

INSTITUTO  
SUPERIOR  
DE CONTABILIDADE  
E ADMINISTRAÇÃO  
DO PORTO  
POLITÉCNICO  
DO PORTO

M

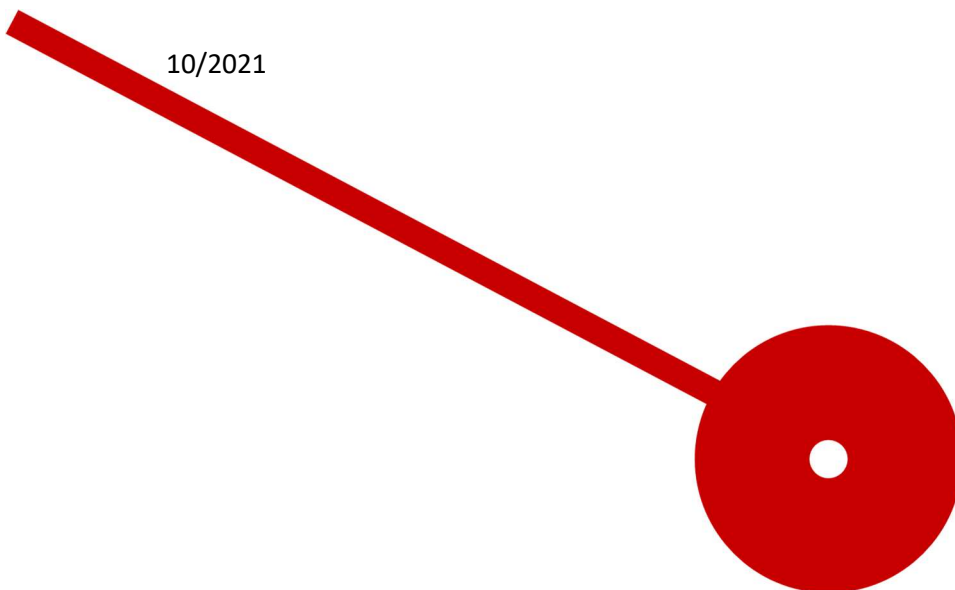
MESTRADO EM  
CONTABILIDADE E FINANÇAS

# Integração das Criptomoedas no Mercado Financeiro: Aplicação de um Modelo Dinâmico de Equicorrelação

Graciela Flávia Pereira Gomes

Versão final (Esta versão contém as críticas e sugestões  
dos elementos do júri)

10/2021



INSTITUTO  
SUPERIOR  
DE CONTABILIDADE  
E ADMINISTRAÇÃO  
DO PORTO  
POLITÉCNICO  
DO PORTO

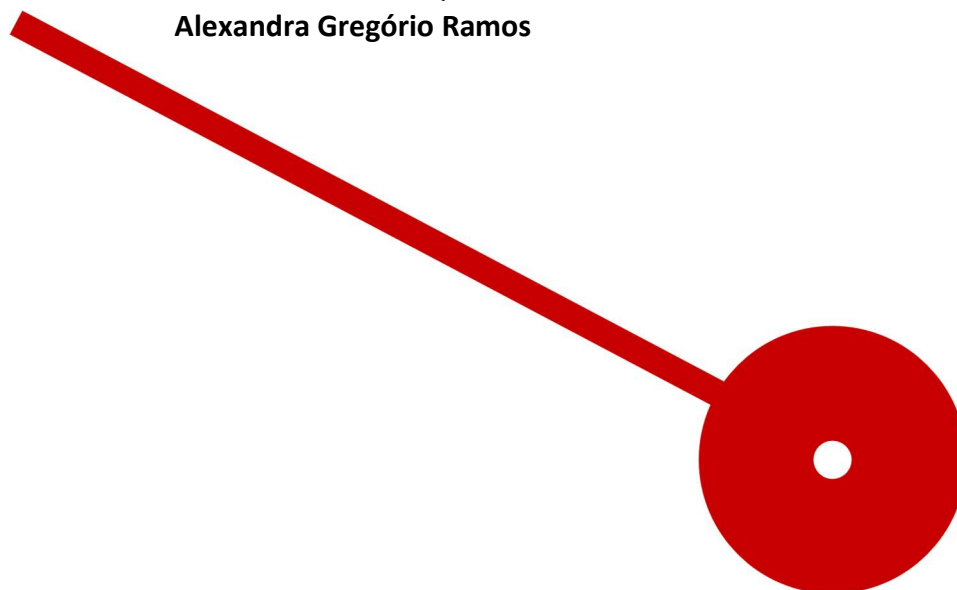
M

MESTRADO EM  
CONTABILIDADE E FINANÇAS

# Integração das Criptomoedas no Mercado Financeiro: Aplicação de um Modelo Dinâmico de Equicorrelação

Graciela Flávia Pereira Gomes

**Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto para obtenção do grau de Mestre em Contabilidade e Finanças, sob orientação do Professor Doutor Mário Joel Queirós e da Professora Doutora Patrícia Alexandra Gregório Ramos**



## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus amados pais.

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única  
segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de  
competência.”  
(Henry Ford)

## **Agradecimentos**

Quero agradecer aos meus pais por terem sido incansáveis comigo, pela paciência, incentivo, força, compreensão, por me terem apoiado incondicionalmente!

Agradeço à minha irmã, pela compreensão e paciência e por me ter ajudado em tudo aquilo que estava ao seu alcance.

Quero deixar um agradecimento especial, ao meu querido pai, que ao longo de todo o meu percurso académico esteve sempre presente, em todos os momentos.

Agradeço-lhe por me ter ajudado em tudo o que podia, tornando assim esta difícil caminhada um pouco mais fácil. Agradeço por todos os conselhos, por estar sempre ao meu lado nos momentos mais complicados da vida e desta etapa! Agradeço por nunca permitir que me passasse pela cabeça a palavra desistir ou que não seria capaz, mostrando-me constantemente a melhor forma de encarar as adversidades da vida e motivando-me a concluir mais uma etapa da minha vida académica.

Pai, estou-te eternamente grata por tudo!

Ao meu namorado, um enorme obrigada por me ter apoiado desde o primeiro segundo, por nunca ter duvidado das minhas capacidades, por me ter transmitido motivação e força para concluir esta etapa.

Quero agradecer ao meu orientador, professor Doutor Mário Queirós, por ter aceite prontamente ser meu orientador, pela sua total disponibilidade e prontidão em ajudar, pela paciência, pelo sentido crítico e pela partilha de conhecimento.

Quero também agradecer à minha coorientadora, professora Doutora Patrícia Ramos por ter aceite participar neste estudo, pela disponibilidade em me ajudar. Agradeço, também, a partilha de conhecimento que em muito contribuiu para o desenvolvimento e enriquecimento desta dissertação.

Agradeço a todos os que de forma direta ou indireta contribuíram para o término desta etapa. Obrigada a todos!

## Resumo

A presente dissertação pretende contribuir para um conhecimento mais aprofundado das criptomoedas que surgiram como uma forma diferenciada no mercado financeiro.

Apesar de existirem várias criptomoedas, a maioria das pessoas apenas conhecem uma delas, a Bitcoin, o que motivou o presente estudo; um outro motivo, é o facto de ainda ser um tema pouco abordado na literatura. Isto tornou-se uma limitação ao presente estudo que se foca na análise de várias criptomoedas.

Este estudo tem como objetivo dar a conhecer as principais características das criptomoedas, bem como, as suas vantagens e desvantagens. Pretendemos também, averiguar a integração das criptomoedas no mercado financeiro aplicando um modelo da equicorrelação dinâmica, o DECO, em 10 criptomoedas entre o período de 02 de junho de 2016 a 25 de maio de 2021.

Com a aplicação do modelo DECO concluímos que o grau de integração entre as criptomoedas depende sobretudo do volume de negociação, índice global de ações, do preço da energia, do preço do ouro, do índice de stress financeiro e por fim, do índice de volatilidade implícita dos EUA.

*Palavras-Chave: Criptomoedas, Bitcoin, Blockchain, Descentralização, DECO, Finanças.*

## **Abstract**

This dissertation intends to contribute to a deeper knowledge of cryptocurrencies that have emerged as a differentiated form in the financial market.

Although there are several cryptocurrencies, most people only know one of them, Bitcoin, which motivated this study; another reason is the fact that it is still a subject that has not been much discussed in the literature. This became a limitation of the present study, which focuses on the analysis of several cryptocurrencies.

This study aims to make known the main characteristics of cryptocurrencies, as well as their advantages and disadvantages. We also intend to investigate the integration of cryptocurrencies in the financial market by applying a dynamic equicorrelation model, the DECO, in 10 cryptocurrencies between the period from June 2, 2016 to May 25, 2021.

With the application of the DECO model, we conclude that the degree of integration between the cryptocurrencies depends mainly on the trading volume, global stock index, energy price, gold price, financial stress index and finally, the index of US implied volatility.

*Keywords: Cryptocurrencies, Bitcoin, Blockchain, decentralization, DECO, Finance*

## Lista de Abreviaturas

<b>Notação</b>	<b>Descrição</b>
ADF	– Augmented Dickey-Fuller
BCE	– Banco Central Europeu
BCH	– Bitcoin Cash
BTC	– Bitcoin
DCC	– Dynamic Conditional Correlation
DECO	– Dynamic Equicorrelation
DOGE	– Dogecoin
EN	– Energy Price
EPU	– Economic Policy Uncertainty
ETH	– Ether
EUA	– Estados Unidos da América
FinCEN	– Financial Crimes Enforcement Network
FSI	– Financial Stress Index
GARCH	– Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
GEI	– Global Equity Index
GLD	– Gold price
LINK	– Chainlink
LTC	– Litecoin
OLS	– Ordinary Least Squares
TV	– Trading volume
VIX	– US implied Volatility Index
XEM	– Nem
XLM	– Stellar
XMR	– Monero
XRP	– Ripple

# Índice Geral

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Lista de Abreviaturas.....	vi
Índice Geral.....	vii
Índice de Figuras.....	viii
Índice de Tabelas.....	ix
Capítulo I – Introdução.....	1
<b>1.1. Contextualização</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos</b> .....	3
<b>1.2. Metodologia de investigação</b> .....	4
<b>1.3. Estrutura da dissertação</b> .....	4
Capítulo II – Revisão da literatura sobre as Criptomoedas.....	5
<b>2. As criptomoedas</b> .....	6
<b>2.1. A Bitcoin</b> .....	6
<b>2.2. A Ether</b> .....	8
<b>2.3. A Ripple</b> .....	9
<b>2.4. A Litecoin</b> .....	10
<b>3. Blockchain</b> .....	11
Capítulo III – Metodologia.....	14
<b>3.1. Modelo dinâmico de equicorrelação (DECO)</b> .....	16
Capítulo IV – Estudo Empírico.....	19
<b>4.1. Amostra de dados</b> .....	20
<b>4.2. Resultados do modelo DECO</b> .....	25
<b>4.3. Determinantes da equicorrelação</b> .....	27
Capítulo V – Conclusões.....	30
Referências bibliográficas.....	33
Websites.....	38
Apêndice.....	39
<b>Apêndice A – Funções de autocorrelação dos retornos das criptomoedas.</b> .....	40

## Índice de Figuras

Figura 1 - Evolução do preço das criptomoedas.....	22
Figura 2 - Evolução dos retornos das criptomoedas.....	23
Figura 3 - A equicorrelação do retorno. ....	26

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Criptomoedas utilizadas no estudo empírico.....	20
Tabela 2 – Sumário estatístico dos retornos diários e teste de estacionaridade. ....	21
Tabela 3 – Matriz de correlação dos retornos diários.....	24
Tabela 4 – Estimativas do modelo DECO para os retornos das criptomoedas. ....	25
Tabela 5 - Determinantes da equicorrelação do retorno.....	28

## Capítulo I – Introdução

---

## 1.1. Contextualização

Na última década, devido ao grande desenvolvimento tecnológico, foram aparecendo novas e mais sofisticadas formas de se efetuarem pagamentos e de se realizar investimentos.

O fornecimento, a procura, as condições macroeconómicas, a especulação ou até mesmo os rumores, são fatores significativos para o comportamento dos investidores. Estes fatores são capazes de impulsionar o preço da criptomoeda, e dado que o objetivo é obter lucro, torna-se difícil para os investidores tomar uma posição precisa na negociação ou investimento (Boiko, Tymoshenko, Kononenko, Rusina, & Goncharov, 2021).

A criptomoeda é uma moeda virtual que utiliza aprimoradas técnicas de criptografia para regular as suas unidades monetárias. Foi aplicada a criptografia para tornar os pagamentos mais seguros e para verificar as transações que tenham sido efetuadas. A criptografia veio também transmitir mais confiança aos seus utilizadores. A criptomoeda pode ser transacionada sem qualquer interferência de uma entidade central, como por exemplo, um banco (Poongodi et al., 2020).

A criptomoeda tem potenciais impactos, tais como, a facilidade da utilização da mesma com o intuito de proceder à lavagem de dinheiro. O governo não pode controlar estas moedas virtuais, mas pode regulá-las e tributá-las. Com o avanço das novas tecnologias e com a elevada adesão às criptomoedas, cada vez mais as empresas vêm-se obrigadas a aceitar este método de pagamento (Andriole, 2020).

A Bitcoin (BTC) foi a primeira criptomoeda a ser criada, e atualmente é responsável por cerca de 50% da capitalização de mercado total e volume de negócios. As trocas de criptomoeda funcionam todos os dias, 24h por dia, 7 dias por semana (Borri & Shakhnov, 2020).

A Ethereum (ETH) é uma plataforma descentralizada e executa contratos inteligentes. Esta plataforma utiliza a sua própria moeda, a Ether, que também atraiu uma atenção significativa, refletida na sua capitalização de mercado, uma vez que ocupa o segundo lugar<sup>1</sup> entre as mais de 4 000 criptomoedas (Mensi, Al-Yahyaee, & Kang, 2019).

A Ripple (XRP) é a única criptomoeda que não utiliza o *Blockchain*<sup>2</sup>. A XRP foi desenvolvida e lançada em 2012, por uma empresa com o mesmo nome que tinha como objetivo criar um sistema simplificado, um sistema de pagamentos descentralizado

---

<sup>1</sup> Consultado em <https://pt.investing.com/crypto/currencies> no dia 10 de janeiro de 2021.

<sup>2</sup> O *blockchain* é um livro-razão público que armazena todas as transações desde a criação da BTC (Prybila, Schulte, Hochreiner, & Weber, 2020).

utilizando uma tecnologia inspirada no *blockchain*, a fim de permitir transações financeiras globais seguras, instantâneas e mais baratas. Esta criptomoeda tem sido utilizada por muitos bancos e tem estado consistentemente presente nas cinco principais criptomoedas por capitalização de mercado (Leising & Robinson, 2018a).

Apesar de atualmente existirem milhares de criptomoedas no mercado, seja como substitutas ou réplicas da BTC, a Litecoin (LTC) foi a primeira substituta da BTC através da apresentação de uma versão modificada dos principais conceitos da BTC, o chamado algoritmo de mineração<sup>3</sup> (Tu & Xue, 2019).

A primeira réplica da BTC foi a Bitcoin Cash (BCH), que entrou a 1 de agosto de 2017 em um novo livro razão de *blockchain*. Porém, a BCH partilhou o mesmo livro razão e os mesmos utilizadores com a BTC antes dessa data. Esta réplica evitou o elevado custo associado à atração de novos utilizadores e, portanto, conseguiu tornar-se conhecida com maior facilidade (Tu & Xue, 2019).

## 1.1. Objetivos

Espera-se que com a elaboração da presente dissertação se consiga dar a conhecer as principais características das criptomoedas, bem como, as suas vantagens e desvantagens.

Nesta investigação iremos analisar a rentabilidade e a volatilidade das criptomoedas, sendo que para tal, utilizaremos as dez criptomoedas com maior valor de mercado.

Outro dos objetivos que pretendemos averiguar é a considerável volatilidade de preços da BTC ao longo da sua existência, que segundo Brito & Castillo (2013), é considerada uma das suas desvantagens.

De um modo geral, espera-se que com a realização desta dissertação se vejam esclarecidos os seguintes pontos:

1. O que é uma criptomoeda, como funciona, quais são as suas vantagens e desvantagens.
2. Quais são as razões para as criptomoedas poderem vir a se tornar uma alternativa às moedas tradicionais.

---

<sup>3</sup> O algoritmo de mineração traduz-se em um processo que mantém a rede BTC estável e segura adicionando novos blocos validados ao *blockchain* (Duong, Thuy, & Khai, 2020).

3. Analisar o retorno e a evolução dos preços das dez criptomoedas.
4. Aferir a integração das criptomoedas no mercado financeiro aplicando um modelo da equicorrelação dinâmica.
5. Identificar os determinantes da equicorrelação.

## **1.2. Metodologia de investigação**

Para o presente estudo foram selecionadas e analisadas dez criptomoedas. Consideramos a integração no mercado das criptomoedas de 02 de junho de 2016 a 25 de maio de 2021.

Para a análise dessas criptomoedas foi utilizado o modelo da equicorrelação dinâmica, o DECO, para fazer inferências sobre a integração do mercado no mercado das criptomoedas. Aplicamos também esse modelo para calcular a correlação entre as criptomoedas.

O presente trabalho tem duas componentes, a primeira componente é a estimação da equicorrelação dinâmica entre as criptomoedas, é dinâmica porque ela varia ao longo do tempo. O segundo componente deste trabalho é identificar os determinantes desta equicorrelação.

## **1.3. Estrutura da dissertação**

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos. O primeiro capítulo tem como finalidade apresentar uma introdução ao tema em estudo, os objetivos, a metodologia de investigação e por fim, a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo procede-se à revisão de literatura, onde nos focamos em quatro das várias criptomoedas existentes no mercado, nomeadamente na Bitcoin, Ether, Ripple e Litecoin.

O terceiro capítulo incide na metodologia a ser adotada no estudo empírico, onde explicamos em que consiste o modelo DECO e como pode ser estimado.

No quarto capítulo inicia-se a análise empírica, onde são apresentados a amostra de dados, o procedimento e os resultados. A análise empírica incide na aplicação do modelo DECO que tem como finalidade calcular a correlação entre as criptomoedas.

No quinto e último capítulo apresentam-se as principais conclusões do estudo, as limitações ao presente trabalho e as perspetivas para trabalhos futuros.

## Capítulo II – Revisão da literatura sobre as Criptomoedas

---

## 2. As criptomoedas

A criptomoeda é um termo pouco conhecido em Portugal, mas que aos poucos tem vindo a captar a atenção das pessoas e potenciais investidores. Mas é um tema que tem bastante ênfase a nível mundial. Nos últimos anos tem-se verificado um proeminente crescimento das novas tecnologias, que por sua vez, exigem uma reestruturação da economia (Ma, Ahmad, Liu, & Wang, 2020).

As criptomoedas são extremamente atraentes para os investidores devido a vários fatores, nomeadamente à sua transparência, velocidade de negociação, alta liquidez e simplicidade de uso (S. Zhang & Gregoriou, 2020).

O Banco Central Europeu (BCE) em 2012 definiu moeda virtual como um tipo de dinheiro digital não regulamentado, gerado electronicamente, sendo emitido e controlado pelos seus desenvolvedores e que, por sua vez, é utilizado e aceite entre os membros de uma comunidade virtual específica (Paulino & Mendonça, 2019).

As criptomoedas foram concebidas no sentido de se tornarem uma alternativa às lacunas criadas pelas instituições financeiras (Nakamoto, 2008). Atualmente existem mais de 4000 criptomoedas que contribuem para uma capitalização de mercado total no valor de mais de 574 mil milhões de dólares. Ether (ETH), Tether (USDT), Ripple (XRP), Chainlink (LINK), BCH, Litecoin (LTC) e Bitcoin (BTC) são algumas das mais de 4000 criptomoedas existentes a nível mundial. Note-se que a BTC se destaca como sendo aquela que tem a maior capitalização de mercado e o maior valor unitário.

Podemos considerar as criptomoedas como um meio de troca, ou seja, é um mecanismo que pode ser utilizado para pagar algo a determinada pessoa ou para extinguir uma dívida ou obrigação financeira.

### 2.1. A Bitcoin

Foram várias as tentativas para criar um sistema centralizado de forma a facilitar a troca de moeda virtual. A BTC acabou com a supervisão centralizada, visto que o seu criador, que se intitulava pelo pseudónimo Satoshi Nakamoto, acreditava que só poderia ter sucesso através da descentralização do dinheiro digital (McKay & Peters, 2018).

A BTC é um sistema de pagamento ponto a ponto criado em 2009 por Nakamoto. É a primeira moeda digital de código aberto, que se rege por um algoritmo de *software* que

utiliza a rede global da internet para registrar e verificar as transações. Por se tratar de uma criptomoeda, esta opera sobre os princípios da criptografia para controlar a criação e a troca de BTC's. O acesso à rede exige o *download* de um *software*, bem como a adesão à rede BTC, permitindo que os participantes realizem operações, além de terem também a possibilidade de atualizar e verificar as transações (Ciaian, Rajcaniova, & Kancs, 2016).

A 9 de outubro de 2009, durante as primeiras transações, o valor da taxa de câmbio entre a BTC e o dólar americano foi estabelecido com base no custo da eletricidade necessária para gerar 1 BTC. Foi, assim, estimado que 1 USD equivaleria a 1309,03 BTC's. A 12 de janeiro de 2009, ocorreu a primeira transação virtual de BTC, entre Satoshi Nakamoto, programador, e Hal Finney, ativista criptográfico (Paulino & Mendonça, 2019).

Embora se trate de uma moeda virtual, assemelha-se a uma moeda, mas com características próprias, ou seja, enquanto as moedas tradicionais que nós conhecemos são controladas por uma autoridade monetária, a BTC contraria tudo isso. Esta criptomoeda não é controlada por nenhuma autoridade, isto é, o dinheiro pertence 100% à pessoa que o possui, não existindo possibilidade de ser movimentado por terceiros. Para impedir a sua falsificação ou duplicação, é utilizado um aprimorado sistema criptográfico, visto que se trata de uma moeda descentralizada, ou seja, que não é controlada. (Amoza, Mercant, Presno, & Sarto, 2014).

Encontram-se algumas diferenças entre o sistema de pagamento bancário e o sistema de pagamento por criptomoeda, no entanto, deparamo-nos com algumas semelhanças.

Para o sistema de pagamento bancário é necessário possuir um número de conta em uma determinada instituição bancária. Para esse número de conta é-nos fornecido pela entidade um cartão bancário e um código PIN para podermos transacionar o dinheiro. Para podermos usufruir desse cartão é imprescindível um código PIN, dado que é uma forma de segurança e uma maneira de provar que é o usufrutuário dessa conta bancária. Para além disto, o banco, por sua vez, tem na sua posse o registo de transações efetuadas pelos clientes dessa instituição bancária. Por fim, uma pessoa pode usar um sistema de comunicações eletrónicas para se identificar no seu banco como titular da conta e pode solicitar que o dinheiro associado ao seu número de conta seja transferido para a conta de outra pessoa em um banco diferente (Silva, Martins, Miranda, Penha, & Reina, 2020).

Em contrapartida, o sistema de pagamento por criptomoeda, ao invés de ter um número de conta como no sistema de pagamento bancário, a pessoa que desejar fazer um pagamento através da criptomoeda tem um endereço público. Ela tem uma maneira de controlar este endereço público utilizando uma chave privada que se assemelha a um número

PIN. Para efetuar pagamentos através da criptomoeda é imprescindível a utilização de um sistema de comunicação eletrónica, mais especificamente a *internet*, para identificar a rede e solicitar *tokens* digitais associados ao seu endereço público para ser transferido para o endereço público de outra pessoa. Isso ocorre por uma mudança feita nas cadeias de blocos de livros por um grupo de participantes, teoricamente conhecidos como *miner*, utilizando o seu poder de computação para validar transações. Em suma, as duas partes que controlam os endereços públicos podem ver essas mudanças, comprovando que os *tokens* foram transferidos de um endereço para outro (Silva et al., 2020).

Independentemente dos diversos benefícios que a BTC apresenta, tem algumas desvantagens que devemos ter em consideração. A sua considerável volatilidade de preços ao longo da sua existência é uma das desvantagens (Brito & Castillo, 2013).

A criptografia de chave pública requer que cada utilizador receba duas chaves, uma chave privada que é confidencial, e uma chave pública conhecida por todos os utilizadores (Brito & Castillo, 2013). O proprietário transfere determinada quantia de BTC para uma determinada pessoa, assinando digitalmente um *hash* da transação anterior e a chave pública do próximo proprietário. Um beneficiário pode validar as assinaturas para verificar a cadeia de propriedade (Nakamoto, 2008).

## 2.2. A Ether

O *Blockchain* é uma das maiores plataformas públicas que suporta os contratos inteligentes. A ETH, conhecida como Ether, foi introduzida no sentido de facilitar a implementação de contratos inteligentes visto que esta criptomoeda introduz um conceito de conta, que é formalmente um endereço. A ETH é utilizada para compensar os nós de mineração dos participantes. Até ao momento, ainda é desconhecida a relação interativa entre utilizadores e os contratos inteligentes, dado que as pesquisas atuais sobre esta criptomoeda está centralizada em questões de segurança e desempenho da tecnologia do *Blockchain* (Lin, Wu, Yuan, & Zheng, 2020).

Após a implementação dos contratos inteligentes no *blockchain* e devido também à imutabilidade do código, a segurança é um problema particularmente grave. Assim, a presença de um *bug* ou de uma vulnerabilidade no código pode ser muito crítica, uma vez que não é possível corrigi-la e poderá trazer perdas financeiras para o proprietário do contrato *bugado* (Staderini, Palli, & Bondavalli, 2020).

Em 1997, Szabo introduziu inicialmente o conceito de contratos inteligentes. Estes contratos inteligentes, devido à sua capacidade de executar transações computadorizadas automaticamente consoante as condições externas e internas, foram considerados a grande inovação apresentada na segunda geração da tecnologia *blockchain* (Staderini et al., 2020).

Os contratos inteligentes diferenciam-se dos contratos tradicionais devido a estes serem computáveis, ou seja, são programas usados para verificar e fazer cumprir os termos de um determinado acordo o que melhora a sua segurança e diminui custos (Bistarelli et al., 2020).

Através de uma linguagem completa *turing*, os contratos inteligentes ETH podem ser programados incluindo um poderoso conjunto de ferramentas para o seu desenvolvimento. Na plataforma Ethereum pode ser inserida uma versão imutável de um contrato inteligente compilado e será executado utilizando a máquina virtual ETH (Correas, Gordillo, & Roman-Diez, 2021).

A medida utilizada para a execução de contratos inteligentes é a unidades gás. Os mineiros recebem uma determinada quantia de éter que provém da aplicabilidade de um preço de gás à quantidade total de gás para que consigam executar uma transação completa (Correas et al., 2021).

### 2.3. A Ripple

Tal como a BTC, a XRP trata-se de uma rede ponto a ponto, mas de crédito mútuo.

Ripple não é somente nome de uma criptomoeda, é também o nome da empresa que adquiriu o projeto Ripple de Ryan Fugger. Fugger cedeu o direito ao nome Ripple para a *start-up* OpenCoin em 2012, mas em 2013, o nome foi novamente modificado para Ripple Labs e por fim, em 2015 para Ripple (Rella, 2020).

Em 2013, os fundadores da Ripple desenvolveram o Ripple Ledger que combinou com a rede de crédito de Fugger, que se traduz em uma troca de moeda distribuída em um livro razão inspirada na tecnologia do *blockchain*. A Ripple, em 2015, focou-se nos serviços de pagamento transfronteiriço interbancário para instituições financeiras (Rella, 2020).

Segundo a *Global: Another Cryptocurrency Causes Ripples*<sup>4</sup>, a XRP é uma criptomoeda não vinculada ao dólar, possibilitando que a plataforma da XRP procure o caminho mais

---

<sup>4</sup> Global: Another Cryptocurrency Causes Ripples. Stratfor Geopolitical Diary, Dec2017 <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=127187235&site=eds-live>, consultado a 19 de março de 2021.

curto, através dos inúmeros clientes que compram e vendem as suas distintas<sup>5</sup> moedas, para concluir a transação. A RXP e os seus potenciais sucessores servirão de impulso para a utilização da tecnologia *blockchain* tendo como objetivo processar pagamentos internacionais.

Em 2017, de acordo com (Leising & Robinson, 2018b), entre o final de setembro e início de janeiro de 2018 ocorreu um surpreendente aumento no valor da criptomoeda XRP.

A Ripple começou a procurar ideias de negócio em torno da XRP em uma época que não ofereciam instrução sobre os *tokens*<sup>6</sup> digitais (Jeff, 2020).

A XRP oferece um processamento mais veloz para transações entre dois países, e tem como objetivo reduzir ou até mesmo abolir com a taxa para transferências transfronteiriças (Adams, 2021).

Uma das vantagens da XRP relativamente à BTC, é que normalmente a XRP consegue efetuar transferências entre três a cinco segundos enquanto a BTC pode demorar até quarenta minutos para processar a transferência (Kauflin, 2014).

Hoje em dia, os pagamentos internacionais são geralmente feitos utilizando a rede SWIFT<sup>7</sup>, que consiste no mecanismo internacional através do qual a generalidade dos bancos se comunica para realizar transações. No entanto, os bancos não demonstram grande interesse em utilizar a XRP pelo facto de existir uma possibilidade muito reduzida de os seus clientes confiarem em pagamentos através de uma criptomoeda (Leising & Robinson, 2018b).

## 2.4. A Litecoin

Atualmente, no mercado das criptomoedas são várias as réplicas da BTC. Porém, a LTC foi criada com o intuito de substituir a BTC, implementando uma plataforma alternativa para adquirir os seus próprios utilizadores (Tu & Xue, 2019).

A LTC é baseada num protocolo de código aberto e também não é gerida por nenhuma autoridade central. Esta criptomoeda foi introduzida a 7 de outubro de 2011 e é atualmente uma das maiores criptomoedas, possuindo uma capitalização de mercado total no valor de

---

<sup>5</sup> Entende-se por distintas moedas o facto de utilizador transferir, por exemplo, dólares através do XRP e a outra pessoa receber o valor em euros.

<sup>6</sup> Trata-se de ativos digitais que podem ser usados dentro de um conjunto das relações de interdependência de um determinado projeto. Enquanto os *tokens* utilizam a *blockchain* de outras moedas, já as criptomoedas tem a sua própria *blockchain*.

<sup>7</sup> Consiste em um sistema de mensagens que informa os bancos para onde enviar o dinheiro. Contém também um serviço que ajuda os bancos a liquidar transações.

cerca de mais de 15 mil milhões de dólares americanos<sup>8</sup>. Porém, a LTC apresenta algumas lacunas em termos de proteção de privacidade (Z. Zhang, Yin, Liu, & Liu, 2020).

A LTC é uma moeda criptográfica ponto a ponto, inspirada na BTC. Ambas não necessitam da ajuda de organizações financeiras, sendo por isso semelhantes. A LTC é transferida eletronicamente com taxas de transação bastante reduzidas (Padmavathi & Suresh, 2019).

Contudo, segundo (Z. Zhang et al., 2020) tem três diferenças bem distintas da BTC:

- Proporciona uma taxa de confirmação de transação mais rápida que a BTC, uma vez que o intervalo de tempo entre os blocos é de 2,5 minutos.
- A LTC emite quatro vezes mais moedas que a BTC.
- A LTC recorre ao algoritmo de criptografia proposto por Percival, facilitando mineradores de computador comuns.

Para a criação de LTC's é utilizado o processo de mineração que consiste na resolução de problemas matemáticos através dos computadores, enquanto os LTC's seguem para o computador que tem sucesso (Padmavathi & Suresh, 2019).

Tal como na BTC, as transações da LTC também são registadas no *blockchain*. A LTC usa o algoritmo *scryt*, uma vez que o propósito inicial da utilização deste algoritmo era possibilitar que os mineiros explorassem estas duas criptomoedas ao mesmo tempo. Este algoritmo usa uma função sequencial de memória rígida, ou seja, contém mais memória do que um algoritmo sem memória rígida. Apesar de o algoritmo *scryt* oferecer dupla resistência ao ataque no mesmo período de tempo, tem como inconveniente o facto de aumentar os blocos órfãos e o tamanho da cadeia de blocos (Padmavathi & Suresh, 2019).

### 3. Blockchain

Há duas espécies de *blockchain*, o público e o privado. No público, qualquer pessoa pode entrar, ao contrário do que acontece no privado. Este sistema descentralizado possui um livro razão onde constam todas as transações que podem ser designados por nós ou partes (Lucas & Paez, 2019).

---

<sup>8</sup> Valor consultado no site <https://pt.investing.com/crypto/> a 13 de março de 2021.

O *blockchain*<sup>9</sup> provém da criptomoeda BTC, que através do seu sistema descentralizado visa fornecer a troca anónima de dinheiro digital (Prybila et al., 2020). Perante este sistema descentralizado, validar as transações representou um problema, uma vez que não existe uma entidade centralizada ou autoridade. Tal como referido, o *blockchain* é um livro-razão público que armazena todas as transações desde a criação do BTC. Uma transferência de pagamento pode então ser realizada reduzindo o saldo no livro-razão da pessoa que está a efetuar o pagamento, enquanto aumenta o saldo de outro livro-razão da pessoa que irá arrecadar esse montante (Prybila et al., 2020).

O *blockchain* é um novo tipo de infraestrutura que integra tecnologias, incluindo armazenamento de dados, formando uma cadeia de blocos, cada um contempla um conjunto de transações que fornece aos seus utilizadores as confirmações de transações para averiguar os direitos de propriedade do BTC. Uma vez que um bloco é adicionado ao *blockchain*, é extremamente difícil alterar ou remover. Conforme são processadas novas transações, o *blockchain* é estendido (Zaghloul, Li, Mutka, & Ren, 2020).

As principais características de uma rede *blockchain* são o consenso, a proveniência e a imutabilidade. O consenso, porque para uma transação ser válida todos os participantes têm de concordar. A proveniência, pois todos os participantes sabem o histórico desse ativo. E por fim, a imutabilidade que consiste na impossibilidade de adulterar uma transação após ter sido registada no livro razão. No caso de uma transação estar errada, a única forma de reverter a situação é efetuar uma nova transação significando que ambas as transações ficarão visíveis (Case, King, & Case, 2020).

Esta tecnologia de criptografia é utilizada para garantir a segurança da transmissão e acesso de dados. São utilizados contratos inteligentes compostos por códigos *script* automatizados para programar os dados. Devido à integração de várias tecnologias, o *cluster* mantém conjuntamente a segurança e a operação da rede *blockchain* e constrói a confiança com as máquinas (Li & He, 2020).

Para que haja um ataque de duplicação de gasto, o invasor teria de controlar mais de 51% do poder computacional da rede interna. Caso contrário, torna-se inexecutável o ataque de duplicação de gasto.

Um *miner* é um computador ligado à internet que averigua as transações que foram realizadas. Os *miners* avaliam a legitimidade de cada transação como parte do processo de

---

<sup>9</sup> É assim designado devido à sua estrutura.

mineração através do *timestamping* de cada transação e apuram se houve a realização de duplo gasto de dinheiro (Ferreira, Pinto, & Santos, 2017).

As moedas virtuais precisam de alcançar a sua estabilidade de preço de mercado, se se possuírem com o propósito de serem usadas como um meio de pagamento e não somente com o intuito de serem empregues em investimentos. Devido à sua grande instabilidade de preços de mercado que se propendem a subir no longo prazo e a flutuar amplamente no curto prazo, estas não são consideradas o método de pagamento mais adequado. Em virtude desta instabilidade, as pessoas são incentivadas a armazenar essas moedas com a intenção de futuramente obterem ganhos, enquanto que se as utilizassem como meio de pagamento, correriam o risco de perder dinheiro devido à sua instabilidade (Saito & Iwamura, 2019).



No início do ano de 1980 foram desenvolvidos os primeiros modelos de volatilidade. Na verdade, a volatilidade sempre despertou grande atenção nas finanças (Aboura & Chevallier, 2014).

A procura por estimativas de correlações fidedignas entre variáveis financeiras têm sido uma motivação para o desenvolvimento de artigos académicos, conferências de profissionais entre outros (Engle, 2002).

Atualmente, em termos de gestão de risco é bastante significativo ter capacidade para estimar matrizes de ativos de elevada dimensão. Contudo, surgem vários problemas numéricos para os modelos de *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) multivariados clássicos (Aboura & Chevallier, 2014).

O modelo Dynamic Conditional Correlation (DCC) tem como objetivo ser executado em sistemas de grande dimensão. Este modelo só foi aplicado com sucesso em estudos que continham até 100 ativos, devido ao facto de que consoante o aumento do sistema a estimativa torna-se cada vez mais complicada de ser calculada (R. Engle & Kelly, 2012).

O DCC, numa primeira fase estima modelos univariados GARCH a fim de calcular as variâncias condicionais e os resíduos padronizados. Numa segunda fase procede à estimação da correlação condicional. Este modelo é estimado, assim, em duas etapas (Aboura & Chevallier, 2014).

O modelo dinâmico de equicorrelação (Dynamic EquiCorrelation – DECO) foi o modelo escolhido para realizar o presente estudo. Este modelo, ao contrário do modelo DCC, pode suportar um grande conjunto de variáveis sem encontrar questões de estimação decorrentes de problemas numéricos (Bouri, Vo, & Saeed, 2021).

Para estimar a volatilidade condicional de dados de séries temporais os modelos de GARCH são ubíquos. Este modelo é particularmente importante porque continua a gerar extensões dos modelos já existentes. Estas extensões permitem aos investigadores que estes escolham o modelo que melhor se ajusta à sua necessidade (Yelamanchili, 2021).

DECO é um modelo concorrente do modelo DCC, uma vez que possui recursos que o DCC carece. As correlações do modelo DECO baseiam-se em informação mais ampla enquanto que o modelo DCC falha nesse sentido visto que se apoia apenas num conjunto de informação mais restrito (R. Engle & Kelly, 2012).

O modelo DECO assume que a média da correlação condicional pode variar no tempo, e que é igual à média de todos os pares de correlações, ou seja, aplicando este modelo o que se obtém é uma correlação entre as criptomoedas, podendo essa correlação variar ao longo do tempo.

Este modelo primeiramente ajusta a volatilidade individual das criptomoedas e seguidamente estima as correlações (R. Engle & Kelly, 2012).

### 3.1. Modelo dinâmico de equicorrelação (DECO)

Seja  $R_t$  um vetor  $n \times 1$  de retornos de criptomoedas, com  $R_t = [R_{1t}, R_{2t}, \dots, R_{nt}]'$ , que se assume ter uma distribuição normal.

$$R_t | I_{t-1} \sim N(0, H_t) \quad (1)$$

Segundo Engle (2002) a matriz de covariância condicional  $H_t$  pode ser decomposta da forma seguinte:

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (2)$$

$$\varepsilon_t = H_t^{1/2} z_t \quad (3)$$

$$R_t = [\text{diag}(Q_t)^{-1/2}] Q_t [\text{diag}(Q_t)^{-1/2}] \quad (4)$$

onde  $D_t$  é a matriz diagonal que contém os desvios padrão condicionais dos modelos GARCH univariados,  $R_t$  corresponde à matriz de correlação condicional variante no tempo,  $\varepsilon_t$  é um vetor  $n \times 1$  de resíduos condicionais com base em informação até ao instante  $t-1$ ,  $z_t$  denota um vetor  $n \times 1$  de resíduos padronizados e  $Q_t$  é a matriz de correlação condicional dos resíduos padronizados.

Numa primeira fase é necessário estimar a matriz  $D_t = \text{diag} \sqrt{\{H_t\}}$ , uma matriz diagonal com as variâncias condicionais de cada um dos retornos ao longo da diagonal principal. Os elementos da matriz  $H_t$  são calculados a partir do seguinte modelo univariado GARCH (1,1):

$$h_{i,t} = \omega_i + \alpha_i \varepsilon_{i,t-1}^2 + \beta_i h_{i,t-1} \quad (5)$$

onde  $h_{i,t}$  corresponde à variância condicional de cada uma das séries dos retornos,  $\omega_i$  é um termo constante,  $\alpha_i$  controla o efeito de ARCH, e  $\beta_i$  mede a persistência do processo de volatilidade. Para garantir que as variâncias condicionais são positivas e estáveis têm de ser satisfeitas as seguintes condições:  $\alpha_i > 0$  e  $\alpha_i + \beta_i < 1$ . Após a estimação do processo

GARCH univariado, os resíduos padronizados  $z_t$  são usados para estimar os parâmetros da correlação condicional.

A dinâmica de  $Q$  no processo DCC é dada por:

$$Q_t = (1 - \theta_1 - \theta_2)\bar{Q} + \theta_1 z_{t-1} z'_{t-1} + \theta_2 Q_{t-1} \quad (6)$$

onde  $\theta_1, \theta_2$  e  $\varphi$  são parâmetros,  $n_t = I(z_t < 0) \circ z_t$  é um indicador funcional que assume o valor 1 se o argumento for verdadeiro e o valor 0 caso seja falso, e " $\circ$ " corresponde ao produto Hadamard.  $\bar{Q}_j = E[z_t z'_t]$  e  $\bar{N}_j = E[n_t n'_t]$  são as matrizes de correlação não condicional de  $z_t$  e  $n_t$ , respetivamente.

A matriz de correlação condicional variante no tempo  $R_t$  é dada por:

$$R_t = Q_t^{*-1} Q_t Q_t^{*-1} \quad (7)$$

onde  $Q_t^*$  é uma matriz diagonal com a raiz quadrada da  $i$ -ésima<sup>10</sup> diagonal de  $Q_t$  na  $i$ -ésima posição da sua diagonal, podendo escrever-se na forma seguinte:

$$R_t = \begin{pmatrix} 1 & \bar{\rho}_t & \cdots & \bar{\rho}_t \\ \bar{\rho}_t & 1 & \cdots & \bar{\rho}_t \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{\rho}_t & \bar{\rho}_t & \bar{\rho}_t & 1 \end{pmatrix}$$

ou ainda, na seguinte forma equivalente,

$$R_t = (1 - \bar{\rho}_t)I_n + \bar{\rho}_t J_n \quad (8)$$

onde  $I_n$  é a matriz identidade de ordem  $n$ ,  $J_n$  denota a matriz de ordem  $n$  de uns e  $\bar{\rho}_t$  é a equicorrelação dada por:

$$\bar{\rho}_t = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i \neq j} \rho_{ij,t} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i \neq j} \frac{q_{ij,t}}{\sqrt{q_{ii,t} q_{jj,t}}} \quad (9)$$

O modelo escalar DECO é assim definido por:

---

<sup>10</sup> A  $i$ -ésima é geralmente utilizada para indicar algum tipo de elemento genérico de um conjunto de dados.

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta)\bar{Q} + \alpha e_{t-1} e'_{t-1} + \beta Q_{t-1} \quad (10)$$

Sendo a equicorrelação dos retornos modelizada desta forma obtém-se uma série temporal que pode ser utilizada nomeadamente para determinar os principais fatores que afetam essa equicorrelação. Essa análise pode ser levada a cabo utilizando um modelo de regressão linear múltipla onde esses fatores são incluídos sob a forma de variáveis explicativas:

$$\text{Equicorrelação}_t = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_{i,t} + e_t \quad (11)$$

## Capítulo IV – Estudo Empírico

---

#### 4.1. Amostra de dados

O presente estudo empírico incidiu na análise de dez criptomoedas designadamente: a Bitcoin, a Ether, a Dash, a Ripple, a Stellar, a Waves, a Monero, a Dogecoin, a Litecoin e a Nem, apresentadas na Tabela 1. Os preços diários destas criptomoedas foram extraídos do site <https://coinmarketcap.com/>. Estas criptomoedas foram as escolhidas entre as mais de 13 000<sup>11</sup> moedas virtuais existentes no mercado das criptomoedas condicionadas ao início do histórico do preço da Ether. O período de amostra é de 2 de junho de 2016 a 25 de maio de 2021, considerando-se um período relevante de subidas e descidas no mercado das criptomoedas. A análise empírica foi levada a cabo com os retornos-logarítmicos multiplicados por 100, perfazendo um total de 1819 observações.

**Tabela 1 - Criptomoedas utilizadas no estudo empírico.**

Nome	Abreviatura	Custo (USD) <sup>12</sup>	Capitalização de mercado (USD)
Bitcoin	BTC	61.820,0	1,15T <sup>13</sup>
Ether	ETH	2.431,70	281,36B <sup>14</sup>
Dash <sup>15</sup>	DASH	198,41	2,03B
Ripple	XRP	1,65	74,34B
Stellar	XLM	0,3744	47,87B
Waves <sup>7</sup>	WAVES	26,18	9,04B
Monero <sup>7</sup>	XMR	271,74	4,89B
Dogecoin	DOGE	0,30	38,31B
Litecoin	LTC	318,37	21,21B
Nem <sup>7</sup>	XEM	0,2054	1,87B

Fonte: Elaboração própria

<sup>11</sup> À data de 27/10/2021 o site <https://coinmarketcap.com/> apresentava um total de 13 242 moedas virtuais.

<sup>12</sup> O valor do custo foi obtido através do site <https://pt.investing.com/crypto/currencies>, consultado no dia 17 de abril de 2021 às 11:39h. Como as criptomoedas são bastante voláteis e devido ao seu elevado número de transações o valor de custo está sempre em constante alteração.

O USD utilizado é o dólar americano.

<sup>13</sup> 1 T = bilião de dólares americanos.

<sup>14</sup> 1 B = mil milhões de dólares americanos.

<sup>15</sup> O valor do custo e de capitalização de mercado das criptomoedas Dash, Waves, Monero e Nem, foram extraídos à data de 14 de agosto de 2021 às 16:24h.

Os gráficos das Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, a evolução ao longo do tempo do preço das dez criptomoedas em estudo e a evolução de retornos das mesmas.

Em março de 2020, devido à pandemia do COVID-19, é notável um declínio nos retornos de todas as criptomoedas. No entanto, o mercado demonstra conseguir recuperar rapidamente (Demiralay & Golitsis, 2021).

A Tabela 2 apresenta o sumário estatístico dos retornos diários das dez criptomoedas no período considerado. “\*\*\*” indica a rejeição da hipótese nula ao nível de 0.1% quer do teste de normalidade de Jarque-Bera<sup>16</sup>, quer do teste de raiz unitária de Augmented Dickey-Fuller (ADF).

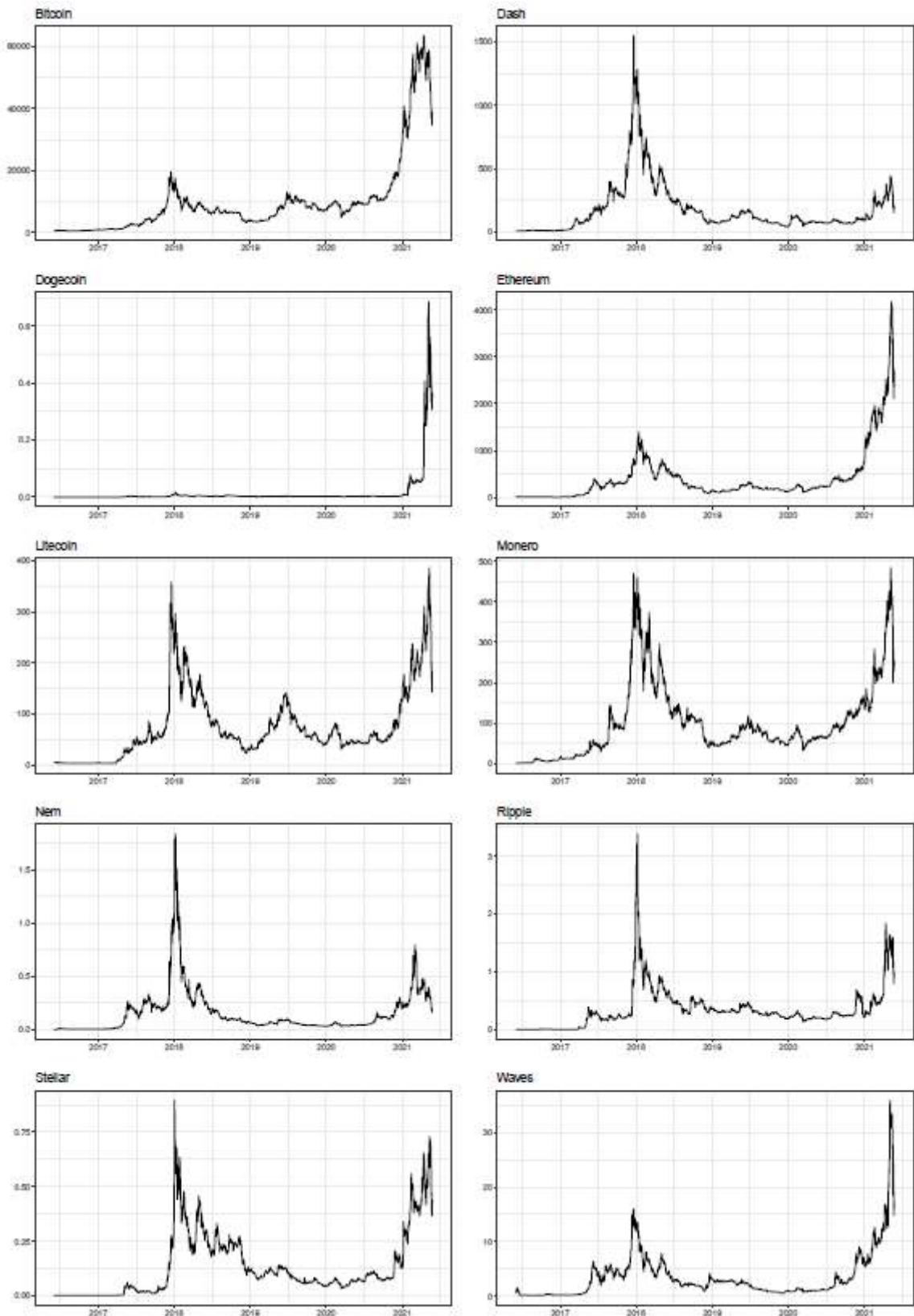
**Tabela 2 – Sumário estatístico dos retornos diários e teste de estacionaridade.**

	Média	Min	Máx	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose	Jarque Bera	Estatística ADF	P-value ARCH-LM
Bitcoin	0,2348	-46,473	22,5119	4,1300	-0,8032	11,8795	10,915***	-44,0086***	0,0000
Dash	0,175	-46,5462	45,1263	6,2391	0,4998	9,751	7299,1***	-29,7292***	0,0000
Dogecoin	0,4024	-51,4934	151,6211	8,0871	4,5358	76,6596	452 423***	-41,226***	0,0000
Ether	0,2906	-55,0714	29,013	5,7344	-0,5366	8,854	6043,2***	-23,4896***	0,0000
Litecoin	0,2013	-44,9012	51,0348	5,9574	0,3672	11,1962	9563,1***	-43,5076***	0,0000
Monero	0,3073	-53,4177	58,4637	6,4341	0,3955	12,1303	11 224***	-30,525***	0,0000
Nem	0,2509	-42,2731	99,5428	7,6569	1,7982	22,1057	38 090***	-32,6191***	0,0000
Ripple	0,2823	-61,638	102,7463	7,4362	2,087	32,3855	80 962***	-43,8276***	0,0000
Stellar	0,3106	-41,004	72,3152	7,8267	1,8754	16,3286	21 317***	-29,0233***	0,0000
Waves	0,1427	-73,4397	45,0316	7,5578	-0,7007	11,5145	10 220***	-42,002***	0,0000

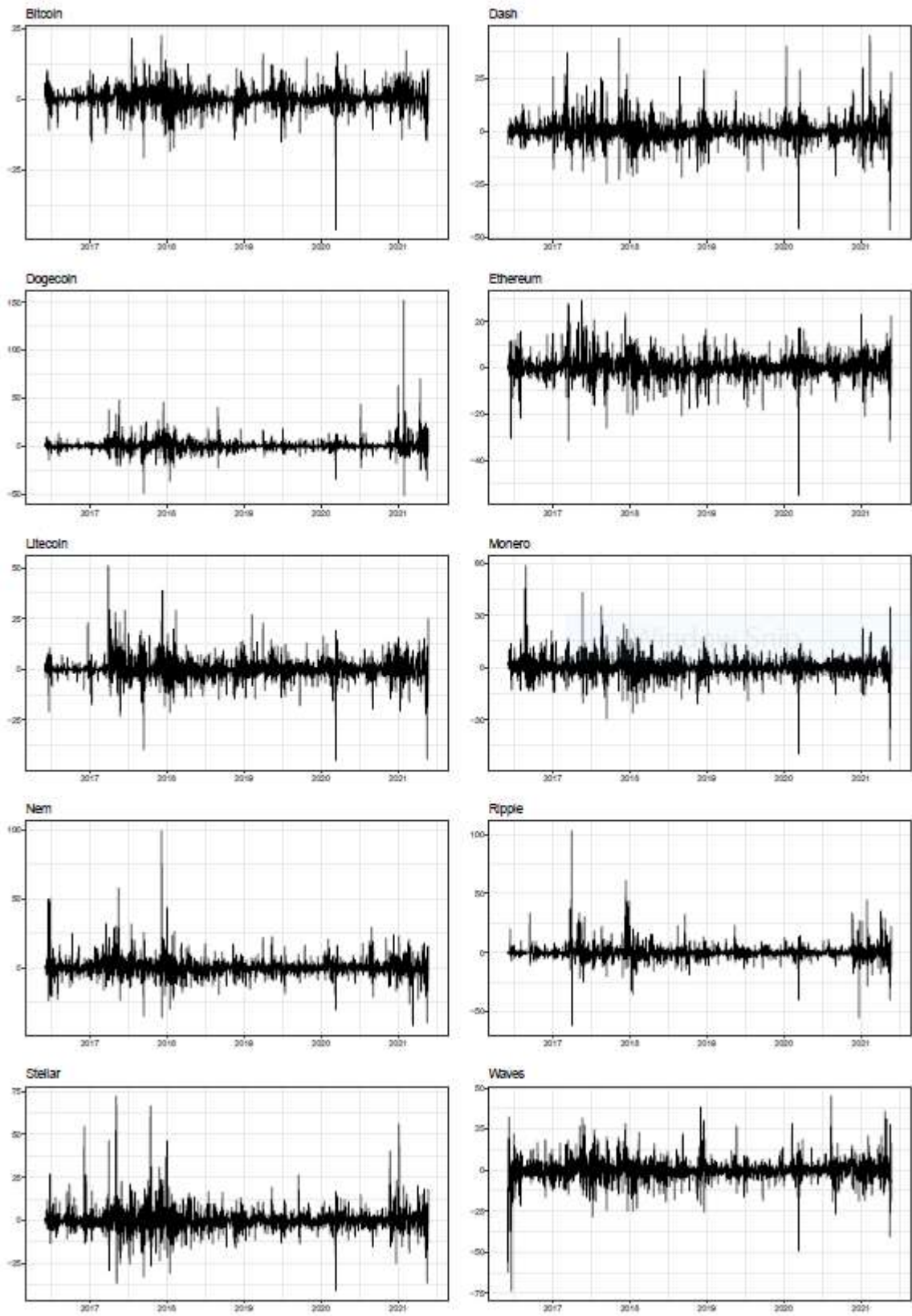
Fonte: Elaboração própria

O teste ADF foi conduzido com uma constante e número de desfasamentos determinado de acordo com o gráfico de autocorrelação, que se encontra no Apêndice A. Neste teste a hipótese nula assume que a série não é estacionária. Neste caso, se o valor da estatística de teste for inferior a -2,86 (valor para um número de observações superior a 500) rejeita-se a hipótese nula. Se observarmos a Tabela 2 verificamos que o valor da estatística teste ADF é sempre inferior a -2,86, logo rejeita-se a hipótese nula concluindo que a série é estacionária.

<sup>16</sup> O teste de Jarque-Bera é um teste estatístico que verifica se os dados da amostra têm simetria e curtose semelhantes a uma distribuição normal.



**Figura 1 - Evolução do preço das criptomoedas.**



**Figura 2 - Evolução dos retornos das criptomoedas.**

O teste Jarque-Bera é um teste de adequação que mede se a amostra tem uma assimetria e uma curtose<sup>17</sup> semelhantes a uma distribuição normal (Hipótese nula: os dados seguem uma distribuição normal). Os valores da estatística de teste de Jarque-bera indicam que todas as séries de retornos não são normalmente distribuídas.

O teste ARCH-LM é utilizado para testar a existência de heteroscedasticidade. Quando se rejeita a hipótese nula é porque não há efeitos ARCH, o que significa que há heteroscedasticidade que é precisamente modelizada com o modelo GARCH.

Podemos constatar que a Dogecoin (DOGE) e a Stellar (XLM) fornecem um retorno médio mais elevado relativamente às restantes criptomoedas. A BTC apresenta-se como sendo a menos volátil, ao contrário da DOGE, que revela ser a mais volátil.

Analisando agora o retorno ajustado ao risco, podemos constatar que DOGE e a Stellar são as mais atraentes, ao contrário da Dash e da Waves que são os menos atraentes.

Denota-se que os valores de assimetria<sup>18</sup> são maioritariamente positivos, podendo afirmar-se que praticamente todas as criptomoedas apresentam uma assimetria positiva, à exceção da BTC, Ether (ETH) e Waves.

Por fim, é de salientar que todas as séries de retorno têm uma curtose elevada, especialmente a DOGE.

A Tabela 3 apresenta a matriz de correlação de *Pearson* dos retornos das dez criptomoedas em estudo referente ao período de amostragem.

**Tabela 3 – Matriz de correlação dos retornos diários.**

	Bitcoin	Dash	Dogecoin	Ethereum	Litecoin	Monero	Nem	Ripple	Stellar	Waves
Bitcoin	1,0000									
Dash	0,5727	1,0000								
Dogecoin	0,4461	0,3645	1,0000							
Ether	0,6440	0,5931	0,4021	1,0000						
Litecoin	0,6776	0,5841	0,4541	0,6332	1,0000					
Monero	0,5984	0,6168	0,3631	0,5699	0,5646	1,0000				
Nem	0,4683	0,4490	0,3422	0,4819	0,4734	0,4326	1,0000			
Ripple	0,4039	0,3823	0,3558	0,4361	0,4691	0,3945	0,3960	1,0000		
Stellar	0,4550	0,4247	0,4153	0,4760	0,4832	0,4703	0,4784	0,6137	1,0000	
Waves	0,5032	0,4408	0,3066	0,4962	0,4830	0,4513	0,3584	0,3180	0,3805	1,0000

Fonte: Elaboração própria

<sup>17</sup> A Curtose (Kurtosis) é uma medida de dispersão que caracteriza o "achatamento" da curva da função de distribuição.

<sup>18</sup> A Assimetria (Skewness) é o grau de afastamento que uma distribuição apresenta do seu eixo de simetria. Se este afastamento acontecer do lado esquerdo, é uma assimetria negativa se o afastamento ocorrer do lado direito, trata-se de uma assimetria positiva.

Podemos observar globalmente uma associação linear elevada entre as diferentes criptomoedas. As correlações são positivas variando entre 0.3066 (Waves/Dogecoin) e 0,6776 (Litecoin/Bitcoin).

#### 4.2. Resultados do modelo DECO

A Tabela 4 apresenta as estimativas do modelo DECO para os retornos das dez criptomoedas. Na primeira etapa foi estimado para cada um dos retornos o modelo GARCH(1,1) referido na equação (5), enquanto que na segunda etapa foi estimado o valor da equicorrelação através da equação (10). \*\*\*, \*\*, e \* denotam uma significância estatística ao nível de 1%, 5% e 10%, respetivamente.

**Tabela 4 – Estimativas do modelo DECO para os retornos das criptomoedas.**

Etapa II: DECO	$\alpha$	$\beta$	
Returns	0,0223***	0,9717***	
Etapa I: GARCH(1,1)	$\omega$	$\alpha_1$	$\beta_1$
Bitcoin	0,7982**	0,1570***	0,8187***
Dash	2,0521***	0,2564***	0,7425***
Dogecoin	0,3936	0,0854***	0,9135***
Ether	2,7617***	0,1711***	0,7604***
Litecoin	1,5786	0,0738***	0,8855***
Monero	1,6844***	0,1523***	0,8276***
Nem	4,6333	0,3456	0,6533***
Ripple	4,4816**	0,4078***	0,5911***
Stellar	3,3766*	0,2312***	0,7492***
Waves	2,7221*	0,2717***	0,7241***
Log-likelihood	-51386,82		

Fonte: Elaboração própria

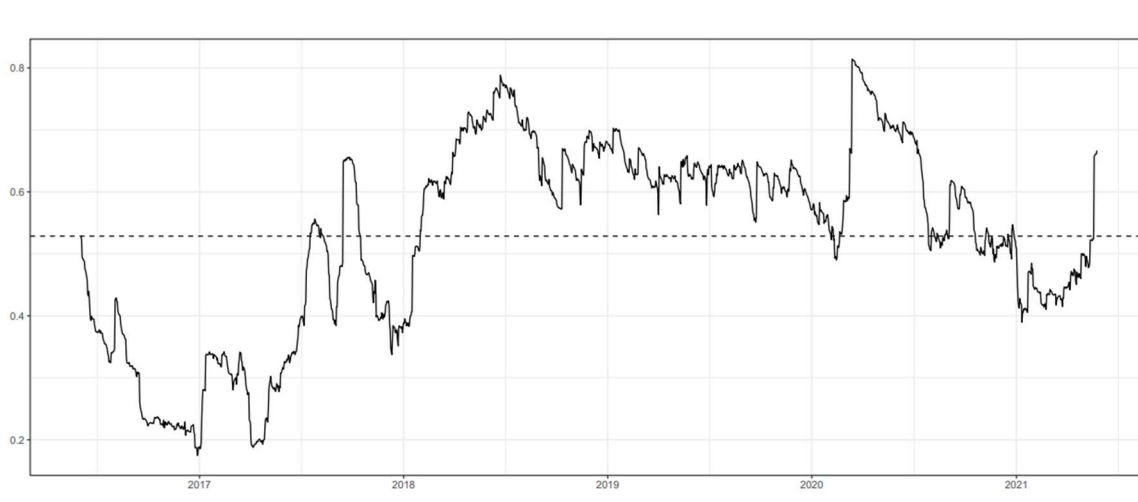
A soma dos parâmetros  $\alpha$  (0,0223) e  $\beta$  (0,9717) próxima de 1 sugere uma persistência elevada da covariância condicional, que corresponde a um índice de correlação elevada entre as criptomoedas, dando indicação de uma equicorrelação integrada. Observa-se ainda que ambos os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  são estatisticamente significativos.

Dado que o presente estudo objetiva a equicorrelação não iremos tecer considerações acerca dos coeficientes do modelo GARCH, mas genericamente pode referir-se que são positivos e estatisticamente significativos.

A Figura 3 mostra o resultado da estimação do modelo DECO, ou seja, uma estimativa da correlação dos retornos ao longo do tempo.

Podemos imediatamente concluir que as equicorrelações estimadas são altamente voláteis e exibem uma tendência de aumento ao longo do tempo. Recorde-se que a designação “equi” vem do facto de a correlação em cada instante ser igual à média de todos os pares de correlações. Ao fazer a média de todos os pares de correlações, o modelo assume que a correlação média é a correlação global.

Entre meados de 2016 e o final de 2017 há uma descida nos retornos das criptomoedas que possa ter sido influenciada pelo hack do Bitfinex que ocorreu em agosto de 2016 (Demiralay & Golitsis, 2021). Mas em 2017 há uma subida até meados de 2018. Segundo Demiralay & Golitsis (2021), em janeiro de 2018 ocorreu o hack do Coincheck e a correlação aumenta até meados de 2018 assistindo-se depois novamente a uma descida que se prolonga até ao início de 2020. Nos inícios de 2020 verifica-se uma subida abrupta que aparentemente poderá estar associada a algum movimento especulativo de mercado, que poderá estar possivelmente associado ao início da pandemia COVID-19, que de alguma forma pode ter agitado o mercado, mas rapidamente o mercado apercebe-se que se trata de uma subida artificial e começa a corrigir. Por isso, verifica-se novamente uma descida abrupta até ao final do ano de 2020. A partir de 2021 observa-se uma recuperação consistente até maio de 2021. Observa-se globalmente uma correlação elevada que varia entre 0,2 e 0,8.



Fonte: Elaboração própria

**Figura 3 - A equicorrelação do retorno.**

### 4.3. Determinantes da equicorrelação

Para tentar averiguar quais serão os principais determinantes/impulsionadores da equicorrelação foi estimado um modelo de regressão linear múltipla onde se utilizaram várias variáveis explicativas nomeadamente: o volume de negociação, o índice global de ações, o preço da energia, o preço do ouro, a incerteza de política econômica, o stress financeiro e o índice de volatilidade implícita dos EUA. Estas variáveis foram motivadas por estudos anteriores semelhantes (Balcilar, Bouri, Gupta, & Roubaud, 2017).

$$Equicorrelation_t = b_0 + \sum_{i=1}^{10} b_i \ln(TV_{i,t}) + b_{11}GEI_t + b_{12}EN_t + b_{13}GLD_t + b_{14}EPU_t + b_{15}FSI_t + b_{16}VIX_t + e_t \quad (12)$$

onde,

- TV (Trading Volume) denota o volume de negociação de cada uma das dez criptomoedas (ou seja, quantidade de ativos negociados diariamente);
- GEI (Global Equity Index) denota o índice global de ações<sup>19</sup> (avaliado através de carteiras teóricas de ações; é com base no desempenho dessas ações, que representam parte significativa das ações negociadas em determinada bolsa, que é possível mensurar o desempenho da bolsa como um todo; em suma, o índice global de ações serve como base para que o investidor analise o desempenho da sua carteira de negócio);
- EN (Energy Price) denota o preço da energia;
- GLD (Gold Price) denota o preço do ouro;
- EPU (Economic Policy Uncertainty) denota a incerteza da política econômica;
- FSI (Financial Stress Index) denota o índice de volatilidade implícita dos EUA;
- VIX (US Implied Volatility Index) corresponde ao índice de stress financeiro.

Estes dados foram extraídos do programa Thomson Reuters. Ao contrário do volume de negociação de cada uma das dez criptomoedas, que está disponível diariamente 7 dias por semana, o índice global de ações, o preço do ouro, o preço da energia, o índice de volatilidade implícita dos Estados Unidos da América (EUA) e o índice de stress financeiro só existem

---

<sup>19</sup> Informação consultada em <https://www.moneytimes.com> à data de 05 de outubro de 2021, às 17:40h.

5 dias da semana. Para estimar o valor destas variáveis ao fim de semana, foi utilizado o método de interpolação linear simples

A Tabela 5 apresenta os resultados da estimação por mínimos quadrados da regressão da equicorrelação: sobre a totalidade das variáveis explicativas (modelo 1); apenas sobre o volume de negociação de cada uma das dez criptomoedas (modelo 2); apenas sobre os indicadores do sistema financeiro global (modelo 3).

**Tabela 5 - Determinantes da equicorrelação do retorno.**

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
ln(Bitcoin)	0,00735	0,05464***	
ln(Dash)	0,02310***	0,02350***	
ln(Dogecoin)	-0,01322***	-0,03640***	
ln(Ether)	0,05692***	0,04297***	
ln(Litecoin)	-0,01577***	-0,01808***	
ln(Monero)	-0,01471***	-0,05268***	
ln(Nem)	-0,01055***	-0,01693***	
ln(Ripple)	-0,01106**	-0,00192	
ln(Stellar)	0,01223***	0,01490***	
ln(Waves)	0,01936***	0,02067***	
GEI	-0,00201***		0,00050*
EN	0,02124***		0,03856***
GLD	0,00018***		0,00025***
EPU	0,00006*		0,00037***
FSI	0,03075***		0,01454***
VIX	-0,00270***		0,00662***
Constante	-0,61200***	-0,420539***	-0,70820***
R <sup>2</sup> Ajustado	0,7518	0,6188	0,4597
Estatística F	344,9 (0,00000)	296,0 (0,00000)	258,7 (0,00000)

Fonte: Elaboração própria

Códigos do nível de significância: 0 '\*\*\*' 0,001 '\*\*' 0,01 '\*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1.

Como se pode observar na Tabela 5, é o modelo 1, onde são consideradas a totalidade das variáveis explicativas, que apresenta o valor de  $R^2$  Ajustado mais elevado. Neste modelo todas as criptomoedas são estatisticamente significativas pelo menos ao nível de 1%, à exceção da BTC que não é estatisticamente significativa. As variáveis GEI, EN, GLD, FSI e VIX são também estatisticamente significativas pelo menos ao nível de 5%, o que reforça os resultados do estudo de Bouri et al. (2021) que afirma que o grau de integração entre as criptomoedas depende sobretudo do TV, EPU e do VIX. Ao contrário de Bouri et al. (2021), o nosso estudo apresenta mais três variáveis estatisticamente significativas, associadas ao mercado financeiro, nomeadamente o GEI, EN, GLD e FSI.

O volume de negociação está positivamente relacionado com a equicorrelação de retorno para cinco das dez criptomoedas. A exceção são as criptomoedas DOGE, a LTC, a XMR, a XEM e a XRP, em que a relação é negativa.

O presente estudo conclui assim que o grau de integração entre as criptomoedas depende sobretudo do volume de negociação, índice global de ações, o preço da energia, o preço do ouro, o índice de stress financeiro e por fim, o índice de volatilidade implícita dos EUA. Este resultado salienta uma associação enfraquecida entre o mercado de integração das criptomoedas e o mercado financeiro., ou seja, os stakeholders estão a ser influenciados pelo volume que é transacionado entre as criptomoedas e não por fatores económicos como, por exemplo, o EN, GLD etc.

Os preços entre as criptomoedas estão consideravelmente correlacionados, mas essa correlação não é justificada por fatores económicos, mas sim sobretudo pelo volume transacionado dessas criptomoedas, o que revela uma certa maturidade do mercado das mesmas.

Foi com alguma admiração que verificamos que a maior criptomoeda, a BTC, não contribuiu para esta conclusão. Contudo, estes resultados são explicados por todas as outras criptomoedas, nomeadamente pela DASH, a DOGE, a ETH, a LTC, a XMR, a XEM, a XRP, XLM e a WAVES.



O presente trabalho teve como objetivo aferir a integração das criptomoedas no mercado financeiro, utilizando um modelo de equicorrelação dinâmica.

Para a realização do presente estudo foi utilizado o modelo DECO em dez criptomoedas que apresentam um valor de mercado significativo. As dez criptomoedas consideradas para o estudo foram BTC, ETH, Dash, XRP, XLM, Waves, XMR, DOGE, LTC e XEM. A DOGE e a XLM são as duas criptomoedas que fornecem um retorno médio mais elevado. A BTC apresenta-se como sendo a menos volátil, ao contrário da DOGE, que revela ser a mais volátil.

Através dos resultados obtidos no sumário estatístico dos retornos diários e teste de estacionariedade, conseguimos concluir que:

- No teste ADF rejeitamos a hipótese nula, o que indica que as séries dos retornos são estacionárias.
- Através do teste de Jarque Bera concluímos que os retornos não seguem uma distribuição normal.
- No teste de ARCH-LM obtivemos a confirmação de que existe heteroscedasticidade nos retornos diários.

No que diz respeito aos resultados do modelo DECO para os retornos das criptomoedas, concluímos que se observa uma elevada persistência da covariância condicional, sendo este um forte indício da elevada correlação entre as mesmas, dando-se a indicação de uma equicorrelação integrada.

Através da análise empírica da equicorrelação do retorno conseguimos concluir que as criptomoedas apresentam uma correlação positiva entre 0,2 e 0,8 que varia ao longo do tempo, sendo esta correlação globalmente consideravelmente elevada. As equicorrelações estimadas têm algumas oscilações provocadas por ataques de *hackers*, como o *hack* do Bitfinex em agosto de 2016, o *hack* do Coincheck em janeiro de 2018 e as proibições impostas pelo governo Chinês e Indiano nas operações de criptomoedas. Todos estes fatores tiveram impacto no mercado das criptomoedas.

No estudo dos determinantes da equicorrelação do retorno foram estudados vários potenciais impulsionadores e os resultados estão em linha com os do estudo realizado por Bouri et al. (2021). Concluímos da mesma forma que o grau de integração entre as criptomoedas depende sobretudo do volume de negociação, do índice global de ações, do preço da energia, do preço do ouro, do índice de stress financeiro e por fim, do índice de volatilidade implícita dos EUA.

Em suma, para completar esta análise empírica, consideramos alguns ativos tradicionais, como o preço da energia, o preço do ouro, índice de ações, incerteza política e económica e calculamos a correlação, concluindo que o mercado das criptomoedas não está vinculado ao comportamento do mercado financeiro, mas está sobretudo ligado ao volume de transações entre as criptomoedas. Verificamos também que os preços entre as criptomoedas estão muito correlacionados, mas essa não é explicada por fatores económicos, mas sim pelo volume transacionado dessas criptomoedas, o que revela já uma certa maturidade do mercado das criptomoedas.

Como limitações ao trabalho desenvolvido, podemos dizer que as criptomoedas, bem como a tecnologia *blockchain*, são um tema que desde o início despertou mais interesse por parte da indústria ou setores de investimento do que por parte dos estudantes. Perante isto, a tecnologia de *blockchain* é uma das poucas áreas de pesquisa e investigação em que os profissionais da indústria e investidores lideram, havendo poucos trabalhos académicos acerca do tema (Rehman, Salah, Damiani, & Svetinovic, 2020).

Para futuros trabalhos de investigação seria importante perceber qual foi o fator impulsionador que provocou uma desvalorização de quase 50% na criptomoeda BTC entre abril e maio de 2021. Especula-se que esta queda do valor da criptomoeda aconteceu depois de que o presidente da Tesla, Elon Musk, expressou as suas dúvidas acerca deste ativo. Elon Musk, tinha anunciado que ia suspender a decisão, que havia sido anunciada em março, que iria aceitar BTC's como meio de pagamento na compra dos seus carros elétrico por questões ambientais. Uma vez que, o presidente da Tesla percebeu que a BTC consome muita energia e que a maior parte desta provém de combustíveis fósseis.

Após esta notícia, o efeito sobre a cotação da BTC foi imediato, esta declaração fez com que houvesse uma elevada desvalorização no mercado da BTC em um curto período de tempo.

Contudo, não existe nenhum artigo científico que comprove esta afirmação, considerando importante investigar o porquê desta queda abrupta da BTC.

Seria também interessante investigar o elevado aumento de preço entre os finais de 2017 e inícios de 2018 na criptomoeda Dash. Existem rumores que o principal motivo para esta valorização de preço entre os finais de 2017 e inícios de 2018 tenha sido o lançamento do Dash Text<sup>20</sup> na Venezuela, mas não existem provas científicas para o afirmar.

---

<sup>20</sup> O Dash Text é uma plataforma venezuelana que permite a transação de criptomoedas baseado em SMS. Ou seja, esta aplicação extingue a necessidade de os utilizadores terem de possuir telemóveis mais sofisticados e com acesso à internet para conseguirem realizar as suas transações envolvendo criptomoedas. Com esta aplicação os utilizadores conseguem transacionar, receber e consultar o saldo disponível da sua carteira de negócios via SMS.

## Referências bibliográficas

---

- Aboura, S., & Chevallier, J. (2014). Volatility equicorrelation: A cross-market perspective. *Economics Letters*, *122*(2), 289-295. doi:10.1016/j.econlet.2013.12.008
- Adams, J. (2021) Ripple's blueprint to modernize Europe's payments infrastructure. In: *Vol. 186* (pp. 6-8).
- Amoza, G., Mercant, S., Presno, N., & Sarto, P. (2014). Características de bitcoin. *IEEM Revista de Negocios*, 61.
- Andriole, S. J. (2020). Blockchain, Cryptocurrency, and Cybersecurity. *IT Professional, IT Prof.*, *22*(1), 13-16. doi:10.1109/MITP.2019.2949165
- Balcilar, M., Bouri, E., Gupta, R., & Roubaud, D. (2017). Can volume predict Bitcoin returns and volatility? A quantiles-based approach. *Economic Modelling*, *64*, 74-81. doi:<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2017.03.019>
- Bistarelli, S., Mazzante, G., Micheletti, M., Mostarda, L., Sestili, D., & Tiezzi, F. (2020). Ethereum smart contracts: Analysis and statistics of their source code and opcodes. *Internet of Things*, *11*. doi:10.1016/j.iot.2020.100198
- Boiko, V., Tymoshenko, Y., Kononenko, A., Rusina, Y., & Goncharov, D. (2021). THE OPTIMIZATION OF THE CRYPTOCURRENCY PORTFOLIO IN VIEW OF THE RISKS. *Journal of Management Information & Decision Sciences*, *24*(4), 1-9.
- Borri, N., & Shakhnov, K. (2020). Regulation spillovers across cryptocurrency markets. *Finance Research Letters*, *36*. doi:10.1016/j.frl.2019.101333
- Bouri, E., Vo, X. V., & Saeed, T. (2021). Return equicorrelation in the cryptocurrency market: Analysis and determinants. *Finance Research Letters*, *38*. doi:10.1016/j.frl.2020.101497
- Brito, J., & Castillo, A. (2013). Bitcoin: a primer for policymakers. *Policy*, *29*(4), 3-12.
- Case, C. J., King, D. L., & Case, J. A. (2020). Blockchain: an empirical review of fortune 500 website postings and usage. *Journal of Business & Behavioral Sciences*, *32*(2), 42-52.
- Ciaian, P., Rajcaniova, M., & Kancs, d. A. (2016). The economics of BitCoin price formation. *Applied Economics*, *48*(19), 1799-1815.
- Correas, J., Gordillo, P., & Roman-Diez, G. (2021). Static Profiling and Optimization of Ethereum Smart Contracts Using Resource Analysis. *IEEE Access, Access, IEEE*, *9*, 25495-25507. doi:10.1109/ACCESS.2021.3057565
- Demiralay, S., & Golitsis, P. (2021). On the dynamic equicorrelations in cryptocurrency market. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, *80*, 524-533. doi:<https://doi.org/10.1016/j.qref.2021.04.002>

- Duong, L. V. T., Thuy, N. T. T., & Khai, L. D. (2020). A fast approach for bitcoin blockchain cryptocurrency mining system. *Integration*, 74, 107-114. doi:10.1016/j.vlsi.2020.05.003
- Engle. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business and Economic Statistics*, 20(3), 339-350. doi:10.1198/073500102288618487
- Engle, R., & Kelly, B. (2012). Dynamic Equicorrelation. *JOURNAL OF BUSINESS & ECONOMIC STATISTICS*, 30(2), 212-212-228. doi:10.1080/07350015.2011.652048
- Ferreira, J., Pinto, F., & Santos, S. (2017). Estudo De Mapeamento Sistemático Sobre As Tendências E Desafios Do Blockchain. *GESTÃO.Org: Revista Eletrônica de Gestão Organizacional*, 108-108-117. doi:10.21714/1679-18272017v15Ed.p108-117
- Jeff. (2020) Ripple says it will be sued by the SEC, in what the company calls a parting shot at the crypto industry. In, (pp. N.PAG).
- Kauflin, J. (2014) The Ripple effect. In: *Vol. 42* (pp. 98).
- Leising, M., & Robinson, E. (2018a) All Eyes on Ripple. But What Is It? In, (pp. 29-29-31).
- Leising, M., & Robinson, E. (2018b) All Eyes on Ripple. But What Is It? In, (pp. 29-31).
- Li, W., & He, M. (2020). *Comparative Analysis of Bitcoin, Ethereum, and Libra*. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsee&AN=edsee.9237710&site=eds-live> consultado a 14 de dezembro 2020.
- Lin, D., Wu, J., Yuan, Q., & Zheng, Z. (2020). Modeling and Understanding Ethereum Transaction Records via a Complex Network Approach. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, Circuits and Systems II*, 67(11), 2737-2741.
- Lucas, B., & Paez, R. V. (2019). *Consensus Algorithm for a Private Blockchain*. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsee&AN=edsee.8784500&site=eds-live> consultado a 19 de março 2021.
- Ma, Y., Ahmad, F., Liu, M., & Wang, Z. (2020). Portfolio optimization in the era of digital financialization using cryptocurrencies. *Technological Forecasting & Social Change*, 161.
- McKay, D. R., & Peters, D. A. (2018). Digital gold: A primer on cryptocurrency. *Plastic Surgery*, 26(2), 137-138.

- Mensi, W., Al-Yahyaee, K. H., & Kang, S. H. (2019). Structural breaks and double long memory of cryptocurrency prices: A comparative analysis from Bitcoin and Ethereum. *Finance Research Letters*, 29, 222-230. doi:10.1016/j.frl.2018.07.011
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: *A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Retrieved from <http://nakamotoinstitute.org/bitcoin/> consultado a 14 de dezembro 2020.
- Padmavathi, M., & Suresh, R. M. (2019). Secure P2P Intelligent Network Transaction using Litecoin. *Mobile Networks and Applications*, 24(2), 318-326. doi:10.1007/s11036-018-1044-9
- Paulino, I. V., & Mendonça, A. (2019). *As “criptomoedas” : desafios à regulação*.
- Poongodi, M., Sharma, A., Vijayakumar, V., Bhardwaj, V., Sharma, A. P., Iqbal, R., & Kumar, R. (2020). Prediction of the price of Ethereum blockchain cryptocurrency in an industrial finance system. *COMPUTERS & ELECTRICAL ENGINEERING*, 81. doi:10.1016/j.compeleceng.2019.106527
- Prybila, C., Schulte, S., Hochreiner, C., & Weber, I. (2020). Runtime verification for business processes utilizing the Bitcoin blockchain. *Future Generation Computer Systems*, 107, 816-831.
- Rehman, M. H. u., Salah, K., Damiani, E., & Svetinovic, D. (2020). Trust in Blockchain Cryptocurrency Ecosystem. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(4), 1196-1212. doi:10.1109/TEM.2019.2948861
- Rella, L. (2020). Steps towards an ecology of money infrastructures: materiality and cultures of Ripple. *Journal of Cultural Economy*, 13(2), 236-249. doi:10.1080/17530350.2020.1711532
- Saito, K., & Iwamura, M. (2019). How to make a digital currency on a blockchain stable. *Future Generation Computer Systems*, 100, 58-69. doi:10.1016/j.future.2019.05.019
- Silva, W., Martins, N., Miranda, I., Penha, R., & Reina, D. (2020). Cryptocurrencies and Finance: The relationship between the return of bitcoin and the main digital currencies. *Brazilian Journal of Management / Revista de Administração da UFSM*, 13(2), 394-407.
- Staderini, M., Palli, C., & Bondavalli, A. (2020). *Classification of Ethereum Vulnerabilities and their Propagations*. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsee&AN=edsee.9274458&site=eds-live> consultado a 27 de fevereiro 2021.
- Tu, Z., & Xue, C. (2019). Effect of bifurcation on the interaction between Bitcoin and Litecoin. *Finance Research Letters*, 31. doi:10.1016/j.frl.2018.12.010

- Yelamanchili, R. K. (2021). Stock Market Returns, Data Frequency, Time Horizon, Return Distribution Density and GARCH Models. *IUP Journal of Applied Economics*, 20(1), 29-46.
- Zaghloul, E., Li, T., Mutka, M. W., & Ren, J. (2020). Bitcoin and Blockchain: Security and Privacy. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(10), 10288-10313.
- Zhang, S., & Gregoriou, A. (2020). The price and liquidity impact of China forbidding initial coin offerings on the cryptocurrency market. *Applied Economics Letters*, 27(20), 1695-1698.
- Zhang, Z., Yin, J., Liu, Y., & Liu, J. (2020). *Deanonymization of Litecoin Through Transaction-Linkage Attacks*. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsee&AN=edsee.9079078&site=eds-live> consultado a 30 de agosto 2021.

## Websites

Global Cryptocurrency Benchmarking Study

<https://bluetoadpublishing.co.uk/publication/?i=468810&p=51>, consultado a 10 de Janeiro de 2021

Li, W., & He, M. (2020). *Comparative Analysis of Bitcoin, Ethereum, and Libra*.

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsee&AN=edsee.9237710&site=eds-live>, consultado a 14 de dezembro 2020.

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Eletronic Cash System*.

<http://nakamotoinstitute.org/bitcoin/>, consultado a 14 de dezembro 2020.

Global: Another Cryptocurrency Causes Ripples. Stratfor Geopolitical Diary, Dec2017

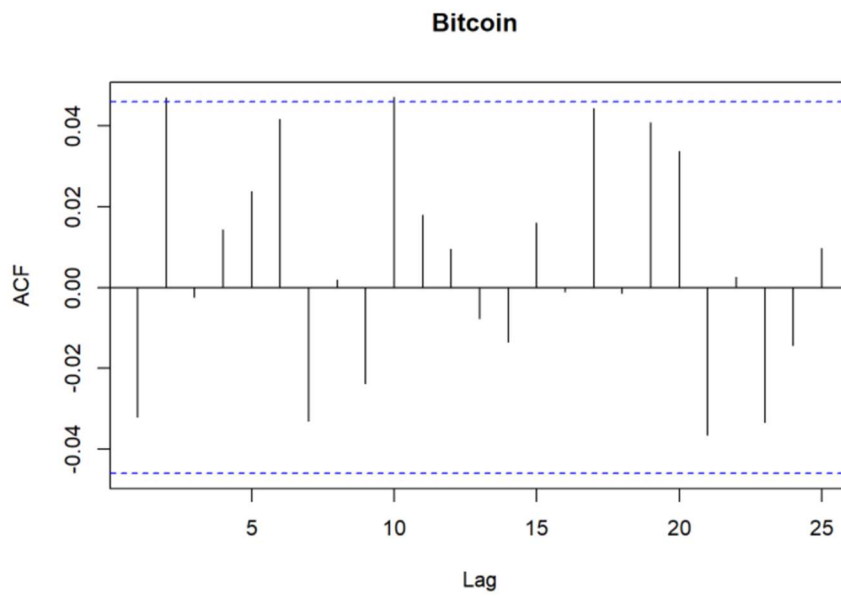
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=127187235&site=eds-live>, consultado a 19 de março de 2021.

<https://coinmarketcap.com/>, consultado a 5 de outubro de 2021.

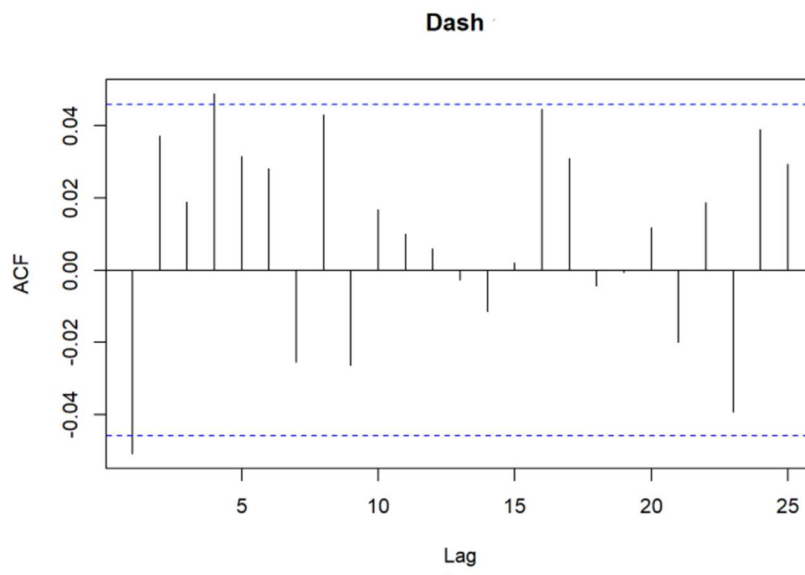
<https://pt.investing.com/crypto/currencies>, consultado a 17 de abril de 2021.



**Apêndice A** – Funções de autocorrelação dos retornos das criptomoedas.

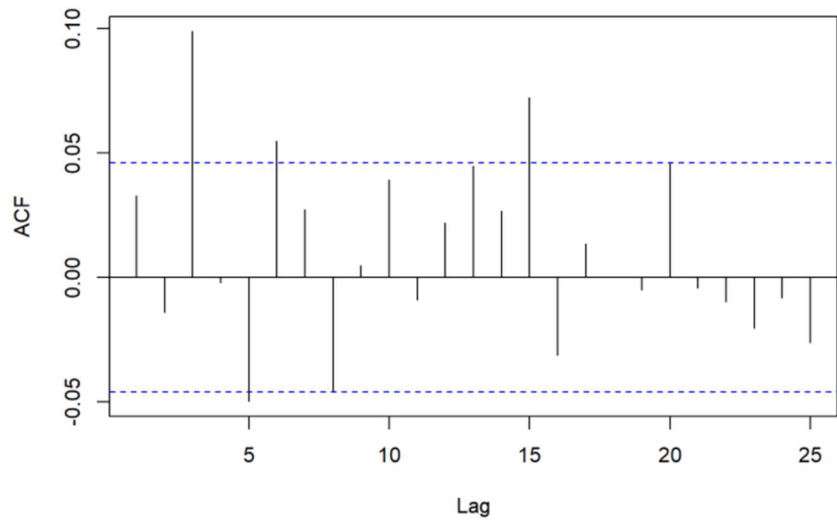


Fonte: Elaboração Própria



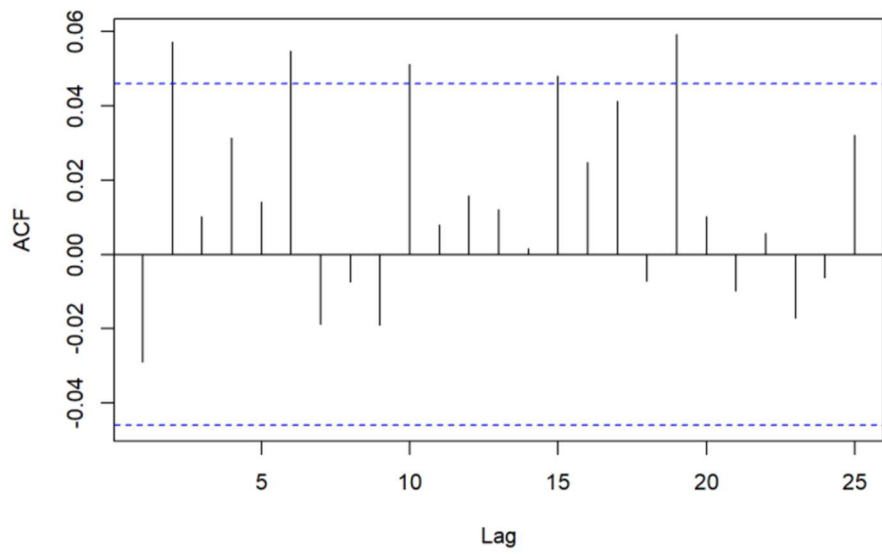
Fonte: Elaboração Própria

### Dogecoin



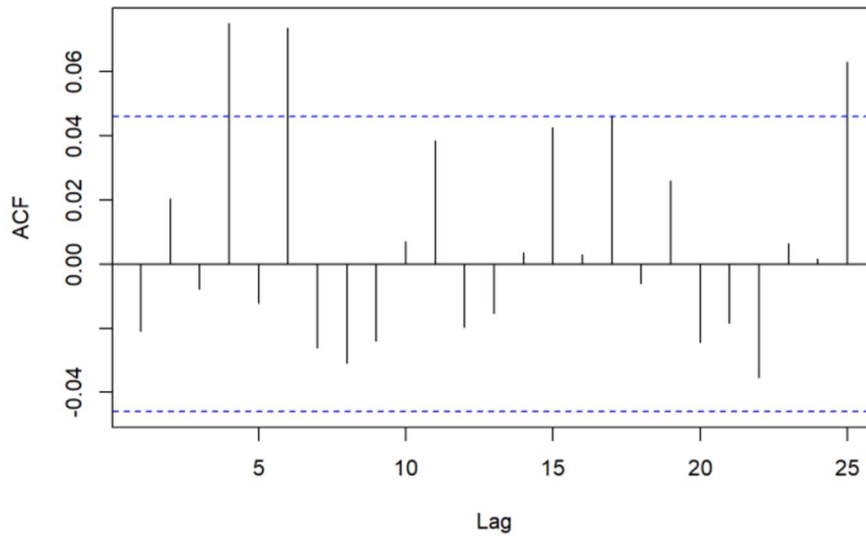
Fonte: Elaboração Própria

### Ethereum



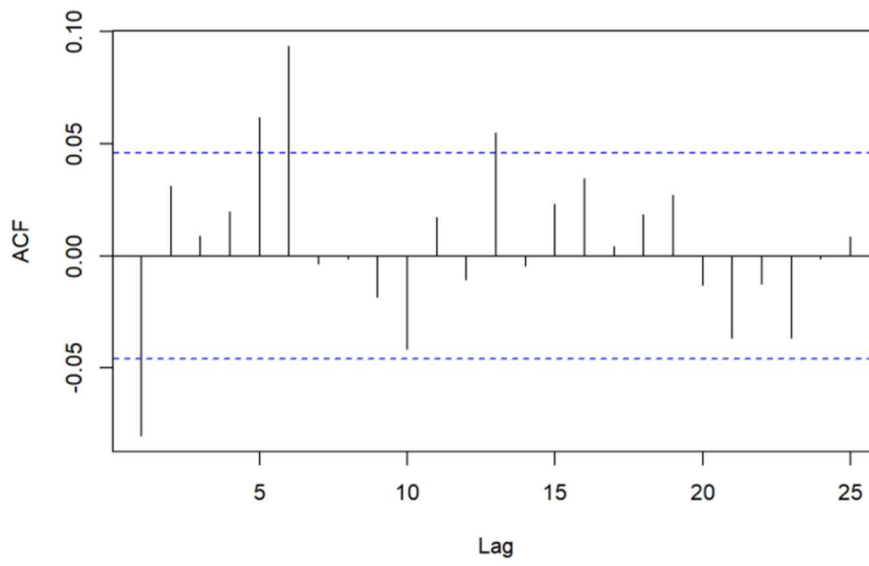
Fonte: Elaboração Própria

### Litecoin

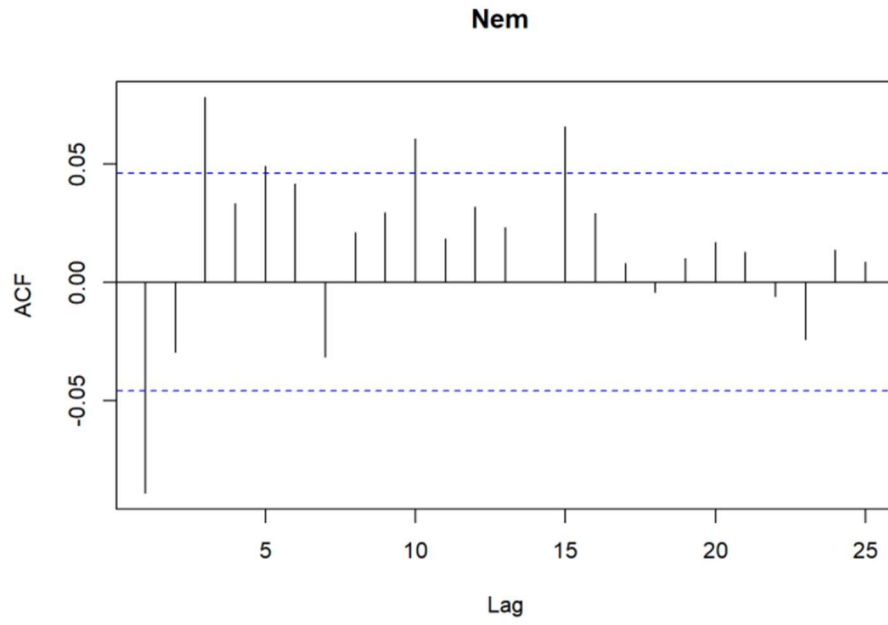


Fonte: Elaboração Própria

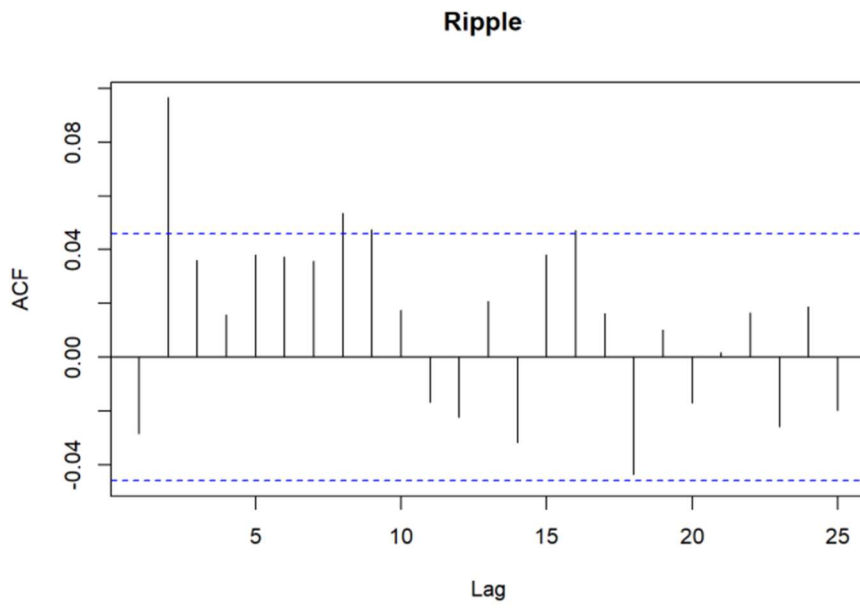
### Monero



Fonte: Elaboração Própria

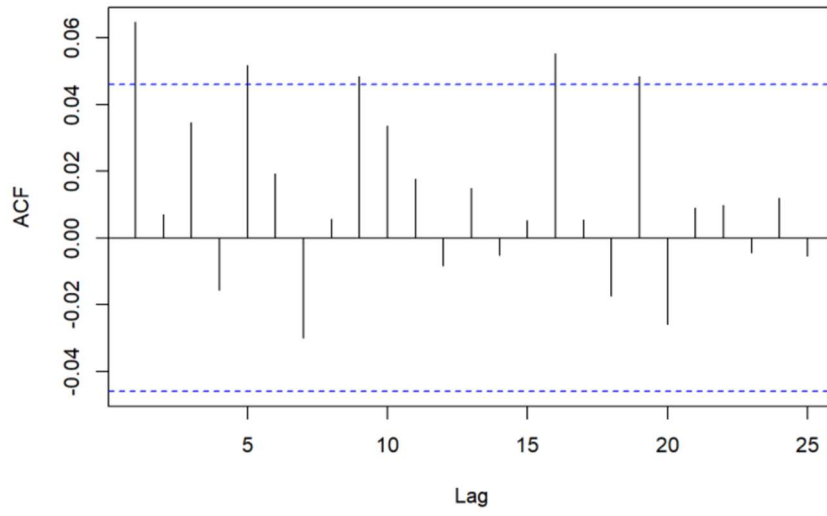


Fonte: Elaboração Própria



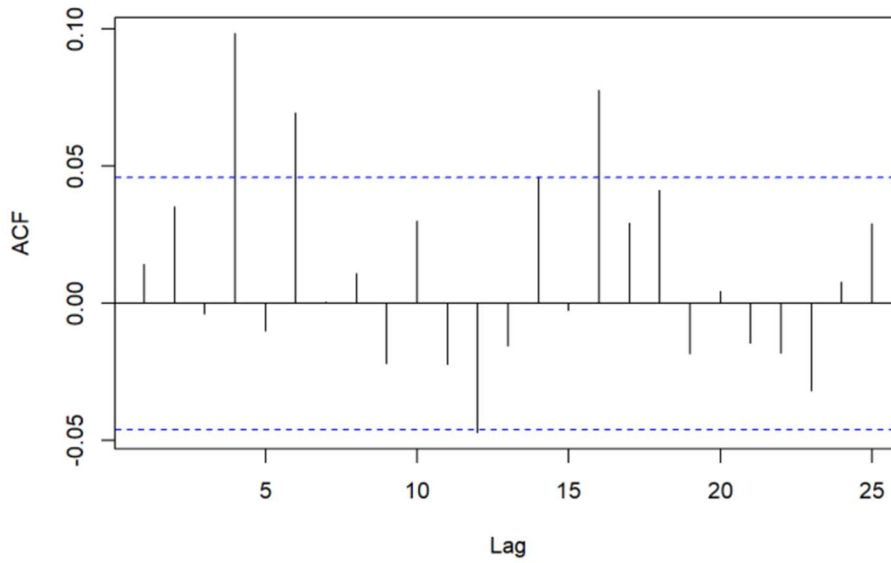
Fonte: Elaboração Própria

### Stellar



Fonte: Elaboração Própria

### Waves



Fonte: Elaboração Própria