

BITCOINS: INVESTIR OU NÃO INVESTIR? UM ESTUDO BASEADO NA DIVERSIFICAÇÃO DE CARTEIRAS E NA TEORIA DOS MULTIFRACTAIS

RAPHAEL OTÁVIO DE BRITO AMORIM

FEA-RP/USP

NATALIA DINIZ MAGANINI

FEA-RP/USP

Resumo

Além de estudar melhores formas de tornar a divulgação de informações mais transparente e confiável, pesquisas na área contábil tem enfrentado muitos desafios para entender o comportamento de ativos financeiros. Esses desafios se tornam ainda maiores quando se trata de ativos que ainda não tem formas de mensuração e reconhecimento bem definidos, como por exemplo, as criptomoedas. Em especial, a mais conhecida desse tipo: o Bitcoin, se tornou alvo de grande curiosidade e atratividade para investimentos no mercado financeiro, mas será que realmente vale a pena investir nesse tipo de ativo, levando em consideração os outros tipos de investimentos que temos no mercado financeiro? Uma das formas encontradas para compreender o comportamento do preço de um ativo é a observação das suas oscilações ao longo do tempo, entendendo quais são suas características. Pensando nessa questão, este estudo, teve como objetivo investigar se é viável investir em Bitcoins quando comparado a outros ativos disponíveis no mercado. Para isso, essa pesquisa analisou primeiramente o comportamento de volatilidade e retorno esperado do Bitcoin comparado ao índice Ibovespa, Nasdaq, ouro e dos câmbios BRL/USD e EUR/USD, diariamente no período de setembro de 2011 a outubro de 2018, com base na Teoria de diversificação de Carteiras de Markowitz. Para complementar a pesquisa, analisou-se a hipótese fraca de eficiência de mercado com base no método MF DFA (*Multifractal Detrended Fluctuation Analysis*). Como principais resultados, verificou-se que, dentre as séries analisadas, a série do Bitcoin é a menos eficiente, e que para um investidor que busca custo/benefício em relação a risco e retorno, não é recomendável investir em Bitcoins tendo em vista as outras opções do mercado financeiro.

Palavras chave: Bitcoin, Diversificação de carteira, Multifractais.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento do mercado de criptomoedas, grandes e pequenos investidores tiveram suas atenções voltadas a esse mercado, que começou a crescer de repente e atingiu grandes proporções com suas altas de preço veiculadas na grande mídia, chamando assim a atenção do público como um todo.

Sabe-se que uma das linhas mestras de estudos da área contábil é criar mecanismos de mensurar, reconhecer e evidenciar os diversos tipos de ativos e passivos que uma pessoa física ou jurídica possui. No entanto, quando não se tem um mecanismo de controle forte quanto à transparência da divulgação, as informações podem não soar confiantes para os investidores e assim, piorar a eficiência do comportamento dos preços de determinado ativo.

Várias teorias foram desenvolvidas ao longo do tempo para entender o comportamento, fazer previsões e analisar os retornos dos preços de ativos no mercado financeiro. Uma das formas mais tradicionais para comparar se vale a pena correr o risco de investir em determinado ativo tendo como opção outros ativos no mercado financeiro, é a teoria da diversificação de carteiras, desenvolvida por Markowitz (1952). Esta pesquisa apresenta uma comparação entre o Bitcoin, preço de câmbio, mercado de ações e preço do ouro, com base na teoria da diversificação de carteiras, para esclarecer se, com base no risco e nos retornos passados, essa criptomoeda poderá apresentar uma relação de risco e retorno equilibrada para investimentos em um futuro próximo.

Para complementar a análise de diversificação de carteiras, foi realizada uma análise de eficiência dos preços do Bitcoin comparado aos outros ativos. Em finanças, os estudos e discussões sobre eficiência de mercado ficaram mais recorrentes a partir do artigo de Fama (1970) que em sua forma fraca, afirma que um mercado é considerado eficiente se os seus preços refletem totalmente as informações disponíveis, ou seja, quando os participantes do mercado não podem obter lucros econômicos incomuns no futuro, com base nas informações passadas. Desde então, muitos estudos buscam entender a volatilidade dos retornos dos preços de vários ativos, analisando a existência de dependência de longo prazo, pois quando há dependência de longo prazo é suposto que os preços passados podem prever comportamentos futuros para a série financeira.

Para testar a eficiência de mercado em sua forma fraca, é preciso medir as correlações de longo alcance, ou seja, é preciso saber se os preços passados podem indicar algum movimento futuro para a série. Um modelo interessante para tal medida é o derivado da teoria dos fractais, chamado MF DFA (*Multifractal Detrended Fluctuation Analysis*), proposto por Kantelhardt et al. (2002).

Este trabalho é necessário para auxiliar investidores na escolha de seus ativos, informando e ajudando a responder se é eficiente e atrativo inserir o Bitcoin em uma carteira de investimentos, visando reduzir seu risco. O trabalho também é necessário por se tratar de Bitcoin, que é um ativo novo, mas que há algum tempo demonstra ser bastante promissor.

Essa pesquisa se justifica porque a partir de 2018, o comportamento dos preços do Bitcoin passou a apresentar uma grande volatilidade, e isso tem deixado investidores e analistas em dúvida quanto a investir ou não nesse tipo de ativo. Assim, o presente estudo

analisou o comportamento dos retornos dos preços do Bitcoin em comparação com outros ativos para identificar o grau de risco e eficiência desses ativos. O estudo busca indicar se é aconselhável investir em Bitcoin, havendo outros ativos disponíveis no mercado financeiro.

Os resultados apontam que o Bitcoin apresenta um grau de risco maior do que os outros ativos analisados, e um grau de eficiência menor. Em relação a retornos, percebe-se que o retorno médio apresentado do Bitcoin é maior do que para os outros ativos, no entanto se percebe que com base na diversificação de carteiras que o custo/ benefício entre risco e retorno não é convidativo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Criptomoedas e Bitcoin

Para entender o que são as criptomoedas, deve-se primeiro entender a tecnologia Blockchain. De acordo com Nofer, Gomber e Hinz (2017), a blockchain é uma representação histórica de transações que não podem ser modificadas e são guardadas permanentemente. É composta por dados que compõem um determinado pacote, sendo que cada pacote representa um grupo de transações. A blockchain aumenta conforme novos pacotes de dados são inseridos, mantendo assim, sempre um histórico completo das transações realizadas no mercado em que é utilizada. Os pacotes são validados por meio de criptografia, e além do histórico de transações, cada pacote de dados também possui um registro de data e horário, além de um valor de hash aleatório do pacote de dados anterior, bem como um “nonce” que é um número aleatório para verificação do hash. O hash é fundamental na tecnologia blockchain. É um algoritmo utilizado para transformar muitas informações em uma sequência de tamanho fixo. Na mineração de bitcoins, por exemplo, os computadores buscam encontrar essas sequências para validar a blockchain, e os mineradores recebem bitcoins conforme a validade dos hashes encontrados.

De acordo com Gregersen (2017) as criptomoedas como são conhecidas hoje surgiram em 2009, sendo que a mais famosa delas foi criada por uma ou várias pessoas sob o pseudônimo de Satoshi Nakamoto; O Bitcoin (BTC) foi a primeira criptomoeda descentralizada utilizando como tecnologia a blockchain mencionada anteriormente. No momento, como pode ser verificado no CoinMarketCap, um dos sites mais famosos relacionados ao comércio deste tipo de ativo, o Bitcoin possui cerca de 40% de participação em todo o mercado de criptomoedas. Dentro desse mercado, também se destacam algumas criptomoedas de grande relevância, como a Ethereum (ETH), que possui uma participação no mercado de aproximadamente 16%, e a XRP, criada pela Ripple, que possui cerca de 8%.

2.2 Estudos Sobre a Diversificação de Carteiras – Um Breve Referencial Teórico

Desde o trabalho de Markowitz (1952) várias pesquisas vem sendo desenvolvidas para entender a relação entre risco e retorno de uma carteira de investimentos. Esse breve referencial teórico tem como objetivo citar alguns exemplos de pesquisas atuais que vem sendo desenvolvidas com o tema.

Matsumoto, Fernandes e Ferreira (2016) avaliaram os ganhos obtidos por investidores em períodos de crescimento econômico e em períodos de crise, com o objetivo de verificar os benefícios da diversificação de carteiras no mercado acionário mundial. Para conseguirem

chegar ao objetivo do estudo, foram utilizados ativos de 42 países que representavam cerca de 90% do PIB mundial. O resultado do estudo demonstrou que países emergentes oferecem resultados mais satisfatórios para fim de diversificação do que os países desenvolvidos. Foram encontradas evidências de que nos países emergentes os índices utilizados são capazes de produzir carteiras com graus de eficiência próximos a ótima.

Câmara et al. (2014) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a relação risco e retorno de alguns ativos para investidores que possuem carteiras de investimentos em que estão alocados diversos tipos de ativos. Como base, foram utilizados dados históricos dos ativos escolhidos dentro do período de janeiro de 2006 a dezembro de 2011. Com este estudo, constatou-se que a medida em que são incluídos ativos que variam em direção e proporção contrária o retorno aumenta, ao mesmo tempo em que se reduz o risco.

Güttler e Costa Junior (2003) fizeram um estudo para verificar se investimentos simultâneos em vários mercados internacionais são mais atrativos do que investimentos realizados somente em um único mercado nacional. A base do estudo foi fundamentada na teoria das carteiras de Markowitz, no modelo CAPM e nos índices de Sharpe, Treynor e Jensen, e foram utilizadas ações negociadas em países da América Latina. Os resultados, demonstraram que a diversificação de carteiras em mercados internacionais, é mais vantajosa do que quando se investe em um único mercado nacional.

Leite et al. (2012) buscaram testar uma metodologia alternativa para aplicação da teoria das carteiras, com o modelo CAPM, utilizando ações de companhias de energia elétrica. Como base, foram consideradas ações de empresas de energia elétrica com papéis negociados na Bovespa, hoje B3, no período compreendido entre 9 de janeiro de 2009 e 21 de dezembro de 2009. Como resultado, foram obtidos dados estatísticos que demonstraram que a metodologia utilizada foi eficiente no teste de carteiras otimizadas, em que se buscou maximizar a relação risco-retorno.

Almonacid (2010) discutiu em seu estudo a aplicabilidade da Teoria das Carteiras de Markowitz em uma carteira composta por ativos financeiros e ativos do Real Estate. Como dados para chegar ao objetivo determinado, o autor utilizou como base o histórico de rentabilidade dos ativos escolhidos no período de janeiro a dezembro de 2008. Como resultado, o estudo determinou que existem limitações para a aplicação da Teoria de Markowitz em carteiras compostas por ativos do Real Estate, mas que apesar das limitações, o modelo demonstrou ser eficiente.

Oloko (2018) investigou se investidores dos EUA e do Reino Unido conseguiriam obter benefícios ao diversificarem seus investimentos utilizando ações nigerianas em suas carteiras. Como base para a pesquisa, foram utilizados dados mensais de janeiro de 2004 a junho de 2015, para preços de ações e taxas de câmbio dos países mencionados. Foram utilizados como ações os índices S&P 500, FTSE-ASI e NSE-ASI. Como resultado, as evidências demonstraram ganhos potenciais para investidores americanos e britânicos que diversificam suas carteiras utilizando ações nigerianas.

Plourde e Galvani (2010) realizaram um estudo buscando descobrir o que os investidores do mercado de energia norte americano podem ganhar ao tentar diversificar suas carteiras investindo em “*commodities*” de energia. Para a realização da pesquisa, os autores utilizaram um conjunto de dados diários que abrangia o período entre janeiro de 1990 e fevereiro de 2008, englobando duas classes de ativos, contratos futuros e ações de grandes produtores de petróleo e gás natural. O resultado sugere que contratos futuros de commodities

de energia são eficientes para investidores com interesse em se proteger contra as flutuações de preço no mercado, porém o resultado é o inverso quando os investidores estão interessados na relação risco-retorno.

Botha, Snowball e Scott (2016) verificaram se investimentos em arte, são um bom modo de diversificar carteiras de investimento, durante períodos de incerteza financeira no contexto sul-africano. Para realizar este estudo, os autores utilizaram uma autoregressão vetorial do índice de preços de arte e da bolsa de valores de Johannesburg. Como resultado, verificou-se que o mercado de arte não oferece a oportunidade de diversificação de carteiras, pois o mercado de ações e o índice de preços de arte se alteram na mesma direção.

Este trabalho, assim como os mencionados anteriormente, busca estudar a diversificação de carteiras, porém, incluindo o Bitcoin, que é atualmente a criptomoeda de maior valor, e a mais negociada. O Bitcoin neste trabalho foi comparado a alguns importantes ativos utilizados tanto nacionalmente quanto internacionalmente.

3. ESTATÍSTICAS DE RISCO

3.1. Teoria de Diversificação de Carteiras

De acordo com a Teoria das Carteiras de Markowitz, a diversificação deve ser feita buscando ativos que possuam correlação negativa entre si, para que desse modo seja possível diminuir o risco diversificável da carteira, equilibrando as perdas e fazendo com que os prejuízos de um determinado ativo sejam absorvidos por somente parte dos investimentos realizados. Para cada nível de risco, obtém-se então uma carteira de maior retorno possível dentro da chamada curva de eficiência, em que conforme a porcentagem de aplicação em um determinado ativo, tanto o retorno quanto risco aumentam ou diminuem.

Markowitz (1952) também diz que são duas as variáveis de interesse para um investidor: o retorno e o risco. O primeiro é o elemento desejável e o segundo o elemento indesejável. Em uma carteira com retornos iguais, portanto, um investidor sempre irá preferir a que possuir menor risco, sendo que o grau de retorno de uma determinada carteira é dado pela seguinte equação:

$$R_p = \sum_{i=1}^N R_i w_i \quad (1)$$

Em que R é o retorno esperado de um portfólio, R_i é o retorno de um determinado ativo i , w_i é o peso do ativo i na composição da carteira, e N é o número de ativos na carteira.

Na prática, a diversificação possui limites, ou seja, é muito difícil que sejam encontrados ativos com correlação perfeitamente negativa. Desse modo, não é possível que todo risco diversificável seja eliminado, mas pela diversificação é possível minimizá-lo ao máximo, buscando a melhor carteira possível para cada determinado perfil de investidor.

3.2.O Método MFDFA – Uma Abordagem da Econofísica Para Calcular a Eficiência de Séries Temporais Financeiras.

Entender se uma série financeira possui ou não características de multifractalidade é interessante porque pode auxiliar usuários a modelar sua volatilidade. Lux, Morales-Arias e Sattarhoff (2014) afirmam que modelar a volatilidade de séries temporais é de fundamental importância tanto para os profissionais de finanças como para os acadêmicos, porque permite desenvolver modelos aplicáveis para a gestão de riscos, precificação de ativos e alocação de uma carteira.

Em complemento à teoria da diversificação de carteiras, foi calculado o grau de multifractalidade pelo método MFDDFA desenvolvido por Kantelhardt et al. (2002), como forma de complemento à diversificação de carteiras, para que pudesse ser analisado qual é o verdadeiro grau de risco do Bitcoin em relação aos outros ativos analisados.

Silva, Matias e Vieira (2006) pesquisaram sobre a inserção da teoria dos fractais na contabilidade financeira e afirmam que há evidências empíricas de que as hipóteses de mercado eficiente precisam ser mais bem discutidas e que existe a presença de fractalidade particularmente em séries temporais de ativos que dão suporte para o desenvolvimento dessa área em contabilidade financeira, sendo o caminho da evolução da ciência contábil.

Para o mercado de ações, vários autores como: Turiel e Perez-Vicente (2003), Turiel e Perez-Vicente (2005), Oświęcimka et al. (2005), Kwapień et al. (2005), Norouzzadeh e Jafari (2005), Su, Wang e Huang (2009), Wang, Liu e Gu (2009), Dutta (2010), Benbachir e Alaoui (2011), Cajueiro, Gogas e Tabak (2009), Dutta, Ghosh e Chatterjee (2016), Grech (2016), Maganini, Silva Filho e Lima (2018) e Silva Filho, Maganini e Almeida (2018) concluíram que as ações e índices de vários mercados como o Americano, o Indiano, o Polonês e o Brasileiro, dentre outros, possuem características multifractais, e além disso compararam séries financeiras entre si identificando qual delas tinha maior grau de multifractalidade, evidenciando a série que tem maior multifractalidade como sendo a que tem maior risco.

Abaixo segue a descrição do método MFDDFA, descrita conforme Kantelhardt (2002).

Seja $x_t = \{x_1, x_2, \dots, x_{N_0}\}$ uma série temporal de comprimento N_0 . Assim, calcula-se a série integrada Y_i :

$$Y_i = \sum_{k=1}^i \{r_k - \bar{r}\}, \quad (2)$$

Em que $\bar{r}$ é a média da série de $i = \{1, \dots, N_0 - 1\}$. Para continuar, dividiu-se o Y_i em N segmentos não sobrepostos de tamanho s , em que $N = \text{int}\left(\frac{L}{s}\right)$. Cada segmento é chamado de v , com $v = \{1, 2, \dots, N\}$.

O próximo passo seria calcular, para cada segmento v , a função de variância:

$$F^2(s, v) = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s \{Y[(v-1)s + 1] - y_v^m(i)\}^2 \quad (3)$$

Nesse caso: $y_v^m(i)$ representa o ajuste polinomial de ordem m (tendência local) em cada segmento v .

Então, calcula-se a função de flutuação média para a janela v de tamanho s .

$$F_2(s) = \left(\frac{1}{N} \sum_{v=1}^N [F^2(s, v)] \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

O próximo passo seria determinar a função escalar da função de flutuação média ao analisar o gráfico log-log de $F_2(s)$ versus s . Esta relação é obtida ao repetir os passos de calcular a série integrada Y_i , calcular a função de variância e a flutuação média para a janela v de tamanho s para diferentes tamanhos de janelas s . Se a série temporal x_t possui correlações de longo alcance, o valor de $F_2(s)$ aumenta à medida que o tamanho da janela s aumenta, de acordo com a lei de potência:

$$F_2(s) \sim s^\alpha \quad (5)$$

O parâmetro de α , chamado de correlação, representa as propriedades de correlação da série temporal, da seguinte maneira:

- Se $\alpha = 0,5$ – não existem correlações de longo alcance presentes na série.
- Se $0 < \alpha < 0,5$ – a série é antipersistente e possui correlação negativa.
- Se $0,5 < \alpha < 1$ – a série é persistente e possui correlação positiva.

A obtenção do parâmetro α utilizando as equações 3 e 4 representa o método de cálculo-padrão do DFA.

A técnica do MFDFA pode ser descrita com base na generalização da equação 3, chamada de função flutuação média generalizada para momentos de ordem q , é dada pela equação a seguir:

$$F_q(s) = \left(\frac{1}{N} \sum_{v=1}^N \left[\{F^2(s, v)\}^{\frac{q}{2}} \right] \right)^{\frac{1}{q}} \quad (6)$$

Em que a variável q (com sentido equivalente aos momentos de ordem q da estatística) pode assumir qualquer valor real, exceto zero. O valor de $F_q(s)$ não pode ser determinado diretamente quando $q = 0$, por causa do expoente divergente da equação 5. Este problema é resolvido ao utilizar a equação 6:

$$F_0(s) = \exp \left(\frac{1}{N} \sum_{v=1}^N \ln[F(s, v)] \right) \quad (7)$$

É importante observar que o interesse está em determinar o quanto a função de flutuação média generalizada $F_q(s)$ depende da escala temporal s para diferentes valores de q . Assim como observado na equação 4, $F_q(s)$, deve seguir uma lei de potência:

$$F_q(s) \sim s^{H(q)} \quad (8)$$

Para séries temporais estacionárias, $H(2)$ é idêntico ao expoente de Hurst (H). Então, $H(q)$ é chamado de Hurst generalizado. O expoente de Hurst generalizado $H(q)$, definido na equação 7, relaciona-se com o expoente de escala $\tau(q)$, definido pela função de partição no formalismo multifractal. Esta relação é computada por:

$$\tau(q) = qH(q) - 1 \quad (9)$$

É possível, ainda, relacionar $H(q)$ com a dimensão multifractal generalizada $D(q)$:

$$D(q) \equiv \frac{\tau(q)}{q-1} = \frac{qH(q) - 1}{q-1} \quad (10)$$

Nesta pesquisa o método MFDFA foi calculado com base no passo a passo descrito por Ihlen (2012) no software Phytion disponibilizada por Peter Jurica.

Para testar a eficiência de mercado em sua hipótese fraca, é preciso medir as correlações de longo alcance, ou seja, é preciso saber se os preços passados podem indicar algum movimento futuro para a série. O método MFDFA (*Multifractal Detrended Fluctuation Analysis*) é um modelo interessante que mede a eficiência de séries temporais financeiras, porque o parâmetro $H(q)$ determinado pelo expoente de Hurst generalizado mede exatamente o grau de correlação de longo alcance que uma série temporal financeira possui.

4. METODOLOGIA

Para esta pesquisa, foram utilizados os retornos diários contínuos definidos com base na seguinte fórmula:

$$R_t = \ln \left(\frac{P_t}{P_t - 1} \right) \quad (11)$$

Em que t refere-se ao período em dias, P ao preço do ativo e R é o retorno calculado.

Para comparar de forma mais completa o preço do Bitcoin em relação aos ativos do mercado financeiro, os ativos foram divididos em três grandes classificações: câmbio, ação e ouro. Além disso foi pensado também em definir ativos de um mercado desenvolvido e de um mercado emergente.

Foram utilizados o índice NASDAQ e a taxa de câmbio do Euro em relação ao Dólar americano como série de um país desenvolvido, e o índice Ibovespa e a taxa de câmbio do real em relação ao dólar americano como séries para um mercado emergente. Para complementar a amostra, colocou-se o ouro, que é um ativo que representa uma reserva de valor e patrimônio dos investimentos. O período escolhido para análise de cada uma das séries foi de 01/09/2011 a 31/10/2018. A **Fig. 1** representa as etapas de como a pesquisa foi desenvolvida.

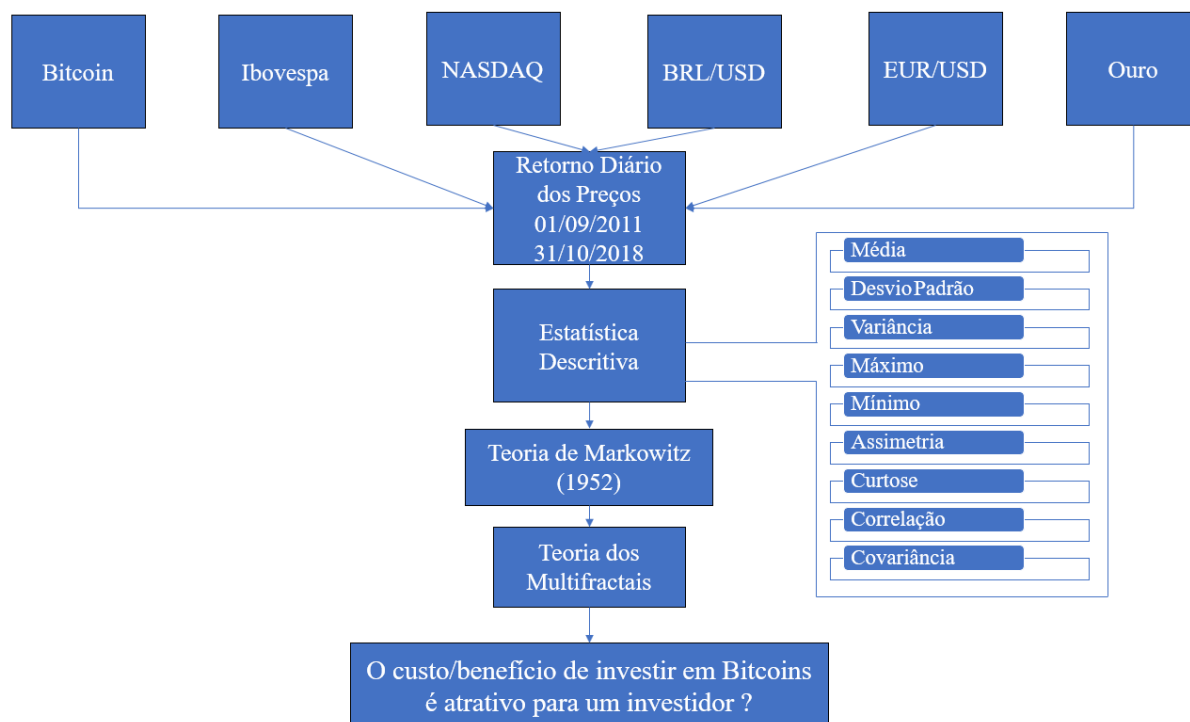


Fig. 1 - Design da Pesquisa

Na **Fig. 1** é possível observar o design da pesquisa. Para atingir o objetivo da pesquisa primeiramente coletou-se as séries temporais financeiras diárias na base de dados da Thomson Reuters, no período de setembro de 2011 a novembro de 2018. Após esta etapa a estatística descritiva foi obtida no software *EViews*® 7, então calculou-se as matrizes de correlação e covariância e através da ferramenta solver do excel chegou-se a carteira ótima de investimentos. Para analisar a eficiência de mercado através da teoria dos multifractais utilizou-se uma programação no python 3.2.

5. RESULTADOS

5.1 Estatística descritiva das séries temporais financeiras

Os gráficos abaixo, representados pela **Fig. 2**, demonstram o comportamento dos preços dos ativos da amostra durante o período de 01 de setembro de 2011 a 31 de outubro de 2018 por meio de observações diárias. O Eixo Y representa o valor em dólares de cada ativo e o Eixo X representa o número da observação. Observando o gráfico do Bitcoin, verifica-se que o preço começou a subir a partir da 2000ª observação de preços. Foi utilizado o mesmo intervalo de observação para todos os ativos.

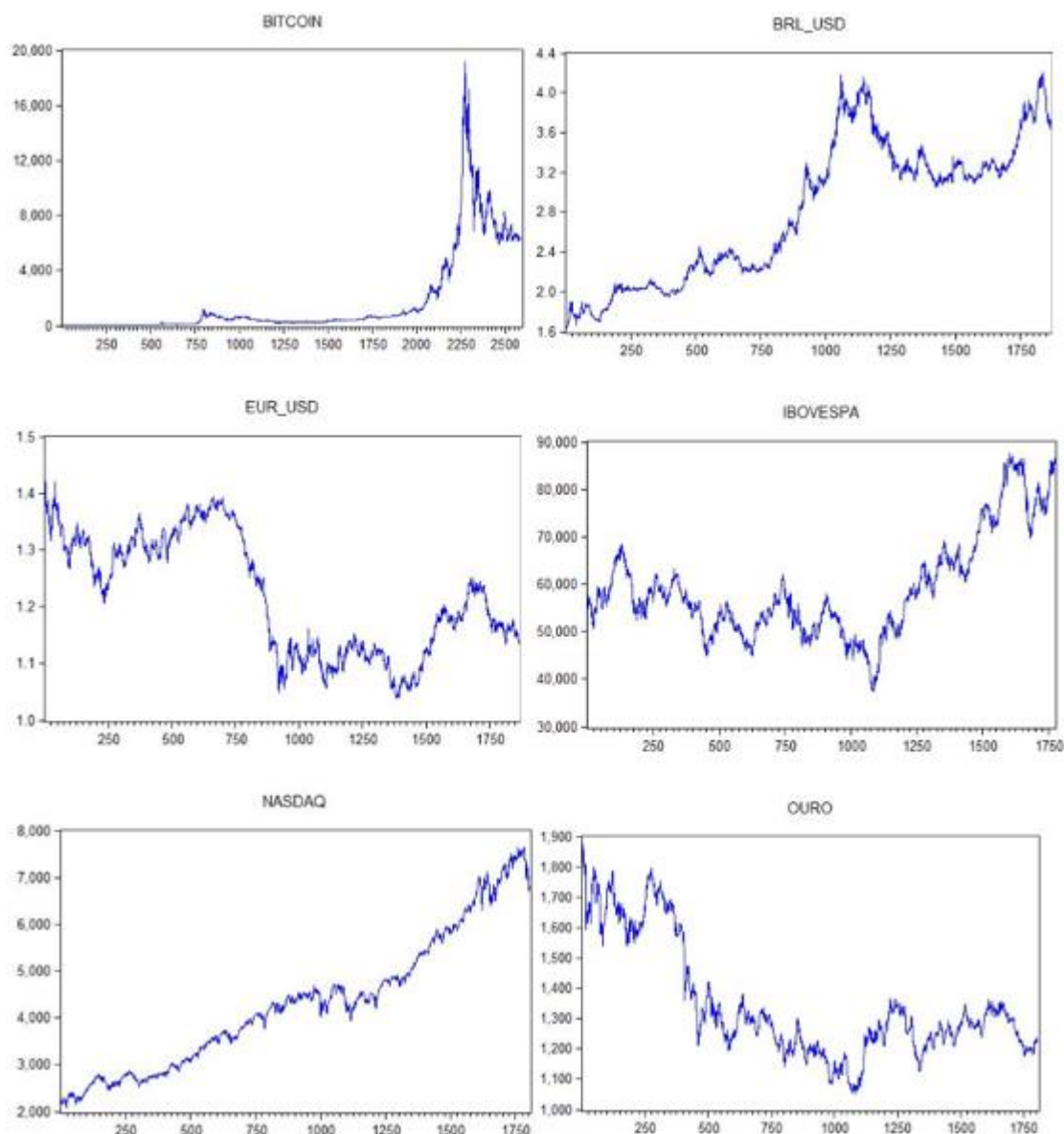


Fig 2 - Comportamento dos Preços das Séries Analisadas

Os gráficos abaixo, representados pela **Fig. 3**, demonstram o comportamento dos retornos diários dos ativos escolhidos durante o período de 01 de setembro de 2011 a 31 de outubro de 2018.

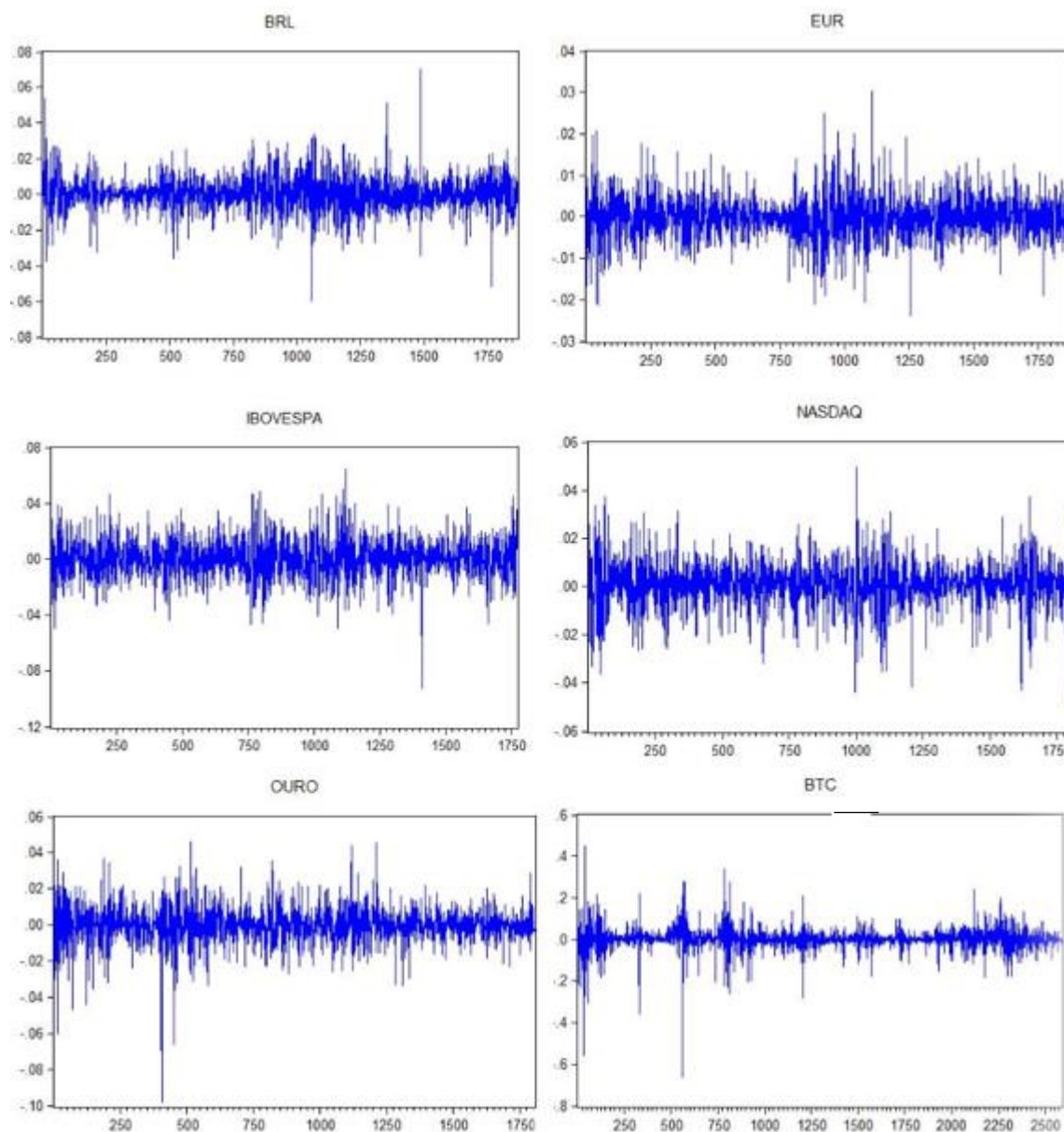


Fig. 3 - Retorno dos Preços das Séries Analisadas

A **Tabela 1** apresenta as principais estatísticas descritivas dos retornos logarítmicos dos ativos escolhidos durante o período de 01 de setembro de 2011 a 31 de outubro de 2018, utilizando o preço de fechamento de cada ativo diariamente. As séries temporais de cada ativo têm entre 1770 e 2558 observações. Na tabela estão descritas média, mediana, valores de máximo e mínimo, desvio padrão, assimetria e curtose.

Estat. Descritiva	Bitcoin	BRL/USD	EUR/USD	Ibovespa	Nasdaq	Ouro
Média	0,0025	0,000435	-0,0001	0,0002	0,000636	-0,00024
Mediana	0,0022	0,000185	-7E-05	0,0001	0,000941	-0,00031

Máximo	0,4455	0,070352	0,0304	0,0639	0,049373	0,046026
Mínimo	-0,6640	-0,05947	-0,024	-0,0921	-0,0474	-0,09821
Desvio Padrão	0,0519	0,00996	0,0054	0,0145	0,0101	0,0103
Assimetria	-1,3218	0,099718	0,0573	-0,0460	-0,39062	-0,74633
Curtose	26,9206	6,651	5,091	4,448	5,398	1,0699
Observações	2588	1867	1867	1770	1801	1804

Tabela 1- Estatística Descritiva das Séries Analisadas

Durante o período analisado, o mundo sofreu uma grave crise econômica e desse modo, foram verificados em todos os ativos valores expressivos de máximo e mínimo. Percebe-se que o Bitcoin apresentou o maior retorno diário, afinal seu preço chegou a variar 44,55%. As cotações máximas das taxas de câmbio analisadas (BRL/USD e EUR/USD) variaram 7,03% e 3,04% respectivamente, sendo a variação da segunda a menor dentre os máximos de todos os ativos analisados. O índice Ibovespa variou 6,39% enquanto o índice NASDAQ variou 4,93%. O Ouro obteve um retorno de 4,6%.

Em relação aos valores de mínimo, o Bitcoin também é o ativo que possui a maior queda, oscilando negativamente em 66,4%, seguido pelo índice Ibovespa com uma variação de 9,21%, o índice NASDAQ 4,7%, o Ouro 9,8% e por último a cotação EUR/USD, com uma oscilação negativa de 2,4%.

O desvio padrão de cada ativo foram compatíveis com seus valores de máximo e mínimo. O Bitcoin apresentou o maior valor por possuir a maior variação tanto positiva quanto negativamente. O índice Ibovespa obteve uma variação positiva menor do que a cotação BRL/USD, porém uma variação negativa maior do que a mesma. Desse modo, seu desvio padrão é maior do que o da cotação BRL/USD. Esses ativos são seguidos pelo índice NASDAQ, pelo Ouro e por último a pela cotação EUR/USD.

Sabe-se que uma simetria perfeita ocorre quando o valor é igual a zero, sendo assim, quanto mais longe de zero, mais assimétrica é a distribuição. Consegue-se observar, portanto, de acordo com os valores apresentados na **Tabela 1**, que as distribuições dos retornos analisadas não são simétricas. Quando se verifica uma assimetria à esquerda, pode-se afirmar que a caracterização é feita por retornos negativos. Uma assimetria à direita é caracterizada por retornos positivos. De acordo com os ativos analisados foi constatado então que as assimetrias das cotações BRL/USD e EUR/USD são caracterizadas por retornos positivos, já as assimetrias dos índices Ibovespa, NASDAQ, Ouro e do Bitcoin são caracterizadas por retornos negativos.

Os valores de curtose indicam que as séries não são normais, afinal o valor da curtose de uma distribuição normal é igual a 3, e nas séries apresentadas os valores variam de 1,07 a 26, ou seja, há um excesso de curtose em todas as distribuições.

5.2 Diversificação de carteiras baseada na teoria de markowitz

Nas Tabelas 2 e 3 são observados os resultados das análises realizadas utilizando a Teoria de Markowitz. A Tabela 2 é referente à carteira de maior retorno, enquanto a Tabela 3, refere-se à carteira de menor risco.

W	BRL/US D	EUR/US D	IBO V	NASDA Q	OUR O	BITCOI N	Retorno	Risco
100,000 %	0%	0%	0%	0%	0%	100%	0,3877 %	0,0626365 73

Tabela 2 - Carteira de Maior Retorno de Acordo com a Teoria de Markowitz

Observando a Tabela 2 é possível concluir que o maior retorno seria obtido com um investimento de todos os recursos no Bitcoin. Isso acontece porque o ativo, apesar de ser o mais volátil dentre os analisados, foi o que proporcionou o maior retorno durante o período observado, como verificado durante a análise da estatística descritiva.

É importante destacar que o preço do Bitcoin passou por uma possível “bolha” nos anos de 2015 a 2017 e, portanto, torna-se muito arriscado investir em um ativo pensando apenas no maior retorno possível, sem levar em consideração o risco do ativo. Observa-se também que esta carteira possui um risco que é aproximadamente 18 vezes maior do que o risco da carteira de menor volatilidade, o que pode ser observado na tabela abaixo.

W	BRL/US D	EUR/US D	IBO V	NASDA Q	OUR O	BITCOI N	Retorn o	Risco
100,000 %	28%	45%	7%	14%	6%	0%	0,017 %	0,0035104 59

Tabela 3 - Carteira de Menor Risco com o Maior Retorno Possível

A Tabela 3 que mostra a carteira de menor risco, sugere um maior investimento nas cotações EUR/USD e BRL/USD, investimentos menores em Ouro e nos índices NASDAQ e IBOVESPA, além de um investimento nulo em Bitcoin. Pode-se concluir que a carteira de menor risco afirma que um investidor, quando busca uma menor volatilidade, deve investir uma maior quantidade de recursos em ativos atrelados a países desenvolvidos, pois esses países possuem maior segurança em seus investimentos, englobando fatores econômicos, políticos e sociais, minimizando assim o risco dos ativos encontrados nesses países. Durante a análise da estatística descritiva foi constatado que o risco de se investir em BRL/USD é maior somente do que o risco em um investimento na cotação EUR/USD, porém com um retorno maior do que qualquer outro ativo, excetuando o Bitcoin. Por essa razão, a cotação BRL/USD possui uma grande alocação de recursos quando comparada à maioria dos outros ativos.

O investimento na cotação EUR/USD aloca quase metade dos recursos da carteira. Por ser uma cotação que engloba somente países desenvolvidos, a segurança atrelada a este ativo é bem maior, sendo assim, para uma carteira de mínimo risco, a alocação de ativos nesta cotação, de acordo com os resultados obtidos na aplicação da Teoria das Carteiras de Markowitz, é vista com bons olhos. O investimento em Bitcoin é boicotado pela carteira de menor risco por causa de sua volatilidade. Como a carteira busca o menor risco somente possuindo um retorno diferente de zero, a segurança encontrada nos ativos de menor volatilidade, mesmo com um retorno muito menor, faz com que o investimento em Bitcoin seja nulo.

5.3 Análise da eficiência dos preços dos retornos dos ativos com base na teoria dos multifractais

A **Fig. 4** mostra nos gráficos à esquerda os expoentes de Hurst generalizados $h(q)$ para diferentes valores de q para as séries analisadas. É importante destacar que ao descrever uma série monofractal os valores de $h(q)$ são constantes. Pode-se observar na figura que os valores dos expoentes de Hurst generalizados estão diminuindo à medida que q aumenta, indicando um comportamento multifractal das séries. Quanto menor o $\Delta h(q)$ mais eficiente é a série temporal analisada (Wang, Liu & Gu, 2009; Sensoy & Tabak, 2016; Zunino et al., 2008; Filho, Maganini & Almeida, 2018).

Os gráficos à direita da **Fig. 4** mostram os espectros multifractais das séries estudadas. Este gráfico identifica o parâmetro máximo α e o parâmetro mínimo α das amostras. A largura (diferença entre os parâmetros máximo e mínimo) é um dos indicadores do comportamento multifractal dos dados e também da eficiência da série temporal financeira estudada de acordo com Sensoy & Tabak (2016). Quanto maior a largura da parábola menos eficiente é a série temporal financeira estudada.

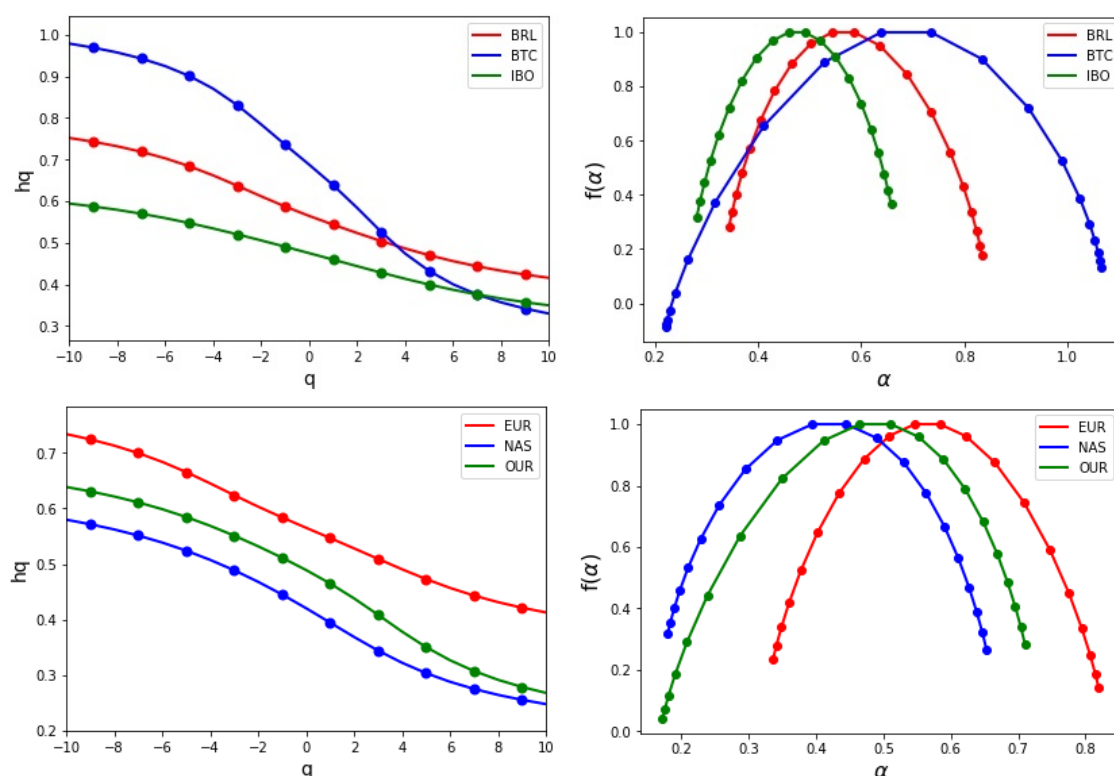


Fig. 4 - Expoente de Hurst Generalizado e Grau de Intermittência das Séries Analisadas

A **Tabela 4** identifica os valores das diferenças entre os $\Delta h(q)$ e $\Delta \alpha$ que são as diferenças entre máximos e mínimos valores desses parâmetros. E como já dito por Wang, Liu & Gu (2009), Filho, Maganini & Almeida (2018) e Maganini, Filho & Lima (2018), quanto menor os $\Delta h(q)$ e $\Delta \alpha$ representados por uma série temporal financeira, maior é a eficiência dos preços daquela série.

	Δhq	$\Delta \alpha$
Bitcoin	0,6490	0,8447
BRL_USD	0,3363	0,4904
EUR_USD	0,3209	0,4832
IBOVESPA	0,2448	0,3767
NASDAQ	0,3317	0,4734
OURO	0,3705	0,5380

Tabela 4 - Expoentes de Hurst Generalizados e Graus de Intermitência Para as Séries Analisadas

Na **Tabela 4** é possível constatar que o Bitcoin é o ativo que apresenta um comportamento menos eficiente entre todos os ativos analisados. Isso concorda com os resultados obtidos na diversificação de carteiras e também com a estatística descritiva dos dados. É perceptível que enquanto o Δhq de todos os ativos analisados variam entre 0,2448 e 0,3705, o Δhq do Bitcoin resulta em 0,6490 identificando que é o ativo com menor eficiência e portanto, com mais risco do que todos os outros analisados.

Esses resultados concordam com o artigo de (Al-Yahyaee, Mensi, & Yoon, 2018), que fazem um estudo sobre o comportamento do Bitcoin em relação a outros ativos do mercado financeiro, e afirmam que o grau de multifractalidade desses ativos é menor do que o grau de multifractalidade do Bitcoin.

6. CONCLUSÃO

Entender o comportamento dos retornos dos preços no mercado financeiro é importante para que investidores e analistas do mercado possam ter mais subsídios para realizar uma alocação mais eficiente dos seus recursos.

Este trabalho teve como objetivo principal entender como é o comportamento dos preços do Bitcoin em relação a outros ativos que estão entre os mais negociados no mercado financeiro, para identificar possíveis diferenças de comportamento e se existe um custo/benefício positivo ao investir na criptomoeda mais negociada do mundo.

De acordo com as análises realizadas, conclui-se que o Bitcoin é um bom ativo para investidores de perfil arrojado, que são adeptos à grandes riscos e à especulação. Durante o período observado, verificou-se que o Bitcoin obteve os maiores retornos dentre os ativos da amostra, porém também obteve as maiores perdas. Sendo assim, é o ativo observado que possui maior risco. Em comparação ao índice Ibovespa o risco de se investir em Bitcoin é aproximadamente 5 vezes maior. Dessa maneira, ao avaliar o custo benefício de um investimento em Bitcoin considerando a relação risco e retorno, pode-se afirmar que o ativo é arriscado para alocação de recursos.

É possível afirmar também que a grande oscilação de preços do Bitcoin ocorreu porque havia um mercado com poucos investidores e em um curto espaço de tempo houve uma grande procura pelo ativo, e assim a criptomoeda pulverizou-se rapidamente. Os poucos investidores que possuíam bitcoin, ao perceberem a grande valorização do preço do ativo,

resolveram realizar o ganho obtido, e então o preço sofreu uma grande queda, fazendo com que a criptomoeda possuísse a menor eficiência nos preços. Por ser um ativo muito novo, há uma grande dificuldade para conseguir entender qual será o comportamento dos preços deste ativo no futuro. E é por esse motivo que o investimento em Bitcoin não é indicado para investidores avessos ao risco.

O Bitcoin, durante o período analisado e comparado aos outros ativos da amostra, possui a menor eficiência nos preços, porém a tendência atualmente é de que essa eficiência aumente, pelo fato de ter aumentado a quantidade de investidores que comercializam o ativo, fazendo com que os valores observados durante o período analisado não sirvam de base para representar os valores futuros do ativo.

Assim, para investidores avessos ao risco, que desejam apenas diversificar sua carteira de ativos procurando minimizar seu risco, o Bitcoin, de acordo com as análises realizadas, não é o ativo mais indicado para realizar a alocação de recursos. A análise das cotações BRL/USD e EUR/USD, dos índices Ibovespa e NASDAQ e do Ouro, demonstram que estes ativos se apresentam como opções muito mais satisfatórias para investidores que possuem esse perfil, pois o Bitcoin apresenta um grau de risco maior do que os outros ativos analisados, e um grau de eficiência menor. Em relação a retornos, percebe-se que o retorno médio apresentado do Bitcoin é maior do que para os outros ativos, no entanto se percebe com base na diversificação de carteiras que o custo/ benefício entre risco e retorno não é convidativo.

Para pesquisas futuras, sugere-se analisar o preço do Bitcoin comparado a outros ativos do mercado financeiro como ações específicas de determinadas empresas de alguns setores da economia, como por exemplo, empresas de tecnologia. Outra comparação interessante a ser feita é com ações de empresas de países emergentes e desenvolvidos, para ver se o grau de eficiência, volatilidade e retorno podem ser próximos ao comportamento do Bitcoin. Uma grande lacuna que também precisa ser sanada é quanto à contabilização do Bitcoin nas demonstrações financeiras das empresas e como as criptomoedas podem ser legalizadas.

REFERÊNCIAS

AL-YAHYAEI, K. H., MENSI, W., & YOON, S. M. (2018). Efficiency, multifractality, and the long-memory property of the Bitcoin market: A comparative analysis with stock, currency, and gold markets. *Finance Research Letters*, In Press.

ALMONACID, G. A. Aplicabilidade da Teoria de Markowitz para Investimentos em Ativos do Real Estate: Estudo de Caso de uma Carteira Mista. 2010. 76 f. Monografia (MBA-USP – Real Estate Economia e Mercados) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. Curso de administração financeira. São Paulo: Atlas, 2009

BILTON, N. Disruptions: Betting on a Coin With No Realm. Disponível em: <<https://bits.blogs.nytimes.com/2013/12/22/disruptions-betting-on-bitcoin/>> Acesso em: 07/05/2018

"Bitcoin." *Britannica Academic*, Encyclopædia Britannica, 1 Dec. 2017. academic-eb-britannica.ez67.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/Bitcoin/574115. Accessed 21 Nov. 2018.

BÖHME, Rainer et al. Bitcoin: Economics, technology, and governance. *The Journal of Economic Perspectives*, v. 29, n. 2, p. 213-238, 2015.

BOTHA, F; SNOWBALL, J; SCOTT, B. Art investment in South Africa: Portfolio diversification and art market efficiency. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, [S.l.], v. 19, n. 3, p. 358-368, sep. 2016. ISSN 2222-3436. Available at: <<https://sajems.org/index.php/sajems/article/view/1397>>. Date accessed: 16 june 2018. doi:<https://doi.org/10.4102/sajems.v19i3.1397>.

CAMARA, J. B. A.; ARAÚJO, B. L .T.; RODRIGUEZ T. D. M.; COSTA G. B.; Diversificação Entre Classes de Investimentos Como Estratégia Para Minimizar Riscos e Aumentar a Rentabilidade em Aplicações Financeiras. In: Congresso UFSC de Controladoria e Finanças & Iniciação Científica em Contabilidade, 5., 2014, anais... Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

CoinMarketCap. Total Market Capitalization. Disponível em: <<https://coinmarketcap.com/charts/#dominance-percentage/>>. Acesso em: 16/06/2018

COSTA JUNIOR, Newton Carneiro Affonso da; GÜTTLER, Caio Nór. Diversificação e avaliação de carteiras nos mercados de capitais dos principais países latino-americanos. *Revista de Ciências da Administração*, Florianópolis, p. 25-42, jan. 2003. ISSN 2175-8077. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/4820/4111>>. Acesso em: 16 jun. 2018. doi:<https://doi.org/10.5007/%x>.

DIERKSMEIER, C. & SEELE, P. J *Bus Ethics* (2016). <https://doi-org.ez67.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10551-016-3298-0>

DUTTA, S.; GHOSH, D.; CHATTERJEE, S. Multifractal detrended cross correlation analysis of foreign exchange and SENSEX fluctuation in Indian perspective. *Physica A*. v. 463, p. 188-201, 2016.

DUTTA, S. Multifractal detrended fluctuation analysis of SENSEX fluctuation in the Indian Stock Market. *Canadian Journal of Physics*. v.88, p.545-551, 2010.

FAMA, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, 2, 383-417.

GALVANI V.; PLOURDE A.; Portfolio diversification in energy markets. *Energy Economics*, Volume 32, Issue 2, 2010, Pages 257-268, ISSN 0140-9883, <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.05.015>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988309000784>)

GIECHASKIEL, I. CREMERS C. and RASMUSSEM K. B; "When the Crypto in Cryptocurrencies Breaks: Bitcoin Security under Broken Primitives," in *IEEE Security & Privacy*, vol. 16, no. 4, pp. 46-56, July/August 2018. doi: 10.1109/MSP.2018.3111253.

GRECH, D. Alternative measure of multifractal content and its application in finance. *Chaos, Solutions and Fractals*, v.88, p.183-195, 2016.

HOBSON, Dominick. What is Bitcoin?. XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students - The Complexities of Privacy and Anonymity, 2013

JURICA, P. (09 de 08 de 2018). MFDFA in Python. Fonte: bsp brain: <http://bsp.brain.riken.jp/~juricap/mdfa/mdfaintro.html>.

KANTELHARD, J. W.; ZSCHIEGNER, S. A.; KOSCIELNY-BUNDE, E.; HAVLIN S.; BUNDE A.; STANLEY, H. E. Multifractal detrended fluctuation analysis of nonstationary time series. Physica A. v. 316. p 1-18. 2002.

KWAPIEŃ, J.; OŚWIECIMA, P.; DROŻDŻ S. Components of multifractality in high-frequency stock returns. Physica A, v.350, p.466-474, 2005.

LAURENT, L. Bitcoin e ações tem mais em comum do que você pensa: Gadfly. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/bloomberg/2018/02/06/bitcoin-e-acoes-tem-mais-em-comum-do-que-voce-pensa-gadfly.htm>>. Acesso em: 16/06/2018

LEITE, G.; SILVA W. A. C.; ARAUJO E. A. T.; JEUNON E. E.; Otimização de Carteiras de Ativos Financeiros: teste em índices de ações de Companhias de Energia Elétrica. Revista Gestão & Tecnologia, Pedro Leopoldo, v. 12, n. 2, p. 33-63, jul./nov. 2012.

LUX, T.; MORALES-ARIAS, L.; SATTARHOFF, C. Forecasting Daily Variations of Stock Index Returns with a Multifractal Model of Realized Volatility. Journal of Forecasting, v. 33, p.532-541, 2014.

MAGANINI, N. D., SILVA FILHO, A. C., & LIMA, F. G. (2018). Investigation of multifractality in the Brazilian stock market. Physica A, 258-271. doi:<https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.12.126>

MARKOWITZ, Harry M. Portfolio selection. Journal of finance, n. 1, v. 7, p.77-91. mar. 1952.

MATSUMOTO, A. S.; FERNANDES, J. L. B.; FERREIRA, P. H. G. Gestão de carteiras: os benefícios da diversificação mundial no mercado acionário. RACEF – Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace. v. 7, n. 2, p. XX, 2016. RACEF – Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace. v. 7, n. 2, p. 32-45, 2016.

NATHANIEL, P. "Understanding Ethereum, Bitcoin's Virtual Cousin." New York Times, 2 Oct. 2017. Academic OneFile, <http://link.galegroup.com/apps/doc/A507615289/AONE?u=capes&sid=AONE&xid=1f8cf1e4>. Accessed 21 Nov. 2018.

NOFER, M., GOMBER, P., HINZ, O. et al. Bus Inf Syst Eng (2017) 59: 183. <https://doi.org/ez67.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12599-017-0467-3>

NOROUZZADEH, P.; JAFARI, G. R. Application of multifractal measures to Tehran price index. Physica A, v. 356, p. 609-627, 2005.

OBERHAUS, D. PEARSON, J. Um guia para iniciantes sobre Ethereum, a criptomoeda da moda. Disponível em: <https://motherboard.vice.com/pt_br/article/qv49eq/um-guia-para-iniciantes-sobre-ethereum-a-criptomoeda-da-moda>. Acesso em: 16/06/2018

OLOKO, T. F. Portfolio diversification between developed and developing stock markets: The case of US and UK investors in Nigeria, Research in International Business and Finance,

Volume 45,2018, Pages 219-232, ISSN 0275-5319,
<https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2017.07.153>.

OŚWIĘCIMKA, P.; KWAPIEŃ, J.; DROŻDŻ S. Multifractality in the stock market: price increments versus waiting times. *Physica A*, v.347, 626-638, 2005.

OŚWIĘCIMKA, P.; KWAPIEŃ, J.; DROŻDŻ S. Wavelet versus Detrended Fluctuation Analysis of multifractal structures. *Physical Review E*, v.74, n.1, 2006.

Ripple. Market Performance. Disponível em <<https://ripple.com/xrp/market-performance/>>. Acesso em: 16/06/2018

Ripple. XRP. Disponível em: <<https://ripple.com/xrp/>>. Acesso em: 16/06/2018

RISCO². Dicionário online Michaelis, 07/05/2018. Disponível em <<http://michaelis.uol.com.br/palavra/V4j7A/risco-2/>>. Acesso em: 07/05/2018.

SENSOY, A., & TABAK, B. M. (2016). Dynamic efficiency of stock markets and exchange rates. *International Review of Financial Analysis*, 47, 353-371.

SHARPE, W.F. A simplified model for portfolio analysis. *Management Science*. p.277- 293, jan. 1963.

SILVA, B. A. O.; NOGUEIRA, S. G.; RIBEIRO K. C. S.; Aplicação Prática do Índice de Sharpe na Determinação de um Portfólio Ótimo de Ativos. *Revista Eletrônica de Administração (Online)* ISSN: 1679-9127, v. 14, n.1, ed. 26, Jan-Jun 2015

SILVA FILHO, A. C., MMAGANINI, N. D., & ALMEIDA, E. F. (2018). Multifractal analysis of Bitcoin market. *Physica A*, 512, 954-967. doi:<https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.08.076>

SOMPOLINSKY, Y. ZOHAR, A., Bitcoin's underlying incentives, *Communications of the ACM*, v.61 n.3, March 2018.

SU, Z. Y.; WANG, Y. T.; HUANG, H. Y. A Multifractal Detrended Fluctuation Analysis of Taiwan's Stock Exchange. *Journal of the Korean Physical Society*, v.54, n. 4, p. 1395-1402, 2009.

TURIEL, A.; PÉREZ-VICENTE, C. J. Multifractal geometry in stock Market time series. *Physica A*, v.322, p. 629-649, 2003.

WANG, Y.; LIU, L.; GU, R. Analysis of efficiency for Shenzhen stock market based on multifractal detrended fluctuation analysis. *International Review of Financial Analysis*, v.18, p. 271-275. 2009.

YERMACK, D. Is Bitcoin a real currency? An economic appraisal. National Bureau of Economic Research, 2013.

ZUNINO, L., TABAK, B. M., FIGLIOLA, A., PÉREZ, D. G., GARAVAGLIA, M., & ROSSO, O. A. (2008). A multifractal approach for stock market inefficiency. *Physica A*, 387, 6558-6566.