



Lisbon School  
of Economics  
& Management  
Universidade de Lisboa

**MESTRADO EM**  
**CONTABILIDADE, FISCALIDADE E FINANÇAS**  
**EMPRESARIAIS**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO**  
**DISSERTAÇÃO**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE CRIPTOMOEDAS E A INCERTEZA DA**  
**POLÍTICA ECONÓMICA**

**BRUNO ALEXANDRE DIAS BARÃO**

**JULHO-2022**



Lisbon School  
of Economics  
& Management  
Universidade de Lisboa

# **MESTRADO EM CONTABILIDADE, FISCALIDADE E FINANÇAS EMPRESARIAIS**

## **TRABALHO FINAL DE MESTRADO DISSERTAÇÃO**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE CRIPTOMOEDAS E A  
INCERTEZA DA POLÍTICA ECONÓMICA**

**BRUNO ALEXANDRE DIAS BARÃO**

**ORIENTAÇÃO:**

**PROFESSOR DOUTOR ALCINO TIAGO CRUZ GONÇALVES  
MESTRE JOSÉ AFONSO MARTINS ALMEIDA**

**JULHO-2022**

## GLOSSÁRIO

BDS - *Biohazard Detection System*

BGSVAR - *Bayesian Graphical Vector Autoregressive*

BTC - Bitcoin

CEPU - Índice de incerteza de política económica da China

COI - *Cone of Influence*

EPU - *Economic Policy Uncertainty*

EUEPU - Índice de incerteza de política económica da Europa

FREPU - Índice de incerteza de política económica da França

GARCH - *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedacity*

GEPU - Índice de incerteza de política económica Global

GEREPU - Índice de incerteza de política económica da Alemanha

MVQM - *Multivariate quantile model*

NARDL - *Nonlinear Autoregressive Distributed*

SHI - *Safe-Haven Index*

TEU - *Twitter Economic Uncertainty*

TMU - *Twitter Market Uncertainty*

TPI - *Trade Policy Uncertainty Index*

UKEPU - Índice de incerteza de política económica do Reino Unido

USEPU - Índice de incerteza de política económica dos EUA

WTC - *Wavelet Coherence*

XRP - Ripple

XWT - *Cross Wavelet Transform*

## RESUMO

A incerteza política económica impacta no comportamento das principais moedas globais. Neste contexto, torna-se importante perceber como as criptomoedas, tratando-se de ativos recentes e descentralizados que não requerem o controlo de nenhuma entidade governamental, se comportam face à incerteza política económica.

Assim, o principal objetivo deste estudo é caracterizar as criptomoedas enquanto instrumento de cobertura de risco, mas também como instrumento *safe-haven* e diversificador de portfólios de investimento, quando confrontadas com a incerteza da política económica.

Neste estudo foram aplicadas as metodologias *Cross Wavelet Transform* e *Wavelet Coherence*, contemplando uma amostra de 52 observações mensais de sete índices de incerteza de política económica e de duas criptomoedas, no espaço temporal compreendido entre janeiro de 2018 e abril de 2022.

Através da aplicação da metodologia *Cross Wavelet Transform*, conclui-se que a Bitcoin tanto pode agir como um instrumento *safe-haven* como um instrumento de cobertura de risco. Já a Ethereum pode ser caracterizada principalmente como um diversificador de portfólios de investimento. De acordo com a *Wavelet Coherence*, os resultados demonstram que ambas as criptomoedas são instrumentos *safe-haven*, de cobertura ao risco e diversificadores de portfólios de investimento, em períodos distintos.

O principal contributo do estudo é concorrer para a literatura acerca do comportamento das criptomoedas quando confrontadas com a incerteza da política económica, auxiliando assim a tomada de decisão por parte dos investidores.

Palavras-chave: Criptomoeda; Incerteza da Política Económica; Bitcoin; *Wavelet*

Códigos JEL: E70, G11, G15, G18

## ABSTRACT

Economic policy uncertainty impacts the behavior of major global currencies. In this context, it is important to understand how cryptocurrencies, that are recent and decentralized assets that do not require the control of any governmental entity, behave in the face of economic policy uncertainty.

Thus, the main objective of this study is to characterize cryptocurrencies as a risk hedging instrument, but also as a safe-haven instrument and a diversifier of investment portfolios, when faced with economic policy uncertainty.

In this study, the Cross Wavelet Transform and Wavelet Coherence methodologies were applied, contemplating a sample of 52 monthly observations of seven economic policy uncertainty indices and two cryptocurrencies, regarding the time frame between January 2018 and April 2022.

Through the application of the Cross Wavelet Transform methodology, it is concluded that Bitcoin can act as both a safe-haven instrument and a risk hedging instrument. On the other hand, Ethereum can be mainly characterized as a diversifier of investment portfolios. According to Wavelet Coherence, the results demonstrate that both cryptocurrencies are safe-haven instruments, risk hedging and investment portfolio diversifiers, along the sampled periods.

The main contribution of the study is to add to the current literature evidence on the behavior of cryptocurrencies when faced with economic policy uncertainty, thus helping investors on decision making.

**Keywords:** Cryptocurrency; Economic Policy Uncertainty; Bitcoin; Wavelet

**JEL Codes:** E70; G11; G15; G18



## ÍNDICE

<b>Glossário</b> .....	iii
<b>Resumo</b> .....	iv
<b>Abstract</b> .....	v
<b>Índice</b> .....	vi
<b>Lista de Figuras</b> .....	viii
<b>Lista de Tabelas</b> .....	viii
<b>Lista de Gráficos</b> .....	viii
<b>Agradecimentos</b> .....	ix
<b>1. Introdução</b> .....	1
<b>2. Revisão de Literatura</b> .....	2
2.1. Criptomoedas .....	2
2.2. Incerteza da Política Económica .....	6
2.2.1. Crise Financeira de 2008 e Consequências .....	6
2.3. Evidência Empírica sobre as Relações entre as Criptomoedas e a Incerteza Política Económica .....	7
<b>3. Dados e Metodologia</b> .....	12
<b>4. Análise dos Resultados</b> .....	18
4.1. Cross Wavelet Transform .....	19
4.1.1. Análise a Curto Prazo .....	21
4.1.2. Análise a Médio Prazo .....	22
4.1.3. Análise a Longo Prazo .....	23
4.2. Wavelet Coherence .....	24
4.2.1 Análise a Curto Prazo .....	26



4.2.2. Análise a Médio Prazo .....	29
4.2.3. Análise a Longo Prazo .....	31
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>33</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>36</b>



## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Interpretação dos escalogramas obtidos como resultados.....	17
Figura 2 – Escalogramas da metodologia Cross Wavelet Transform.....	20
Figura 3 – Escalogramas da metodologia Wavelet Coherence.....	25

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Estatística Descritiva dos EPU's e das Criptomoedas em Estudo.....	18
---	----

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Evolução das Variáveis em estudo no intervalo temporal considerado..	19
--	----

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer ao orientador Professor Doutor Tiago Gonçalves e ao coorientador José Almeida, pela máxima disponibilidade desde o primeiro dia em que comecei a investir na dissertação de mestrado. Quero agradecer por me terem guiado, por me terem dado as luzes que tanto precisava e por me terem incentivado ao longo deste percurso.

À Professora Inês Pinto, por me ter ajudado a escolher um orientador logo ao início. Sem dúvida que foi a escolha mais acertada.

Aos professores do Mestrado de Contabilidade, Fiscalidade e Finanças Empresariais, por todos os conhecimentos transmitidos.

A todos os professores do meu percurso académico, querendo deixar um agradecimento especial à professora Paula Urbano, à professora Paula Jorge e ao professor Hélio Conceição.

Quero agradecer aos meus amigos, pela distração, pela ajuda e pelo esparecimento de quando mais precisei.

À Joana, pela paciência, pela teimosia em tentar sempre ajudar, pela compreensão e pelo apoio incondicional.

Por fim, quero agradecer à minha família, aos avós Albano e Emília, porque sei que estão orgulhosos por alcançar esta meta, aos avós Barão e Micá, pelo incentivo constante em conseguir o diploma, e aos meus pais e irmão, por nunca terem deixado de apoiar o meu percurso académico, por sempre apoiarem as minhas decisões ao longo desta jornada e pela ajuda permanente de todas as formas imagináveis.

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema económico e monetário pelo qual nos regemos já demonstrou inúmeras falhas ao longo do tempo (Pacheco, 2021; Gonçalves et al., 2022), nomeadamente a crise financeira de 2008. Foi neste contexto que Nakamoto (2008) publicou um artigo acerca da origem e do funcionamento da Bitcoin, uma moeda digital descentralizada que não envolve entidades terceiras, como instituições de crédito, e não é controlada por nenhuma organização governamental. Desde então que esta evolução tecnológica tem ganho cada vez mais a atenção de investidores e de académicos. Uma vez que a Bitcoin atua como meio de pagamento totalmente fora do alcance do Estado, torna-se importante perceber como é que esta moeda digital reage a riscos e incertezas que vigoram no sistema económico e monetário tradicional.

O principal objetivo deste estudo incide sobre a caracterização das criptomoedas enquanto instrumento de cobertura de risco, mas também como instrumento *safe-haven* e diversificador de portfólios de investimento, a partir da maneira como estas se associam, ou não, ao índice de incerteza de política económica desenvolvido por Baker et al. (2016), tanto no curto, como no médio e no longo prazos. Para este fim, será utilizada a metodologia *Wavelet*, transformando séries temporais de criptomoedas e de índices de incerteza da política económica de diferentes países em *wavelets*, num domínio de frequência e de tempo, a partir do qual são observadas as relações das variáveis.

Até à data, a literatura existente fornece conclusões bastante distintas no que se refere ao modo como as criptomoedas atuam diante da incerteza da política económica. Alguns estudos indicam que as criptomoedas não são instrumentos de cobertura nem *safe-haven* (Long et al., 2021; Mokni et al., 2022; Wen et al., 2022); outros, identificam o oposto (Al-Yahyaee et al., 2019; Bouri et al., 2017; Das et al., 2018); e ainda existem autores que evidenciam não existir qualquer influência da incerteza da política económica sobre o mercado de criptomoedas (Wang et al., 2019).

A concretização deste estudo contribui para a literatura existente acerca do comportamento das criptomoedas quando confrontadas com a incerteza da política económica. Esta contribuição está relacionada com o facto do intervalo temporal de análise incluir o período pós pandemia COVID-19, até abril de 2022, bem como o facto do estudo ser realizado para além das incertezas das políticas económicas das grandes

potências dos EUA e da China, considerando também a incerteza política económica à escala Europeia e Global.

Através dos resultados deste estudo é possível verificar que, de uma forma geral, a incerteza da política económica impactou de forma negativa as cotações das criptomoedas durante o ano de 2020, mas a partir de 2021 registaram-se maioritariamente relações positivas entre as criptomoedas e a incerteza da política económica. É possível concluir que, durante o ano de 2020, as criptomoedas demonstram ser um bom instrumento de cobertura de risco, enquanto que a partir de 2021 apresentam características de um bom instrumento *safe-haven*.

Este estudo encontra-se organizado em cinco capítulos. No segundo capítulo é elaborada a revisão de literatura onde são definidos conceitos e tratada evidência empírica. No capítulo seguinte, é definido o intervalo temporal da amostra, assim como as variáveis que compõem a mesma. No quarto capítulo, é explicada a metodologia que será aplicada ao presente estudo. No quinto capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos. Por último, no sexto capítulo identificam-se as conclusões, bem como as limitações e indicações de futura investigação.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

Este capítulo apresenta uma contextualização do tema das criptomoedas, bem como dos índices de incerteza política económica. Por fim, de forma a caracterizar e interpretar a relação existente entre os índices de incerteza de política económica, EPU (*Economic Policy Uncertainty*), desenvolvidos por (Baker et al., 2016), e a cotação de diversas criptomoedas, será feita uma revisão de literatura existente.

### **2.1. Criptomoedas**

Começando pela etimologia da palavra “criptomoeda”, esta divide-se em duas partes, sendo que “cripto” incide sobre algo secreto ou fechado, e “moeda” trata-se de um meio de troca utilizado em transações que envolvem duas partes (Zhao e Huang, 2020). A primeira criptomoeda surgiu quando Nakamoto (2008) – o nome do pseudónimo associado à pessoa ou grupo de pessoas que a criou – desenvolveu a Bitcoin.

Uma das razões pelas quais este tipo de ativo tem vindo a ganhar cada vez mais atenção dos investidores deve-se ao facto de se basear num meio de investimento

descentralizado, ou seja, não é controlado ou regulado por nenhuma entidade bancária ou governamental (Pacheco, 2021). No fundo, foi desenvolvida uma rede *peer-to-peer* onde não existe nenhum intermediário, não existindo custos associados a comissões (Fang et al., 2022; Meiklejohn et al., 2013; Pacheco, 2021).

Contudo, para que as transações de criptomoedas possam decorrer de forma adequada é fundamental que exista uma rede que sirva de pano de fundo (Guo e Yu, 2022). Visto que as criptomoedas são puramente digitais, a rede também terá uma natureza digital (Marella et al., 2020). Neste sentido, para assegurar que estas operações possam ser realizadas sem qualquer erro, torna-se obrigatório que a rede possua um sistema de segurança de nível elevado, nomeadamente uma tecnologia criptográfica (Marella et al., 2020). Foi neste contexto que Nakamoto (2008) desenvolveu a *Blockchain*.

A *Blockchain*, ou “cadeia em blocos”, define-se por ser uma inovação tecnológica descentralizada, transparente e imutável (Meunier, 2018). Guo e Yu (2022) complementam que a *Blockchain* é uma tecnologia com propriedades relacionadas com a descentralização, a autonomia, a integridade, a imutabilidade, a verificação, a tolerância de falhas, o anonimato, a auditabilidade e a transparência.

É importante mencionar que, muito antes da *Blockchain* ser desenvolvida e aprimorada, existiram outras tentativas de desenvolver criptomoedas que não foram tão bem-sucedidas ou que chegaram mesmo a falhar. De acordo com Guo e Yu (2022), em 1982 surgiu a primeira tentativa de desenhar um protocolo semelhante à *Blockchain* por David Chaum. Posteriormente, Haber e Stornetta (1991) elaboraram uma cadeia de blocos criptográfica e Bayer et al. (1992) desenvolveram um projeto de segurança criptográfica. Numa outra investigação, Szabo (1998) concebeu a “*bit-gold*”, uma moeda digital descentralizada, e só depois, em 2008, é que Satoshi Nakamoto publicou o seu projeto com bastante sucesso. O impacto da *Blockchain* foi de tal forma grande que a sua aplicação já se encontra presente em diferentes áreas, como por exemplo nas finanças, na saúde, nos seguros, no mercado imobiliário, na música e na logística (Laroiya et al., 2020).

Como uma das grandes vantagens do mercado de criptomoedas, os especialistas apontam a realização de transações diretamente de uma parte para a outra, sem existirem quaisquer intermediários no processo (Bunjaku et al., 2017).

Uma outra vantagem associada às criptomoedas está relacionada com a possibilidade de enviar dinheiro para qualquer sítio e para qualquer pessoa em poucos minutos sem quaisquer taxas ou custos (Castillo e Brito, 2013; Miguel e Regalado, 2015; Ulrich, 2014).

Outra importante vantagem é o facto de o mercado de criptomoedas não sofrer qualquer impacto da inflação (Bunjaku et al., 2017). Segundo Albuquerque e Callado (2015), a oferta de Bitcoin possui um limite de 21 milhões de unidades e, como este mercado se baseia na descentralização, não existe nenhuma organização estatal ou entidade reguladora que altere esta barreira, pelo que não existe qualquer possibilidade da inflação afetar as criptomoedas (Bunjaku et al., 2017).

A transparência também é uma vantagem significativa na esfera dos criptoativos, uma vez que a Bitcoin consegue armazenar o historial de todas as transações já realizadas na *Blockchain* (Bunjaku et al., 2017).

Uma grande desvantagem nas criptomoedas incide sobre a área da regulação. Tal como explica Pacheco (2021), como este ativo digital circula numa rede inteiramente descentralizada, o risco de deter e de transacionar criptomoedas recai totalmente sobre quem investe neste tipo de ativos, uma vez que a segurança depende unicamente dos investidores.

Outra desvantagem está relacionada com o facto de a criptomoeda incidir bastante sobre o anonimato e na privacidade dos utilizadores, assim como das transações, o que leva a que esta tecnologia possa ser utilizada para fins ilegais, como por exemplo, o SILK Road, um *site* que utilizou Bitcoin para vender drogas *online* (Moore e Christin, 2013; Thierer, 2016).

Também é necessário salientar como desvantagem os custos necessários para gerar unidades de criptomoedas. Para serem geradas na *Blockchain*, as criptomoedas exigem uma enorme quantidade de energia, fazendo com que os níveis de gastos de eletricidade ascendam a patamares elevados (Jana et al., 2022).

Muitos autores e especialistas destacam ainda volatilidade como uma das grandes desvantagens associadas às criptomoedas (Amsyar et al., 2020; Bouri et al., 2019; Fang et al., 2022; Mokni, 2021; Pacheco, 2021; Almeida e Gonçalves, 2022), um fator que pode ser justificado pela especulação dos investidores e também pelo limite de moedas em circulação (Almeida, 2020).

Após o lançamento do projeto desenvolvido por Nakamoto (2008), a esfera que engloba ativos financeiros e carteiras de investimento alargou-se para uma tecnologia (*Blockchain*) que promete revolucionar a maneira como as relações entre empresas e consumidores se desenrolam. As criptomoedas caracterizam-se por ser uma classe de ativos cada vez mais atrativa para investir uma vez que oferece diversas utilidades, sempre com um nível de segurança bastante elevado (Klein et al., 2018).

Aquando do aparecimento da Bitcoin, a criptomoeda começou por estar cotada a um valor bastante reduzido, à volta de USD 0,10 em 2010, mas rapidamente subiu, tendo chegado a valores perto dos USD 7.500 em 2018 quando o governo dos EUA publicou um regulamento específico para este ativo digital (Wang et al., 2019). A 8 de Janeiro de 2018, a capitalização de mercado das criptomoedas atingiu os USD 830 mil milhões, segundo Ferreira e Sandner (2021), um valor que é possível comparar com a avaliação de mercado das maiores empresas do mundo, como a Apple ou a Alphabet (Klein et al., 2018).

O grande sucesso da Bitcoin abriu portas à criação de outras criptomoedas conhecidas hoje em dia como Ethereum, Dash, Alcoin, DogeCoin, LiteCoin, PeerCoin, Ripple (Ciaian et al., 2016), pelo que em janeiro de 2019 o mercado já transacionava mais de 2.520 criptomoedas diferentes de acordo com Gil-Alana et al. (2020). Adicionalmente, muitos países já começaram a aceitar a Bitcoin como uma moeda válida de comercialização, especialmente aqueles que têm como objetivo eliminar o dinheiro físico (Bunjaku et al., 2017). Enquanto o Panamá e mais outros seis países se encontram no processo de tornar a criptomoeda uma moeda oficial (Pacheco, 2021), no verão de 2021, El Salvador tornou-se no primeiro país do mundo a reconhecer a Bitcoin como moeda oficial de troca (Sparkes, 2022). Mais recentemente, em abril de 2022, a República Centro-Africana seguiu o mesmo caminho e tornou-se no segundo país a adotar a Bitcoin como moeda oficial de troca (Katterbauer e Hassan, 2022).

## 2.2. Incerteza da Política Económica

Os estudos e análises desenvolvidas até ao dia de hoje concluem que não existe um consenso acerca da definição de incerteza, pelo que não é correto resumi-la a uma única definição (Al-Thaqeb e Algharabali, 2019). Entre a pluralidade de definições concebidas até hoje, a incerteza da política económica é globalmente tratada como um retrato das alterações que afetam a esfera económica podendo resultar em modificações das políticas governamentais (Al-Thaqeb et al., 2020). Mas para entender a relação entre a incerteza da política económica e a cotação de criptomoedas é necessária uma quantificação da incerteza, uma vez que a incerteza não é diretamente observada (Manteu e Serra, 2017).

De entre os diferentes indicadores desenvolvidos, o que pretendo utilizar nesta análise incide sobre o EPU, desenvolvido por Baker et al. (2016). A natureza deste índice baseia-se na pesquisa de palavras-chave na imprensa, fazendo uma contagem durante todos os meses do número de artigos e/ou de jornais que incluam, em simultâneo, expressões associadas à incerteza na economia e na política (Baker et al., 2016). Ao aperfeiçoar esta pesquisa, Baker et al. (2016) conceberam uma base de dados onde é possível consultar os níveis de incerteza da política económica para países em específico, para determinados continentes ou até mesmo para uma escala global.

### 2.2.1. Crise Financeira de 2008 e Consequências

Vários especialistas, como por exemplo Dwyer e Lothian (2012), afirmam que em 2008 terá ocorrido uma das crises mais gravosas desde a de 1929. Uma crise que começou nos EUA e rapidamente se alargou à escala mundial.

Posteriormente a este colapso na economia em 2008, Nakamoto (2008) publicou um artigo sobre um novo sistema monetário: a Bitcoin, um sistema totalmente descentralizado, sem o alcance de entidades estatais e bancárias, apoiada na tecnologia *Blockchain* (Wang et al., 2019). O que leva Satoshi a criar um sistema desta natureza pode estar relacionado com as constantes falhas no sistema económico e monetário em vigor (Pacheco, 2021). Ou seja, a crise de 2008 pode ter incentivado os especialistas a criarem novos sistemas que viessem cobrir as lacunas presentes no atual sistema

económico (Pacheco, 2021). Estas lacunas estão associadas a um crescimento no risco e na incerteza económica que, até muito recentemente, não era um tema tratado com a devida atenção. Só em 2016, através do trabalho realizado por Baker et al. (2016), foi desenvolvido um indicador a partir do qual é possível quantificar níveis de incerteza relativos à política económica – *Economic Policy Uncertainty index* – o que fez despertar um maior interesse nos especialistas.

Após o colapso financeiro de 2008 e mesmo durante o período de 2010 a 2013, referente à crise de dívida europeia, e durante a crise bancária do Chipre em 2012 e 2013, muitas pessoas aderiram à Bitcoin como uma forma de evitar riscos e incertezas de mercado (Wang et al., 2019).

Com este estudo pretende-se investigar a evidência de alguma conexão entre a incerteza a que se assiste no atual sistema tradicional de economia, que envolve entidades reguladoras e instituições bancárias, e as criptomoedas, uma inovação monetária que se afasta de qualquer contacto com autoridades centralizadas e pretende automatizar determinados processos.

### 2.3. Evidência Empírica sobre as Relações entre as Criptomoedas e a Incerteza Política Económica

Numa perspetiva de investidor, o risco e o investimento são conhecidos por serem dois elementos que se inter-relacionam constantemente. Neste sentido, torna-se importante caracterizar o comportamento de determinadas criptomoedas ao serem interligadas com a incerteza da política económica (EPU) (Demir et al., 2019).

Segundo Haq et al. (2021), a forma como o risco é mitigado varia de país para país. neste sentido o indicador EPU é continuamente afetado pelas políticas governamentais de cada território. Os autores apontam as criptomoedas como um ótimo instrumento de cobertura de risco, especialmente devido à sua elevada volatilidade. Para além de ser considerado um bom instrumento de cobertura, as criptomoeda também são um investimento *safe-haven* (Haq et al., 2021), ou seja, mesmo em períodos onde o mercado está numa posição decrescente – *bear market* (Zegadło, 2022) – é esperado que o valor investido se mantenha ou até mesmo valorize (Haq et al., 2021).

Adicionalmente, Wu et al. (2019) através da utilização de um modelo GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedacity*), concluíram que a Bitcoin age como um fraco investimento *safe-haven* e de cobertura de risco em condições extremas de subida e descida de preços (Zegadło, 2022).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, Wu et al. (2021) abordaram a mesma questão utilizando o teste de causalidade à Granger, considerando dois indicadores relacionados com o EPU, contudo baseados na rede social *Twitter*: a incerteza económica (TEU- *Twitter Economic Uncertainty*) e a incerteza de mercado (TMU – *Twitter Market Uncertainty*). Através deste estudo, os autores concluíram que existe uma relação de causalidade entre o TEU e o rácio BTC/USD, bem como uma relação de causalidade significativa entre ambos os indicadores de EPU com os rácios ETH/USD e XRP/USD. Ou seja, o EPU tem um poder explicativo face aos retornos da Bitcoin, da Ethereum e da Ripple, uma vez que um aumento no valor do EPU causa também um aumento nos retornos das criptomoedas (Wu et al., 2021).

Também Demir et al. (2018), através da aplicação do modelo BGSVAR (*Bayesian Graphical Vector Autoregressive*), concluíram que a Bitcoin não age como instrumento de cobertura de risco face ao EPU, em condições normais de mercado. Adicionalmente, Shaikh (2020) fez uma separação entre os EPU's dos EUA, Reino Unido, Japão, China e Hong Kong, concluindo que os EPU's dos EUA e do Japão estão negativamente correlacionados com a Bitcoin, ao contrário do EPU da China, que demonstra estar positivamente correlacionado.

Em outro estudo, Wang et al. (2019) analisaram a relação da Bitcoin com o indicador de incerteza EPU, recolhendo dados relativos à cotação da Bitcoin e dos valores de EPU para o intervalo temporal compreendido entre o 2010 e 2018. Os autores aplicaram o modelo MVQM (*Multivariate quantile model*) e o teste de causalidade proposto à Granger. Os resultados evidenciaram que as variações positivas observadas no EPU não têm qualquer impacto significativo na criptomoeda estudada, concluindo que a Bitcoin merece a atenção dos investidores que pretendem diversificar as suas carteiras de investimento.

Cheng e Yen (2020) avançaram com uma análise semelhante ao estudo descrito anteriormente, onde empregaram dados mensais em vez de dados diários com o intuito

de fazer uma análise a longo prazo. Foram utilizados diferentes EPU's relativos a países diferentes, nomeadamente, da China, dos EUA, do Japão e da Coreia. Como criptomoedas foram consideradas a Bitcoin, a Ethereum, a Ripple e a Litecoin. Ao aplicar um modelo de regressão linear, Cheng e Yen (2020) observaram que o EPU chinês tem a capacidade de prever os retornos da Bitcoin, o que não se verifica no caso dos EPU's dos EUA, do Japão e Coreia. Relativamente às três restantes criptomoedas, é constatado que o poder explicativo do EPU da China face à Bitcoin é bastante mais significativo comparativamente à Ethereum, à Ripple e à Litecoin.

De uma outra perspetiva, Smales (2019) analisou a janela temporal entre agosto de 2011 e junho de 2018 para testar se a Bitcoin é um investimento *safe-haven*, tendo concluindo que a Bitcoin não possui essa propriedade. Também, Long et al. (2021) que utilizaram o modelo NARDL (*Nonlinear Autoregressive Distributed Lag*) para efetuar a mesma análise no período compreendido entre janeiro de 2013 e dezembro de 2020 verificaram o mesmo resultado obtido por Smales (2019). Wen et al. (2022) vem ainda confirmar as conclusões referidas por Long et al. (2021) e Smales (2019) para o espaço temporal de 2019 a 2021.

Relativamente ao estudo de Gozgor et al. (2019), os autores utilizaram a *Wavelet Analysis* para a Bitcoin e o índice TPI (*Trade Policy Uncertainty Index*) referente a uma componente do índice de incerteza política económica dos EUA, entre os anos de 2010 e 2018. Os resultados indicam uma correlação positiva, evidenciando a característica de *safe-haven* da Bitcoin.

No que diz respeito ao estudo de Bouri et al. (2017), os autores também aplicaram a *Wavelet Analysis* para a Bitcoin e o índice de incerteza de política económica Global entre os anos de 2011 e 2016. Neste caso, foi observada uma correlação positiva a curto prazo e uma correlação negativa a médio e a longo prazo, onde é concluído que a Bitcoin é um instrumento de cobertura de risco a curto prazo, mas a médio e longo prazo a mesma situação não se verifica. Das et al. (2018) aplicaram a mesma metodologia para a Bitcoin e o índice de incerteza de política económica dos EUA entre os anos de 2010 e 2017. Os resultados demonstram que apenas foi verificada correlação, positiva, a médio e longo prazo, indicando que a Bitcoin é um diversificador de portfólios de investimento a curto

prazo e um investimento de cobertura de risco, *safe-haven* e diversificador de portfólios a médio e longo prazo.

De um outro ponto de vista, também é interessante realizar a mesma análise para um período de elevada incerteza económica que ainda se faz sentir em todo o mundo: a pandemia COVID-19. É neste sentido que Jiang et al. (2021) avançam, onde utilizam uma metodologia incidente na análise feita por quantis, o teste BDS (*Biohazard Detection System*). Considerando o espaço temporal de 2015 a 2020 e as criptomoedas: Bitcoin, Stellar, Litecoin, Ripple, Ethereum e Monero; os autores concluem que as seis criptomoedas são um bom instrumento de cobertura de risco, mas apenas quando os valores de EPU se mantêm baixos ou moderados (Jiang et al., 2021).

É também interessante, no que respeita à propriedade de investimento *safe-haven*, fazer uma distinção do comportamento das criptomoedas no período pré-pandemia COVID-19 e no espaço temporal posterior a esta grave crise. É nesta ótica que Raheem (2021) executa a sua análise comparativa, entre o período “*pre-COVID*” e o período “*post-COVID*”. O autor aplicou a metodologia baseada numa regressão dos quadrados mínimos comuns, tendo por variável dependente os retornos da Bitcoin, e por variáveis independentes os indicadores de incerteza (EPU, VIX e *Oil Shock*). Os resultados do estudo evidenciaram que os retornos da Bitcoin sofreram um impacto significativamente negativo com o aparecimento da crise pandémica, ou seja, no período “*pre-COVID*” a Bitcoin estabelece-se como um instrumento *safe-haven*. No entanto, no período “*post-COVID*” a Bitcoin, perde esta qualidade.

Comparativamente a Raheem (2021), Mokni et al. (2022) procuram compreender também como é que os criptoativos, se manifestam quando se presencia uma crise pandémica. Neste caso, Mokni et al. (2022) confrontou o indicador de incerteza EPU com a informação relativa às cinco criptomoedas com mais capitalização de mercado (Bitcoin, Ethereum, Tether, Ripple e a Bitcoin Cash), entre o período de 2018 e 2020. Os resultados evidenciaram que as criptomoedas não são investimentos *safe-haven* nem de cobertura de risco durante a pandemia.

Noutro estudo, Chen et al. (2021) procuram fazer a mesma investigação para a situação pandémica verificada na China. Utilizando a Bitcoin e o índice EPU chinês através da aplicação de uma regressão de quadrados mínimos comuns e uma regressão

quantílica generalizada. Os resultados evidenciaram que o EPU da China tem um impacto positivo nos retornos da Bitcoin, comprovando assim que a Bitcoin pode e deve ser utilizada como instrumento de cobertura de risco em períodos de elevada incerteza (Chen et al., 2021).

De uma outra perspetiva, Corbet et al. (2020) e Mnif et al. (2020) verificaram que o aparecimento do período pandémico veio impactar de forma positiva o mercado das criptomoedas, especialmente a Bitcoin, ou seja, semelhante ao resultado obtido por Chen et al. (2021), períodos onde vigorem elevados níveis de incerteza de política económica conseguem ter um impacto significativamente positivo no mercado das criptomoedas.

Por outro lado, Wang et al. (2022) utilizaram a *Wavelet Analysis* onde verificaram uma correlação negativa entre a Bitcoin e o índice de incerteza de política económica Global entre os anos de 2010 e 2020, indicando assim que a Bitcoin não é um instrumento *safe-haven*.

Também Matkovskyy et al. (2020) analisou o impacto que o indicador EPU representativo dos EUA, do Reino Unido, da Europa e do Japão tem sobre a Bitcoin, no período compreendido entre 2015 e 2018. Os resultados dos estudo indicam a existência de uma interdependência entre os mercados financeiros tradicionais e os mercados das criptomoedas, que diminui quando ocorrem níveis extremos de incerteza. Mais especificamente, tanto para os EUA como para o Japão, uma subida significativa dos níveis de incerteza resulta numa diminuição da volatilidade da Bitcoin, confirmando a característica de instrumento de cobertura de risco para a Bitcoin. Estas conclusões vão também ao encontro dos resultados observados nos estudos de Diniz-Maganini et al. (2021) e Nguyen (2021).

Através destas análises não é possível verificar um consenso acerca da capacidade das criptomoedas em agir como instrumento de cobertura de risco ou de investimento *safe-haven*; mesmo nos casos onde se verifica a existência de propriedades de cobertura de risco e de *safe-haven* nas mesmas criptomoedas, tendo em conta o mesmo período temporal, a intensidade com que são verificadas varia.

Assim, com base na literatura existente, este estudo pretende investigar como é que diferentes criptomoedas se comportam face ao indicador de incerteza política económica (EPU) desenvolvido por Baker et al. (2016), contribuindo com uma análise atualizada

através de uma metodologia recente, sobre o comportamento das maiores criptomoedas face à de incerteza política económica das economias mais relevantes.

### 3. DADOS E METODOLOGIA

Neste estudo foi utilizado um conjunto de dados correspondentes aos valores mensais retratados pelo índices de incerteza da política económica Global (GEPU), dos EUA (USEPU), da China (CEPU), da Europa (EUEPU), da Alemanha (GEREPU), da França (FREPU) e do Reino Unido (UKEPU), desenvolvidos por Baker et al. (2016), e os valores de cotação mensais da Bitcoin (BTC) e da Ethereum (ETH) compreendidos entre o período de 1 de janeiro de 2018 a 30 de abril de 2022, ou seja, um período que inclui 52 meses no total. Foi decidido recolher dados só a partir do início de 2018, pois nesta data a cotação da BTC e da ETH sofreu uma queda acentuada e o número de investidores deste mercado aumentou significativamente (Howell et al., 2020). É importante mencionar ainda que é também a partir desta altura que diferentes países começam a abordar este tema com a devida atenção, publicando diversas legislações a fim de regular este mercado financeiro (Howell et al., 2020). Tal como Aharon e Demir (2021), J. Cheng e Dai (2020) e Matos et al. (2021), os dados relativos às criptomoedas foram retirados da base de dados [www.investing.com](http://www.investing.com), enquanto que a informação do índice EPU foi retirada do site [www.policyuncertainty.com](http://www.policyuncertainty.com), considerando a base de dados desenvolvida por Baker et al. (2016).

Baker et al. (2016) concebeu a base de dados relativa à incerteza política económica mencionada anteriormente, explicando que o índice Global EPU, GEPU, é construído a partir da média dos índices EPU registados em 21 países: Austrália, Brasil, Canadá, China, Colômbia, França, Alemanha, Grécia, Índia, Irlanda, Itália, Japão, México, Holanda, Rússia, Coreia do Sul, Espanha, Suécia, Reino Unido e EUA. O índice EPU de cada país é obtido através do volume de jornais e revistas que retratam assuntos onde são simultaneamente incluídos os termos “incerteza”, “economia”, “política” e entre outros, como por exemplo, “legislação” ou “regulação” (Baker et al., 2016). Adicionalmente, Baker et al. (2016) esclarece que o índice Europeu (EUEPU) é construído a partir da média dos índices EPU registados em 5 países europeus, onde são considerados dois principais jornais de cada país: Alemanha, Espanha, França, Itália e Reino Unido.

Dado que os índices GEPU e EUEPU apenas estão disponíveis em frequência mensal, para efeitos de sincronização de dados, optou-se por utilizar os dados mensais dos índices de incerteza política económica e das criptomoedas considerados neste estudo, onde o valor de uma criptomoeda de um mês corresponde ao valor registado no final do último dia do respetivo mês.

Para investigar a relação entre as criptomoedas e os diferentes índices de incerteza de política económica foi utilizada a metodologia de funções *wavelets*. As funções *wavelet* consistem numa análise realizada através de funções de ondas, onde as séries temporais são transformadas em componentes de frequência e de tempo (Phillips e Gorse, 2018). A análise gráfica destas funções incide sobre oscilações de ondas que, ao início, têm uma amplitude igual a zero e variam ao longo do tempo, voltando sempre à amplitude zero no final do intervalo de tempo considerado (Phillips e Gorse, 2018).

Uma função *wavelet* assume a seguinte forma (1):

$$\psi_{u,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi \left( \frac{t-u}{s} \right) \quad (1)$$

Nesta fórmula, a *wavelet* mãe,  $\psi$ , representa a informação relativa à frequência de uma determinada série temporal (Firouzi e Wang, 2019). A componente  $u$  diz respeito à localização da *wavelet* (Phillips e Gorse, 2018). A componente  $s$  refere-se à largura da *wavelet*, onde indica o quão esticada ou encolhida a função está, mantendo sempre a mesma forma da onda (Phillips e Gorse, 2018). Ou seja, a largura da *wavelet* aumenta com níveis elevados de  $s$ , levando a que seja possível observar mais dados da série temporal (Phillips e Gorse, 2018). Enquanto as escalas reduzidas têm uma frequência elevada e permitem obter uma análise no curto-prazo, as escalas elevadas permitem uma análise dinâmica de longo-prazo, onde se verifica uma frequência mais baixa (Phillips e Gorse, 2018).

Existem diferentes tipos de *wavelets*, e cada *wavelet* possui diferentes características adequadas para diferentes propósitos (Dogra et al., 2016). Tal como Phillips e Gorse (2018), Aloui e Hkiri (2014) e Adisson (2002), a *wavelet* utilizada neste estudo incide sobre a *Morlet Wavelet* definida por (2):

$$\psi^M(t) = \frac{1}{\pi^{\frac{1}{4}}} e^{-i\omega_0 t} e^{-\frac{t^2}{2}} \quad (2)$$

Neste caso,  $\omega_0$  é a frequência central da *wavelet*. Fazendo referência a Grinsted et al. (2004), esta variável assume o valor igual a 6, uma vez que oferece um bom equilíbrio entre a localização do tempo e da frequência no gráfico. Um dos parâmetros principais desta *wavelet* encontra-se assente na largura da curva de Gauss (Aloui e Hkiri, 2014).

De forma a avaliar a existência de relação entre as criptomoedas e os índices de incerteza de política económica, foram empregues duas variantes da metodologia *wavelet* no estudo.

Primeiro, será utilizada a *Continuous Wavelet Transform*, uma ferramenta a partir da qual é possível obter uma representação completa da *wavelet* variando os parâmetros da largura e da localização de uma forma contínua (Alharbey et al., 2022). É possível obter diferentes períodos, altos e baixos, onde são decompostos em sub *wavelets* e reconstruindo as séries temporais (Alharbey et al., 2022; Vacha e Barunik, 2012). A *Continuous Wavelet Transform* é definida por (3):

$$W_x(u, s) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \frac{1}{\sqrt{s}} \psi^* \left( \frac{t-u}{s} \right) dt \quad (3)$$

Neste tipo de *wavelet*, o parâmetro  $\psi^*$  representa a versão conjugada da *wavelet* mãe,  $\psi$ . O propósito da *wavelet* mãe é oferecer uma nova versão das “filhas” *wavelet* que são nada mais do que a *wavelet* mãe alterando apenas os parâmetros da localização e da largura (Alharbey et al., 2022).

A partir da *Continuous Wavelet Transform*, será utilizada a *Cross Wavelet Transform*, que foi desenvolvida para investigar a relação entre duas séries temporais não estacionárias e para determinar as suas potências e diferenças no âmbito do domínio do tempo e frequência (Alharbey et al., 2022). Adicionalmente, Yu e Lin (2015) afirmam que este tipo de análise é usada para definir a covariância entre duas séries temporais. Assim, assumindo duas séries temporais  $x(t)$  e  $y(t)$  e que as suas *wavelet transforms* são  $W_x$  e  $W_y$ , respetivamente, a *Cross Wavelet Transform* é definida por (4):

$$W_{xy}(u, s) = W_x(u, s) W_y^*(u, s) \quad (4)$$

Aqui,  $W_y^*$  é a versão conjugada de  $W_y$ , e a variância de uma série temporal bem como a sua potência é obtida através do espectro da potência da *wavelet*,  $|W_x|^2$  (Firouzi e Wang, 2019). A covariância entre as duas séries temporais é definida por  $|W_{x,y}|$  (Firouzi e Wang, 2019).

Posteriormente, será feita a análise *Wavelet Coherence* que nos permite captar as localizações dos coeficientes de correlação de duas séries temporais que contenham dados não estacionários para inúmeras frequências (Kumar e Anandarao, 2019). Ou seja, é possível obter informação acerca da dependência e da correlação entre as séries temporais observadas (Ahn e Park, 2016). Este tipo de *wavelet* é definido da seguinte forma (5):

$$R_{xy}(u, s) = \frac{|S(W_{xy}(u, s))|}{\sqrt{S(|W_x(u, s)|^2) \cdot S(|W_y(u, s)|^2)}} \quad (5)$$

O fator  $S$  representa um *smoothing operator* aplicado, tanto ao tempo, como à frequência e  $R_{xy}$  assume valores entre 0 e 1, sendo que valores mais próximos de 1 significam uma correlação mais forte e valores mais próximos de 0 significam uma correlação mais fraca (Firouzi e Wang, 2019).

Os resultados obtidos através desta metodologia são escalogramas com o eixo horizontal a representar o tempo, ou seja, o espaço temporal analisado, e no eixo vertical encontra-se o período (Phillips e Gorse, 2018). É importante clarificar que, no eixo vertical, a zona onde estão espelhados os períodos baixos (zona com frequências altas) encontra-se no topo do escalograma, enquanto a zona onde estão espelhados os períodos altos (zona com frequências baixas) encontra-se na base do escalograma (Phillips e Gorse, 2018). Ainda, a zona de períodos inferiores é do interesse dos investidores a curto-prazo, que contrasta com a zona de períodos superiores que se refere à parte do interesse dos investidores a longo-prazo (Phillips e Gorse, 2018). De forma a clarificar a análise elaborada, foi considerado que os horizontes temporais de curto, médio e longo prazo incidem respetivamente sobre o intervalo de períodos entre 0 e 4 meses, 4 a 8 meses e 8 a 16 meses (Phillips e Gorse, 2018). Relativamente ao eixo horizontal, torna-se importante esclarecer que o início da janela temporal analisada encontra-se no ponto mais à esquerda do escalograma, pelo que o seu fim localiza-se no ponto mais à direita do gráfico (Phillips e Gorse, 2018). Neste eixo, dado que as observações são de frequência

mensal, os anos 2018, 2019, 2020, 2021 e 2022 correspondem respetivamente aos intervalos 1 a 12, 13 a 24, 25 a 36, 37 a 48, e 49 a 52.

Esta tipologia de gráficos destaca as áreas onde ambas as séries temporais se movimentam, ou seja, sofrem alterações no seu valor em determinado momento  $t$  (Phillips e Gorse, 2018). Também será possível reparar que existe uma escala de cores no escalograma, desde o temperamento mais frio até ao mais quente (Phillips e Gorse, 2018). Neste contexto, as cores mais quentes significam uma maior coerência entre as séries temporais, ou seja, que possuem uma maior correlação entre elas, no caso da *Wavelet Coherence*, ou uma maior covariância, no caso da *Cross Wavelet Transform* (Al-Yahyaee et al., 2019; Phillips e Gorse, 2018). Por outro lado, as cores mais frias representam uma correlação mais fraca das séries, no caso da *Wavelet Coherence*, ou uma covariância mais fraca entre as séries, no caso da *Cross Wavelet Transform* (Al-Yahyaee et al., 2019; Phillips e Gorse, 2018). As cores utilizadas neste estudo variam entre o azul-escuro e o vermelho, pelo que, no caso da *Cross Wavelet Transform*, a escala varia entre 1/8 (azul-escuro) e 8 (vermelho), e na *Wavelet Coherence* varia entre 0 (azul-escuro) e 1 (vermelho) (Phillips e Gorse, 2018).

Face às setas representadas no escalograma, estas definem dois aspetos: o comovimento e o efeito *lead/lag* (Phillips e Gorse, 2018). Uma seta orientada para a esquerda representa movimentos *out-phase* entre as duas séries temporais, ou seja, movimentos opostos (Phillips e Gorse, 2018). Por outro lado, uma seta orientada para a direita representa movimentos *in-phase* entre as duas séries temporais, ou seja, movimentos similares (Phillips e Gorse, 2018). Numa outra perspetiva, uma seta orientada para baixo significa que existe o efeito *lead*, ou *leading effect*, na medida em que a primeira série temporal está a liderar relativamente à segunda série temporal, ou seja, a primeira série temporal incorpora um poder preditivo do valor ou cotação da segunda série temporal, e existe também o efeito *lag*, ou *lagging effect*, que expressa um atraso da segunda série temporal face à primeira série temporal (Phillips e Gorse, 2018). Por outro lado, uma seta orientada para cima significa que existe o efeito *lag*, ou *lagging effect*, na medida em que a primeira série temporal está atrasada em relação à segunda série temporal, e existe também o efeito *lead*, ou *leading effect*, que demonstra que a segunda série temporal está a liderar relativamente à primeira série temporal, ou seja, a segunda série temporal incorpora um poder preditivo do valor ou cotação da primeira

série temporal (Phillips e Gorse, 2018). Para efeitos de simplificação, a primeira série temporal de todos os escalogramas será o índice de incerteza de política económica e a segunda será a criptomoeda, BTC ou ETH.

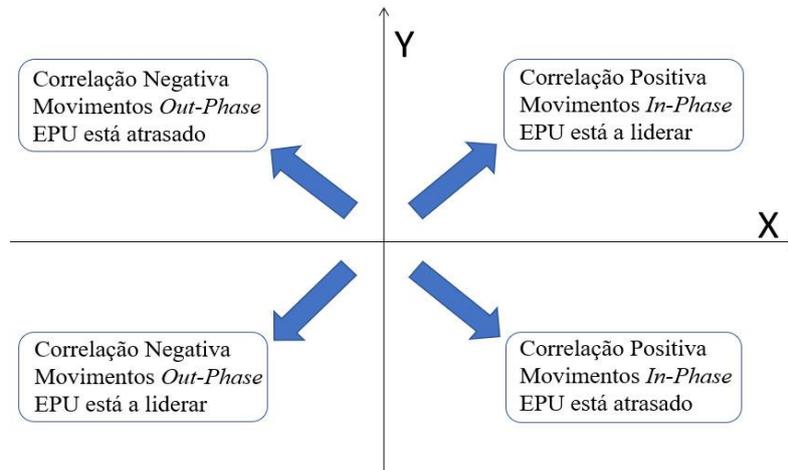


Figura 1 – Interpretação dos escalogramas obtidos como resultados. Fonte Própria.

No que diz respeito às séries temporais, a informação contida em cada observação utiliza informação de observações vizinhas (Phillips e Gorse, 2018). Mas como todas as séries temporais utilizadas neste estudo são finitas, os dados colocados no início e no fim da respetiva série temporal não terão toda a informação necessária, especialmente em zonas de períodos altos, ou seja, no horizonte a longo prazo (Phillips e Gorse, 2018). Uma solução para esta situação, utilizada por Phillips e Gorse (2018), é preencher a informação da série temporal com zeros onde for necessário, mas um dos principais problemas é a fiabilidade dos resultados obtidos diminuir nas zonas iniciais e finais de cada série temporal. Como este problema se verifica regularmente, é utilizado um *cone of influence* (COI), que divide os dados menos fiáveis dos dados mais precisos (Phillips e Gorse, 2018). Desta forma, nos escalogramas obtidos como resultados, as observações fora do COI representam os dados pouco fiáveis, fazendo com que os dados efetivamente fiáveis se localizem dentro deste limite (Phillips e Gorse, 2018). Ou seja, as observações fora do cone não deverão ser consideradas por razões de fiabilidade de resultados. Será fácil reparar nesta divisão, uma vez que fora do COI as cores são mais pálidas.

Um outro aspeto importante na análise dos escalogramas incide sobre as regiões do escalograma circundadas por um tracejado a negrito. Estas zonas espelham as áreas estatisticamente significativas de co-movimento baseadas na simulação de Monte Carlo, a níveis de 5% de confiança (Li et al., 2021; Phillips e Gorse, 2018).

#### 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis em estudo, bem como as análises dos resultados obtidos através das metodologias *Cross Wavelet Transform* e *Wavelet Coherence*.

A Tabela 1 espelha a estatística descritiva das séries temporais dos índices de incerteza de política económica GEPU, USEPU, CEPU, EUEPU, GEREPU, UKEPU e FREPU, assim como das criptomoedas BTC e ETH.

Tabela 1 - Estatística Descritiva dos EPU's e das Criptomoedas em Estudo.

Variáveis	Média	Mediana	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Assimetria	Curtose
GEPU*	246.016	235.900	430.200	123.900	64.200	0.602	0.106
USEPU*	207.800	176.000	504.000	109.700	87.800	1.606	2.355
CEPU*	325.500	319.200	661.800	149.600	106.300	1.118	1.915
EUEPU*	231.700	227.000	391.300	135.200	52.600	0.779	1.027
GEREPU*	276.400	226.900	785.000	97.500	140.600	1.606	3.007
UKEPU*	313.900	318.300	542.500	111.100	108.800	-0.002	-1.004
FREPU*	272.200	263.000	432.700	159.800	62.400	0.673	0.237
BTC (USD)	20400.500	9594.400	61309.600	3437.200	18261.300	0.949	-0.651
ETH (USD)	1100.900	390.200	4628.900	106.700	1289.100	1.247	0.257

\* Unidade de medida – nº de jornais e revistas que retratam assuntos onde são simultaneamente incluídos os termos “incerteza”, “economia”, “política” e entre outros, como por exemplo, “legislação” ou “regulação”.

No caso dos EPU's, o CEPU atingiu o valor médio mais elevado, de 325,50, enquanto o GEREPU atingiu o maior e menor valor, de 785,50 e de 97,50 respetivamente, ou seja, o EPU da Alemanha é o índice com maior desvio padrão. No que diz respeito à assimetria e à curtose, todas as variáveis, à exceção do UKEPU, apresentam valores positivos, significando que têm uma cauda direita da distribuição mais longa e que apresentam leptocurtose. No caso do UKEPU, este possui uma cauda esquerda da distribuição mais longa e apresenta uma platicurtose.

Relativamente às criptomoedas, a BTC atingiu o valor médio de USD 20.400,50, sendo que alcançou o valor mínimo de USD 3.437,20 e o valor máximo de USD 61.309,60, e no meio da distribuição de preços recolhida foi registado o valor de USD 9.594,40. Percebe-se, ainda, que a BTC teve uma volatilidade bastante mais elevada no período considerado, comparativamente à ETH. Por outro lado, a ETH atingiu o valor médio de USD 1.100,90, onde alcançou o valor mínimo de USD 106,70 e o valor máximo

de USD 4.628,90, e na mediana da distribuição foi registado o valor de USD 390,20. Relativamente à assimetria, ambas as criptomoedas apresentam uma cauda direita da distribuição mais longa. Em termos de curtose, a BTC apresenta uma platicurtose enquanto a ETH mostra uma leptocurtose.

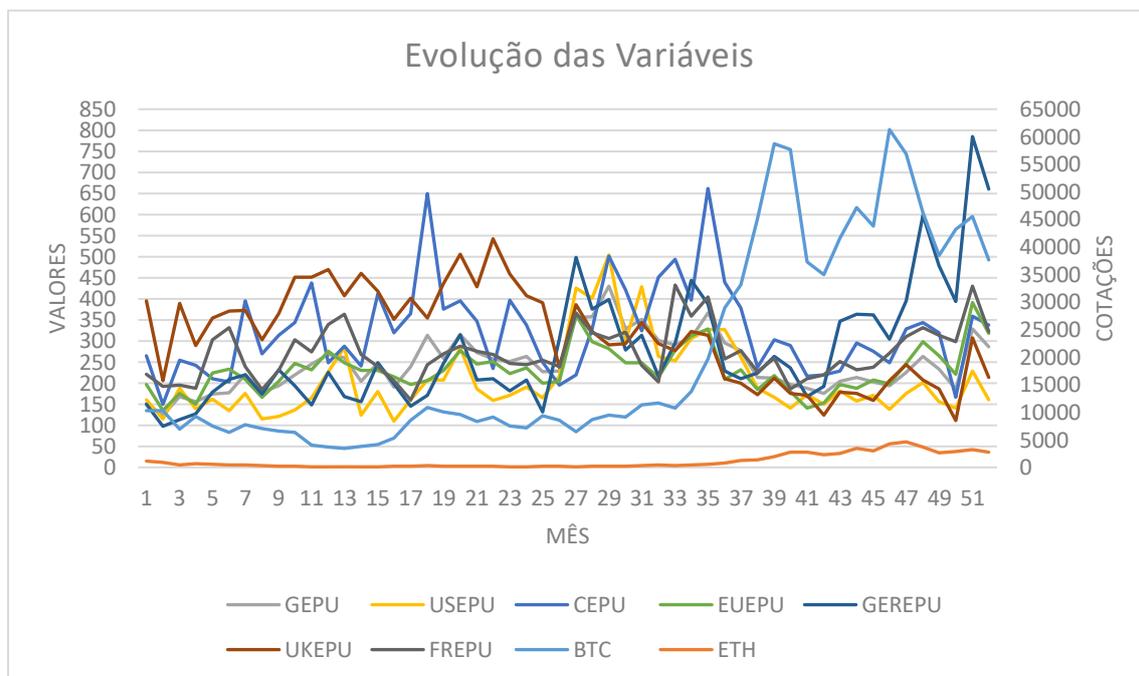
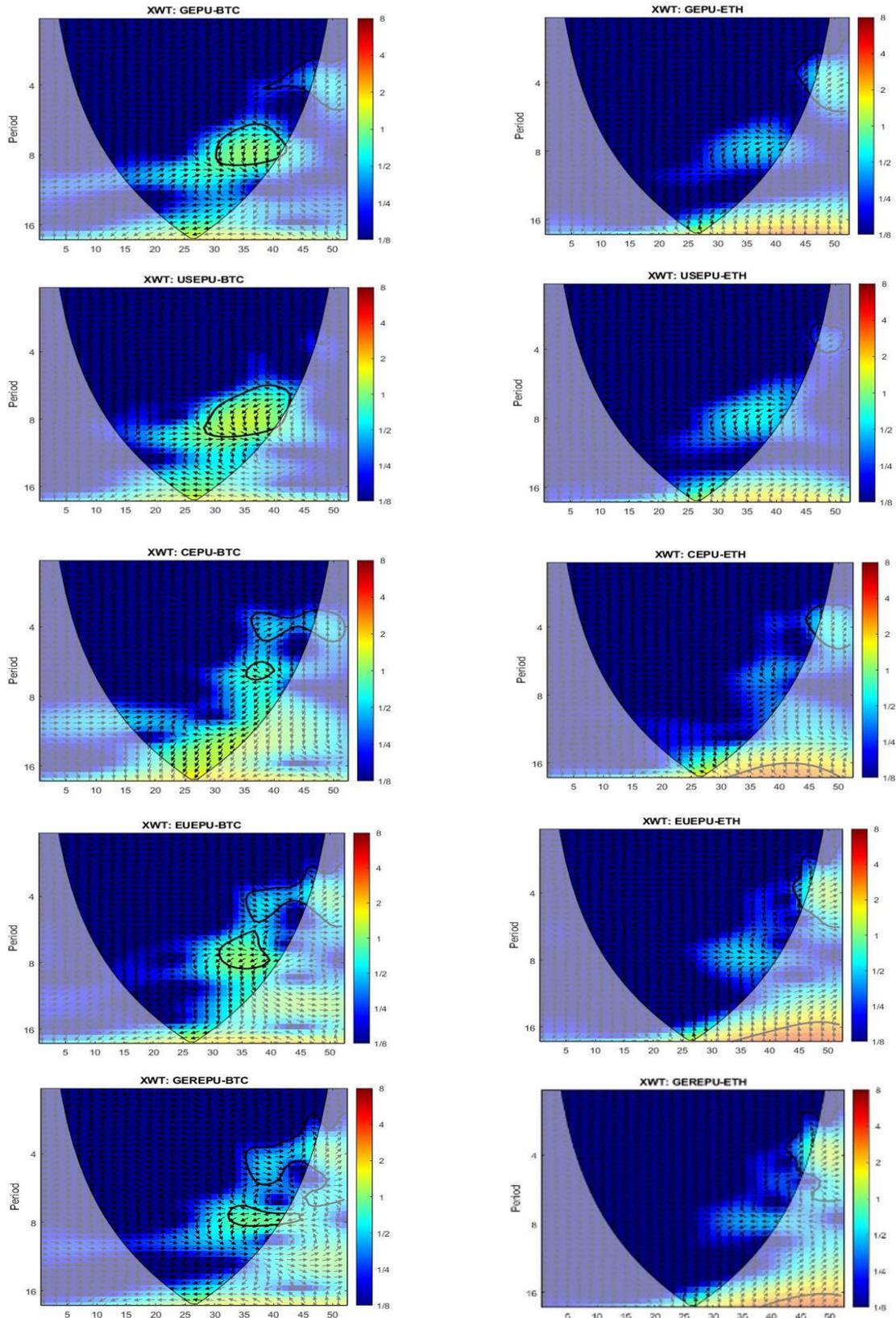


Gráfico 1 – Evolução das Variáveis em estudo no intervalo temporal considerado. Fonte Própria.

A evolução das séries temporais encontra-se apresentada no gráfico 1. Enquanto, a partir do lado esquerdo são demonstrados os valores dos índices de incerteza de política económica, no lado direito são apresentados as cotações das criptomoedas BTC e ETH. As criptomoedas começaram o ano de 2018 com uma queda nos seus preços, mas o gráfico também espelha uma subida bastante acentuada a partir do final de 2020. Relativamente aos índices EPU, o UKEPU possuía os valores mais elevados no início do intervalo temporal, e a partir de meados de 2021 o EPU da Alemanha sofreu um elevado aumento no seu valor, fazendo com que seja o EPU mais elevado no final do espaço temporal considerado.

#### 4.1. *Cross Wavelet Transform*

A Figura 2 apresenta os resultados utilizando a *Cross Wavelet Transform* entre os diferentes índices de incerteza da política económica (GEPU, USEPU, CEPU, EUEPU, GEREPU, UKEPU, FREPU) e as duas criptomoedas (BTC e ETH).



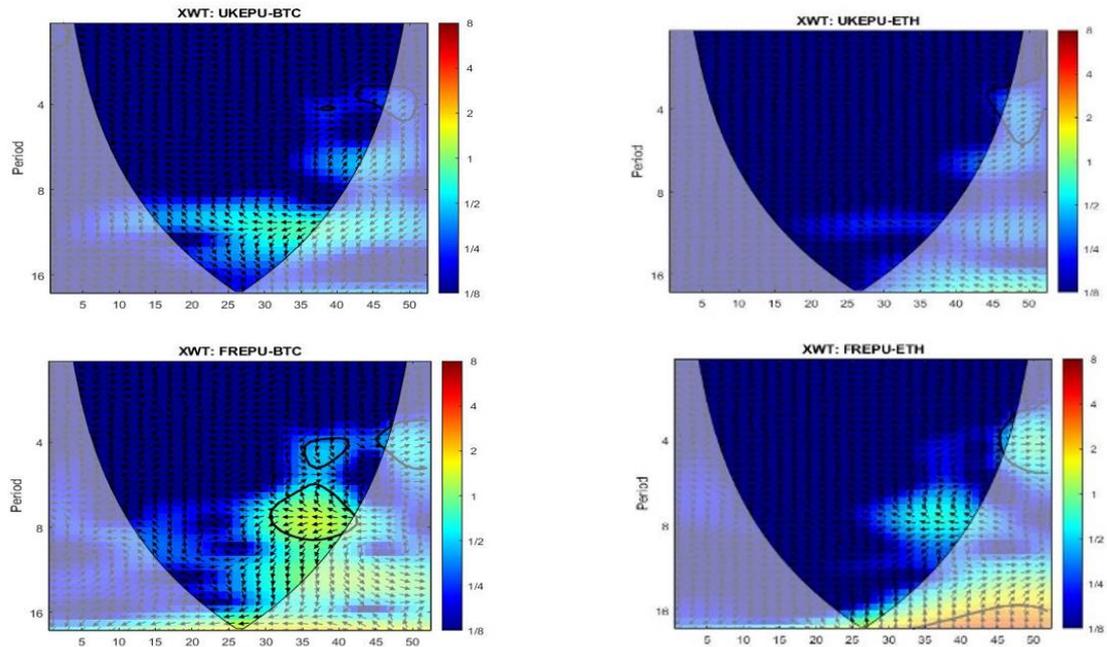


Figura 2 – Escalogramas da metodologia *Cross Wavelet Transform*. Fonte: elaboração própria através do software MatLab.

#### 4.1.1. Análise a Curto Prazo

Analisando os gráficos num horizonte temporal a curto prazo percebe-se que os índices GEREPU, CEPU e EUEPU apresentam covariâncias positivas com a BTC a partir de 2021, onde tanto o GEREPU, CEPU e o EUEPU possuem um poder preditivo do valor da BTC. Os resultados referentes às relações entre CEPU com a BTC são semelhantes aos do estudo desenvolvido por Cheng e Yen (2020), entre 2014 e 2019. Estes resultados complementam também os do estudo realizado por Chen et al. (2021), onde a BTC é considerada como um instrumento de cobertura de risco e de diversificação de portfólios de investimento face ao CEPU, entre o final de 2019 e o início de 2020.

No que toca à relação entre o USEPU e a BTC, os resultados não evidenciam qualquer covariância. Verifica-se uma semelhança com os resultados de Wang et al. (2019), onde também não é evidenciada qualquer relação entre as duas variáveis. No entanto, Al-Yahyaee et al. (2019) verificou uma covariância negativa entre o USEPU e a BTC, entre os anos de 2014 e 2016, bem como Wang et al. (2022), que também verificou uma covariância negativa entre ambas as variáveis, mas no período entre os anos de 2010 e 2017. Ou seja, os autores afirmam que a BTC caracteriza-se como um instrumento que não é de cobertura de risco, nem *safe-haven* nem diversificador de portfólios de investimento a curto prazo, para nestas datas.

No que diz respeito à ETH, apenas os índices GEREPU e EUEPU demonstram covariância com a criptomoeda. Mais especificamente, uma covariância positiva demonstrada por movimento *in-phase* a partir de meados de 2021, onde os índices EPU possuem um poder preditivo na cotação da ETH. Este resultado não está em concordância com os resultados do estudo de Wu et al. (2021), onde é evidenciada uma relação positiva entre o USEPU e a ETH entre 2019 e o início de 2020.

Apesar de ser observada covariância entre a incerteza da política económica da China e a BTC, a mesma não é verificada à escala Global, ou seja, a covariância entre o CEPU e a BTC é dissipada quando combinada com os países constituintes do índice Global. Do mesmo modo, relativamente à ETH, apesar de existir covariância com a incerteza da política económica da Europa, esta não se verifica à escala Global, ou seja, a covariância entre o EUEPU e a ETH é dissipada quando combinada com os países constituintes do índice Global.

#### 4.1.2. Análise a Médio Prazo

Relativamente às relações de médio prazo, foi evidenciada covariância entre a BTC e todos os índices de incerteza da política económica (GEPU, USEPU, CEPU, EUEPU, GEREPU e FREPU), à exceção do UKEPU.

Relativamente às relações entre o USEPU e o GEPU com a BTC verificaram-se covariâncias negativas com movimentos *out-phase* entre meados de 2020 e meados de 2021, onde os índices USEPU e GEPU têm poder preditivo sobre a cotação da BTC. Este resultado vem complementar os resultados de Mokni et al. (2022), onde não é identificada qualquer relação entre 2018 e 2020, comprometendo a capacidade de cobertura de risco, de *safe-haven* e de diversificação de portfólios de investimentos da Bitcoin.

No caso da relação entre o índice CEPU e a BTC, também foi registada uma covariância negativa com movimentos *out-phase*, contudo esta incidiu sobre o período entre o início de 2021 e o início de 2022, onde a BTC tem poder preditivo sobre o valor do CEPU. Estes resultados são opostos aos obtidos no estudo de Cheng e Yen (2020) e Shaikh (2020), onde o CEPU impacta positivamente a BTC, caracterizando a Bitcoin como um instrumento de cobertura de risco, *safe-haven* e diversificador de portfólios de investimento.

No que toca à relação entre o GEREPU e a BTC, foi registada uma covariância negativa, com movimentos *out-phase*, entre meados de 2020 e meados de 2021, onde o GEREPU tem poder preditivo sobre a cotação da BTC. Contudo, a partir de 2021 em diante foi registada uma covariância positiva, com movimentos *in-phase*, onde a BTC tem poder preditivo sobre o valor do GEREPU.

No caso da relação entre o FREPU e a BTC, foi registada covariância negativa com movimentos *out-phase* entre meados de 2020 e meados de 2021, onde a BTC tem poder preditivo sobre o valor do FREPU. No entanto, entre o final de 2020 e o início de 2021 é também observada uma covariância positiva com a BTC demonstrando um poder preditivo sobre o valor do FREPU.

Relativamente à relação entre o EUEPU e a BTC, foi registada covariância negativa com movimentos *out-phase* entre meados de 2020 e o início de 2021, onde a BTC possui um poder preditivo sobre valor do EUEPU. Esta relação verificada ao nível europeu está em conformidade com os resultados observados nos países da Alemanha e da França. Estes resultados referentes ao EUEPU e BTC distinguem-se dos do estudo desenvolvido por Shaikh (2020), onde é evidenciado que o EUEPU impacta positivamente a BTC, para o período entre 2010 e 2018.

No que diz respeito à ETH, não foi evidenciada qualquer relação entre a criptomoeda e os índices de incerteza da política económica, a médio prazo. Este resultado contrapõe-se aos resultados do estudo de Jiang et al. (2021), onde foi observado que o CEPU impacta positivamente a ETH entre 2015 e 2020.

As covariâncias evidenciadas entre a BTC e os índices de incerteza de política económica da Alemanha e da França, foram de alguma forma refletidas no índice de incerteza política económica europeu. O mesmo pode ser dito para uma escala Global, onde a relação entre o índice de incerteza de política económica Global e a BTC refletiu incertezas políticas económicas dos EUA, da China e da Europa.

#### 4.1.3. Análise a Longo Prazo

Relativamente à análise a longo prazo é possível verificar que a BTC apenas apresenta covariância com o USEPU e o CEPU.

A covariância da relação entre o USEPU e a BTC é uma covariância positiva, com movimentos *in-phase* entre o início de 2020 e meados de 2021, onde a BTC apresenta um poder preditivo sobre o valor do USEPU. O resultado obtido vem complementar os resultados de Mokni et al. (2022), onde não foram evidenciadas relações significativas entre o USEPU e a BTC, entre 2018 e 2020, pelo que a Bitcoin não é um instrumento de cobertura de risco nem *safe-haven*.

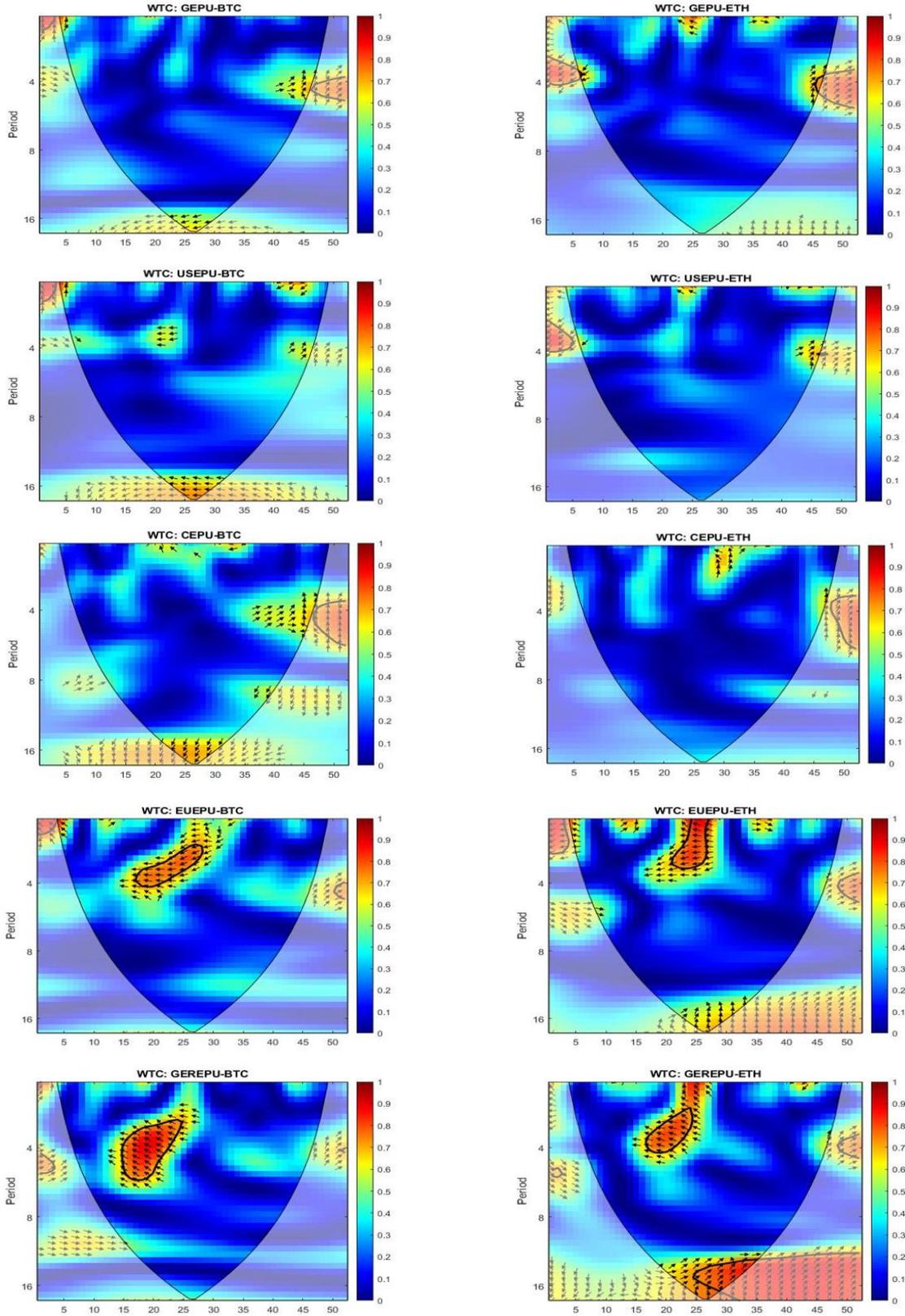
Na relação entre o CEPU e a BTC a covariância é negativa com movimentos *out-phase* entre o final de 2019 e meados de 2021, onde o CEPU apresenta um poder preditivo sobre a cotação da BTC. Estes resultados contrapõem-se aos resultados obtidos por Cheng e Yen (2020) e Shaikh (2020) onde se verifica a existência de impacto positivo do CEPU sobre a BTC.

Relativamente à ETH, não foi evidenciada qualquer relação com os índices de incerteza da política económica, a longo prazo. Da mesma forma que na análise a médio prazo, também na análise a longo prazo, estes resultados contrapõem o que foi observado no estudo desenvolvido por Jiang et al. (2021).

Embora exista covariância entre a BTC e os índices de incerteza política económica dos EUA e da China, esta não se reflete ao nível da incerteza política económica Global.

#### 4.2. *Wavelet Coherence*

A Figura 3 apresenta os resultados utilizando a *Wavelet Coherence* entre diferentes índices de incerteza da política económica (GEPU, USEPU, CEPU, EUEPU, GEREPU, UKEPU, FREPU) e as duas criptomoedas em análise (BTC e ETH).



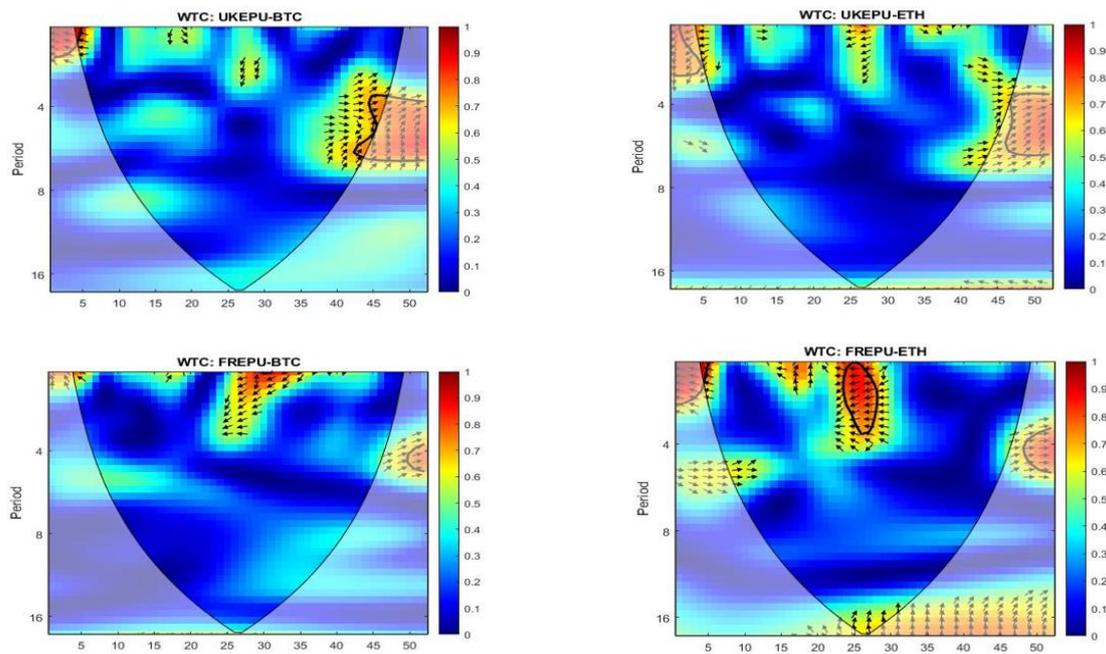


Figura 3 – Escalogramas da metodologia *Wavelet Coherence*. Fonte: elaboração própria através do software MatLab.

#### 4.2.1 Análise a Curto Prazo

Analisando os gráficos num horizonte temporal de curto prazo percebe-se que todos os índices de incerteza política económica se correlacionam tanto com a BTC como com a ETH.

Em meados de 2018 foram verificadas correlações negativas, com movimentos *out-phase*, entre os índices EUEPU, UKEPU e FREPU e a BTC, onde a BTC possui um poder preditivo sobre todos estes índices de incerteza política económica. Foram ainda verificadas correlações positivas, com movimentos *in-phase*, entre os índices GEPU e USEPU com a BTC, onde o GEPU tem um poder preditivo sobre a cotação da BTC e a BTC apresenta um poder preditivo sobre o valor do USEPU. Este resultado vem complementar os resultados do estudo desenvolvido por Bouri et al. (2017) reafirmando um impacto positivo entre a BTC e o USEPU evidenciado para o período 2011 e 2016, significando que a BTC atua como um instrumento *safe-haven*. Estes resultados vêm também complementar os resultados do estudo de Demir et al. (2018), onde é evidenciada uma relação negativa entre o USEPU e a BTC, entre 2010 e 2017, assim como de Wang et al. (2022), que evidencia uma correlação negativa entre 2010 e 2018.

No início do ano seguinte, em 2019, foram observadas correlações entre os índices GEREPU e EUEPU e a BTC. No caso do GEREPU, foi registada uma correlação negativa estatisticamente significativa até o início de 2020, onde a BTC tem um poder preditivo sobre o valor do GEREPU. No caso do EUEPU, foi registada uma correlação positiva, com movimentos *in-phase*, onde o EUEPU tem um poder preditivo sobre a cotação da BTC; contudo, foi observada também uma correlação negativa até finais de 2020, com movimentos *out-phase*, onde também o EUEPU apresenta um poder preditivo sobre a cotação da BTC.

Relativamente a meados de 2019, foram registadas correlações positivas, com movimentos *in-phase*, entre o UKEPU e o FREPU, com a BTC. Na correlação entre o UKEPU e BTC, a criptomoeda apresenta um poder preditivo sobre o valor do índice. Já na relação entre o FREPU e a BTC, o FREPU é que apresenta um poder preditivo sobre a cotação da BTC. No final do mesmo ano, foi registada uma correlação negativa entre o USEPU e a BTC, não havendo qualquer poder preditivo de uma série sobre a outra, o que coincide com os resultados dos estudos de Gozgor et al. (2019), entre os anos de 2010 e 2018. Ao nível da China, também foi registada uma correlação negativa, com movimentos *out-phase*, entre o CEPU e a BTC até finais de 2020, onde a BTC apresenta um poder preditivo sobre o valor do CEPU. Comparando os resultados obtidos com os estudos de Shaikh (2020), entre 2010 e 2018, Cheng e Yen (2020), entre 2014 e 2019, e Jiang et al. (2021), entre 2015 e 2020, os autores identificaram um impacto positivo entre o CEPU e a BTC.

No que diz respeito ao início de 2020, foi registada uma correlação negativa, com movimentos *out-phase*, entre o UKEPU e a BTC com o índice a demonstrar poder preditivo sobre a cotação da BTC. Também durante 2020, na relação entre FREPU e a BTC, foi evidenciada uma correlação negativa e estatisticamente significativa, onde o índice apresenta uma capacidade preditiva sobre a cotação da BTC.

No ano seguinte, em meados de 2021, foram verificadas correlações negativas, com movimentos *out-phase*, entre o GEPU e o CEPU, com a BTC, onde os índices apresentam uma capacidade preditiva sobre a cotação da BTC. Este resultado vem complementar o estudo de Chen et al. (2021), o qual não evidenciou qualquer relação entre o CEPU e a BTC no final de 2019 e o início de 2020. Também, no mesmo período,

foi registada uma correlação positiva entre o USEPU e a BTC, que acabou por se tornar negativa, onde o índice apresenta poder preditivo sobre a cotação da BTC. Ainda, durante o ano de 2021, foi observada uma correlação entre o UKEPU e a BTC, onde o índice apresenta uma capacidade preditiva sobre a cotação da BTC.

A ETH também demonstrou uma correlação com todos os índices de incerteza da política económica (GEPU, USEPU, CEPU, EUEPU, GEREPU, UKEPU e FREPU) no horizonte a curto prazo, que não entra em concordância com Mokni et al. (2022), pois os autores não evidenciaram relações entre os EPU's e o mercado de criptomoedas.

Em meados de 2018 foram identificadas correlações negativas, com movimentos *out-phase*, entre o GEPU, USEPU, EUEPU, UKEPU e o FREPU com a ETH. Verifica-se que os índices GEPU, USEPU e UKEPU apresentam uma capacidade preditiva sobre a cotação da ETH, enquanto a ETH tem o poder preditivo sobre os valores do EUEPU e do FREPU. Os resultados obtidos vêm complementar os resultados do estudo de Wu et al. (2021), onde foi identificado um impacto positivo do TEU (que é bastante influenciado pelo USEPU) sobre a BTC, entre 2015 e 2020.

No início de 2019 foi observada uma correlação positiva, com movimentos *in-phase*, entre o índice EUEPU e a ETH, onde o EUEPU apresenta um poder preditivo sobre a cotação da criptomoeda. Foi também observada uma correlação positiva entre o UKEPU e a ETH, verificando-se evidencia de um poder preditivo entre o UKEPU e a ETH. Adicionalmente, são também verificadas fortes correlações negativas entre o início de 2019 e o início de 2020, entre os índices GEREPU e EUEPU com a ETH, onde o EUEPU apresenta capacidade preditiva sobre a cotação da ETH, e a ETH demonstra poder preditivo sobre o valor do GEREPU. É também ainda verificada uma correlação negativa, entre o FREPU e a ETH em meados de 2019, onde a ETH que demonstra poder preditivo sobre o valor do FREPU; e entre o FREPU e a ETH, entre o final de 2019 e meados de 2020, onde a criptomoeda demonstra poder preditivo sobre o valor do índice.

No ano seguinte, no início de 2020 foram registadas correlações negativas, com movimentos *out-phase*, entre o GEPU, o USEPU e o UKEPU com a ETH, onde a criptomoeda demonstra poder preditivo sobre o valor dos índices GEPU e USEPU, e por outro lado, o índice UKEPU apresenta capacidade preditiva sobre a ETH. O resultado

obtido vem complementar os resultados do estudo de Shaikh (2020) que verificou um impacto positivo do USEPU sobre a ETH, entre 2010 e 2018.

A meio do mesmo ano, foi também observada uma correlação negativa, entre o CEPU e a ETH, onde a criptomoeda demonstra poder preditivo sobre o valor do índice, o que entra em conflito com os resultados obtidos por Jiang et al. (2021) onde se evidenciou um impacto positivo. No final de 2020, são identificadas correlações positivas, entre os índices GEPU, EUEPU e UKEPU com a ETH, onde a ETH apresenta poder preditivo sobre o valor destes três índices de incerteza de política económica.

A meio de 2021, foram registadas correlações positivas, entre o USEPU e o GEPU com a ETH, com os índices a apresentar capacidade preditiva sobre a cotação da ETH.

Nos gráficos apresentados na figura 3 foram identificadas algumas áreas vermelhas que indicam uma correlação forte, e estatisticamente significativa a 5%, entre uma determinada criptomoeda e um determinado índice de incerteza política económica, para um determinado período. Relativamente ao índice de incerteza da política económica da Alemanha, a zona vermelha situa-se entre 2019 e 2020, tanto no caso da BTC como no da ETH, o que pode estar relacionado com o período em que o país anunciou que iria considerar uma maior regulamentação de tecnologias de *blockchain* (Hamacher, 2019). Relativamente ao índice de incerteza política da França, foi verificada uma zona vermelha entre o final de 2019 e meados de 2020, que pode estar relacionada com a iniciativa do país em testar uma moeda digital (Agência Lusa, 2019).

#### 4.2.2. Análise a Médio Prazo

Relativamente às relações de médio prazo, foi evidenciada uma correlação entre os índices de incerteza da política económica da China, da Alemanha, do Reino Unido e Global com a BTC.

Tanto no contexto da incerteza política económica chinesa como inglesa foi evidenciada uma correlação positiva a partir de 2021, onde os índices CEPU e UKEPU apresentam capacidade preditiva sobre a cotação da BTC. Contudo, é importante realçar que a correlação foi mais acentuada entre o UKEPU e a BTC. Este resultado vem complementar os resultados obtidos por Shaikh (2020), que também evidencia uma relação positiva entre o CEPU e a BTC, entre 2010 e 2018; bem como os resultados de

Jiang et al. (2021), onde é verificada um impacto positivo do CEPU e do UKEPU sobre a BTC, entre 2015 e 2020.

No caso da incerteza política económica da Alemanha, foi verificada uma forte correlação negativa entre o início de 2019 e o início de 2020, onde a BTC apresenta poder preditivo sobre o valor do GEREPU.

Pode considerar-se que a correlação registada entre o CEPU e a BTC se refletiu na correlação no cenário Global, uma vez que também no índice GEPU é evidenciada uma correlação positiva com a BTC, onde o GEPU apresenta poder preditivo sobre a cotação da BTC. Já na perspetiva europeia, embora exista evidencia de correlação entre os índices GEREPU e UKEPU com a BTC, a mesma não foi refletida na relação entre a BTC e o EUEPU. Ou seja, trata-se de correlação que, embora seja evidenciada para a relação entre a BTC e os índices de incerteza política económica da Alemanha e do Reino Unido, não é manifestada na escala da incerteza política económica europeia.

Relativamente ao índice de incerteza política económica dos EUA, não foi registada qualquer correlação com a BTC. Este resultado vem complementar os resultados dos estudos de Al-Yahyaee et al. (2019), onde foi evidenciada uma correlação positiva entre os anos de 2013 e 2018, e de Das et al. (2018), que registou uma correlação positiva entre os anos de 2010 e 2017. Ou seja, através dos estudos destes autores a BTC é caracterizada como um instrumento *safe-haven*, enquanto que através dos resultados obtido neste estudo a BTC caracteriza-se como um bom diversificador de portfólios de investimento para o médio prazo, relativamente à incerteza política económica dos EUA.

No entanto, no caso da ETH, os resultados evidenciam uma correlação positiva com os índices do Reino Unido, da França, da Europa e Global. No caso da relação entre o EUEPU e o FREPU com a ETH, esta correlação evidenciou-se no final de 2018 onde a ETH apresenta capacidade preditiva sobre o valor do EUEPU, por outro lado, o FREPU demonstra ter poder preditivo sobre a cotação da ETH. Tendo em conta o GEPU e o UKEPU, a correlação evidenciou-se a partir de 2021, onde tanto o GEPU e o UKEPU apresentam capacidade preditiva sobre a cotação da ETH.

Ao conjugar os EPU's dos países constituintes do índice da Europa, é possível verificar que o poder preditivo registado na correlação entre o UKEPU e o FREPU com a ETH é invertido na relação entre o EUEPU e a ETH, o que indica que o poder preditivo

registado nos índices de incerteza de política económica destes dois países é dissipado quando combinado com os poderes preditivos dos países constituintes do índice de incerteza de política económica da Europa.

Especificamente, no índice de incerteza de política económica alemão, existe uma zona vermelha estatisticamente significativa a 5%, situada entre inícios de 2019 e inícios de 2020 na relação com a BTC. Esta forte correlação evidenciada no gráfico GEREPU-BTC pode ter por explicação o anúncio do país considerar uma maior regulamentação de tecnologias de *blockchain* (Hamacher, 2019). Também, no caso do Reino Unido, é verificada uma zona estatisticamente significativa a 5% na sua relação com a BTC a partir do ano de 2021, o que coincide com o período em que a PayPal anunciou que iria passar a permitir pagamentos digitais utilizando criptomoedas no Reino Unido (Browne, 2021). No entanto, ambas as zonas de elevada e estatisticamente significativa correlação não se verificaram à escala Global.

#### 4.2.3. Análise a Longo Prazo

No caso do horizonte temporal a longo prazo, foram evidenciadas correlações entre os índices de incerteza da política económica dos EUA, da China, e Global com a BTC.

Relativamente à escala Global e à China, entre o final de 2019 e o início de 2020 foram registadas correlações negativas, onde tanto o GEPU como o CEPU apresentam um poder preditivo sobre cotação da BTC. Os resultados referentes ao CEPU contrapõem os resultados de Cheng e Yen (2020) e Shaikh (2020), onde é evidenciado um impacto positivo do CEPU sobre a BTC. Adicionalmente, os resultados referentes a incerteza política económica Global vêm complementar os resultados obtidos por Bouri et al. (2017), onde também foi evidenciado que a BTC reage positivamente ao GEPU, entre 2011 e 2016.

No caso dos EUA, para o mesmo período, foi registada uma correlação negativa, onde a BTC apresenta poder preditivo sobre valor do UKEPU. Os resultados obtidos vêm complementar os estudos de Al-Yahyaee et al. (2019), e de Wang et al. (2022), que também registaram uma correlação negativa. Contudo, existe conflito com os resultados de Wang et al. (2019), onde é evidenciada a inexistência de relação entre o USEPU e a

BTC entre 2014 e 2019, pelo que é caracterizada como um diversificador de portfólios de investimento.

Podemos afirmar, ainda, que as correlações verificadas entre os índices de incerteza dos EUA e a China com a BTC contribuíram para que fosse registada uma correlação negativa ao nível da incerteza Global.

No entanto, no caso da ETH verificou-se um contraste: apenas se verificaram correlações no caso dos índices de incerteza da Europa, da Alemanha e da França, o que contrapõe os resultados do estudo desenvolvido por Jiang et al. (2021), onde foi identificado um impacto positivo do CEPU sobre a ETH, entre 2015 e 2020. Estas correlações evidenciadas com a ETH são positivas e registaram-se entre o final de 2019 e o final de 2020, onde os índices EUEPU, GEREPU e FREPU conseguem ter um poder preditivo sobre a cotação da ETH.

Assim, é possível afirmar que a correlação registada entre o GEREPU e FREPU com a ETH contribuiu para que fosse também verificada uma correlação positiva ao nível da incerteza política económica europeia. Contudo, apesar de existir uma correlação entre a incerteza da política económica da Europa e a ETH, esta não foi refletida escala Global, ou seja, a correlação entre o EUEPU e a ETH é dissipada quando combinada com os países constituintes do índice Global.

Especificamente, no caso do índice de incerteza de política económica da Alemanha, a área vermelha estatisticamente significativa a 5% registada na relação entre o GEREPU e a ETH para período entre o final de 2019 e o final de 2020, pode ser fundamentada pelo crescimento acentuado da legislação e da regulação, pelo governo alemão, em matérias de criptoativos, apostando bastante em tecnologias DeFi (*Decentralized Finance*) que ocorrem especialmente na rede da ETH (Baydakova, 2019).

## 5. CONCLUSÃO

O principal objetivo deste estudo está relacionado com a caracterização das criptomoedas enquanto instrumento de cobertura, mas também como instrumento *safe-haven* e diversificador de portfólios de investimento, a partir da forma como estas se relacionam, ou não, com o índice de incerteza de política económica. Neste estudo foi considerado o período temporal entre janeiro de 2018 e abril de 2022, e foi utilizada uma amostra constituída por 52 observações de cada uma das nove séries temporais: duas criptomoedas (Bitcoin e Ethereum) e sete índices de incerteza de política económica (Global, EUA, China, Europa, Alemanha, Reino Unido e França).

Através da análise *Cross Wavelet Transform*, os resultados obtidos sugerem que a Bitcoin é um instrumento de cobertura de risco, bem como *safe-haven* e diversificador de portfólios de investimento a curto prazo, a partir do ano de 2021, face à incerteza política económica da China, da Alemanha e da Europa. No caso da Ethereum, esta criptomoeda também possui as mesmas características que a Bitcoin partir de meados de 2021, mas apenas para o contexto da incerteza política económica alemã e europeia.

A médio prazo, a maioria dos resultados sugerem que a Bitcoin não é um instrumento de cobertura de risco, nem *safe-haven* e nem diversificador de portfólios de investimento, entre meados de 2020 e o início de 2022, que coincide com o período pandémico, quer seja à escala Global ou no contexto da incerteza dos EUA, da China ou da Europa. Relativamente à Ethereum, esta aparenta ser um bom diversificador de portfólios de investimento durante todo o intervalo de tempo em todos os países considerados, pelo que também o é a nível da incerteza europeia e Global.

No que diz respeito ao longo prazo, a maioria dos resultados sugerem que a Bitcoin é um bom diversificador de portfólios de investimento durante todo o intervalo de tempo em todos os países considerados, como também o é à escala Europeia e Global. No caso da Ethereum, à semelhança da Bitcoin, esta também aparenta ser um bom diversificador de portfólios de investimento.

Relativamente aos resultados obtidos segundo a *Wavelet Coherence*, estes sugerem que, a curto prazo, existe correlação entre todas as criptomoedas e todos os índices considerados, correlação essa que varia dependendo do período, da criptomoeda

e do índice em análise. Esta situação deve-se ao facto do mercado de criptomoedas ser bastante dinâmico e sensível à informação, tanto interna como externa.

A médio prazo, tanto a Bitcoin como a Ethereum apresentam maioritariamente correlações positivas com a incerteza da política económica Global, Europeia, da China, do Reino Unido e da França, no final de 2018 e a partir de 2021, indicando que nestes períodos as duas criptomoedas aparentam ser bons instrumentos de cobertura de risco, *safe-haven* e diversificadores de portfólios de investimento.

No que diz respeito ao longo prazo, a Bitcoin demonstrou correlações negativas com a incerteza da política económica Global, dos EUA e da China entre o final de 2019 e o início de 2020, o que sugere que a Bitcoin não é um instrumento de cobertura de risco, nem *safe-haven* nem diversificador de portfólios de investimento neste período pré-pandémico. Relativamente à Ethereum, esta criptomoeda demonstrou correlações positivas com a incerteza da política económica europeia, da Alemanha e da França entre o final de 2019 e o final de 2020, indicando que a Ethereum é um bom instrumento de cobertura de risco, *safe-haven* e diversificador de portfólios de investimento.

Ou seja, os investidores devem considerar as condições de mercado e o horizonte temporal nas suas decisões de investimento, uma vez que é com base nestes fatores que as criptomoedas apresentam, ou não, as características de instrumentos de cobertura de risco, *safe-haven* e diversificadores de portfólios de investimento.

Este estudo oferece contributo à literatura dado que considera uma análise no espaço temporal que considera o impacto da pandemia COVID-19 e o período pós-pandemia, onde são incluídos dados mais recentes que outros estudos não consideram. O presente estudo também garante evidência empírica sobre o impacto da incerteza da política económica de grandes potências económicas mundiais nas mais importantes criptomoedas. Trata-se de um estudo com implicações macroeconómicas de grande interesse para investidores, gestores, governadores, entidades reguladoras de mercado e empresas (Das et al., 2018; Wang et al., 2022).

Como limitações do estudo foram apontadas a frequência e o tamanho da amostra. Uma vez que se trata de uma amostra de frequência mensal, são tidas em conta poucas observações comparadas com aquelas que seriam incluídas se a amostra fosse de frequência diária. Consequentemente, no contexto da metodologia *Wavelet* o domínio de

frequência é mais reduzido. E o facto da janela temporal da amostra começar apenas em 2018 leva a que não sejam incluídos períodos passados, uma vez que estes comportam eventos determinantes no desenvolvimento do mercado de criptomoedas.

Como sugestões de investigação futura seria interessante perceber qual o impacto da incerteza da política económica sobre as *Stablecoins*, criptomoedas cuja cotação está destinada a ser estável, pelo que possuem uma volatilidade bastante reduzida. Seria também interessante avaliar o impacto que a guerra entre a Ucrânia e a Rússia têm sobre o mercado de criptomoedas, uma vez que este evento reflete uma elevada incerteza de política económica a nível mundial.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Adriana Hamacher (2019). Why Germany holds the key to crypto regulation in Europe. Disponível em: <https://decrypt.co/7314/why-germany-holds-the-key-to-crypto-regulation-in-europe> (Acesso em: 29/06/2022)
- Agência Lusa (2019). Banco de França vai testar moeda digital em 2020. Disponível em: <https://observador.pt/2019/12/04/banco-de-franca-vai-testar-moeda-digital-em-2020/> (Acesso em: 29/06/2022)
- Aharon, D. Y. e Demir, E. (2021). NFTs and asset class spillovers: Lessons from the period around the COVID-19 pandemic. *Finance Research Letters*, 47, Part A, 102515. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102515>
- Ahn, K. U. e Park, C. S. (2016). Correlation between occupants and energy consumption. *Energy and Buildings*, 116, 420–433. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.01.010>
- Alharbey, R. A., Alsubhi, S., Daqrouq, K. e Alkhateeb, A. (2022). The continuous wavelet transform using for natural ECG signal arrhythmias detection by statistical parameters. *Alexandria Engineering Journal*, 61(12), 9243–9248. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2022.03.016>
- Almeida, J. e Gonçalves, T. C. (2022). A Systematic Literature Review of Volatility and Risk Management on Cryptocurrency Investment: A Methodological Point of View. *Risks*, 10(5), 107. <https://doi.org/10.3390/risks10050107>
- Aloui, C. e Hkiri, B. (2014). Co-movements of GCC emerging stock markets: New evidence from wavelet coherence analysis. *Economic Modelling*, 36, 421–431. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.09.043>
- Al-Thaqeb, S. A. e Algharabali, B. G. (2019). Economic policy uncertainty: A literature review. *Journal of Economic Asymmetries*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.jeca.2019.e00133>
- Al-Thaqeb, S. A., Algharabali, B. G. e Alabdulghafour, K. T. (2020). The pandemic and economic policy uncertainty. *International Journal of Finance and Economics*, 27 (3), 2784-2794. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2298>

- Al-Yahyaee, K. H., Rehman, M. U., Mensi, W. e Al-Jarrah, I. M. W. (2019). Can uncertainty indices predict Bitcoin prices? A revisited analysis using partial and multivariate wavelet approaches. *North American Journal of Economics and Finance*, 49, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2019.03.019>
- Amsyar, I., Christopher, E., Dithi, A., Khan, A. N. e Maulana, S. (2020). The Challenge of Cryptocurrency in the Era of the Digital Revolution: A Review of Systematic Literature. *Aptisi Transactions on Technopreneurship*, 2(2), 153–159. <https://doi.org/10.34306/att.v2i2.96>
- Almeida, J. A. M. D. (2020). Análise da relação entre a Bitcoin e o Mercado Acionista: estudo de preços, rendibilidades e transferência de volatilidade. *Mestrado em Gestão, Área de Especialização em Finanças, Universidade de Évora*.
- Anna Baydakova (2019). Germany Approves National Policy for Exploring Blockchain but Limiting Stablecoins. Disponível em: <https://www.coindesk.com/markets/2019/09/18/germany-passes-national-policy-to-explore-blockchain-but-limit-stablecoins/> (Acesso em: 29/06/2022).
- Baker, S. R., Bloom, N. e Davis, S. J. (2016). Measuring economic policy uncertainty. *Quarterly Journal of Economics*, 131(4), 1593–1636. <https://doi.org/10.1093/qje/qjw024>
- Bayer, D., Haber, S. e Stornetta, W. S. (1992). Improving the efficiency and reliability of digital time-stamping. *Springer*, 329-334. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9323-8\\_24](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9323-8_24)
- Bouri, E., Gupta, R. e Roubaud, D. (2019). Herding behaviour in cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, 29, 216–221. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.07.008>
- Bouri, E., Gupta, R., Tiwari, A. K. e Roubaud, D. (2017). Does Bitcoin hedge global uncertainty? Evidence from wavelet-based quantile-in-quantile regressions. *Finance Research Letters*, 23, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2017.02.009>
- Bunjaku, F., Gjorgieva-Trajkovska, O. e Miteva-Kacarski, E. (2017). Cryptocurrencies - Advantages and Disadvantages. *Journal of Economics*, 2(1), 31-39.
- Castillo, A., Brito, J. (2013). *Bitcoin: A Primer for Policymakers*. 2ª ed. Virginia: Mercatus Center, George Mason University.

- Chen, T., Lau, C. K. M., Cheema, S. e Koo, C. K. (2021). Economic Policy Uncertainty in China and Bitcoin Returns: Evidence From the COVID-19 Period. *Frontiers in Public Health*, 9, 651051. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.651051>
- Cheng, H. P. e Yen, K. C. (2020). The relationship between the economic policy uncertainty and the cryptocurrency market. *Finance Research Letters*, 35, 101308. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.101308>
- Cheng, J. e Dai, Y. (2020). Is bitcoin a channel of capital inflow? Evidence from carry trade activity. *International Review of Economics and Finance*, 66, 261–278. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2019.12.005>
- Ciaian, P., Rajcaniova, M. e Kancs, d'Artis. (2016). The economics of BitCoin price formation. *Applied Economics*, 48(19), 1799–1815. <https://doi.org/10.1080/00036846.2015.1109038>
- Corbet, S., Hou, Y. (Greg), Hu, Y., Larkin, C. e Oxley, L. (2020). Any port in a storm: Cryptocurrency safe-havens during the COVID-19 pandemic. *Economics Letters*, 194, 109377. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2020.109377>
- Das, D., Kannadhasan, M. (2018). Do global factors impact bitcoin prices? evidence from wavelet approach. *Journal of Economic Research*, 23, 227-264.
- De Albuquerque, B. S. e De Castro Callado, M. (2015). Understanding bitcoins: Facts and questions. *Revista Brasileira de Economia*, 69(1), 3–16. <https://doi.org/10.5935/0034-7140.20150001>
- Demir et al., (2018). Does economic policy uncertainty predict the Bitcoin returns? An empirical investigation. *Finance Research Letters*, 26, 145-149. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.01.005>
- Diniz-Maganini, N., Diniz, E. H. e Rasheed, A. A. (2021). Bitcoin's price efficiency and safe haven properties during the COVID-19 pandemic: A comparison. *Research in International Business and Finance*, 58, 101472. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101472>
- Dogra, A., Goyal, B. e Agrawal, S. (2016). Performance Comparison of Different Wavelet Families Based on Bone Vessel Fusion. *Asian Journal of Pharmaceutics*, 10(4). <https://doi.org/10.22377/ajp.v10i04.989>

- Dwyer, G. P. e Lothian, J. R. (2012). International and historical dimensions of the financial crisis of 2007 and 2008. *Journal of International Money and Finance*, 31(1), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jimonfin.2011.11.006>
- Fang, F., Ventre, C., Basios, M., Kanthan, L., Martinez-Rego, D., Wu, F. e Li, L. (2022). Cryptocurrency trading: a comprehensive survey. *Financial Innovation*, 8(13). <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00321-6>
- Ferreira, A. e Sandner, P. (2021). Eu search for regulatory answers to crypto assets and their place in the financial markets' infrastructure. *Computer Law and Security Review*, 43, 105632. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2021.105632>
- Firouzi, S. e Wang, X. (2019). A comparative study of exchange rates and order flow based on wavelet transform coherence and cross wavelet transform. *Economic Modelling*, 82, 42–56. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2019.09.006>
- Gil-Alana, L. A., Abakah, E. J. A. e Rojo, M. F. R. (2020). Cryptocurrencies and stock market indices. Are they related? *Research in International Business and Finance*, 51, 101063. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.101063>
- Gonçalves, T. C., Borda, J. V. Q., Vieira, P. R. e Matos, P. V. (2022). Log Periodic Power Analysis of Critical Crashes: Evidence from the Portuguese Stock Market. *Economies*, 10(1), 14. <https://doi.org/10.3390/economies10010014>
- Gozgor, G., Tiwari, A. K., Demir, E. e Akron, S. (2019). The relationship between Bitcoin returns and trade policy uncertainty. *Finance Research Letters*, 29, 75–82. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.03.016>
- Grinsted, A., Moore, J. C. e Jevrejeva, S. (2004). Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11, 561-566. <https://doi.org/10.5194/npg-11-561-2004>
- Guo, H. e Yu, X. (2022). A Survey on Blockchain Technology and its security. *Blockchain: Research and Applications*, 3(2), 100067. <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2022.100067>
- Haber, S. e Stornetta, W. S. (1991). How to Time-Stamp a Digital Document. *Journal of Cryptology*, 3(2), 99-111. <https://doi.org/10.1007/BF00196791>

- Haq, I. U., Maneengam, A., Chupradit, S., Suksatan, W. e Huo, C. (2021). Economic policy uncertainty and cryptocurrency market as a risk management avenue: A systematic review. *Risks*, 9(9), 163. <https://doi.org/10.3390/risks9090163>
- Howell, S. T., Niessner, M. e Yermack, D. (2020). Initial coin offerings: Financing growth with cryptocurrency token sales. *Review of Financial Studies*, 33(9), 3925–3974. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhz131>
- Jana, R. K., Ghosh, I. e Wallin, M. W. (2022). Taming energy and electronic waste generation in bitcoin mining: Insights from Facebook prophet and deep neural network. *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121584. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121584>
- Jiang, Y., Wu, L., Tian, G. e Nie, H. (2021). Do cryptocurrencies hedge against EPU and the equity market volatility during COVID-19? – New evidence from quantile coherency analysis. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 72, 101324. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2021.101324>
- Katterbauer, K. e Hassan, S. (2022). The impact of the legalization of Bitcoin in the Central African Republic - a legal analysis. *Intergovernmental Research and Policy Journal*, 1. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14390.16967>
- Klein, T., Pham Thu, H. e Walther, T. (2018). Bitcoin is not the New Gold - A Comparison of Volatility, Correlation, and Portfolio Performance. *International Review of Financial Analysis*, 59, 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.07.010>
- Kumar, A. S. e Anandarao, S. (2019). Volatility spillover in crypto-currency markets: Some evidences from GARCH and wavelet analysis. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 524, 448–458. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.154>
- Laroiya, C., Saxena, D. e Komalavalli, C. (2020). Applications of blockchain technology. Em: Krishnan, S, Balas, V, Julie, E, Robinson, Y, Balaji, S. e Kumar, R. *Handbook of Research on Blockchain Technology*, 1ª ed., Cambridge: Academic Press, pp. 213-243. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819816-2.00009-5>

- Li, R., Li, S., Yuan, D. e Zhu, H. (2021). Investor attention and cryptocurrency: Evidence from wavelet-based quantile Granger causality analysis. *Research in International Business and Finance*, 56, 101389. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101389>
- Long, S., Pei, H., Tian, H. e Lang, K. (2021). Can both Bitcoin and gold serve as safe-haven assets? — A comparative analysis based on the NARDL model. *International Review of Financial Analysis*, 78, 101914. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2021.101914>
- Manteu, C. e Serra, S. (2017). Medidas de incerteza e o seu impacto na economia portuguesa. Disponível em: <https://www.bportugal.pt/paper/medidas-de-incerteza-e-o-seu-impacto-na-economia-portuguesa> (Acesso em: 13/03/2022)
- Marella, V., Upreti, B., Merikivi, J. e Tuunainen, V. K. (2020). Understanding the creation of trust in cryptocurrencies: the case of Bitcoin. *Electronic Markets*, 30(2), 259–271. <https://doi.org/10.1007/s12525-019-00392-5>
- Matkovskyy, R., Jalan, A. e Dowling, M. (2020). Effects of economic policy uncertainty shocks on the interdependence between Bitcoin and traditional financial markets. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 77, 150–155. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.02.004>
- Matos, P., Costa, A. e da Silva, C. (2021). COVID-19, stock market and sectoral contagion in US: a time-frequency analysis. *Research in International Business and Finance*, 57, 101400. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101400>
- Meiklejohn, S., Pomarole, M., Jordan, G., Levchenko, K., McCoy, D., Voelker, G. M. e Savage, S. (2013). A fistful of bitcoins: Characterizing payments among men with no names. *Internet Measurement Conference*, 127–140. <https://doi.org/10.1145/2504730.2504747>
- Meunier, S. (2018). Blockchain 101: What is Blockchain and How Does This Revolutionary Technology Work? *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains*, 1ª ed., Glasgow, Alastair Marke, 23–34. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814447-3.00003-3>

- Miguel, J. e Regalado, S. (2015). Determinantes da procura da Bitcoin: um estudo econométrico. *Mestrado em Contabilidade e Finanças, Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto*.
- Mnif, E., Jarboui, A. e Mouakhar, K. (2020). How the cryptocurrency market has performed during COVID 19? A multifractal analysis. *Finance Research Letters*, 36, 101647. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101647>
- Mokni, K. (2021). When, where, and how economic policy uncertainty predicts Bitcoin returns and volatility? A quantiles-based analysis. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 80, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2021.01.017>
- Mokni, K., Youssef, M. e Ajmi, A. N. (2022). COVID-19 pandemic and economic policy uncertainty: The first test on the hedging and safe haven properties of cryptocurrencies. *Research in International Business and Finance*, 60, 101573. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101573>
- Moore, T. e Christin, N. (2013). Beware the Middleman: Empirical Analysis of Bitcoin-Exchange Risk. *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, 25-33. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39884-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39884-1_3)
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Decentralized Business Review*, 21260. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (Acesso em: 01/05/2022)
- Nguyen, K. Q. (2021). The correlation between the stock market and Bitcoin during COVID-19 and other uncertainty periods. *Finance Research Letters*, 46, Part A, 102284. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102284>
- Pacheco, A. (2021). *Bitcoin*, 9ª ed., Carcavelos: Self
- Phillips, R. C. e Gorse, D. (2018). Cryptocurrency price drivers: Wavelet coherence analysis revisited. *PLoS One*, 13(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195200>
- Raheem, I. D. (2021). COVID-19 pandemic and the safe haven property of Bitcoin. *Quarterly Review of Economics and Finance*, 81, 370–375. <https://doi.org/10.1016/j.qref.2021.06.004>

- Ryan Browne (2021). PayPal launches its cryptocurrency service in the UK. Disponível em <https://www.cnbc.com/2021/08/22/Paypal-Crypto-Service-Launches-in-the-uk.html> (Acesso em: 29/06/2022).
- Shaikh, I. (2020). Policy uncertainty and Bitcoin returns. *Borsa Istanbul Review*, 20(3), 257–268. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2020.02.003>
- Smales, L. A. (2019). Bitcoin as a safe haven: Is it even worth considering? *Finance Research Letters*, 30, 385–393. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.11.002>
- Sparkes, M. (2022). El Salvador revamps bitcoin system. *New Scientist*, 253(3373), 8. [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(22\)00215-9](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(22)00215-9)
- Szabo, N. (1998). Secure Property Titles with Owner Authority. Disponível em: [https://bitcoinstan.io/prehistory/doc/1998\\_1.pdf](https://bitcoinstan.io/prehistory/doc/1998_1.pdf) (Acesso em: 11/04/2022)
- Vacha, L. e Barunik, J. (2012). Co-movement of energy commodities revisited: Evidence from wavelet coherence analysis. *Energy Economics*, 34(1), 241–247. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.10.007>
- Wang, G. J., Xie, C., Wen, D. e Zhao, L. (2019). When Bitcoin meets economic policy uncertainty (EPU): Measuring risk spillover effect from EPU to Bitcoin. *Finance Research Letters*, 31, 489–497. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.12.028>
- Wang, L., Sarker, P. K. e Bouri, E. (2022). Short- and Long-Term Interactions Between Bitcoin and Economic Variables: Evidence from the US. *Computational Economics*, 1-26. <https://doi.org/10.1007/s10614-022-10247-5>
- Wen, F., Tong, X. e Ren, X. (2022). Gold or Bitcoin, which is the safe haven during the COVID-19 pandemic? *International Review of Financial Analysis*, 81, 102121. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102121>
- Wu, S., Tong, M., Yang, Z. e Derbali, A. (2019). Does gold or Bitcoin hedge economic policy uncertainty? *Finance Research Letters*, 31, 171–178. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.04.001>
- Wu, W., Tiwari, A. K., Gozgor, G. e Leping, H. (2021). Does economic policy uncertainty affect cryptocurrency markets? Evidence from Twitter-based

- uncertainty measures. *Research in International Business and Finance*, 58, 101478.  
<https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101478>
- Yen, K. C. e Cheng, H. P. (2021). Economic policy uncertainty and cryptocurrency volatility. *Finance Research Letters*, 38, 101428.  
<https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101428>
- Yu, H. L. e Lin, Y. C. (2015). Analysis of space-time non-stationary patterns of rainfall-groundwater interactions by integrating empirical orthogonal function and cross wavelet transform methods. *Journal of Hydrology*, 525, 585–597.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.03.057>
- Zegadło, P. (2022). Identifying bull and bear market regimes with a robust rule-based method. *Research in International Business and Finance*, 60, 101603.  
<https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101603>
- Zhao, B. e Huang, X. (2020). Encrypted monument: The birth of crypto place on the blockchain. *Geoforum*, 116, 149–152.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.08.011>