i} \equiv \hat{r}_{t,q}^j = \hat{a}_q^{j|i} + \hat{\beta}_q^{j|i} r_{t,q}^i$, isto é o VaR da instituição j condicional a $r_{t,q}^i$. Quando é imposto $r_{t,q}^i = VaR^i(q)$, tem-se que o CoVar de j condicional a

$$i: CoVaR_{t,q}^{j|i} \equiv Var_{t,q}^{j|VaR^i(q)} = \hat{a}_q^{j|i} + \hat{\beta}_q^{j|i} VaR_{t,q}^i.$$

Adrian e Brunnermeier (2011) demonstram o conceito do ΔCoVaR pela a diferença entre o $\text{CoVaR}_t^{j|VaR^i(q)}(q)$ e o $\text{CoVaR}_t^{j|VaR^i(0,5)}(0,5)$, sendo i o quanto que a instituição ou ativo i acrescenta de risco à instituição ou ativo j em situação de risco em relação a um cenário de normalidade definido pela mediana $VaR_t^i(0,5)$. Em resumo, a definição de ΔCoVaR representa uma medida de dependência sistêmica de riscos entre instituições ou ativos analisados, de modo à verificar o contágio de risco de i para j :

$$\Delta\text{CoVaR}_{t,q}^{j|i} \equiv \text{CoVaR}_t^{j|VaR_t^i(q)}(q) - \text{CoVaR}_t^{j|VaR_t^i(0,5)}(0,5) \quad (2)$$

A diferença entre o CoVaR condicional de uma instituição ou ativo i em um cenário de alta volatilidade ($\text{CoVaR}_t^{j|VaR_t^i(q)}(q)$) e do CoVaR condicional sobre o estado normal das instituições ou ativos i ($\text{CoVaR}_t^{j|VaR_t^i(0,5)}(0,5)$), resulta no delta-CoVaR (ΔCoVaR) que captura a contribuição marginal de uma instituição particular, ou ativo individual (no sentido não causal), para o risco sistêmico como um todo.

De acordo com Adrian e Brunnermeier (2011) existem diversas vantagens para utilização do ΔCoVaR .

- a) Medida de Risco Global
- b) Transbordamento de Risco
- c) Extensão para outras medidas de risco

No entanto, a média condicional mede apenas o "centro" da distribuição condicional de uma resposta. Uma informação mais completa da distribuição condicional é fornecida pelos seus quantis. O 0,5 quantil (a mediana) pode servir como uma medida do centro, e as marcas 0,9 e 0,10 o valor da resposta abaixo e acima do qual reside o centro.

Por conseguinte, a utilização de regressões quantílicas tem-se mostrado adequada para calcular o CoVaR. A previsão da maioria dos modelos de regressão é uma estimativa pontual da média condicional de uma resposta (ou seja, quantidade que está sendo previsto), dado um conjunto de preditores.

Na definição de Adrian e Brunnermeier (2011) o CoVaR depende da distribuição condicional de uma variável aleatória $R_{s,t}$, descrito $R_{i,t} = VaR_t^i$ em que o valor de perda

máxima é representado exatamente no valor calculado do VaR. Posteriormente, Girardi e Ergün (2013) modificam o conceito do VaR do sistema financeiro condicional em que uma instituição está em situação de estresse financeiro. De modo que, a definição de desequilíbrio financeiro de uma instituição altera-se do exato ponto do VaR para o VaR máximo observado da instituição $R_{i,t} \leq VaR_t^i$. Isto significa dizer que, a alteração proposta por Girardi e Ergün

(2013) considera eventos mais austeros localizados em pontos extremos da distribuição da amostra.

Adrian e Brunnermeier (2011) empregam regressões quantílica lineares para obter a estimativa dos parâmetros $\text{CoVaR}_{\alpha,\beta,t}$. As estimativas de $\text{CoVaR}_{\alpha,\beta,t}$ derivadas deste

procedimento, no entanto, não têm uma exposição variável no tempo ao $Var_{\alpha,t}^i$ da instituição. Por outro lado, Girardi e Ergün (2013) seguem um procedimento de três passos baseado em modelos de tipo GARCH para estimar $CoVaR_{\alpha,\beta,t}$. Como resultado, a correlação da variável no tempo dos parâmetros é incorporada nas suas estimativas $CoVaR_{\alpha,\beta,t}$.

- i. Passo 1: VaR de cada instituição j é calculado pela estimação do seguinte modelo univariado:

$$R_t^j = \mu_t^j + \varepsilon_{j,t}$$

onde: $\mu_t^j = \alpha_0 + \alpha_1 R_{t-1}^j$; $\varepsilon_{j,t} = z_{j,t} \sigma_{j,t}$ e $z_{j,t}$ tem média zero e variância unitária; com variância condicional GARCH (1,1).

- ii. Passo 2: Para cada instituição financeira j , é estimado o modelo GARCH bivariado com especificação Engle (2002) dos retornos das instituição financeira j e do sistema financeiro;

$$R_t = \mu_t^j + \varepsilon_{j,t} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{j,t} = \Sigma_t^{1/2} z_t$$

onde: Σ_t é a matriz de covariância condicional (2x2) do termo de erro ε_t e μ_t é o vetor de média condicional (2x1).

- iii. Passo 3: Obtenção do CoVaR mensurado para cada instituição financeira j e período de tempo i .

$$\Pr(R_t^i \leq CoVaR_{q,t}^{ij} | R_t^j = VaR_{q,t}^j) = q^2 \quad (4)$$

Essa alteração na definição CoVaR tem algumas propriedades atraentes. Em primeiro lugar, considera eventos mais severos para a instituição i que estão mais nos pontos da distribuição de possíveis perdas ao contrário do cenário otimista $R_{i,t} = VaR_t^i$ previsto anteriormente.

O trabalho buscou comparar o desempenho dos modelos de estimação de risco sistêmico CoVaR, CoVaR GARCH, $\Delta CoVaR$ e $\Delta CoVaR$ GARCH, no intuito de verificar a contribuição do risco individual do Bitcoin sobre o risco sistêmico.

Logo, uma regressão quantílica para $q = 0,01$ da distribuição dos retornos de um ativo é referente à probabilidade de 1% de se obter um retorno igual ou menor ao esperado pelo modelo estimado. Portanto, a probabilidade de se obter um retorno menor ou igual ao previsto pela regressão do n -ésimo quantil é igual ao n -quantil estimado.

Ao considerar o valor preditivo da regressão quantílica do sistema $\hat{X}_q^{sistema,i}$ para um ativo individual no q^n - quantil:

$$\hat{X}_q^{sistema,i} = \hat{\alpha}_q^i + \beta_q^i X^i \quad (5)$$

onde, $\hat{X}_q^{sistema,i}$ representa o valor preditivo para um quantil específico condicionado ao ativo individual i . A metodologia pode ser considerada para relações não lineares, a partir da introdução de uma dependência entre o retornos do sistema em função do retorno do ativo individual i . Pela definição de VaR, tem-se que:

$$VaR_q^{sistema|X^i} = \hat{X}_q^{sistema,i} \quad (6)$$

$$Probabilidade \left(Retorno_i \leq CoVaR_q^{j|i} \right) = \alpha\%$$

Portanto, o valor estimado a partir da regressão quantílica do sistema em função do ativo individual i fornece o *Value-at-Risk* do sistema condicionado ao X^i . Assim ao utilizar o valor preditivo de $(R^j = VaR_q^j)$, produz a medida de $CoVaR_q^i$. Ao relacionar o $CoVaR_q^i$ no formato da regressão quantílica, obtemos a seguinte equação:

$$CoVaR_q^{sistema|X^i=VaR_q^i} = VaR_q^{sistema|VaR_q^i} = \hat{\alpha}_q^i + \beta_q^i VaR_q^i \quad (7)$$

e $\Delta CoVaR_q^i$ é dado por:

$$\Delta CoVaR_q^{sistema|i} = \beta_q^i (VaR_q^i - VaR_{50\%}^i) \quad (8)$$

O CoVaR de uma instituição financeira, ou de um ativo individual, configura-se na mensuração de risco por meio do VaR de todo sistema financeiro condicional a instituição estar sob dificuldade financeira ou um determinado ativo apresentar níveis excessivos de riscos para o investidor. Por outro lado, o $\Delta CoVaR$ captura a contribuição marginal de uma instituição particular, ou ativo individual, para o risco sistêmico por meio da diferença entre a situação de normalidade e estresse econômico.

Existe uma diferença essencial entre os modelos, enquanto $\Delta CoVaR$ concentra-se na contribuição de cada instituição ou ativo específico para o risco global do sistema, as medidas de risco tradicionais estão direcionadas ao risco de instituições individuais. Em termos práticos, Adrian e Brunnermeier (2011) indica que o regulamento baseado no risco das instituições isoladamente pode levar a uma tomada de risco excessiva ao longo de dimensões de risco sistêmico.

Mainik e Schaanning (2012) demonstram que ao definir um cenário de estresse financeiro $(R^j \leq VaR_q^j)$, o CoVaR apresenta uma relação monotônica² com o parâmetro de dependência. Neste caso, o CoVaR $(R^j = VaR_q^j)$, não consegue detectar problemas sistêmico onde o risco é mais acentuado (alto grau de dependência). Neste sentido, a regulamentação

² As variáveis tendem a mover-se na mesma direção relativa, mas não necessariamente a uma taxa constante

financeira baseada no CoVaR ($R^j = VaR_q^j$) pode introduzir instabilidade adicional e definir incentivos errados.

Finalmente, devido à correlação variável no tempo do modelo GARCH, o CoVaR de uma instituição aqui tem uma exposição variável do tempo ao seu VaR. Esta característica permite que as possíveis mudanças ao longo do tempo na ligação entre a instituição e o sistema financeiro seja capturado e incorporada na medida de risco sistêmico.

Neste contexto, Girardi e Ergun (2013) estimam a dinâmica do CoVaR sob o evento de condicionamento $R^j \leq VaR_q^j$.

$$VaR_q^{sistema} | X^i \leq X_q^{sistema,i} \quad (9)$$

e $\Delta CoVaR_q^i$ GARCH é dado por:

$$\Delta CoVaR_{q,t}^{s|j} = 100 (CoVaR_{q,t}^{s|j} - CoVaR_{q,t}^{s|b^j}) / CoVaR_{q,t}^{s|b^j} \quad (10)$$

Em outras palavras, como a instituição financeira torna-se mais correlacionada com todo o sistema financeiro, existe uma tendência para o aumento do risco sistêmico. Bouri et al. (2017) aplicaram técnicas de dependência temporal identificando a dependência condicional de quantis entre o índice de estresse financeiro global e os retornos do Bitcoin. Ao relacionar o modelo teórico escolhido ao objetivo geral da pesquisa, é possível identificar suporte na literatura atual. Katsiampa (2017) Naimy e Hayek (2018), investigaram a habilidade de diversos modelos de previsão, e demonstraram que o modelo GARCH apresenta maior precisão para explicar a volatilidade do preço do Bitcoin.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E RESULTADOS

4.1 AMOSTRA

A periodicidade da amostra desta pesquisa é diária, com preços de fechamento dos índices do Brasil e dos Estados Unidos. Para o cenário brasileiro, foi utilizado o índice IBRXBT disponibilizado pela plataforma online BitValor® como referência ao comportamento de preços do Bitcoin no Brasil e o índice da bolsa de valores de São Paulo Ibovespa como identificador dos movimentos de preços no sistema brasileiro. De forma semelhante, para o mercado americano foi usado o índice BPI CoinDesk acessível a partir do sítio CoinDesk® e o índice S&P500 como indicador dos movimentos de preços no sistema americano.

Para o mercado dos Estados Unidos a amostra abrange o intervalo entre julho de 2010 até setembro de 2017. Devido a disponibilidade dos dados para o Brasil a amostra restringe no período entre julho de 2011 até maio de 2016. Portanto, a pesquisa não busca comprar os resultados obtidos, mas analisá-los de forma independentes, visto que as amostras apresentam-se com intervalo de tempo distintos. As variáveis referentes aos índices de Bitcoin estão disponíveis nas plataformas online no sítio da CoinDesk® e BitValor®.

Diferente do mercado convencional, as negociações com Bitcoin são realizadas 24 horas e não há fechamento do mercado. De modo a ajustar a base de dados do Bitcoin aos índices de mercado Ibovespa e S&P500, foram excluídos da amostra os finais de semana e feriados relativos a cada país.

4.2 RESULTADOS

As tabelas 1 e 2 resumem os resultados proveniente da aplicação da regressão quantílica com base no modelos de mensuração de risco sistêmico CoVaR, Δ CoVaR e Δ CoVaR GARCH nos quantis 1%, 5%, 95% e 99% referente ao índice de Bitcoin do mercado dos Estados Unidos (BPI-CoinDesk).

De acordo com os resultados evidenciados na tabela 1 é possível realizar uma comparação entre dois modelos diferentes para mensuração do risco sistêmico, o CoVaR e CoVaR GARCH. Vale ressaltar que a diferença entre os dois modelos consiste na divergência de mensuração do VaR, de modo que na medida CoVaR o valor de perda máxima é representado exatamente no valor calculado do VaR. Já o CoVaR GARCH considera eventos mais rígidos localizados em pontos mais extremos da distribuição da amostra.

Tabela 1: Resultado da regressão CoVaR BPI CoinDesk®

$CoVaR_{q,t}^{BPI\ CoinDesk}$					$CoVaR_{q,t}^{BPI\ CoinDesk\ GARCH}$			
Quantil(q)	α	β	p -value	PseudoR ²	α	β	p -value	PseudoR ²
1%	6.99***	-0.00114***	0.000	15.44%	6.99***	0.04301	0.920	0.01%
5%	7.06***	-0.00112***	0.000	16.35%	7.08***	-1.0434	0.282	0.24%
95%	7.61***	-0.00036***	0.000	34.42%	7.80***	-4.2729***	0.000	0.59%
99%	7.62***	-0.00025***	0.000	35.41%	7.81***	0.53565***	0.002	0.04%

Número de Observações BPI CoinDesk®: 1810 observações / Valores Absolutos (\$)

De acordo com os resultados evidenciados na tabela 1 é possível realizar uma comparação entre dois modelos diferentes para mensuração do risco sistêmico, o CoVaR e CoVaR GARCH. Vale ressaltar que a diferença entre os dois modelos consiste na divergência de mensuração do VaR, de modo que na medida CoVaR o valor de perda máxima é representado exatamente no valor calculado do VaR. Já o CoVaR GARCH considera eventos mais rígidos localizados em pontos mais extremos da distribuição da amostra.

Para o índice BPI CoinDesk®, o modelo CoVaR apresentou-se mais ajustado na mensuração do risco individual do Bitcoin, visto que para todos os cenários de perdas estimada os parâmetros foram estatisticamente significativos ao nível de 1% de significância. Por conseguinte, implica dizer que o risco individual do índice de Bitcoin dos Estados Unidos afeta o risco sistêmico do mercado americano.

Além disso, os coeficientes de determinação (R^2) nos quantis 1%, 5%, 95% e 99% foram todos relevantes na explicação do modelo em análise. Por exemplo, nos cenários de perdas 1%VaR e 5% VaR, os coeficientes de determinação (R^2) indicam que o modelo CoVaR é capaz de explicar cerca de 15,4% e 16,3% respectivamente das variações do risco do índice de Bitcoin no mercado dos Estados Unidos.

Em termos econômicos, ao considerar um cenário de choque com chance de 1% de ocorrência de perda 1%VaR, o impacto do risco individual do Bitcoin exerce sobre o sistema financeiro americano é negativo com coeficiente igual a -0,00114. Já em termos de intensidade, o resultado do coeficiente -0,00114 expressa que um aumento na mensuração do

risco individual do índice de Bitcoin está associado com a redução de cerca de 0,114% do risco sistêmico do mercado de capitais americano.

De maneira análoga, a relação negativa é observada em todos os quantis testados. Isto significa que o risco individual do Bitcoin contribui para a redução do risco sistêmico do mercado financeiro americano. Os resultados corroboram com a literatura, indicando que o Bitcoin tem o papel representativo de ativo de proteção no cenário econômico, (BAUR et al., 2015; DYHRBERG, 2016; BOURI et al., 2016; BOURI et al., 2017), a medida em que os investidores tendem a transferir capital para o mercado alternativo de Bitcoin, antes alocado no mercado convencional de capitais.

Em contraste, o modelo CoVaR GARCH apresentou significância nos parâmetros estimados apenas no cenário de 99% e 95% de chance de ocorrência de evento extremo. Entretanto, os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram níveis de baixo poder explicativo. Sendo assim, não é possível afirmar a validade do modelo CoVaR GARCH para identificar o impacto que o risco individual do Bitcoin exerce sobre o risco sistêmico.

De modo semelhante, a medida ΔCoVaR que por definição representa a diferença entre o cenário de estresse e normalidade, foram estatisticamente significativos ao nível de 1% significância em todos os níveis estimados. Portanto, corrobora a afirmação de que o risco individual do índice de Bitcoin dos Estados Unidos afeta o risco sistêmico do mercado americano.

Tabela 2: Resultado da regressão ΔCoVaR BPI CoinDesk®

$\Delta\text{CoVaR}_{q,t}^{\text{BPI CoinDesk}}$					$\Delta\text{CoVaR}_{q,t}^{\text{BPI CoinDesk GARCH}}$			
Quantil(q)	α	β	p -value	Pseudo R^2	α	β	p -value	Pseudo R^2
1%	0.34***	-0.00117***	0.000	15.44%	0.56***	-8.0983***	0.001	0.287%
5%	0.27***	-0.00173***	0.000	16.35%	0.48***	-7.0118***	0.001	0.240%
95%	0.28***	-0.00176***	0.000	34.42%	0.23***	3.78227	0.244	0.590%
99%	0.29***	-0.00128***	0.000	35.41%	0.25***	2.91866***	0.003	0.004%

Número de Observações BPI CoinDesk®: 1810 observações / Valores Absolutos (\$)

O modelo ΔCoVaR GARCH apresentou significância nos parâmetros estimados no cenário de 1%, 5% e 99% de chance de ocorrência de evento extremo, entretanto os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram níveis de baixo poder explicativo. Sendo assim, não é possível afirmar o poder explicativo do modelo CoVaR GARCH para identificar o impacto que o risco individual do Bitcoin exerce sobre o risco sistêmico.

A tabela 3 e 4 sintetiza os resultados proveniente da aplicação do modelo de regressão quantílica CoVaR, CoVaR GARCH, ΔCoVaR e ΔCoVaR GARCH nos quantis 1%, 5%, 95% e 99% referente ao índice de Bitcoin do mercado do Brasil (IBRXBT).

Tabela 3: Resultado da regressão CoVaR IBRXBT BitValor®

$\text{CoVaR}_{q,t}^{\text{IBRXBT}}$					$\text{CoVaR}_{q,t}^{\text{IBRXBT GARCH}}$			
Quantil(q)	α	β	p -value	Pseudo R^2	α	β	p -value	Pseudo R^2

São Paulo, 25 a 27 de julho de 2018.

1%	10.7***	0.000115***	0.000	33.22%	10.6***	0.04752	0.198	0.360%
5%	10.8***	0.000165***	0.000	26.92%	10.7***	0.01602	0.705	0.050%
95%	11.0***	-0.00009 ***	0.000	19.87%	11.0***	-0.0232	0.309	0.040%
99%	11.1***	-0.00006***	0.000	21.94%	11.1***	-0.0227	0.184	0.050%

Número de Observações BitValor ® IBRXBT: 1225 observações / Valores Absolutos (R\$)

Da mesma forma que ocorre para o índice IBRXBT BitValor®, o modelo CoVaR apresentou-se mais ajustado na mensuração do risco individual do Bitcoin, tendo em vista que em todos os cenários de perdas estimada, os parâmetros foram estatisticamente significativos ao nível de 1% de significância. Consequentemente, o uso do CoVaR implica dizer que o risco individual do índice de Bitcoin do Brasil afeta o risco sistêmico do mercado brasileiro.

Adicionalmente, os coeficientes de determinação (R^2) nos quantis 1%, 5%, 95% e 99% foram todos relevantes na explicação do modelo em análise. Por exemplo, nos cenários de perdas 1%VaR e 5% VaR, os coeficientes de determinação (R^2) indicam que o modelo CoVaR é capaz de explicar cerca de 33,2% e 27% respectivamente das variações do risco do índice de Bitcoin no mercado do Brasil.

A causalidade observada para o cenário brasileiro difere dos resultados evidenciados no ambiente econômico americano, já que nos quantis 1% e 5% de chance que ocorrência de um evento extremo, a relação entre o risco individual do Bitcoin e o risco sistêmico do mercado brasileiro é positivo. Portanto, os resultados indicam que em cenários de evento extremo (1%VaR e 5%VaR) o risco individual do Bitcoin contribui para o incremento do risco sistêmico do mercado de capitais brasileiro.

Em termos econômicos, significa dizer que dado um cenário de choque com chance de 5% de ocorrência de perda 5%VaR, o impacto do risco individual do Bitcoin exerce sobre o sistema financeiro brasileiro é positivo com coeficiente igual a 0,000165. Em se tratando de intensidade, o resultado do coeficiente 0,000165 indica que aumento na mensuração do risco individual do índice de Bitcoin está associado com o acréscimo de cerca de 0,0165% do risco sistêmico do mercado de capitais brasileiro.

Já o modelo CoVaR GARCH não apresentou significância em nenhum dos parâmetros estimados, bem como os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram níveis de baixo poder explicativo. Sendo assim, não é possível afirmar a validade do modelo CoVaR GARCH para identificar o impacto que o risco individual do Bitcoin exerce sobre o risco sistêmico brasileiro.

Tabela 4: Resultado da regressão ΔCoVaR IBRXBT BitValor®

$\Delta\text{CoVaR}_{q,t}^{\text{IBRXBT}}$					$\Delta\text{CoVaR}_{q,t}^{\text{IBRXBT}} \text{ GARCH}$			
Quantil(q)	α	β	p -value	PseudoR ²	α	β	p -value	PseudoR ²
1%	0.17***	-0.00004***	0.000	33.22%	0.31***	-0.05295	0.464	0.360%
5%	0.11***	-0.00006***	0.000	26.92%	0.18***	-0.02145	0.454	0.050%
95%	0.14***	-0.00990	0.813	19.87%	0.15***	-0.01779	0.417	0.004%

99%	0.22***	-0.01023	0.865	21.94%	0.22***	-0.01724	0.619	0.050%
-----	---------	----------	-------	--------	---------	----------	-------	--------

Número de Observações BitValor @ IBRXBT: 1225 observações / Valores Absolutos (R\$)

Para a medida ΔCoVaR (ADRIAN e BRUNNERMEIER, 2011) foram estatisticamente significativos ao nível de 1% significância nos quantis 1% e 5%, combinados com os coeficientes de determinação (R^2) com poder relevante para explicar as variações de risco sistêmico. Portanto, os resultados novamente corroboram a afirmação de que o risco individual do índice de Bitcoin do Brasil afeta o risco sistêmico do mercado brasileiro em cenários de eventos extremo (1% VaR e 5% VaR).

Em contraste, o modelo CoVaR GARCH não apresentou significância em nenhum dos parâmetros estimados, bem como os coeficientes de determinação (R^2) apresentaram níveis de baixo poder explicativo. Sendo assim, não é possível afirmar a validade do modelo CoVaR GARCH para identificar o impacto que o risco individual do Bitcoin exerce sobre o risco sistêmico brasileiro.

Em termos gerais, os resultados obtidos no estudo estão de acordo com a literatura, indicando que o Bitcoin tem o papel representativo de *hedge* no cenário econômico, (BAUR et al., 2015; DYHRBERG, 2016; BOURI et al., 2016; BOURI et al., 2017; BOURI et al., 2017), ao demonstrar que o Bitcoin pode atuar como um ativo para atenuar o risco do sistema financeiro. Além disso, a presente pesquisa proporciona uma contribuição adicional aos órgãos de regulação, ao identificar no Bitcoin uma possível medida de calibragem do risco sistêmico, assim sinalizando as autoridades reguladoras um posicionamento apropriado do grau de intervenção no sistema financeiro.

5. CONCLUSÃO

A crise financeira evidenciada em 2008 enfatizou a necessidade de um monitoramento e estimativa criteriosa do risco sistêmico. O risco sistêmico pode ter decorrências adversas para o sistema financeiro e a economia em geral pelo fato de que uma instituição financeira pode estar em perigo ou que um ativo tenda a emitir sinais de alerta. O insucesso das instituições de crédito não só pode ameaçar a equilíbrio do sistema financeiro, nem ter consequências drásticas sobre a economia real.

De acordo com os resultados obtidos, no contexto geral, as duas hipóteses sugeridas na pesquisa não foram rejeitadas, indicando que o risco individual do Bitcoin afeta o risco sistêmico. Em cenários de evento extremos o Bitcoin é significativo para reduzir o risco sistêmico do mercado de capitais brasileiro e americano.

No que tange aos procedimentos metodológicos, os modelos de mensuração de risco sistêmico CoVaR e ΔCoVaR apresentaram comportamentos similares e relativamente mais ajustado, em termos estatísticos, para explicar a contribuição do risco individual do Bitcoin sobre o risco sistêmico. Em outras palavras, independente da concepção, seja da contribuição de risco individual de cada ativo (ΔCoVaR) para o sistema financeiro ou se o risco do ativo é analisado de forma isolada (CoVaR), os resultados são convergentes.

Os resultados mostram que o CoVaR é significativamente diferente da análise CoVaR original proposta por Adrian e Brunnermeier (2011) condicionada a $R^j = \text{VaR}_q^j$. Isso sugere que, com a perda de generalidade, não se pode condicionar a medida de CoVaR em $R^j \leq \text{VaR}_q^j$ em vez de $R^j = \text{VaR}_q^j$ e, portanto não permite estimar o CoVaR sob diferentes pressupostos de distribuição no intuito de obter resultados equivalentes.

Os resultados estão em consonância com a literatura, indicando que o Bitcoin tem o

papel representativo de *hedge* no cenário econômico a medida em que os investidores tendem a transferir capital para o mercado alternativo de Bitcoin, antes alocado no mercado convencional de capitais. Assim, à medida que o mercado se torna mais popular e maduro, torna-se menos duvidoso para o investidor.

Finalmente retoma-se ao questionamento, o Bitcoin é o investimento do século ou uma bolha a beira de implodir? Se por um lado, existem os caçadores de rentabilidade instantânea e os usuários que buscam mecanismos de fácil acesso para burlar as leis vigentes. Existe outra perspectiva, há investidores e especialistas em moedas digitais que revelam a credibilidade no protocolo de funcionamento do Bitcoin e acreditam que essa expressiva valorização do preço seja a consequência da originalidade e confiança na arquitetura digital firmado pelo Bitcoin.

Portanto, o fato é que a literatura tem mostrado que o Bitcoin apresenta-se como um ativo financeiro com características de proteção em momentos de instabilidade econômica e demonstra uma tendência para a redução do risco sistêmico. Assim, é possível compreender a busca de investidores em um ativo de refúgio com credibilidade.

Em decorrência do crescimento no interesse pelo Bitcoin, pesquisas futuras podem ser desenvolvidas abrangendo os demais mercados de capitais, bem como a comparação com modelos dinâmicos com variância condicionais ainda mais sofisticados que agreguem na tomada de decisão dos investidores e agências reguladoras.

REFERÊNCIAS

- 1) ALBUQUERQUE, B. S.; CALLADO, M. C. Understanding Bitcoins: Facts and Question. **Revista Brasileira de Economia**, v. 69, n. 1, pp 3-16, 2015.
- 2) ADRIAN, T; BRUNNERMEIER, M. K. CoVaR. Working Paper, Federal Reserve Bank of New York. 2011.
- 3) ANDROULAK, E., KARAME, G. O., ROESCLIN, M., SCHERER, T., & CAPKUN, S. Evaluating user privacy in Bitcoin. **Financial Cryptography and Data Security**, 7859, pp. 34-51, 2013.
- 4) ARRUDA, B. P.; PEREIRA, P. L. V. 2012. Análise da estrutura de dependência da volatilidade entre setores durante a crise do Subprime. **Texto para Discussão da Escola de economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas**, n.1, jul., 2012
- 5) BARTOS, J. Does Bitcoin follow the hypothesis of efficient market? **International Journal of Economic Sciences**, vol. 4 n. 2, pp. 10-23, 2015.
- 6) BANCO CENTRAL DO BRASIL. As muitas faces da moeda. Disponível em: < <http://www.bcb.gov.br/htms/origevol.asp> > Acesso em: 28 out. 2016.
- 7) BANCO CENTRAL EUROPEU. Virtual Currency Schemes, 2012. Disponível em: < <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/other/virtualcurrencyschemes> > Acesso em: 28 set. 2016.
- 8) BARBOSA, T. C. B. M. A revolução das moedas digitais: Bitcoins e altcoins: aspectos jurídicos, sociológicos, econômicos e da ciência da computação. São Paulo: Editora Renovar, 2016, p. 275.
- 9) BALCILAR, M. BOURI, E. ROUBAUD, D. Can volume predict Bitcoin returns and volatility? A quantiles-based approach. **Economic Modeling**, v. 64, pp. 74-81. 2017.
- 10) BERGER, A. N.; DEMSETZ, R. S.; STRAHAN, P. E. The consolidation of the financial services industry: Causes, consequences, and implications for the future. **Journal of Banking e Finance**, v. 23, pp. 135-194. 1999.
- 11) BÖHME, R.; CHRISTIN, N.; EDELMAN, B.; MOORE, T. Bitcoin: Economics, Technology, and Governance. **Journal of Economic Perspectives**. v. 29, n. 2, pp. 213-238, 2015.

- 12) BOURI, E.; MOLNÁR, P.; AZZI, G.; ROUBAUD, D.; HAGFORS, L. I. On the hedge and safe haven properties of Bitcoin: Is it really more than a diversifier? **Finance Research Letters**, v. 20, pp. 192-198, 2016.
- 13) BOURI, E.; GUPTA, R.; TIWARI, A.K.; ROUBAUD, D. Does Bitcoin hedge global uncertainty? Evidence from Wavelet-Based Quantile-in-Quantile Regressions. **Finance Research Letters**, v. 23, pp. 87-97, 2017.
- 14) BOURI, E.; GUPTA, R.; LAU, C. ROUBAUD, D.; WANG, S. Bitcoin and Global Financial Stress: A Copula-Based Approach to Dependence and Causality-in-Quantiles. **Econpapers**, Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:pre:wpaper:201750>>. Acesso em: 02 de jan 2018.
- 15) BRANDVOLD, M.; MOLNAR, P.; VAGSTAD, K.; VALSTAD, O. C. A. Price Discovery on Bitcoin Exchanges. **Journal of International Financial Markets, Institutions & Money**. V. 36, pp. 18-35, 2015.
- 16) BRIÈRE, M.; OOSTERLINCK, K.; SZAFARZ, A. Virtual Currency, Tangible Return: Portfolio Diversification with Bitcoins. **Journal of Asset management**, v.16. n.6, pp. 365-373. 2015.
- 17) CAMARA, M. P. O Bitcoin é alternativa aos meios de pagamento tradicionais?. 2014. 76. Monografia. UFRGS. Porto Alegre 5 de Dezembro de 2014.
- 18) CHERNOZHUKOV, V.; UMANTSEV, L. Conditional value-at-risk: Aspects of modeling and estimation. **Empirical Economics**, v. 26 (1), pp. 271-292. 2001.
- 19) COINDESK. Bitcoin Price Index. de Disponível em: <<http://www.CoinDesk.com/price>> Acesso em 15 jan, 2017.
- 20) DYHRBERG, A. H. Bitcoin, gold and the dollar – A Garch volatility analysis. **Journal of Finance Research Letters**. v. 16, pp. 85–92, 2015.
- 21) DWYER, G. P. The economics of Bitcoin and similar private digital currencies. **Journal of Financial Stability**, v. 17, pp. 81-91, 2015.
- 22) EGOROVA, N. E.; TORZHEVSKLY, K. A. Bitcoin: Main Trends and Perspectives. **British Journal of Economics, Management & Trade**, v. 12, n.1, pp. 1-11, 2016.
- 23) FELD, S.; SCHONFELD, M.; WERNER, M. Analyzing the deployment of Bitcoin's P2P network under an AS-level perspective. **Procedia Computer Science**, v.32, pp.1121–1126, 2014.
- 24) GANDAL, N.; HAMRICK, T. M.; OBERMAN, T. Price Manipulation in the Bitcoin Ecosystem. **Journal of Monetary Economics**. In press, Accepted Manuscript, 2018.
- 25) FRY, J.; CHEAH, E.T. Negative bubbles and shocks in cryptocurrency markets. **Internacional Review of Financial Analysis**, v.47, pp. 343-352. 2016.
- 26) GLASER, F.; HAFERKORN, M.; WEBER, M.; ZIMMERMANN, K. How to price a digital currency? Empirical insights on the influence of media coverage on the Bitcoin bubble. **Banking and Information Technology**. v. 15 n.1, pp. 21-32, 2014.
- 27) GIRARDI, G.; A. ERGUN, T. "Systemic risk measurement: Multivariate GARCH estimation of CoVaR," **Journal of Banking and Finance**, v.37. pp. 3169–3180. 2013.
- 28) HALABURDA, H.; GANDAL, N. Competition in the Cryptocurrency Market, Disponível em; SSRN 2506463. 2014.
- 29) HAYES, A. A Cost of Production Model for Bitcoin. Department of Economics, New York, 2015. Working Paper. Disponível em: SSRN <<https://ssrn.com/abstract=2580904>>. Acesso em 23 nov, 2016.
- 30) HULL, J. WHITE, A. Incorporating volatility updating into the historical simulation method of value at risk. **Journal of Risk**, v. 1, pp. 5-19. 1998.42)
- 31) HUR, Y.; JEON, S.; YOO, B. Investigation into the Market Viability of Bitcoin: Measuring the Digital Currency's Speculative Nature. 2015.

- 32) KAMIENSKI, C.; SOUTO, E.; ROCHA, J.; DOMINGUES, CALLADO, A.; SADOK D. Colaboração na internet e a tecnologia *peer-to-peer*. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação. UNISINOS – São Leopoldo, RS, 2015.
- 33) KATSIAMPA, P. Volatility estimation for Bitcoin: A comparison of GARCH models. **Economics Letters**, v. 158. Pp. 3-6. 2017.
- 34) KING, M. A. WADHWANI, S. Transmission of Volatility between Stock Markets. *The Review of Financial Studies*, v. 3. (1). Pp. 5-33. 1990.
- 35) MAINIK, G.; SCHAANNING, E. On dependence consistency of CoVaR and some other systemic risk measures, arXiv e-print 1207.3464. 2012.
- 36) NAKAMOTO, S. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. 2008. Disponível em: < <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> > Acesso 01 out, 2016.
- 37) NAIMY, V. Y.; HAYEK, M. R. Modelling and predicting the Bitcoin volatility using GARCH models. **International Journal of Mathematical Modelling and Numerical Optimisation**, v. 8. (3). 2018.
- 38) OLIVEIRA, C. V. A regulamentação do Bitcoin pelo ordenamento jurídico brasileiro e pela comunidade internacional: um olhar para a legislação brasileira. Monografia, Universidade Federal de Santa Maria. Curso de Direito, 63pgs. 2017.
- 39) PLASSARAS, N. Regulating digital currencies: bringing bitcoin within the reach of IMF”, **Chicago Journal of International Law**, vol.14, no. 1, pp. 377-407. 2013.
- 40) POLASIK, M.; LIGHTFOOT, G.; PIOTROWSKA, A.; WINIEWSKI, T. P. Price Fluctuations and the Use of Bitcoin: An Empirical Inquiry. **International Journal of Electronic Commerce**, 20(1), pp. 9-49, 2015.
- 41) ROGOJANU, A.; BADEA, L. The issue of competing currencies Case study – Bitcoin. **Theoretical and Applied Economics**, v. 21, n. 1, pp. 103-114, 2014.
- 42) SEGENDORF, B. What is Bitcoin? **Sveriges Riskbank Economic Review**, 2, pp. 71-87, 2014.
- 43) ULRICH, F. Bitcoin: A moeda na era digital. Instituto Ludwig Von Mises Brasil, 1, pp. 1-122, 2014. Disponível em < http://www.mises.cc/files/literature/MisesBrasil_BITCOIN_BROCHURA.pdf > Acesso em: 15 fev, 2017.
- 65) VICENTE, J. V. M.; ARAÚJO, G. S.; CASTRO, P. B. F.; TAVARES, F. N. Avaliando a volatilidade diária dos ativos: a hora de negociação importa? Trabalhos para Discussão. Banco Central do Brasil, Brasília, novembro 2012. Disponível em: < <https://www.bcb.gov.br/pec/wps/port/wps297.pdf> > . Acesso em: 31 mar. 2017.