

# iscte

INSTITUTO  
UNIVERSITÁRIO  
DE LISBOA

---

## **O impacto do mercado de criptomoedas sobre a economia da Zona Euro: um estudo entre o Bitcoin e os índices bolsistas europeus**

Samuel Vieira Garcia

Mestrado em Economia Monetária e Financeira

Orientador(a):

Doutora Diana E. Aldea Mendes, professora associada,  
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa,  
Departamento de Métodos Quantitativos para Gestão e Economia

Outubro, 2022



CIÊNCIAS SOCIAIS  
E HUMANAS

---

Departamento de Economia Política

**O impacto do mercado de criptomoedas sobre a economia da Zona Euro: um estudo entre o Bitcoin e os índices bolsistas europeus**

Samuel Vieira Garcia

Mestrado em Economia Monetária e Financeira

Orientador(a):

Doutora Diana E. Aldea Mendes, professora associada,  
ISCTE – Instituto Universitário de Lisboa,  
Departamento de Métodos Quantitativos para Gestão e Economia

Outubro, 2022

*“The moment you give up, is the moment you let someone else win”*

*Kobe Bryant*



## Resumo

Esta dissertação tem como objetivo procurar a existência de uma relação entre o mercado de criptomoedas e os índices bolsistas da Zona Euro, e se encontrada, quantificar o impacto das criptomoedas. Para tal, foi escolhido Bitcoin para representar o mercado de criptomoedas e 8 índices bolsistas no período de 2017 a 2021, aplicando-se um modelo ARDL a cada um dos índices e testando a cointegração através do teste de Bounds. Também foi testada a causalidade de Granger para os casos que apresentaram resultados positivos de cointegração.

Os resultados deste estudo apresentaram fracas evidências de cointegração entre os índices bolsistas da Zona Euro e o Bitcoin. Não foi encontrada qualquer tipo de causalidade do Bitcoin sobre os índices bolsistas. O Bitcoin e os índices BEL20 e ISEQ apresentaram cointegração ao nível de significância de 5% e 10%, respetivamente. Neste mesmos casos, os testes de causalidade de Granger sugeriram que os índices bolsistas Granger-causam o Bitcoin.



## **Abstract**

The goal of this dissertation is to look for the existence of a relationship between the cryptocurrency market and Eurozone stock indexes, and if found, to determine the impact of cryptocurrencies. Bitcoin was chosen to represent the cryptocurrency market and be compared against 8 different stock indexes, the data collected belongs to the period of 2017-2021. It was applied an ARDL model for each index with Bitcoin and tested for cointegration using the Bounds Test. Granger causality was also tested for the cases in which cointegration was detected.

The results of this study showed weak evidences of cointegration between Eurozone stock indexes and Bitcoin. It wasn't found any results indicating that Bitcoin causes stock indexes. The Bounds Test indicated cointegration between Bitcoin-BEL20 and Bitcoin-ISEQ with a 5% and 10% level of significance, respectively. In both these cases, Granger causality tests suggested that stocks indexes Granger-cause Bitcoin but not the other way around.

## **Glossário de Siglas**

AEX – Amsterdam Exchange Index

ARDL – Autoregressive Distributed Lags

ATX – Austrian Traded Index

BEL20 – Euronext Brussels

BTC – Bitcoin

CAC – Euronext Paris

CPI – Consumer Price Index

CUSUM – Cumulative sum control chart

DAX40 – Frankfurt Index

ECM – Error Correction Model

EUA – Estados Unidos da América

GARCH – Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity

GDP – Gross Domestic Product

IBEX35 – Iberia Index

ISEQ – Euronext Dublin

PSI20 – Euronext Lisboa

VAR – Vector Autoregressive



# Índice

Resumo	iii
Abstract	v
Capítulo 1. Introdução	1
Capítulo 2. Revisão da Literatura	3
Capítulo 3. Metodologia	9
Capítulo 4. Resultados e Discussão	15
Capítulo 5. Conclusões	23
Referências Bibliográficas	25
Anexo I. Estimation Outputs	41
Anexo II. Teste de Auto-Correlação	45
Anexo III. Long Run Form e Bounds Test	49
Anexo IV. Error Correction Form	58
Anexo V. CUSUM Test	59
Anexo VI. Ramsey Reset Test	62
Anexo VII. Teste de Raiz Unitária con Structural Break	63
Anexo VIII. Teste de Raiz Unitária	81
Anexo IX. Teste de Causalidade Toda-Yamamoto	87

# Índice de Figuras

Figura 1 – Preço e retornos históricos do Bitcoin .....	9
Figura 2 – Preço histórico dos índices bolsistas .....	10
Figura 3 – CUSUM Test AEX .....	16
Figura 4 – CUSUM Test ATX .....	16
Figura 5 – CUSUM Test ATX .....	16
Figura 6 - CUSUM Test BEL20.....	17
Figura 7 - CUSUM Test CAC.....	17
Figura 8 - CUSUM Test DAX40 .....	17
Figura 9 - CUSUM Test ISEQ .....	18
Figura 10 - CUSUM Test PSI20 .....	18

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Testes Raiz Unitária .....	15
Tabela 2 – Teste Auto-Correlação.....	18
Tabela 3 – Bounds Cointegration Test .....	19
Tabela 4 – Error Correction Model BEL20.....	20
Tabela 5 – Error Correction Model ISEQ .....	20
Tabela 6 – Teste Diagnóstico .....	21
Tabela 7 – Causalidade de Granger através do método de Toda-Yamamoto.....	22



## CAPÍTULO 1

# Introdução

Desde a introdução da primeira criptomoeda descentralizada em 2009, o Bitcoin, que o mercado de criptomoedas tornou-se um fenómeno global em pouco mais de uma década. Atualmente existem mais de 10.000 criptomoedas e o valor de mercado global totaliza mais de 1 trilião de dólares em 2022. Não há dúvida que a existência deste novo mercado tem algum tipo de impacto na economia global, pelo que o seu estudo é importante.

Neste momento, ainda existe pouca regulação estabelecida por parte do governo sobre este tipo de ativo, devido à dificuldade de enquadrar o mesmo no contexto económico e político. Ter uma visão mais clara do impacto do mercado de criptomoedas nos indicadores económicos certamente irá ajudar os governos a tomar decisões quanto ao tipo de regulação a aplicar a este novo mercado.

Devido à natureza do ativo e seu recente aparecimento, ainda não existe evidências substanciais quanto aos seus determinantes fundamentais. Pelo que as opiniões dividem-se muito a quando da comparação com os ativos financeiros mais tradicionais. Comparar as dinâmicas do mercado de criptomoedas e financeiros deve ser uma informação relevante para os investidores compreenderem a relação entre ambos os mercados.

A literatura apresenta resultados bastante variados no estudo da relação entre os mercados de criptomoedas e ações, sendo que este tema continua a ser uma questão aberta. Por exemplo, (Gil-Alana, Abakha, & Rojo, 2020) não encontrou qualquer tipo de cointegração no seu estudo entre várias criptomoedas e índices bolsistas, mas (Kumah & Odei-Mensah, 2021) conclui um nível de integração forte entre criptomoedas e os mercados de ações africanos.

Este estudo estará focado na Zona Euro, área que representou 25% da atividade global do mercado de criptomoedas em 2021, a maior da economia mundial. O próprio Banco Central Europeu está a decidir se avança com o desenvolvimento de um projeto para um Euro Digital. Esta dissertação irá acrescentar à literatura existente, no sentido em que há falta de estudos que relacionem os mercados de criptomoedas e financeiros nesta zona em específico.

A questão principal desta dissertação é se as criptomoedas têm impacto na economia da Zona Euro, mais especificamente se o Bitcoin influencia os mercados financeiros da Zona Euro. Seguem-se então algumas outras questões com esta:

- Os mercados de criptomoedas e ações estão cointegrados?
- Será o preço das criptomoedas, um dos determinantes do preço dos índices bolsistas?
- Se existir realmente um impacto, qual a sua dimensão?

Nesta dissertação irá ser testada a hipótese de cointegração entre o Bitcoin e diversos índices bolsistas da Zona Euro através do Bounds Test no contexto do modelo Autoregressive Distributed Lag (ARDL). Caso exista evidência de cointegração em algum caso, o passo seguinte será testar a causalidade e direção da relação entre as variáveis recorrendo ao conceito de Causalidade de Granger.

No próximo capítulo encontra-se a revisão da literatura (Capítulo 2) relacionada ao tema desta dissertação, seguida de uma explicação dos dados utilizados e abordagem escolhida (Capítulo 3). Depois disso, são apresentados e analisados os resultados obtidos (Capítulo 4) nos diversos testes e modelos. Por fim, discute-se as conclusões finais (Capítulo 5) da dissertação.

## CAPÍTULO 2

# Revisão da Literatura

### **Determinantes do preço e volatilidade dos ativos financeiros**

A dinâmica das bolsas de valores é alvo de estudos há mais de 50 anos, a literatura indica que os principais determinantes do preço das ações são: fatores fundamentais, fatores técnicos e o sentimento de mercado.

(Foster, 1973) (Patell, 1976) analisaram o comportamento dos preços de ações em relação às previsões do rácio *Earnings per Share* de cada empresa, sendo que os resultados apontaram para um ajuste significativo nos preços quando as previsões tornavam-se públicas. (Dechow, 2001) confirmou de forma consistente que os investidores praticam análise fundamental usando informação dos rácios de *Earnings* e *Book Values* para tomar posições na bolsa de valores.

Um dos primeiros fatores técnicos a ser associado com o movimento dos índices de ações foi a taxa de juro real. (Grossman & Shiller, 1980) encontraram evidências de que parte do movimento histórico dos índices era explicado a partir da nova informação disponível das taxas de juros reais usadas para atualizar os futuros dividendos reais. Sendo a taxa de juro a ferramenta principal da política monetária e utilizada principalmente para controlar a inflação, a literatura aponta para uma relação entre o preços da ações e choques na inflação, principalmente a curto prazo (Bordo, Dueker, & Wheelock, 2009) (Fama, Fumagalli, & Lucarelli, 2019).

Existe algumas indicações de que o comportamento dos índices está parcialmente condicionado por variáveis do próprio país ou indústria relacionada. (Demir, 2019) sugere que o crescimento económico, valor relativo da moeda doméstica, investimento direto estrangeiro, tal como a “força” da indústria afetam os índices. Outros indicadores económicos como os salários reais, taxas de poupança, liquidez de mercado e intermediários financeiros também são determinantes com alguma importância (Garcia & Liu, 1999).

A literatura sobre sentimento de mercado, também descrito como “*animal spirits*” por Keynes, destaca uma influência dos media nas decisões dos investidores e que as notícias ajudam a prever a volatilidade dos mercados (Antweiler & Frank, 2004) (Tetlock, 2007).

### **Fatores influentes do preço das criptomoedas**

Sendo que os criptoativos transacionam-se de forma similar a ações e demonstram apreciar em tempos incertos, alguns estudos tem trazido a hipóteses de que os seus preços podem estar relacionados com os índices de mercado dos outros ativos.

Nos primeiros anos do surgimento do BTC, através de um *Error Correction Model* (Van Wijk, 2013) descobriu que as variáveis com um impacto mais significativo sobre o preço do BTC estavam relacionadas com a economia dos EUA. A pesquisa de (Ciaian, Rajcaniova, & d'Artis Kancs, 2016) não apoia a ideia de fatores macro-financeiros influenciarem o preço do BTC a longo prazo, ao invés considera os seus determinantes próximos aos das moedas tradicionais. Sendo estes as forças de mercado da oferta e procura, sentimento de mercado e atratividade para o investidor. Na mesma linha, (Cheah & Fry, 2015) encontra evidência empírica de que o preço fundamental do Bitcoin é zero e a sua volatilidade é fruto do sentimento de mercado. Outros estudos reforçam estas conclusões, (Kristoufek, 2013) (Polasik, Piotrowska, Wisniewski, Kotkowski, & Lightfoot, 2015) demonstraram uma relação significativa entre os retornos do Bitcoin e a sua popularidade, medida através do volume de pesquisas no Google e número de aparências em notícias.

No artigo desenvolvido por (Malladi & Dheeriyaa, 2021), os autores tentam relacionar o preço do Bitcoin e Ripple com índices de ações, preços do ouro e “índice de medo” (como VIX). Para tal usaram os modelos ARMAX (Autoregressive with exogenous terms), GARCH (Generalized AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity), VAR (Vector Autoregressive) e testes de casualidade de Granger. As suas conclusões foram que os retornos dos mercados de ações e de ouro não têm um efeito causal sobre os retornos do BTC, porém criptomoedas mais pequenas são mais suscetíveis as estas variáveis. Também concluíram que os fatores principais influentes do preço do BTC são medidas de medo e incerteza, tal como os retornos do resto das criptomoedas.



(Baranovskyi, Kuzheliev, Zherlitsyn, Serdyukov, & Sokyrko, 2021) procuraram definir de forma estatística a influência de vários indicadores económicos globais no mercado de ativos financeiros virtuais e a possibilidade das criptomoedas como um ativo de investimento, através de modelos de regressão e análise de correlação. O estudo analisa três hipóteses-chaves. Em primeiro, o impacto das tendências do mercado de ações sobre o preço do Bitcoin. Os resultados deste ponto foram que existe uma correlação entre as dinâmicas de preço do Bitcoin e os principais índices de ações, preço das ações e futuros financeiros. Em segundo, a correlação entre as principais criptomoedas. Foi observada uma relação linear entre todas as top 8 criptomoedas e uma alta correlação entre o top 3. Também neste ponto através da análise da volatilidade e retornos do Bitcoin, os autores decidem rejeitar uma das hipóteses propostas: as criptomoedas não poderem ser um investimento a considerar devido à sua alta volatilidade. Em terceiro, o impacto da economia americana no preço do Bitcoin. Nesta secção, os autores estimam a correlação entre o preço do Bitcoin e indicadores individuais de desenvolvimento da economia dos EUA (GDP, CPI, etc...). Os resultados foram inconclusivos, sendo que apenas encontraram correlação significativa entre o *Consumer Price Index* e o preço do Bitcoin.

Quanto à relação dos criptoativos com fatores macroeconómicos, a mais notável é do Bitcoin com indicadores da economia dos EUA ainda que uma correlação baixa (Baranovskyi, Kuzheliev, Zherlitsyn, Serdyukov, & Sokyrko, 2021) (Li & Wang, 2017).

## **Relação entre os mercados de criptomoedas e ações**

Um dos artigos de referência principal desta dissertação é o de (Sami & Abdallah, 2020), o seu objetivo foi examinar se o mercado de criptomoedas afeta os retornos dos investidores dos países do Golfo Pérsico e decidir se a sua relação é positiva ou negativa. Para esta análise os autores juntaram dados diários dos índices de ações dos países do Golfo e do mercado de criptomoedas entre 2014 e 2019. Inicialmente é implementado o método dos mínimos quadrados para encontrar o impacto do mercado de criptomoedas nos mercados de ações dos países do Golfo e os resultados demonstraram uma relação negativa significativa entre mercados. Em seguida aplicaram o Método Generalizado de Momentos e os resultados mantiveram-se robustos.

Os resultados finais do estudo demonstraram que um aumento de 10 por cento nos retornos do mercado de criptomoedas está associado com um decréscimo de 0.17 por cento nos retornos dos mercados de ações nos países do Golfo. Os autores concluíram que as criptomoedas devem ser consideradas como um dos determinantes do preço e retorno das ações.

Existem alguns artigos focados em responder à questão da existência de integração entre mercados de criptomoedas e ações. Esta questão é importante porque mercados altamente integrados trazem um benefício reduzido de diversificação para os investidores. Em geral, as conclusões apontam para um grau baixo de integração entre estes dois mercados, porém os resultados variam entre estudos e mercados em específico. (Gil-Alana, Abakha, & Rojo, 2020) testou a cointegração entre 6 criptomoedas e 6 índices bolsistas, os resultados não apresentaram qualquer tipo de cointegração. (Trabelsi, 2018) sugere que as criptomoedas são um ativo independente e não ameaçam a estabilidade do sistema financeiro global, os resultados foram retirados da aplicação de metodologia de decomposição de variância a diversas classes de ativos. Ao contrário disto, (Bouri, Das, Gupta, & Roubaud, 2018) encontraram evidência de que os retornos do Bitcoin estão relacionados com outras classes de ativos (*equities, stocks, commodities, currencies and bonds*) ao utilizar um modelo VAR-GARCH.

Com base nos fracos resultados de integração com os mercados principais, (Kumah & Odei-Mensah, 2021) testaram a mesma hipótese nos mercados emergentes. Neste caso, os autores encontraram um nível de integração forte entre os mercados de criptomoedas e os mercados de ações africanos, estando suscetíveis a choques no curto e médio prazo.

## **Criptomoedas como investimento**

Os criptoativos têm sido grande alvo de estudo, com um foco principalmente nas suas propriedades e *trade-off* de risco-retorno que pode trazer relativamente a outros ativos mais tradicionais. Da investigação dos benefícios de investidores incluírem criptoativos nos seus portfólios, tem resultado a resposta comum de que estes representam um opção valiosa de diversificação. No estudo de (Demiralay & Bayracı, 2021), foram construídos e analisados seis portfólios diferentes, compostos por um mix de criptoativos e produtos financeiros, através de um sistema de “*conditional diversification benefits*”. Os resultados apontaram para uma correlação geralmente baixa entre os ativos mas maior em períodos de incerteza. De forma similar, (Platanakis & Urquhart, 2020) analisaram os benefícios de incluir Bitcoin em oito estratégias de portfólios diferentes e notaram que em geral os retornos ajustadas ao risco eram substancialmente maiores.

No mundo financeiro, hedging consiste em adotar uma estratégia que permita cobrir o risco de um investimento ou portfólio. Um dos ativos normalmente associados a esta técnica é o ouro, um ativo que o seu preço por norma se mantém está mesmo em períodos de turbulência económica. Alguns *papers* analisam a hipótese de criptoativos serem utilizados desta mesma forma, ativos normalmente denominados de *'safe-heavens'*.

(Dwita, Ekaputra, & Husodo, 2021) estudam a hipótese de o Bitcoin e o Ethereum serem *safe havens* das ações durante a situação pandémica do COVID-19 e concluem que a curto-prazo apresentam as propriedades necessárias ainda que sejam ativos bastante voláteis. Também (Urquhart & Zhang, 2019) demonstrou o potencial de utilizar Bitcoin versus outras moedas, sendo que dependendo da moeda pode funcionar como *hedge*, diversificador ou *safe haven*. Em geral, a literatura acaba por concordar que função das criptomoedas como investimentos depende do horizonte temporal e tipo de ativos (Dyhrberg, 2016). Ainda assim, há autores que discordam do investimento em criptomoedas devido à sua volatilidade, custos e iliquidez (Smales, 2019).

## **Criptomoedas e Política Monetária**

Uma das razões importantes para estudar o mercado de criptomoedas é reconhecer o papel deste ativo no sistema monetário internacional. Até que ponto as criptomoedas afetam a procura das moedas tradicionais e será que os bancos centrais estão a perder poder de política monetária?

Como já vimos, muitos autores consideram os criptoativos como um ativo altamente especulativo (Fama, Fumagalli, & Lucarelli, 2019). Quanto à sua relação com a política monetária, não existe um consenso comum. Há quem considere que os criptoativos não põem em risco o sistema financeiro mas que para assegurar a força dos Bancos Centrais no futuro a solução seria desenvolver criptomoedas nacionais. (Nguyen, Nguyen, Nguyen, & Pham, 2019) encontraram respostas significativas entre 4 grandes criptomoedas e políticas monetárias na China. (Corbet, McHugh, & Meegan, 2017) estudaram o impacto de alterações de política monetária internacional nos retornos do Bitcoin e encontraram resultados significativos, principalmente nas alterações à taxa de juro nos Estados Unidos.



## CAPÍTULO 3

# Metodologia

### Escolha dos dados e séries

Os dados foram compilados com base diário no período de 2017-2021, tendo sido retirados do Yahoo Finance e Coin Market Cap. Os mercados de criptomoedas funcionam 24/7, enquanto que os mercados das restantes variáveis não funcionam aos fim-de-semanas e feriados. Assim sendo, só foram considerados os dados para os dias em comum de todas as variáveis.



Figura 1 – Preço e retornos históricos do Bitcoin

O Bitcoin foi escolhido como a variável representativa do mercado de criptomoedas neste estudo, sendo que por si só representa cerca de 40% da capitalização de mercado total e em geral o resto do mercado apresenta uma correlação significativa com o mesmo. Este ativo demonstra uma volatilidade bastante superior à dos mercados financeiros, observando o gráfico do seu preço conseguimos reparar em várias subidas de forma exponencial muitas vezes seguidas por fortes quebras. Destaque para o *crash* de 2018 que viu o Bitcoin cair em 84% do seu pico, e também para o *boom* entre 2020 e 2021, seguido de um *crash* entre 2021 e 2022.

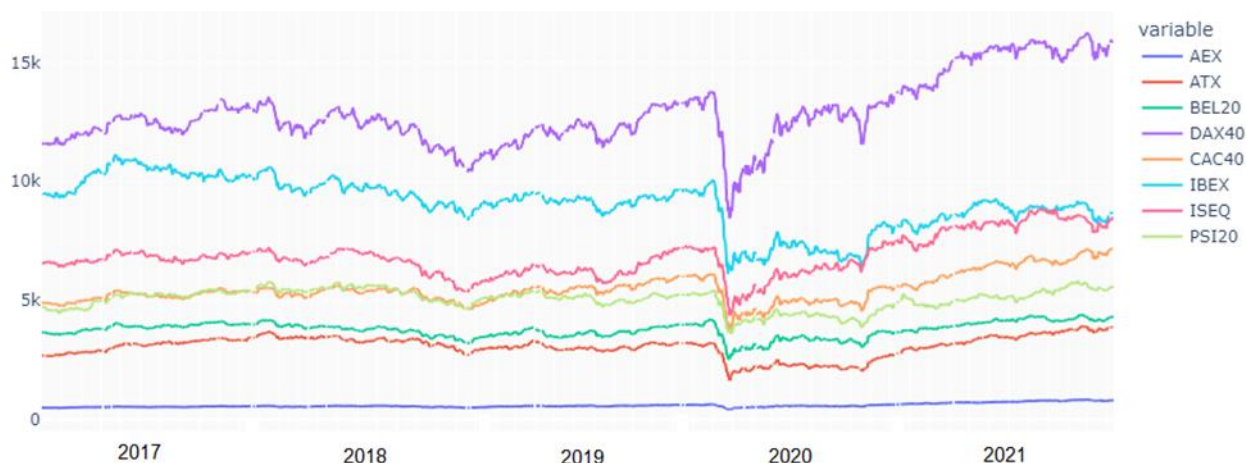


Figura 2 – Preço histórico dos índices bolsistas

Os índices de ações espelham as subidas e descidas de uma certa carteira de ações, normalmente dentro dum certo mercado ou região. Os índices de bolsa de valores refletem a tendência da bolsa, pois essas ações tendem a movimentar de forma semelhantes. Os índices da Zona Euro selecionados foram os AEX, ATX, BEL20, CAC40, DAX40, IBEX, ISEQ, PSI20. Nota-se que a grande maioria dos índices seguem um movimento bastante similar, algo expetável sendo que pertencem todos à mesma região. Todos os índices sofreram um quebra no gráfico no início de 2020, fruto do impacto do início da pandemia do COVID-19.

## Abordagem

O objetivo desta dissertação cabe em tentar entender se existe alguma relação entre o mercado de criptomoedas e os mercados financeiros da Zona Euro. A abordagem para este objetivo passará por estudar a causalidade e cointegração entre as variáveis do Bitcoin e Eurostoxx. Todos os testes e modelos criados neste estudo foram feitos através do software Eviews.

Cointegração define-se como uma relação a longo-prazo entre duas ou mais séries, ou seja, as mesmas convergem para um equilíbrio conjunto. Existe cointegração quando a combinação linear de duas séries não estacionárias dá resultado a uma série estacionária.

Para estudar a cointegração, neste estudo optou-se pela utilização do *ARDL Bounds Test* desenvolvido por (Pesaran, Shin, & Smith, 2001), que tem vindo a se tornar popular devido à sua versatilidade. As suas vantagens em relação aos métodos tradicionais de estudar cointegração, como o método de Johansen ou Engle e Granger, são:

- Possibilidade de usar variáveis dependentes integradas de ordem 1 e/ou 0. O que acrescenta liberdade em termos de variáveis pois não existe tanta preocupação se os testes de raiz unitária forem ambíguos

- Não necessita uma base de dados tão grande como no método de Johansen
- As variáveis podem ter diferentes número de lags ótimos, algo que não é possível com os testes tradicionais

- Reduz o procedimento a uma equação e permite retirar um *Error Correction Model* do teste, o que facilita a leitura da informação e análise da relação de longo e curto prazo

Na sua forma básica, um modelo ARDL representa-se da seguinte forma:

$$y_t = \sum_{i=1}^j a_i y_{t-i} + \sum_{l=0}^k b_l x_{t-l} + e_t \quad (1)$$

Sendo y – componente autoregressivo; x – variável independente; e – termo de erro. As variáveis a, b são os coeficientes do modelo e j,k são os lags, isto é a ordem do modelo. Isto é uma regressão dinâmica onde y depende dos seus valores passados e também dos valores de x.

Efetivamente para o estudo da relação de longo prazo entre o Bitcoin e os índices europeus (INDEX), o modelo a ser utilizado é o seguinte:

$$\Delta INDEX_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta INDEX_{t-i} + \sum_{j=0}^q \theta_j \Delta BTC_{t-j} + \beta_1 INDEX_{t-1} + \beta_2 BTC_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Onde BTC e os índices europeus (INDEX) são as variáveis do modelos e  $\varepsilon_t$  o termo de *white noise*. No caso de se observar cointegração entre variáveis é possível representar a relação em modelos de curto e longo prazo através das seguintes equações:

$$\Delta INDEX_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \gamma_i INDEX_{t-i} + \sum_{j=0}^q \theta_j BTC_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta INDEX_t = \alpha + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta INDEX_{t-i} + \sum_{j=0}^q \theta_j \Delta BTC_{t-j} + \varphi ECT_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Onde ECT é o *Error Correction Term*, isto é, a velocidade de convergência para o equilíbrio. É necessário que o coeficiente  $\varphi$  seja significativo e negativo.

O *bounds test* baseia-se num teste *F-statistic* sendo que a hipótese nula é a não existência de cointegração. (Pesaran, Shin, & Smith, 2001) desenvolveram uma tabela de valores críticos divididos entre limites superior e inferior (*upper and lower bound*) usada para comparar com o valor calculado de *F-statistic*. Estes limites são construídos com base no pressuposto de que no limite inferior as variáveis são todas  $I(0)$  e no limite superior são todas  $I(1)$ . Se *F-statistic* for superior ao *upper bound* rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que existe cointegração. Se *F-statistic* for inferior ao *lower bound*, as variáveis são  $I(0)$  e não existe cointegração. Já se *F-statistic* cair entre os limites, o teste considera-se inconclusivo.

No estudo de modelos de regressão existem os pressupostos de que os resíduos são independentes, seguem uma distribuição normal e a sua variância é constante. Pelo que para testar a validade dos modelo serão corridos o teste Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test, Jarque-Bera e Breusch-Pagan-Godfrey Heteroscedasticity Test.

Também para assegurar que as estimativas do nosso modelo são estáveis serão corridos o teste CUSUM conforme sugerido por (Brown, Durbin, & Evans, 1975) e (Pesaran, Shin, & Smith, 2001).

Cointegração por si só não explica a ligação entre as variáveis, sabemos que séries cointegradas mantêm uma relação ao longo do tempo mas não sabemos a causa. Da mesma forma que estudar a correlação entre duas variáveis não permite compreender totalmente a relação entre as mesmas, pois esta pode ser aleatória ou incompleta. Daí a importância de estudar a causalidade, juntamente com os dois conceitos anteriormente mencionados. De notar que se duas ou mais séries são cointegradas, então deve existir algum tipo de causalidade entre elas. Ainda assim, o contrário não é obrigatoriamente verdadeiro de acordo com (Giles, 2011). Para testar a direção da causalidade entre variáveis, recorreremos ao conceito de Causalidade de Granger. Este conceito proposto por (Granger, 1969) revolve em dois princípios: A causa ocorre antes do efeito e a causa tem informação única sobre os futuros valores do seu efeito. Tendo duas variáveis  $X$  e  $Y$ , se  $X$  causa  $Y$  então uma equação que explique  $Y$  deve incluir lags de  $X$ . A hipótese nula do teste é que  $X$  Granger causa  $Y$ , ou seja, se  $X$  ajuda a prever o movimento de  $Y$ .



É decidido estudar a causalidade de Granger através do método proposto por (Toda & Yamamoto, 1995), que consiste num teste de Wald modificado no contexto de um modelo VAR aumentado. Este teste tem como vantagem o facto de não depender de pré-testes de raiz unitária e cointegração, ao contrário do método tradicional do teste de causalidade de (Granger, 1969). Isto torna este método mais confiável pois os testes de raiz unitária e de cointegração são considerados de baixo poder e muitas vezes produzem resultados incertos. Os passos do método Toda-Yamamoto são:

1. Determinar ordem máxima de integração das variáveis ( $e_{max}$ ) e número ótimo de lags ( $z$ )
2. Estimar um modelo VAR com  $e_{max} + z$  lags
3. Correr um teste de Wald nos  $z$  primeiros coeficientes

Deste modo, não só pretende-se estudar a existência de uma relação entre o Bitcoin e os índices bolsistas europeus mas também procurar a direção desta relação, se realmente as dinâmicas do preço das criptomoedas afetam os mercados financeiros da Zona Euro ou até mesmo o contrário.



## Resultados e Discussão

Como notado na análise dos gráficos da variáveis, existe uma quebra estrutural no início de 2020 devido ao choque do aparecimento do COVID-19. Esta informação foi incorporada no estudo através duma variável dummy BREAK. A variável assume um valor de 0 no período antes de fevereiro de 2020 e um valor de 1 no período a seguir.

### Estacionaridade (testes de raiz unitária e *lag length criteria*)

Uma pré-condição do ARDL *Bounds Test* é que nenhuma das variáveis pode ser integrada de ordem 2 ou superior. Para assegurar tal condição, aplicamos testes de raiz unitária às variáveis. Sendo que os índices europeus apresentam todos uma quebra estrutural devido à pandemia no início de 2020, foram aplicados dois testes de raiz unitária ADF, um considerando uma quebra estrutural nas séries e outro sem esta quebra em consideração.

Tabela 1 – Testes Raiz Unitária

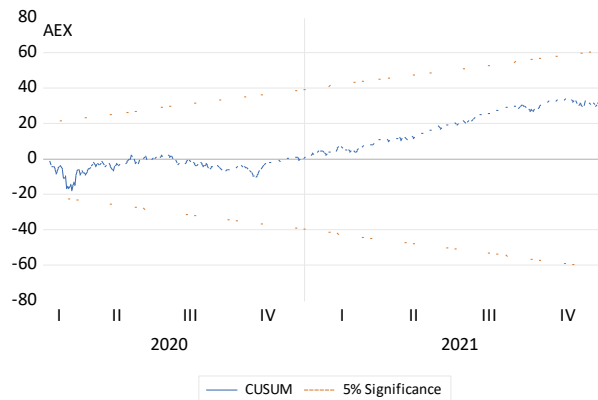
Variáveis	ADF Unit Root Test				Unit Root with Break Test			
	Níveis		Primeiras Diferenças		Níveis		Primeiras Diferenças	
	t-statistic	Prob.	t-statistic	Prob.	t-statistic	Prob.	t-statistic	Prob.
AEX	-3.7166	0.2575	-13.1374	0.01	-0.8738	0.7967	-12.1460	0.00
ATX	-2.7238	0.8213	-32.8516	0.01	-2.0898	0.2490	-10.0498	0.00
BEL20	-4.2818	0.0758	-34.8370	0.01	-2.8366	0.0535	-12.4076	0.00
BTC	-3.2471	0.4920	-37.9522	0.01	-0.7684	0.8270	-12.2036	0.00
CAC40	-3.7568	0.2395	-23.0989	0.01	-1.8480	0.3573	-12.1813	0.00
DAX40	-4.4213	0.0515	-35.9195	0.01	-1.9762	0.2975	-11.7013	0.00
IBEX	-3.8453	0.2060	-22.7520	0.01	-2.4396	0.1311	-21.7248	0.00
ISEQ	-4.2489	0.0854	-35.2487	0.01	-1.9649	0.3026	-22.0323	0.00
PSI20	-2.3377	0.8450	-34.4614	0.01	-2.5681	0.1000	-22.4126	0.00

Equação de teste apenas inclui Intercept, sendo que Trend não demonstrou ser significativa em todos os casos.

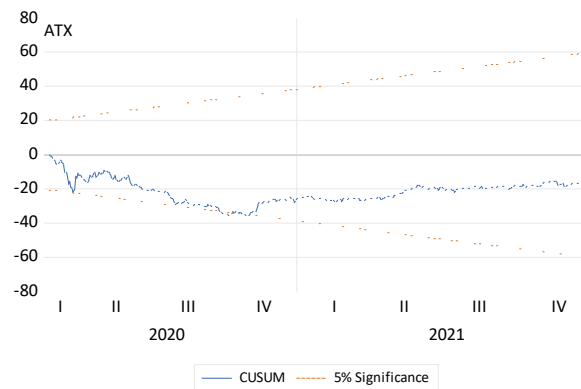
Através dos testes, conseguimos afirmar com um intervalo de confiança de 99% que todas as variáveis são integradas de ordem 1. O mesmo significa que podemos avançar com o modelo ARDL como previsto.

## CUSUM Test

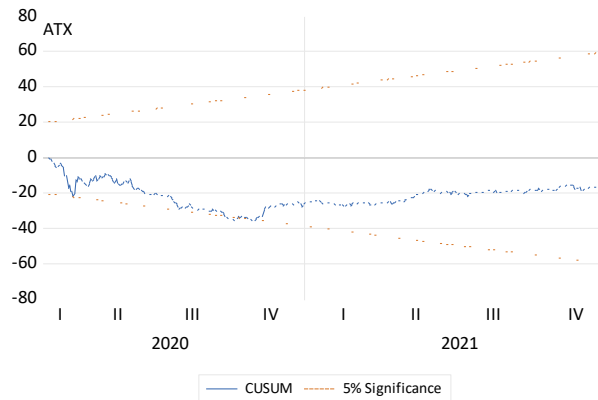
É sugerido por (Pesaran, Shin, & Smith, 2001) que seja testada a estabilidade dos parâmetros de longo e curto prazo através da aplicação do teste CUSUM. Todos os modelos apresentaram resultados dentro do nível significância de 5%, isto indica que os parâmetros e modelos são estáveis.



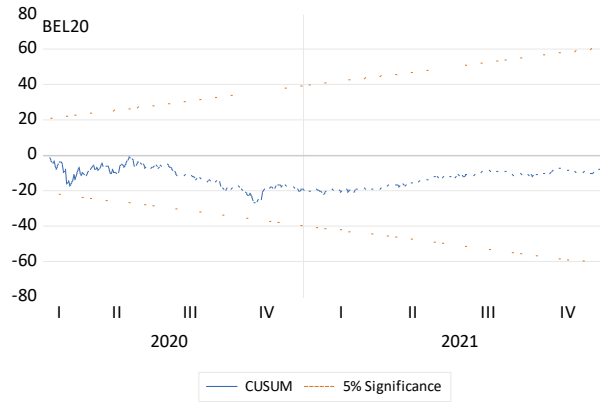
*Figura 3 – CUSUM Test AEX*



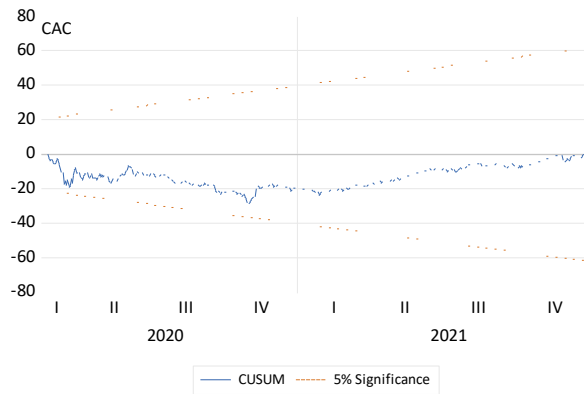
*Figura 4 – CUSUM Test ATX*



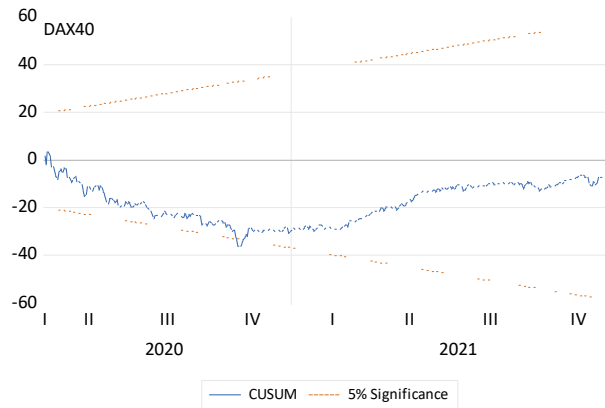
*Figura 5 – CUSUM Test ATX*



*Figura 6 - CUSUM Test BEL20*



*Figura 7 - CUSUM Test CAC*



*Figura 8 - CUSUM Test DAX40*

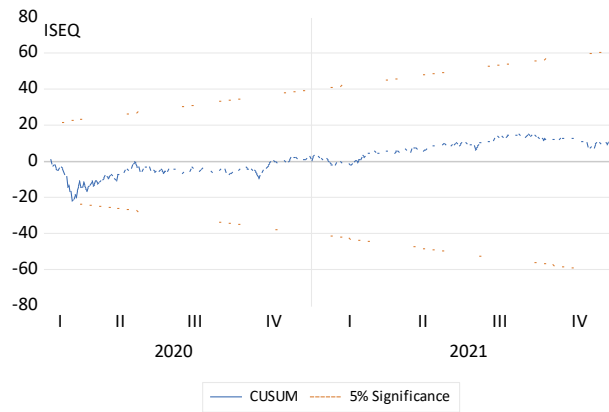


Figura 9 - CUSUM Test ISEQ

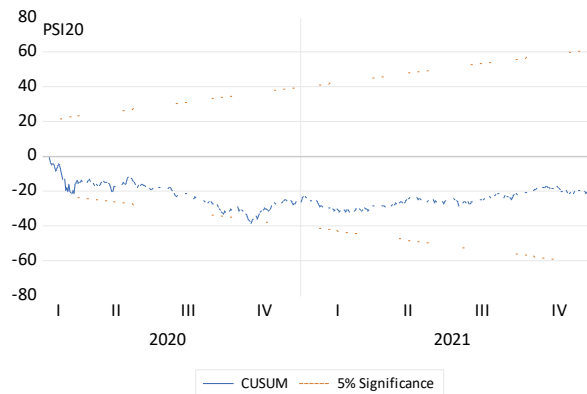


Figura 10 - CUSUM Test PSI20

## Teste de Autocorrelação

O teste de auto-correlação Breusch-Godfrey tem como função testar a existência de autocorrelação nos resíduos de um modelo de regressão. A hipótese nula é que não existe autocorrelação de nenhuma ordem até  $p$  lags.

Este teste é importante para a validade do modelo, pois a auto-correlação afeta a eficiência da estimativa dos coeficientes e os resultados do modelo deixam de ser confiáveis. A hipótese nula neste teste é de que os resíduos são auto correlacionados, pelo que o  $p$ -value superior a 0.05 indica que não-rejeitamos esta hipótese.

Tabela 2 – Teste Auto-Correlação

Variáveis	Modelo ARDL	LM Test*	Critério
AEX	(2,1)	0.8363	AIC (-6.346746)
ATX	(3,4)	0.2115	AIC (-6.141876)
BEL20	(3,1)	0.6628	AIC (-6.025638)

CAC40	(1,1)	0.1589	SIC (-6.105014)
DAX40	(3,3)	0.9755	AIC (-6.039059)
IBEX	(3,1)	0.0935	AIC (-6.025638)
ISEQ	(1,1)	0.5410	SIC (-6.046846)
PSI20	(1,1)	0.1623	SIC (-6.312168)

\*Valores indicados na coluna referem-se ao Prob. F do Teste Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test

Conforme a tabela 2, em todos os modelos não se rejeitou a hipótese nula, ou seja, podemos admitir com grande probabilidade que não existe auto-correlação nos resíduos.

## Teste Bounds

Após garantirmos que as estimativas do modelo são confiáveis, avançamos então para estudar a relação de longo prazo entre as variáveis através da aplicação do *Bounds Test*. Conforme a abordagem proposta por (Pesaran, Shin, & Smith, 2001), neste teste comparamos o *F-statistic* calculado com uma banda de valores críticos. As conclusões a retirar de cada caso são as seguintes:

- Acima do limite superior, existe cointegração
- Entre o limite superior e inferior, resultado inconclusivo
- Abaixo do limite inferior, não existe cointegração

Tabela 3 – *Bounds Cointegration Test*

Variáveis	Modelo ARDL	F-statistic		t-statistic		
AEX	(2,1)	4.7298		-3.0158***		
ATX	(3,4)	3.8624		-2.6381		
BEL20	(3,1)	6.4398**		-3.5533**		
CAC40	(1,1)	4.4947		-2.9067		
DAX40	(3,3)	5.6702***		-2.8653		
IBEX	(3,1)	3.6748		-2.7086		
ISEQ	(1,1)	5.0394**		-3.1229***		
PSI20	(1,1)	3.1251		-2.4783		
Valores Críticos		Upper	Lower	Upper	Lower	
		10%	4.04	4.78	-2.57	-2.91
		5%	4.94	5.73	-2.86	-3.22
		1%	6.84	7.84	-3.43	-3.82

Valores críticos conforme tabelas sugeridas por (Narayan, 2005) (Pesaran, Shin, & Smith, 2001).

\*Demonstra significância ao nível de 1%

\*\* Demonstra significância ao nível de 5%

\*\*\* Demonstra significância ao nível de 10%

A tabela apresenta os resultados do teste de cointegração Bounds e o seu modelo ARDL relativo. Nota-se que nesta versão do teste, não só o F-statistic tem que estar acima do limite superior mas também o t-statistic, caso contrário o teste considera-se inconclusivo ou nulo. Identifica-se cointegração entre o BEL20 e o BTC, num nível de significância de 5%, e entre ISEQ e BTC, num nível de significância de 10%. Todas as restantes variáveis não apresentam resultados que indiquem qualquer tipo de cointegração com o BTC.

### Dinâmica de curto prazo

Observando cointegração através do Bounds Test, podemos então partir para extrair a relação de curto-prazo através do ECM Regression. Nas tabelas seguintes podemos analisar as componentes desta relação para as variáveis BEL20 e ISEQ.

*Tabela 4 – Error Correction Model BEL20*

Variáveis	Coefficiente	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.1088	0.0301	3.6059	0.0003*
DLOG(BEL20(-1))	-0.0244	0.0280	-0.8720	0.3834
DLOG(BEL20(-2))	0.0422	0.0276	1.5309	0.1260
DLOG(BTC)	0.0360	0.0065	5.5265	0.0000*
BREAK	-0.0207	0.0024	-8.5039	0.0000*
CointEq(-1)	-0.0137	0.0038	-3.5902	0.0003*

\*Demonstra significância ao nível de 1%

*Tabela 5 – Error Correction Model ISEQ*

Variáveis	Coefficiente	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.0860	0.0269	3.1925	0.0014*
DLOG(BTC)	0.0371	0.0066	5.5538	0.0000*
BREAK	-0.0174	0.0024	-7.2261	0.0000*
CointEq(-1)	-0.0106	0.0033	-3.1760	0.0015*

\*Demonstra significância ao nível de 1%

Nesta equação é importante que o coeficiente do termo CointEq(-1), que representa o Error Correction, seja negativo e significativa. Isto porque assegura que existe convergência no modelo, o que indica que existe uma relação significativa a longo prazo. Este termo interpreta-se como a velocidade a que a variável dependente volta ao equilíbrio após uma variação nas variáveis independentes.



Em ambas as equações, o BTC é significativo ao nível de 1% e negativo, quanto mais próximo for de -1 mais forte é o equilíbrio. Aproximadamente, em ambos os casos, cerca de 1% do desequilíbrio converge ao equilíbrio de longo prazo no espaço de um período.

## Testes Diagnóstico

Para determinar a qualidade do modelo foram corridos alguns testes finais. O Ramsey RESET test permite testar se existe alguma relação não-linear significativa num modelo linear. Assumiu-se como número de *fitted terms* o valor 1 e o *p-value* observado foi o do *Likelihood ratio*.

Dois dos pressupostos da regressão linear é que os resíduos são independentes e normalmente distribuídos. Para estudar a normalidade foi usado o teste Jarque-Bera.

Outros dos pressupostos da regressão linear é que os resíduos têm uma variância constante, ou seja, homocedásticos. Isto porque resíduos heterocedásticos levam a estimativas ineficientes sendo que à medida que os valores no modelo aumenta também o erro aumenta.

Tabela 6 – Teste Diagnóstico

	ARDL	Critério	Ramsey RESET Test	Jarque-Bera	Breusch-Pagan- Godfrey
AEX	(2,1)	AIC (-6.346746)	0.0022	0.0000	0.0000
ATX	(3,4)	AIC (-6.141876)	0.1156	0.0000	0.0000
BEL20	(3,1)	AIC (-6.025638)	0.0015	0.0000	0.0000
CAC	(1,1)	SIC (-6.105014)	0.0042	0.0000	0.0000
DAX40	(3,3)	AIC (-6.039059)	0.3266	0.0000	0.0000
IBEX35	(3,1)	AIC (-6.025638)	0.2683	0.0000	0.0000
ISEQ	(1,1)	SIC (-6.046846)	0.3054	0.0000	0.0000
PSI20	(1,1)	SIC (-6.312168)	0.1986	0.0000	0.0000

Os valores representados na tabela são os p-values dos testes referidos

Nos testes de normalidade (Jarque-Bera) e heterocedasticidade (Breusch-Pagan-Godfrey) o p-value em todos os casos foi igual a 0, pelo que todos os processos apresentaram resíduos heterocedásticos e que seguem uma distribuição normal. Quanto à forma funcional, apenas o AEX, BEL20 e CAC falharam no teste.

## Causalidade de Granger

Sendo que foram encontradas dois casos de cointegração nos nossos dados, avançamos então para a análise de causalidade destes mesmos. A existência de cointegração sugere que deve haver causalidade entres as variáveis cointegradas em pelo menos uma direção. Seguem-se então os resultados da análise de causalidade entre BEL20/BTC e ISEQ/BTC através do método proposto por (Toda & Yamamoto, 1995).

*Tabela 7 – Causalidade de Granger através do método de Toda-Yamamoto*

Toda-Yamamoto			
Hipótese Nula	Lags	Chi-sq	Prob.
BTC não Granger Causa BEL20	3	7.3062	0.0628
BEL20 não Granger Causa BTC	3	10.1492	0.0173*
BTC não Granger Causa ISEQ	3	4.7202	0.1935
ISEQ não Granger Causa BTC	3	14.5508	0.0022*

\*Indica significância a 5%

Os resultados apresentam a existência de causalidade uni-direcional, em ambos os casos a causalidade ocorre do índice de ações para o Bitcoin, a um nível de significância de 5%. É de notar que a causalidade de Granger não significa necessariamente causalidade verdadeira. Isto porque duas variáveis podem ter determinantes em comum, ainda que não existe causalidade entre elas, o teste pode concluir causalidade entre as mesmas. Sendo que o mercado de criptomoedas e de ações têm vários fatores que os afetam em comum, os resultados deste teste podem não ser totalmente fidedignos.

## CAPÍTULO 5

# Conclusões

Esta dissertação analisou a cointegração, relação de curto e longo prazo e causalidade entre o Bitcoin e vários índices bolsistas da Zona Euro. Para tal, foram desenvolvidos modelos ARDL de modo a aplicar o Bounds Test e no caso da causalidade, utilizado o método de Toda-Yamamoto para estudar a causalidade de Granger.

Os resultados deste estudo sugerem que existe uma fraca evidência de cointegração entre os índices bolsistas da zona Euro e Bitcoin, e não foi encontrada causalidade na direção Bitcoin -> Índices Bolsistas. As principais conclusões retiradas desta dissertação foram:

- a) Os resultados indicam não existir qualquer tipo de cointegração entre o Bitcoin e os índices AEX, ATX, CAC40, DAX40, IBEX e PSI20
- b) O Bitcoin e os índices BEL20 e ISEQ apresentam cointegração ainda que apenas a um nível de significância de 5% e 10%, respetivamente
- c) Nos casos de cointegração, foi encontrada causalidade uni-direcional no sentido do Bitcoin, ou seja, BEL20 e ISEQ Granger causam Bitcoin.

O objetivo da dissertação era estudar se o mercados de criptomoedas tem impacto sobre os mercados financeiros da Zona Euro e analisar a sua dimensão. Podemos então afirmar que de acordo com os resultados de estudo não foi possível encontrar nenhuma evidência de que o Bitcoin tem impacto no valores do índices bolsistas da Zona Euro. Pelo contrário, a causalidade encontrada foi no sentido do preço das ações para preço do Bitcoin.

Este estudo então junta-se à parte da literatura que não foi capaz de encontrar uma relação significativa entre estes dois mercados. Nota-se que a causalidade encontrada contraria os artigos literários que defendem o Bitcoin ser um ativo independente de outros mercados e também os que concluem este ser relacionado maioritariamente com a economia dos EUA.



## Referências Bibliográficas

Antweiler, W., & Frank, M. Z. (2004, June). Is All That Talk Just Noise? The Information Content of Internet Stock Message Boards. *The Journal of Finance*, 59(3), 1259-1294. doi:10.1111/j.1540-6261.2004.00662.x

Baranovskyi, O., Kuzheliev, M., Zherlitsyn, D., Serdyukov, K., & Sokyrko, O. (2021). Cryptocurrency Market Trends and Fundamental Economic Indicators: Correlation and Regression Analysis. *Financial and Credit Activities*.

Bordo, M. D., Dueker, M., & Wheelock, D. C. (2009). Inflation, Monetary Policy and Stock Market Conditions: Quantitative Evidence from a Hybrid Latent-Variable VAR. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.1129469

Bouri, E., Das, M., Gupta, R., & Roubaud, D. (2018, November). Spillovers between Bitcoin and other assets during bear and bull markets. *Applied Economics*, 50(55), 5935-5949. doi:10.1080/00036846.2018.1488075

Brown, R. L., Durbin, J., & Evans, J. M. (1975, January). Techniques for Testing the Constancy of Regression Relationships Over Time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 37(2), 149-163. doi:10.1111/j.2517-6161.1975.tb01532.x

Cheah, E.-T., & Fry, J. (2015, May). Speculative bubbles in Bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin. *Economics Letters*, 130, 32-36. doi:10.1016/j.econlet.2015.02.029

Ciaian, P., Rajcaniova, M., & d'Artis Kancs. (2016, April). The economics of BitCoin price formation. *Applied Economics*, 48(19), 1799-1815. doi:10.1080/00036846.2015.1109038

Corbet, S., McHugh, G., & Meegan, A. (2017). The influence of central bank monetary policy announcements on cryptocurrency return volatility. Retrieved from [www.businessperspectives.org](http://www.businessperspectives.org)

Dechow, P. (2001, July). Short-sellers, fundamental analysis, and stock returns. *Journal of Financial Economics*, 61(1), 77-106. doi:10.1016/S0304-405X(01)00056-3

Demir, C. (2019, March). Macroeconomic determinants of stock market fluctuations: The case of BIST-100. *Economies*, 7(1). doi:10.3390/economies7010008

Demiralay, S., & Bayracı, S. (2021, October). Should stock investors include cryptocurrencies in their portfolios after all? Evidence from a conditional diversification benefits measure. *International Journal of Finance & Economics*, 26(4), 6188-6204. doi:10.1002/ijfe.2116

Dwita, M. C., Ekaputra, I., & Husodo, Z. (2021). Are Bitcoin and Ethereum safe-havens for stocks during the COVID-19 pandemic? *Finance Research Letters*.

Dyhrberg, A. H. (2016, February). Bitcoin, gold and the dollar – A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 16, 85-92. doi:10.1016/j.frl.2015.10.008

Fama, E. F., & Schwert, G. W. (1977, November). Asset returns and inflation. *Journal of Financial Economics*, 5(2), 115-146. doi:10.1016/0304-405X(77)90014-9

Fama, M., Fumagalli, A., & Lucarelli, S. (2019, April). Cryptocurrencies, Monetary Policy, and New Forms of Monetary Sovereignty. *International Journal of Political Economy*, 48(2), 174-194. doi:10.1080/08911916.2019.1624318

Foster, G. (1973). Stock Market Reaction to Estimates of Earnings per Share by Company Officials. *Journal of Accounting Research*.

Garcia, V. F., & Liu, L. (1999, May). Macroeconomic Determinants of Stock Market Development. *Journal of Applied Economics*, 2(1), 29-59. doi:10.1080/15140326.1999.12040532

Gil-Alana, L., Abakha, E., & Rojo, M. (2020). Cryptocurrencies and stock market indices. Are they related?

Giles, D. (2011). *Testing for granger causality*. Retrieved from <https://davegiles.blogspot.com/2011/04/testing-for-granger-causality.html>

Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 424-438.

Grossman, S., & Shiller, R. (1980, October). The Determinants of the Variability of Stock Market Prices. *The Determinants of the Variability of Stock Market Prices*. doi:10.3386/w0564

Kristoufek, L. (2013, December). BitCoin meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the relationship between phenomena of the Internet era. *Scientific Reports*, 3(1), 3415. doi:10.1038/srep03415

Kumah, S. P., & Odei-Mensah, J. (2021, August). Are Cryptocurrencies and African stock markets integrated? *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 81, 330-341. doi:10.1016/j.qref.2021.06.022

Li, X., & Wang, C. A. (2017, March). The technology and economic determinants of cryptocurrency exchange rates: The case of Bitcoin. *Decision Support Systems*, 95, 49-60. doi:10.1016/j.dss.2016.12.001

Malladi, R. K., & Dheeriyaa, P. L. (2021, January). Time series analysis of Cryptocurrency returns and volatilities. *Journal of Economics and Finance*, 45(1), 75-94. doi:10.1007/s12197-020-09526-4

Narayan, P. K. (2005, September). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990. doi:10.1080/00036840500278103

Nguyen, T. V., Nguyen, B. T., Nguyen, K. S., & Pham, H. (2019, April). Asymmetric monetary policy effects on cryptocurrency markets. *Research in International Business and Finance*, 48, 335-339. doi:10.1016/j.ribaf.2019.01.011

Patell, J. (1976). Corporate Forecasts of Earnings Per Share and Stock Price Behavior: Empirical Test. *Journal of Accounting Research*.

Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001, May). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326. doi:10.1002/jae.616

Platanakis, E., & Urquhart, A. (2020, July). Should investors include Bitcoin in their portfolios? A portfolio theory approach. *The British Accounting Review*, 52(4), 100837. doi:10.1016/j.bar.2019.100837

Polasik, M., Piotrowska, A. I., Wisniewski, T. P., Kotkowski, R., & Lightfoot, G. (2015, September). Price Fluctuations and the Use of Bitcoin: An Empirical Inquiry. *International Journal of Electronic Commerce*, 20(1), 9-49. doi:10.1080/10864415.2016.1061413

Sami, M., & Abdallah, W. (2020). Cryptocurrency and Stock Markets: Complements or Substitutes? Evidence from Gulf countries. *SSRN Electronic Journal*. doi:10.2139/ssrn.3775907

Smales, L. A. (2019, September). Bitcoin as a safe haven: Is it even worth considering? *Finance Research Letters*, 30, 385-393. doi:10.1016/j.frl.2018.11.002

Tetlock, P. C. (2007, June). Giving Content to Investor Sentiment: The Role of Media in the Stock Market. *The Journal of Finance*, 62(3), 1139-1168. doi:10.1111/j.1540-6261.2007.01232.x

Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995, March). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250. doi:10.1016/0304-4076(94)01616-8

Trabelsi, N. (2018, October). Are There Any Volatility Spill-Over Effects among Cryptocurrencies and Widely Traded Asset Classes? *Journal of Risk and Financial Management*, 11(4), 66. doi:10.3390/jrfm11040066

Urquhart, A., & Zhang, H. (2019, May). Is Bitcoin a hedge or safe haven for currencies? An intraday analysis. *International Review of Financial Analysis*, 63, 49-57. doi:10.1016/j.irfa.2019.02.009

Van Wijk, D. (2013). "*Vires in Numeris*" What can be expected from the Bitcoin?



# Anexos

## I. Estimation Output

Dependent Variable: LOG(AEX)  
 Method: ARDL  
 Date: 08/06/22 Time: 09:12  
 Sample (adjusted): 1/04/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1244 after adjustments  
 Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)  
 Model selection method: Akaike info criterion (AIC)  
 Dynamic regressors (4 lags, automatic): LOG(BTC)  
 Fixed regressors: BREAK C  
 Number of models evaluated: 20  
 Selected Model: ARDL(2, 1)  
 Note: final equation sample is larger than selection sample

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(AEX(-1))	0.936963	0.027948	33.52496	0.0000
LOG(AEX(-2))	0.050765	0.027867	1.821698	0.0687
LOG(BTC)	0.036432	0.005856	6.220905	0.0000
LOG(BTC(-1))	-0.034877	0.005860	-5.951335	0.0000
BREAK	-0.017383	0.002155	-8.067251	0.0000
C	0.064549	0.021833	2.956507	0.0032
R-squared	0.994602	Mean dependent var	6.362225	
Adjusted R-squared	0.994580	S.D. dependent var	0.137260	
S.E. of regression	0.010105	Akaike info criterion	-6.346746	
Sum squared resid	0.126415	Schwarz criterion	-6.322022	
Log likelihood	3953.676	Hannan-Quinn criter.	-6.337449	
F-statistic	45620.71	Durbin-Watson stat	2.019484	
Prob(F-statistic)	0.000000			

\*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Dependent Variable: LOG(ATX)  
 Method: ARDL  
 Date: 08/06/22 Time: 09:12  
 Sample (adjusted): 1/12/2017 12/30/2021  
 Included observations: 1140 after adjustments  
 Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)  
 Model selection method: Akaike info criterion (AIC)  
 Dynamic regressors (4 lags, automatic): LOG(BTC)  
 Fixed regressors: BREAK C  
 Number of models evaluated: 20  
 Selected Model: ARDL(3, 4)  
 Note: final equation sample is larger than selection sample

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(ATX(-1))	0.963815	0.029241	32.96142	0.0000
LOG(ATX(-2))	0.147146	0.041081	3.581821	0.0004
LOG(ATX(-3))	-0.117506	0.028613	-4.106767	0.0000
LOG(BTC)	0.041080	0.007563	5.431566	0.0000
LOG(BTC(-1))	-0.029968	0.010770	-2.782556	0.0055
LOG(BTC(-2))	0.006562	0.010859	0.604257	0.5458
LOG(BTC(-3))	-0.004327	0.010834	-0.399366	0.6897
LOG(BTC(-4))	-0.012774	0.007795	-1.638777	0.1015
BREAK	-0.022259	0.002775	-8.020977	0.0000
C	0.047822	0.019282	2.480107	0.0133
R-squared	0.993625	Mean dependent var	8.013392	
Adjusted R-squared	0.993574	S.D. dependent var	0.157232	
S.E. of regression	0.012604	Akaike info criterion	-5.900828	
Sum squared resid	0.179521	Schwarz criterion	-5.856628	
Log likelihood	3373.472	Hannan-Quinn criter.	-5.884136	
F-statistic	19568.12	Durbin-Watson stat	2.021114	
Prob(F-statistic)	0.000000			

\*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Dependent Variable: LOG(BEL20)  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:12  
Sample (adjusted): 1/05/2017 12/31/2021  
Included observations: 1226 after adjustments  
Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)  
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)  
Dynamic regressors (4 lags, automatic): LOG(BTC)  
Fixed regressors: BREAK C  
Number of models evaluated: 20  
Selected Model: ARDL(3, 1)  
Note: final equation sample is larger than selection sample

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(BEL20(-1))	0.961791	0.028155	34.16110	0.0000
LOG(BEL20(-2))	0.066700	0.038984	1.710946	0.0873
LOG(BEL20(-3))	-0.042261	0.027622	-1.529962	0.1263
LOG(BTC)	0.036049	0.006532	5.518912	0.0000
LOG(BTC(-1))	-0.035503	0.006529	-5.437683	0.0000
BREAK	-0.020765	0.002443	-8.499474	0.0000
C	0.108803	0.031016	3.507980	0.0005
R-squared	0.983903	Mean dependent var	8.228529	
Adjusted R-squared	0.983824	S.D. dependent var	0.087983	
S.E. of regression	0.011190	Akaike info criterion	-6.141876	
Sum squared resid	0.152642	Schwarz criterion	-6.112691	
Log likelihood	3771.970	Hannan-Quinn criter.	-6.130894	
F-statistic	12418.33	Durbin-Watson stat	2.013702	
Prob(F-statistic)	0.000000			

\*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Dependent Variable: LOG(IBEX)  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:13  
Sample (adjusted): 1/06/2017 12/30/2021  
Included observations: 1220 after adjustments  
Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)  
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)  
Dynamic regressors (4 lags, automatic): LOG(BTC)  
Fixed regressors: BREAK C  
Number of models evaluated: 20  
Selected Model: ARDL(3, 1)  
Note: final equation sample is larger than selection sample

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(IBEX(-1))	0.904492	0.028124	32.16039	0.0000
LOG(IBEX(-2))	0.199197	0.037619	5.295156	0.0000
LOG(IBEX(-3))	-0.111668	0.027935	-3.997445	0.0001
LOG(BTC)	0.037851	0.006964	5.435146	0.0000
LOG(BTC(-1))	-0.038158	0.006954	-5.487304	0.0000
BREAK	-0.017013	0.002572	-6.613797	0.0000
C	0.075604	0.028152	2.685614	0.0073
R-squared	0.990866	Mean dependent var	9.104515	
Adjusted R-squared	0.990820	S.D. dependent var	0.123782	
S.E. of regression	0.011860	Akaike info criterion	-6.025638	
Sum squared resid	0.170608	Schwarz criterion	-5.996337	
Log likelihood	3682.639	Hannan-Quinn criter.	-6.014610	
F-statistic	21930.10	Durbin-Watson stat	2.015551	
Prob(F-statistic)	0.000000			

\*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Dependent Variable: LOG(CAC40)  
 Method: ARDL  
 Date: 08/06/22 Time: 09:04  
 Sample (adjusted): 1/03/2017 12/30/2021  
 Included observations: 1261 after adjustments  
 Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)  
 Model selection method: Schwarz criterion (SIC)  
 Dynamic regressors (4 lags, automatic): LOG(BTC)  
 Fixed regressors: BREAK C  
 Number of models evaluated: 20  
 Selected Model: ARDL(1, 1)  
 Note: final equation sample is larger than selection sample  
 HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed  
 bandwidth = 8.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(CAC40(-1))	0.988168	0.006109	161.7556	0.0000
LOG(BTC)	0.039693	0.019513	2.034154	0.0421
LOG(BTC(-1))	-0.038613	0.019583	-1.971781	0.0489
BREAK	-0.017310	0.006204	-2.790270	0.0053
C	0.092510	0.048880	1.892591	0.0586
R-squared	0.989194	Mean dependent var	8.604729	
Adjusted R-squared	0.989160	S.D. dependent var	0.108460	
S.E. of regression	0.011293	Akaike info criterion	-6.125394	
Sum squared resid	0.160167	Schwarz criterion	-6.105014	
Log likelihood	3867.061	Hannan-Quinn criter.	-6.117736	
F-statistic	28744.35	Durbin-Watson stat	2.093386	
Prob(F-statistic)	0.000000			

\*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Dependent Variable: LOG(DAX40)  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 15:09  
Sample (adjusted): 1/05/2017 12/30/2021  
Included observations: 1181 after adjustments  
Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)  
Model selection method: Akaike info criterion (AIC)  
Dynamic regressors (4 lags, automatic): LOG(BTC)  
Fixed regressors: BREAK02 C  
Number of models evaluated: 20  
Selected Model: ARDL(3, 3)  
Note: final equation sample is larger than selection sample  
HAC standard errors & covariance (Bartlett kernel, Newey-West fixed bandwidth = 7.0000)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(DAX40(-1))	0.965304	0.043058	22.41875	0.0000
LOG(DAX40(-2))	0.106284	0.065936	1.611933	0.1072
LOG(DAX40(-3))	-0.085084	0.048173	-1.766227	0.0776
LOG(BTC)	0.042620	0.021636	1.969884	0.0491
LOG(BTC(-1))	-0.029670	0.024219	-1.225072	0.2208
LOG(BTC(-2))	-0.001424	0.011629	-0.122476	0.9025
LOG(BTC(-3))	-0.011291	0.008312	-1.358474	0.1746
BREAK02	0.002750	0.001144	2.404365	0.0164
C	0.124539	0.069564	1.790269	0.0737
R-squared	0.988407	Mean dependent var	9.458283	
Adjusted R-squared	0.988328	S.D. dependent var	0.108936	
S.E. of regression	0.011769	Akaike info criterion	-6.039059	
Sum squared resid	0.162340	Schwarz criterion	-6.000391	
Log likelihood	3575.064	Hannan-Quinn criter.	-6.024481	
F-statistic	12490.23	Durbin-Watson stat	2.000391	
Prob(F-statistic)	0.000000			

\*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Dependent Variable: LOG(ISEQ)  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:07  
Sample (adjusted): 1/04/2017 12/31/2021  
Included observations: 1255 after adjustments  
Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)  
Model selection method: Schwarz criterion (SIC)  
Dynamic regressors (4 lags, automatic): LOG(BTC)  
Fixed regressors: BREAK C  
Number of models evaluated: 20  
Selected Model: ARDL(1, 1)  
Note: final equation sample is larger than selection sample

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(ISEQ(-1))	0.989314	0.003422	289.1142	0.0000
LOG(BTC)	0.037136	0.006694	5.547444	0.0000
LOG(BTC(-1))	-0.036187	0.006693	-5.407052	0.0000
BREAK	-0.017409	0.002411	-7.220753	0.0000
C	0.086078	0.028099	3.063335	0.0022
R-squared	0.990914	Mean dependent var	8.823440	
Adjusted R-squared	0.990885	S.D. dependent var	0.121763	
S.E. of regression	0.011625	Akaike info criterion	-6.067304	
Sum squared resid	0.168932	Schwarz criterion	-6.046846	
Log likelihood	3812.233	Hannan-Quinn criter.	-6.059614	
F-statistic	34080.11	Durbin-Watson stat	2.042818	
Prob(F-statistic)	0.000000			

\*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

Dependent Variable: LOG(PSI20)  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:07  
Sample (adjusted): 1/03/2017 12/31/2021  
Included observations: 1262 after adjustments  
Maximum dependent lags: 4 (Automatic selection)  
Model selection method: Schwarz criterion (SIC)  
Dynamic regressors (4 lags, automatic): LOG(BTC)  
Fixed regressors: BREAK C  
Number of models evaluated: 20  
Selected Model: ARDL(1, 1)  
Note: final equation sample is larger than selection sample

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.*
LOG(PSI20(-1))	0.991894	0.003271	303.2726	0.0000
LOG(BTC)	0.032283	0.005856	5.512952	0.0000
LOG(BTC(-1))	-0.032102	0.005852	-5.485606	0.0000
BREAK	-0.013282	0.002112	-6.288399	0.0000
C	0.067687	0.027665	2.446714	0.0146

R-squared	0.986872	Mean dependent var	8.523718
Adjusted R-squared	0.986830	S.D. dependent var	0.088721
S.E. of regression	0.010182	Akaike info criterion	-6.332534
Sum squared resid	0.130304	Schwarz criterion	-6.312168
Log likelihood	4000.829	Hannan-Quinn criter.	-6.324881
F-statistic	23623.35	Durbin-Watson stat	2.029317
Prob(F-statistic)	0.000000		

\*Note: p-values and any subsequent tests do not account for model selection.

## II. Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	0.361225	Prob. F(4,1234)	0.8363
Obs*R-squared	1.454905	Prob. Chi-Square(4)	0.8346

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:29  
Sample: 1/04/2017 12/31/2021  
Included observations: 1244  
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(AEX(-1))	0.197623	0.123257	1.603340	0.1091
LOG(AEX(-2))	-0.195761	0.121773	-1.607584	0.1082
LOG(BTC)	-0.000207	0.005874	-0.035283	0.9719
LOG(BTC(-1))	-3.67E-05	0.005887	-0.006236	0.9950
BREAK	0.003267	0.002969	1.100518	0.2713
C	-0.009761	0.023877	-0.408788	0.6828
RESID(-1)	-0.205510	0.126144	-1.629177	0.1035
RESID(-2)	0.037798	0.029853	1.266147	0.2057
RESID(-3)	-0.014738	0.029206	-0.504614	0.6139
RESID(-4)	0.014204	0.029341	0.484113	0.6284

R-squared	0.001170	Mean dependent var	1.87E-16
Adjusted R-squared	-0.006115	S.D. dependent var	0.010085
S.E. of regression	0.010116	Akaike info criterion	-6.341486
Sum squared resid	0.126268	Schwarz criterion	-6.300279
Log likelihood	3954.404	Hannan-Quinn criter.	-6.325991
F-statistic	0.160544	Durbin-Watson stat	1.999636
Prob(F-statistic)	0.997513		

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	1.462122	Prob. F(4,1126)	0.2115
Obs*R-squared	5.890607	Prob. Chi-Square(4)	0.2075

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:29  
Sample: 1/12/2017 12/30/2021  
Included observations: 1140  
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(ATX(-1))	0.329472	0.163343	2.017051	0.0439
LOG(ATX(-2))	-0.495319	0.231473	-2.139857	0.0326
LOG(ATX(-3))	0.167388	0.107463	1.557635	0.1196
LOG(BTC)	-0.000708	0.007564	-0.093565	0.9255
LOG(BTC(-1))	-0.012102	0.012462	-0.971047	0.3317
LOG(BTC(-2))	0.016648	0.013355	1.246525	0.2128
LOG(BTC(-3))	-0.009764	0.011811	-0.826716	0.4086
LOG(BTC(-4))	0.005808	0.008433	0.688701	0.4912
BREAK	0.004092	0.004367	0.937135	0.3489
C	-0.011398	0.020515	-0.555597	0.5786
RESID(-1)	-0.334081	0.165523	-2.018341	0.0438
RESID(-2)	0.184632	0.114645	1.610471	0.1076
RESID(-3)	-0.067454	0.037089	-1.818712	0.0692
RESID(-4)	-0.002595	0.034399	-0.075440	0.9399

R-squared	0.005167	Mean dependent var	-1.09E-15
Adjusted R-squared	-0.006318	S.D. dependent var	0.012554
S.E. of regression	0.012594	Akaike info criterion	-5.898991
Sum squared resid	0.178593	Schwarz criterion	-5.837111
Log likelihood	3376.425	Hannan-Quinn criter.	-5.875622
F-statistic	0.449884	Durbin-Watson stat	2.001192
Prob(F-statistic)	0.951038		

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	0.599845	Prob. F(4,1215)	0.6628
Obs*R-squared	2.416332	Prob. Chi-Square(4)	0.6597

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:29  
Sample: 1/05/2017 12/31/2021  
Included observations: 1226  
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BEL20(-1))	0.177481	0.135562	1.309231	0.1907
LOG(BEL20(-2))	-0.157643	0.178457	-0.883368	0.3772
LOG(BEL20(-3))	-0.016740	0.105330	-0.158932	0.8737
LOG(BTC)	-0.000108	0.006538	-0.016482	0.9869
LOG(BTC(-1))	-1.27E-05	0.006535	-0.001940	0.9985
BREAK	0.004256	0.004180	1.018043	0.3089
C	-0.024519	0.035602	-0.688707	0.4911
RESID(-1)	-0.184963	0.138555	-1.334947	0.1821
RESID(-2)	-0.016043	0.111508	-0.143870	0.8856
RESID(-3)	-0.029641	0.030479	-0.972501	0.3310
RESID(-4)	-0.008979	0.030501	-0.294388	0.7685

R-squared	0.001971	Mean dependent var	-1.29E-15
Adjusted R-squared	-0.006243	S.D. dependent var	0.011163
S.E. of regression	0.011197	Akaike info criterion	-6.137324
Sum squared resid	0.152341	Schwarz criterion	-6.091462
Log likelihood	3773.179	Hannan-Quinn criter.	-6.120066
F-statistic	0.239938	Durbin-Watson stat	2.002605
Prob(F-statistic)	0.992190		

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	1.992070	Prob. F(4,1209)	0.0935
Obs*R-squared	7.988131	Prob. Chi-Square(4)	0.0920

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:29  
Sample: 1/06/2017 12/30/2021  
Included observations: 1220  
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(IBEX(-1))	0.156443	0.129647	1.206686	0.2278
LOG(IBEX(-2))	-0.013717	0.172327	-0.079597	0.9366
LOG(IBEX(-3))	-0.140076	0.111248	-1.259136	0.2082
LOG(BTC)	-0.000241	0.006954	-0.034614	0.9724
LOG(BTC(-1))	0.000328	0.006944	0.047283	0.9623
BREAK	0.005095	0.003852	1.322708	0.1862
C	-0.025022	0.030259	-0.826924	0.4084
RESID(-1)	-0.158631	0.132168	-1.200219	0.2303
RESID(-2)	-0.143513	0.116445	-1.232445	0.2180
RESID(-3)	-0.069842	0.035510	-1.966815	0.0494
RESID(-4)	-0.018606	0.033644	-0.553023	0.5803
R-squared	0.006548	Mean dependent var	9.83E-16	
Adjusted R-squared	-0.001669	S.D. dependent var	0.011830	
S.E. of regression	0.011840	Akaike info criterion	-6.025649	
Sum squared resid	0.169491	Schwarz criterion	-5.979606	
Log likelihood	3686.646	Hannan-Quinn criter.	-6.008320	
F-statistic	0.796828	Durbin-Watson stat	2.016315	
Prob(F-statistic)	0.631926			

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	1.651846	Prob. F(4,1252)	0.1589
Obs*R-squared	6.619943	Prob. Chi-Square(4)	0.1574

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:29  
Sample: 1/03/2017 12/30/2021  
Included observations: 1261  
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(CAC40(-1))	0.000461	0.004253	0.108509	0.9136
LOG(BTC)	-0.001421	0.006515	-0.218094	0.8274
LOG(BTC(-1))	0.001385	0.006519	0.212389	0.8318
BREAK	-0.000136	0.002339	-0.058041	0.9537
C	-0.003633	0.033905	-0.107166	0.9147
RESID(-1)	-0.044132	0.028748	-1.535142	0.1250
RESID(-2)	0.042601	0.028871	1.475584	0.1403
RESID(-3)	-0.020186	0.028914	-0.698135	0.4852
RESID(-4)	-4.13E-05	0.029039	-0.001423	0.9989
R-squared	0.005250	Mean dependent var	1.26E-15	
Adjusted R-squared	-0.001106	S.D. dependent var	0.011275	
S.E. of regression	0.011281	Akaike info criterion	-6.124313	
Sum squared resid	0.159326	Schwarz criterion	-6.087630	
Log likelihood	3870.379	Hannan-Quinn criter.	-6.110529	
F-statistic	0.825923	Durbin-Watson stat	2.001491	
Prob(F-statistic)	0.579700			

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	0.119774	Prob. F(4,1168)	0.9755
Obs*R-squared	0.484232	Prob. Chi-Square(4)	0.9750

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 15:11  
Sample: 1/05/2017 12/30/2021  
Included observations: 1181  
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(DAX40(-1))	-0.007569	0.183472	-0.041255	0.9671
LOG(DAX40(-2))	-0.025808	0.211769	-0.121871	0.9030
LOG(DAX40(-3))	0.032659	0.122407	0.266805	0.7897
LOG(BTC)	3.55E-05	0.006941	0.005117	0.9959
LOG(BTC(-1))	0.000494	0.012380	0.039914	0.9682
LOG(BTC(-2))	0.000583	0.012400	0.047042	0.9625
LOG(BTC(-3))	-0.001092	0.009047	-0.120694	0.9040
BREAK02	0.000122	0.001199	0.101625	0.9191
C	0.006567	0.051354	0.127885	0.8983
RESID(-1)	0.008885	0.186129	0.047735	0.9619
RESID(-2)	0.033561	0.127441	0.263345	0.7923
RESID(-3)	-0.010605	0.034478	-0.307578	0.7585
RESID(-4)	0.018924	0.032636	0.579859	0.5621

R-squared	0.000410	Mean dependent var	1.06E-15
Adjusted R-squared	-0.009860	S.D. dependent var	0.011729
S.E. of regression	0.011787	Akaike info criterion	-6.032695
Sum squared resid	0.162274	Schwarz criterion	-5.976841
Log likelihood	3575.306	Hannan-Quinn criter.	-6.011639
F-statistic	0.039925	Durbin-Watson stat	2.003652
Prob(F-statistic)	1.000000		

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	0.775710	Prob. F(4,1246)	0.5410
Obs*R-squared	3.117488	Prob. Chi-Square(4)	0.5384

Test Equation:  
Dependent Variable: RESID  
Method: ARDL  
Date: 08/06/22 Time: 09:29  
Sample: 1/04/2017 12/31/2021  
Included observations: 1255  
Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(ISEQ(-1))	0.000157	0.003546	0.044399	0.9646
LOG(BTC)	-0.000936	0.006718	-0.139387	0.8892
LOG(BTC(-1))	0.000923	0.006715	0.137405	0.8907
BREAK	-2.05E-05	0.002422	-0.008448	0.9933
C	-0.001262	0.029113	-0.043346	0.9654
RESID(-1)	-0.021786	0.028790	-0.756701	0.4494
RESID(-2)	0.044281	0.029033	1.525165	0.1275
RESID(-3)	-0.005182	0.029073	-0.178232	0.8586
RESID(-4)	-0.027495	0.029017	-0.947551	0.3435

R-squared	0.002484	Mean dependent var	1.38E-15
Adjusted R-squared	-0.003921	S.D. dependent var	0.011607
S.E. of regression	0.011629	Akaike info criterion	-6.063416
Sum squared resid	0.168513	Schwarz criterion	-6.026592
Log likelihood	3813.794	Hannan-Quinn criter.	-6.049576
F-statistic	0.387855	Durbin-Watson stat	1.999889
Prob(F-statistic)	0.927501		



Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:  
 Null hypothesis: No serial correlation at up to 4 lags

F-statistic	1.637777	Prob. F(4,1253)	0.1623
Obs*R-squared	6.563845	Prob. Chi-Square(4)	0.1608

Test Equation:  
 Dependent Variable: RESID  
 Method: ARDL  
 Date: 08/06/22 Time: 09:29  
 Sample: 1/03/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1262  
 Presample and interior missing value lagged residuals set to zero.

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(PSI20(-1))	4.52E-05	0.003370	0.013426	0.9893
LOG(BTC)	-0.000746	0.005870	-0.127028	0.8989
LOG(BTC(-1))	0.000746	0.005866	0.127161	0.8988
BREAK	0.000100	0.002112	0.047368	0.9622
C	-0.000387	0.028498	-0.013592	0.9892
RESID(-1)	-0.010146	0.028583	-0.354956	0.7227
RESID(-2)	0.043881	0.028804	1.523465	0.1279
RESID(-3)	0.014511	0.028839	0.503185	0.6149
RESID(-4)	-0.052577	0.028682	-1.833108	0.0670

R-squared	0.005201	Mean dependent var	1.35E-15
Adjusted R-squared	-0.001150	S.D. dependent var	0.010165
S.E. of regression	0.010171	Akaike info criterion	-6.331410
Sum squared resid	0.129627	Schwarz criterion	-6.294750
Log likelihood	4004.119	Hannan-Quinn criter.	-6.317635
F-statistic	0.818889	Durbin-Watson stat	2.004606
Prob(F-statistic)	0.585904		

### III. Long Run Form and Bounds Test

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: DLOG(AEX)  
 Selected Model: ARDL(2, 1)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 09:32  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1244

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.064549	0.021833	2.956507	0.0032
LOG(AEX(-1))*	-0.012272	0.004069	-3.015828	0.0026
LOG(BTC(-1))	0.001555	0.000537	2.896069	0.0038
DLOG(AEX(-1))	-0.050765	0.027867	-1.821698	0.0687
DLOG(BTC)	0.036432	0.005856	6.220905	0.0000
BREAK	-0.017383	0.002155	-8.067251	0.0000

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation				
Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BTC)	0.126716	0.022979	5.514413	0.0000

$$EC = LOG(AEX) - (0.1267 * LOG(BTC))$$

F-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	4.729819	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1244	10%	4.135	4.895
		5%	5.06	5.93
		1%	7.095	8.26

t-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-3.015828	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: DLOG(ATX)  
 Selected Model: ARDL(3, 4)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 09:32  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1140

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.047822	0.019282	2.480107	0.0133
LOG(ATX(-1))*	-0.006545	0.002481	-2.638177	0.0084
LOG(BTC(-1))	0.000574	0.000374	1.532989	0.1256
DLOG(ATX(-1))	-0.029640	0.029187	-1.015538	0.3101
DLOG(ATX(-2))	0.117506	0.028613	4.106767	0.0000
DLOG(BTC)	0.041080	0.007563	5.431566	0.0000
DLOG(BTC(-1))	0.010539	0.007755	1.358897	0.1745
DLOG(BTC(-2))	0.017100	0.007844	2.180023	0.0295
DLOG(BTC(-3))	0.012774	0.007795	1.638777	0.1015
BREAK	-0.022259	0.002775	-8.020977	0.0000

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation				
Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BTC)	0.087630	0.058134	1.507373	0.1320

$$EC = LOG(ATX) - (0.0876 * LOG(BTC))$$

F-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	3.862480	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1140	10%	4.135	4.895
		5%	5.06	5.93
		1%	7.095	8.26

t-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-2.638177	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: DLOG(BEL20)  
 Selected Model: ARDL(3, 1)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 09:32  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1226

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.108803	0.031016	3.507980	0.0005
LOG(BEL20(-1))*	-0.013771	0.003875	-3.553301	0.0004
LOG(BTC(-1))	0.000546	0.000328	1.666744	0.0958
DLOG(BEL20(-1))	-0.024439	0.028040	-0.871561	0.3836
DLOG(BEL20(-2))	0.042261	0.027622	1.529962	0.1263
DLOG(BTC)	0.036049	0.006532	5.518912	0.0000
BREAK	-0.020765	0.002443	-8.499474	0.0000

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BTC)	0.039662	0.022640	1.751798	0.0801

$$EC = LOG(BEL20) - (0.0397 * LOG(BTC))$$

F-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	6.439834	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1226	10%	4.135	4.895
		5%	5.06	5.93
		1%	7.095	8.26

t-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-3.553301	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: DLOG(IBEX)  
 Selected Model: ARDL(3, 1)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 09:32  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1220

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.075604	0.028152	2.685614	0.0073
LOG(IBEX(-1))*	-0.007979	0.002946	-2.708611	0.0069
LOG(BTC(-1))	-0.000308	0.000353	-0.871153	0.3838
DLOG(IBEX(-1))	-0.087529	0.028092	-3.115845	0.0019
DLOG(IBEX(-2))	0.111668	0.027935	3.997445	0.0001
DLOG(BTC)	0.037851	0.006964	5.435146	0.0000
BREAK	-0.017013	0.002572	-6.613797	0.0000

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BTC)	-0.038567	0.041323	-0.933318	0.3508

$$EC = LOG(IBEX) - (-0.0386 * LOG(BTC))$$

F-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	3.674829	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1220	10%	4.135	4.895
		5%	5.06	5.93
		1%	7.095	8.26

t-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-2.708611	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: DLOG(CAC40)  
 Selected Model: ARDL(1, 1)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 09:32  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1261

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.092510	0.032465	2.849517	0.0045
LOG(CAC40(-1))*	-0.011832	0.004070	-2.906785	0.0037
LOG(BTC(-1))	0.001080	0.000425	2.541198	0.0112
DLOG(BTC)	0.039693	0.006491	6.115358	0.0000
BREAK	-0.017310	0.002338	-7.404985	0.0000

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BTC)	0.091248	0.021262	4.291575	0.0000

$$EC = LOG(CAC40) - (0.0912 * LOG(BTC))$$

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	4.494714	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1261	10%	4.135	4.895
		5%	5.06	5.93
		1%	7.095	8.26

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-2.906785	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: DLOG(DAX40)  
 Selected Model: ARDL(3, 3)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 15:12  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1181

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.124539	0.041353	3.011616	0.0027
LOG(DAX40(-1))*	-0.013496	0.004710	-2.865369	0.0042
LOG(BTC(-1))	0.000234	0.000601	0.389482	0.6970
DLOG(DAX40(-1))	-0.021200	0.029034	-0.730170	0.4654
DLOG(DAX40(-2))	0.085084	0.028885	2.945575	0.0033
DLOG(BTC)	0.042620	0.006924	6.155253	0.0000
DLOG(BTC(-1))	0.012716	0.007036	1.807240	0.0710
DLOG(BTC(-2))	0.011291	0.007037	1.604484	0.1089
BREAK02	0.002750	0.001024	2.684749	0.0074

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation				
Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BTC)	0.017335	0.039281	0.441299	0.6591

$$EC = LOG(DAX40) - (0.0173 * LOG(BTC))$$

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	5.670253	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1181	10%	4.135	4.895
		5%	5.06	5.93
		1%	7.095	8.26

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-2.865369	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82

ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: DLOG(ISEQ)  
 Selected Model: ARDL(1, 1)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 09:32  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1255

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.086078	0.028099	3.063335	0.0022
LOG(ISEQ(-1))*	-0.010686	0.003422	-3.122905	0.0018
LOG(BTC(-1))	0.000949	0.000401	2.367326	0.0181
DLOG(BTC)	0.037136	0.006694	5.547444	0.0000
BREAK	-0.017409	0.002411	-7.220753	0.0000

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BTC)	0.088800	0.030111	2.949101	0.0032

$$EC = LOG(ISEQ) - (0.0888 * LOG(BTC))$$

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
Asymptotic: n=1000				
F-statistic	5.039476	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84
Finite Sample: n=80				
Actual Sample Size	1255	10%	4.135	4.895
		5%	5.06	5.93
		1%	7.095	8.26

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-3.122905	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82



ARDL Long Run Form and Bounds Test  
 Dependent Variable: DLOG(PSI20)  
 Selected Model: ARDL(1, 1)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 09:32  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1262

Conditional Error Correction Regression				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.067687	0.027665	2.446714	0.0146
LOG(PSI20(-1))*	-0.008106	0.003271	-2.478329	0.0133
LOG(BTC(-1))	0.000181	0.000279	0.650958	0.5152
DLOG(BTC)	0.032283	0.005856	5.512952	0.0000
BREAK	-0.013282	0.002112	-6.288399	0.0000

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

Levels Equation Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(BTC)	0.022390	0.034398	0.650913	0.5152

$$EC = LOG(PSI20) - (0.0224 * LOG(BTC))$$

F-Bounds Test					Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)					
Asymptotic: n=1000									
F-statistic	3.125168	10%	4.04	4.78					
k	1	5%	4.94	5.73					
		2.5%	5.77	6.68					
		1%	6.84	7.84					
Finite Sample: n=80									
Actual Sample Size	1262	10%	4.135	4.895					
		5%	5.06	5.93					
		1%	7.095	8.26					

t-Bounds Test					Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)					
t-statistic	-2.478329	10%	-2.57	-2.91					
		5%	-2.86	-3.22					
		2.5%	-3.13	-3.5					
		1%	-3.43	-3.82					

## IV. Error Correction Form

ARDL Error Correction Regression  
 Dependent Variable: DLOG(BEL20)  
 Selected Model: ARDL(3, 1)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 09:37  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1226

ECM Regression				
Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.108803	0.030173	3.605970	0.0003
DLOG(BEL20(-1))	-0.024439	0.028025	-0.872042	0.3834
DLOG(BEL20(-2))	0.042261	0.027604	1.530958	0.1260
DLOG(BTC)	0.036049	0.006523	5.526587	0.0000
BREAK	-0.020765	0.002442	-8.503973	0.0000
CointEq(-1)*	-0.013771	0.003836	-3.590297	0.0003
R-squared	0.100403	Mean dependent var		0.000164
Adjusted R-squared	0.096716	S.D. dependent var		0.011769
S.E. of regression	0.011186	Akaike info criterion		-6.143507
Sum squared resid	0.152642	Schwarz criterion		-6.118492
Log likelihood	3771.970	Hannan-Quinn criter.		-6.134094
F-statistic	27.23267	Durbin-Watson stat		2.013702
Prob(F-statistic)	0.000000			

\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

F-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	6.439834	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84

t-Bounds Test		Null Hypothesis: No levels relationship		
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-3.590297	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82

ARDL Error Correction Regression  
 Dependent Variable: DLOG(ISEQ)  
 Selected Model: ARDL(1, 1)  
 Case 3: Unrestricted Constant and No Trend  
 Date: 08/06/22 Time: 13:12  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1255

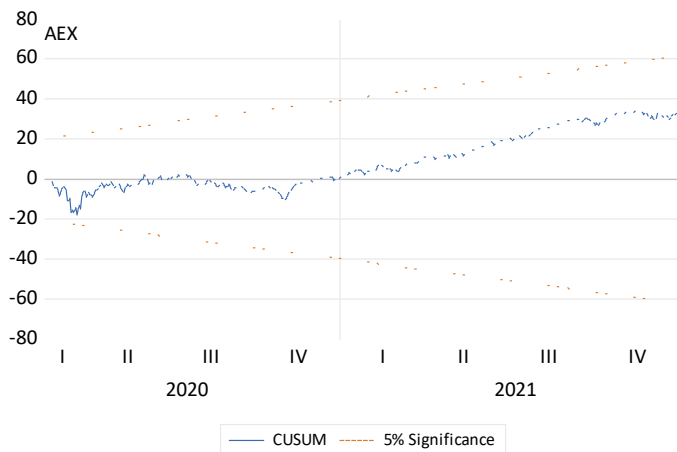
ECM Regression				
Case 3: Unrestricted Constant and No Trend				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.086078	0.026962	3.192510	0.0014
DLOG(BTC)	0.037136	0.006687	5.553876	0.0000
BREAK	-0.017409	0.002409	-7.226189	0.0000
CointEq(-1)*	-0.010686	0.003365	-3.176006	0.0015
R-squared	0.072348	Mean dependent var		0.000220
Adjusted R-squared	0.070124	S.D. dependent var		0.012051
S.E. of regression	0.011621	Akaike info criterion		-6.068897
Sum squared resid	0.168932	Schwarz criterion		-6.052531
Log likelihood	3812.233	Hannan-Quinn criter.		-6.062746
F-statistic	32.52211	Durbin-Watson stat		2.042818
Prob(F-statistic)	0.000000			

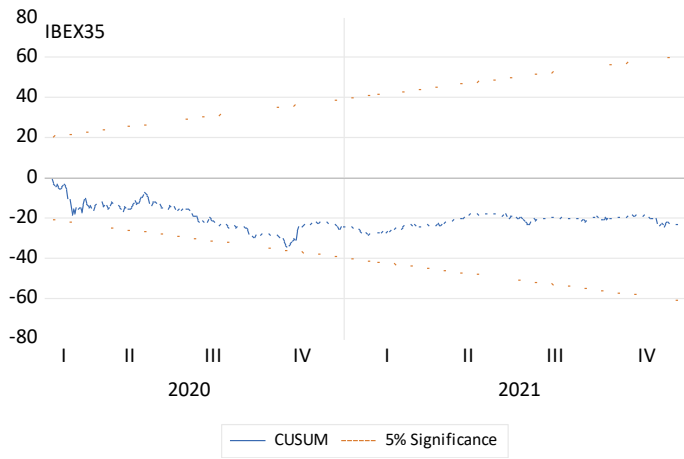
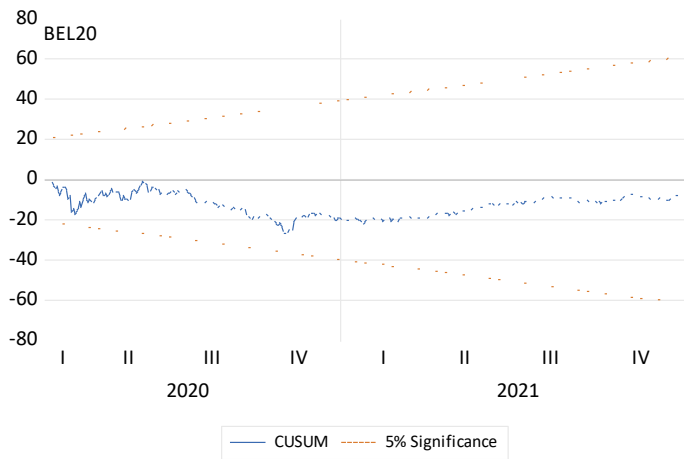
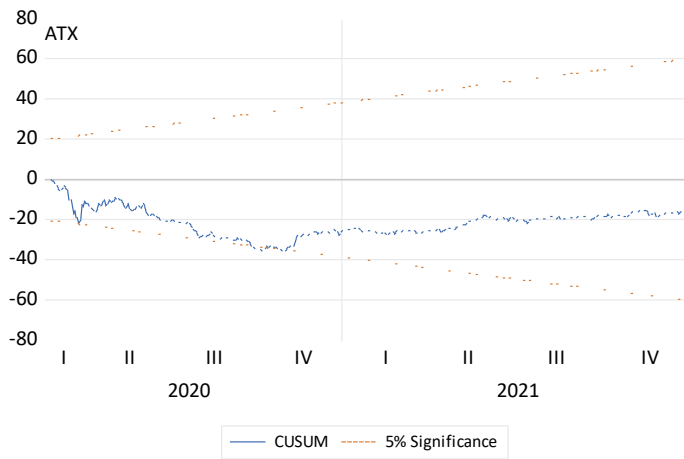
\* p-value incompatible with t-Bounds distribution.

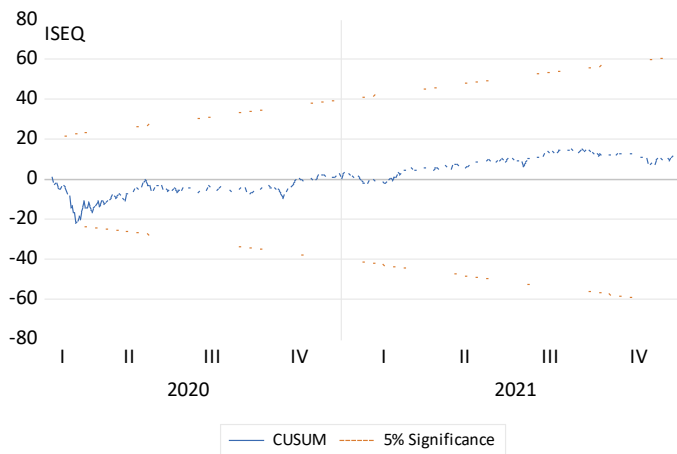
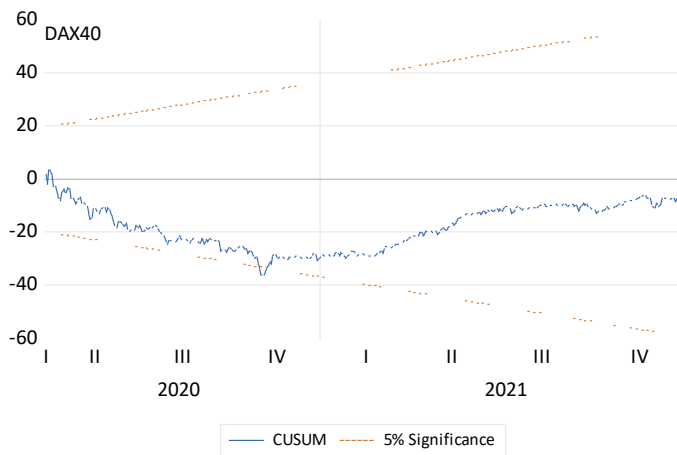
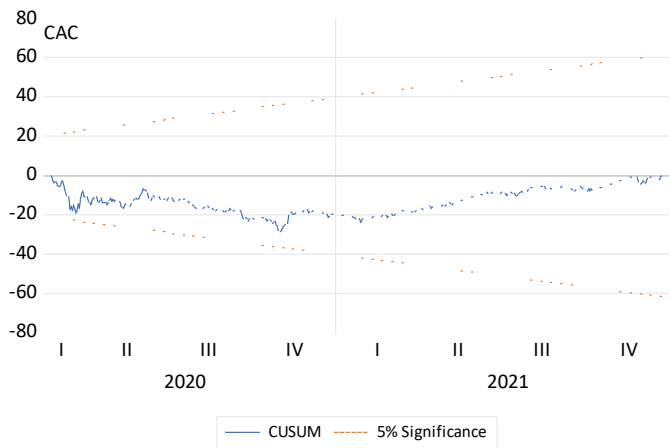
F-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
F-statistic	5.039476	10%	4.04	4.78
k	1	5%	4.94	5.73
		2.5%	5.77	6.68
		1%	6.84	7.84

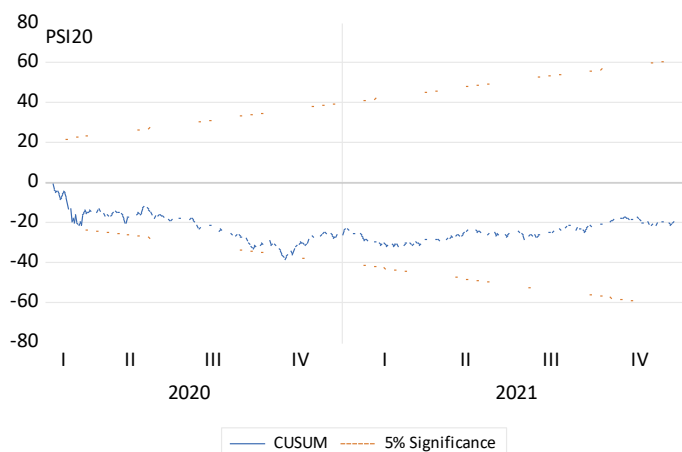
t-Bounds Test				
Null Hypothesis: No levels relationship				
Test Statistic	Value	Signif.	I(0)	I(1)
t-statistic	-3.176006	10%	-2.57	-2.91
		5%	-2.86	-3.22
		2.5%	-3.13	-3.5
		1%	-3.43	-3.82

## V. CUSUM Test









## VI. Ramsey RESET Test

Ramsey RESET Test

Equation: ARDL\_AEX

Omitted Variables: Squares of fitted values

Specification: LOG(AEX) LOG(AEX(-1)) LOG(AEX(-2)) LOG(BTC) LOG(BTC(-1)) BREAK C

	Value	df	Probability
t-statistic	3.073711	1237	0.0022
F-statistic	9.447698	(1, 1237)	0.0022
Likelihood ratio	9.465061	1	0.0021

Ramsey RESET Test

Equation: ARDL\_ATX

Omitted Variables: Squares of fitted values

Specification: LOG(ATX) LOG(ATX(-1)) LOG(ATX(-2)) LOG(ATX(-3)) LOG(BTC) LOG(BTC(-1)) LOG(BTC(-2)) LOG(BTC(-3)) LOG(BTC(-4)) BREAK C

	Value	df	Probability
t-statistic	1.574820	1129	0.1156
F-statistic	2.480057	(1, 1129)	0.1156
Likelihood ratio	2.501475	1	0.1137

Ramsey RESET Test

Equation: ARDL\_BEL20

Omitted Variables: Squares of fitted values

Specification: LOG(BEL20) LOG(BEL20(-1)) LOG(BEL20(-2)) LOG(BEL20(-3)) LOG(BTC) LOG(BTC(-1)) BREAK C

	Value	df	Probability
t-statistic	3.175410	1218	0.0015
F-statistic	10.08323	(1, 1218)	0.0015
Likelihood ratio	10.10767	1	0.0015

Ramsey RESET Test

Equation: ARDL\_CAC40

Omitted Variables: Squares of fitted values

Specification: LOG(CAC40) LOG(CAC40(-1)) LOG(BTC) LOG(BTC(-1)) BREAK C

	Value	df	Probability
t-statistic	2.867811	1255	0.0042
F-statistic	8.224342	(1, 1255)	0.0042
Likelihood ratio	8.236703	1	0.0041

Ramsey RESET Test  
Equation: ARDL\_DAX40  
Omitted Variables: Squares of fitted values  
Specification: LOG(DAX40) LOG(DAX40(-1)) LOG(DAX40(-2)) LOG(DAX40(-3)) LOG(BTC) LOG(BTC(-1)) LOG(BTC(-2)) LOG(BTC(-3)) BREAK02  
C

	Value	df	Probability
t-statistic	0.981446	1171	0.3266
F-statistic	0.963237	(1, 1171)	0.3266
Likelihood ratio	0.971063	1	0.3244

Ramsey RESET Test  
Equation: ARDL\_IBEX  
Omitted Variables: Squares of fitted values  
Specification: LOG(IBEX) LOG(IBEX(-1)) LOG(IBEX(-2)) LOG(IBEX(-3)) LOG(BTC) LOG(BTC(-1)) BREAK C

	Value	df	Probability
t-statistic	1.107408	1212	0.2683
F-statistic	1.226352	(1, 1212)	0.2683
Likelihood ratio	1.233823	1	0.2667

Ramsey RESET Test  
Equation: ARDL\_ISEQ  
Omitted Variables: Squares of fitted values  
Specification: LOG(ISEQ) LOG(ISEQ(-1)) LOG(BTC) LOG(BTC(-1)) BREAK C

	Value	df	Probability
t-statistic	1.025369	1249	0.3054
F-statistic	1.051382	(1, 1249)	0.3054
Likelihood ratio	1.055988	1	0.3041

Ramsey RESET Test  
Equation: ARDL\_PSI20  
Omitted Variables: Squares of fitted values  
Specification: LOG(PSI20) LOG(PSI20(-1)) LOG(BTC) LOG(BTC(-1)) BREAK C

	Value	df	Probability
t-statistic	1.286161	1256	0.1986
F-statistic	1.654210	(1, 1256)	0.1986
Likelihood ratio	1.661019	1	0.1975

## VII. Unit Root Test with Structural Break

Null Hypothesis: LN\_AEX has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/18/2020  
Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.716638	0.2575
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: LN\_AEX  
Method: Least Squares  
Date: 08/08/22 Time: 07:39  
Sample (adjusted): 1/03/2017 12/31/2021  
Included observations: 1262 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN_AEX(-1)	0.989792	0.002746	360.3860	0.0000
C	0.064117	0.017300	3.706210	0.0002
INCPTBREAK	0.003500	0.000781	4.482051	0.0000
BREAKDUM	-0.054541	0.010498	-5.195348	0.0000
R-squared	0.994226	Mean dependent var		6.361528
Adjusted R-squared	0.994212	S.D. dependent var		0.136989
S.E. of regression	0.010422	Akaike info criterion		-6.286669
Sum squared resid	0.136636	Schwarz criterion		-6.270376
Log likelihood	3970.888	Hannan-Quinn criter.		-6.280547
F-statistic	72204.08	Durbin-Watson stat		1.987988
Prob(F-statistic)	0.000000			



Null Hypothesis: D(LN\_AEX) has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/18/2020  
Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
Lag Length: 7 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-13.13746</b>	<b>&lt; 0.01</b>
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(LN\_AEX)  
Method: Least Squares  
Date: 08/08/22 Time: 08:12  
Sample (adjusted): 1/13/2017 12/31/2021  
Included observations: 1144 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN_AEX(-1))	-0.005977	0.076573	-0.078053	0.9378
D(LN_AEX(-1),2)	0.016881	0.073345	0.230165	0.8180
D(LN_AEX(-2),2)	0.081905	0.068022	1.204099	0.2288
D(LN_AEX(-3),2)	0.101422	0.063681	1.592650	0.1115
D(LN_AEX(-4),2)	0.123867	0.056555	2.190191	0.0287
D(LN_AEX(-5),2)	0.162040	0.050259	3.224089	0.0013
D(LN_AEX(-6),2)	0.094222	0.042504	2.216790	0.0268
D(LN_AEX(-7),2)	0.147526	0.029392	5.019278	0.0000
C	-0.000279	0.000386	-0.721987	0.4705
INCPTBREAK	0.001766	0.000643	2.746961	0.0061
BREAKDUM	-0.047716	0.011360	-4.200313	0.0000
R-squared	0.063760	Mean dependent var		0.000320
Adjusted R-squared	0.055496	S.D. dependent var		0.010667
S.E. of regression	0.010367	Akaike info criterion		-6.290844
Sum squared resid	0.121765	Schwarz criterion		-6.242360
Log likelihood	3609.363	Hannan-Quinn criter.		-6.272538
F-statistic	7.715924	Durbin-Watson stat		1.960493
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LN\_ATX has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 12/21/2020  
Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic  
Lag Length: 7 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.723880	0.8213
Test critical values:		
1% level	-4.949133	
5% level	-4.443649	
10% level	-4.193627	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: LN\_ATX  
Method: Least Squares  
Date: 08/08/22 Time: 08:18  
Sample (adjusted): 1/19/2017 12/23/2021  
Included observations: 999 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN_ATX(-1)	0.991996	0.002939	337.5763	0.0000
D(LN_ATX(-1))	0.055245	0.031429	1.757740	0.0791
D(LN_ATX(-2))	0.204402	0.031292	6.532089	0.0000
D(LN_ATX(-3))	0.027201	0.031919	0.852196	0.3943
D(LN_ATX(-4))	0.011654	0.032096	0.363084	0.7166
D(LN_ATX(-5))	0.068833	0.031803	2.164330	0.0307
D(LN_ATX(-6))	-0.122723	0.031255	-3.926505	0.0001
D(LN_ATX(-7))	0.111198	0.031103	3.575098	0.0004
C	0.063859	0.023446	2.723613	0.0066
INCPTBREAK	0.002058	0.001097	1.876556	0.0609
BREAKDUM	-0.025123	0.013086	-1.919761	0.0552
R-squared	0.993251	Mean dependent var	8.012138	
Adjusted R-squared	0.993183	S.D. dependent var	0.157659	
S.E. of regression	0.013017	Akaike info criterion	-5.834113	
Sum squared resid	0.167419	Schwarz criterion	-5.780084	
Log likelihood	2925.139	Hannan-Quinn criter.	-5.813577	
F-statistic	14540.54	Durbin-Watson stat	1.981884	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(LN\_ATX) has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 6/11/2020  
 Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-32.85164	< 0.01
Test critical values:		
1% level	-4.949133	
5% level	-4.443649	
10% level	-4.193627	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LN\_ATX)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:19  
 Sample (adjusted): 1/04/2017 12/30/2021  
 Included observations: 1177 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN_ATX(-1))	0.053330	0.028817	1.850692	0.0645
C	-0.000120	0.000473	-0.254477	0.7992
INCPTBREAK	0.001573	0.000832	1.889792	0.0590
BREAKDUM	-0.050050	0.013379	-3.740967	0.0002
R-squared	0.018079	Mean dependent var		0.000359
Adjusted R-squared	0.015568	S.D. dependent var		0.013445
S.E. of regression	0.013340	Akaike info criterion		-5.792756
Sum squared resid	0.208732	Schwarz criterion		-5.775523
Log likelihood	3413.037	Hannan-Quinn criter.		-5.786258
F-statistic	7.198976	Durbin-Watson stat		2.042105
Prob(F-statistic)	0.000087			

Null Hypothesis: LN\_BEL20 has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 10/28/2020  
Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
Lag Length: 8 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.281889	0.0758
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: LN\_BEL20  
Method: Least Squares  
Date: 08/08/22 Time: 08:21  
Sample (adjusted): 1/13/2017 12/31/2021  
Included observations: 1144 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN_BEL20(-1)	0.981001	0.004437	221.0870	0.0000
D(LN_BEL20(-1))	0.035150	0.029097	1.208025	0.2273
D(LN_BEL20(-2))	0.098481	0.028957	3.400930	0.0007
D(LN_BEL20(-3))	0.031563	0.029241	1.079427	0.2806
D(LN_BEL20(-4))	0.030433	0.029251	1.040406	0.2984
D(LN_BEL20(-5))	0.069681	0.029382	2.371602	0.0179
D(LN_BEL20(-6))	-0.056147	0.029302	-1.916124	0.0556
D(LN_BEL20(-7))	0.079548	0.029144	2.729508	0.0064
D(LN_BEL20(-8))	-0.125807	0.029188	-4.310193	0.0000
C	0.155902	0.036427	4.279846	0.0000
INCPTBREAK	0.002675	0.000873	3.062776	0.0022
BREAKDUM	-0.036004	0.011567	-3.112532	0.0019
R-squared	0.982781	Mean dependent var	8.229888	
Adjusted R-squared	0.982614	S.D. dependent var	0.086906	
S.E. of regression	0.011459	Akaike info criterion	-6.089638	
Sum squared resid	0.148643	Schwarz criterion	-6.036747	
Log likelihood	3495.273	Hannan-Quinn criter.	-6.069667	
F-statistic	5873.671	Durbin-Watson stat	1.983054	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(LN\_BEL20) has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 5/26/2020  
 Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-34.83708	< 0.01
Test critical values:		
1% level	-4.949133	
5% level	-4.443649	
10% level	-4.193627	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LN\_BEL20)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:26  
 Sample (adjusted): 1/04/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1244 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN_BEL20(-1))	0.023058	0.028043	0.822222	0.4111
C	-7.46E-05	0.000404	-0.184603	0.8536
INCPTBREAK	0.000794	0.000706	1.123679	0.2614
BREAKDUM	0.051357	0.011702	4.388605	0.0000
R-squared	0.017405	Mean dependent var		0.000233
Adjusted R-squared	0.015027	S.D. dependent var		0.011771
S.E. of regression	0.011682	Akaike info criterion		-6.058266
Sum squared resid	0.169232	Schwarz criterion		-6.041783
Log likelihood	3772.241	Hannan-Quinn criter.		-6.052068
F-statistic	7.321334	Durbin-Watson stat		2.019738
Prob(F-statistic)	0.000072			

Null Hypothesis: CAC40 has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 10/28/2020  
 Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.756867	0.2395
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: CAC40  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:28  
 Sample (adjusted): 1/03/2017 12/30/2021  
 Included observations: 1261 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
CAC40(-1)	0.985351	0.003899	252.6950	0.0000
C	76.98364	20.54387	3.747281	0.0002
INCPTBREAK	23.11778	5.584088	4.139937	0.0000
BREAKDUM	-190.3401	59.38761	-3.205047	0.0014
R-squared	0.990696	Mean dependent var		5490.058
Adjusted R-squared	0.990673	S.D. dependent var		610.7777
S.E. of regression	58.98522	Akaike info criterion		10.99562
Sum squared resid	4373425.	Schwarz criterion		11.01192
Log likelihood	-6928.737	Hannan-Quinn criter.		11.00174
F-statistic	44613.83	Durbin-Watson stat		1.984469
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(CAC40) has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/18/2020  
 Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-23.09898	< 0.01
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(CAC40)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:29  
 Sample (adjusted): 1/05/2017 12/30/2021  
 Included observations: 1225 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(CAC40(-1))	0.083384	0.039682	2.101306	0.0358
D(CAC40(-1),2)	-0.067011	0.028315	-2.366602	0.0181
C	-1.381458	2.109375	-0.654913	0.5126
INCPTBREAK	8.636518	3.517691	2.455167	0.0142
BREAKDUM	-230.1262	59.44791	-3.871057	0.0001
R-squared	0.023628	Mean dependent var		1.726539
Adjusted R-squared	0.020427	S.D. dependent var		59.51154
S.E. of regression	58.90059	Akaike info criterion		10.99365
Sum squared resid	4232522.	Schwarz criterion		11.01451
Log likelihood	-6728.612	Hannan-Quinn criter.		11.00150
F-statistic	7.380882	Durbin-Watson stat		2.000408
Prob(F-statistic)	0.000007			

Null Hypothesis: DAX40 has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 10/30/2020  
Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.421378	0.0515
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: DAX40  
Method: Least Squares  
Date: 08/08/22 Time: 08:34  
Sample (adjusted): 1/03/2017 12/30/2021  
Included observations: 1235 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DAX40(-1)	0.979000	0.004750	206.1227	0.0000
C	256.7075	58.37956	4.397216	0.0000
INCPTBREAK	69.99624	15.88656	4.406004	0.0000
BREAKDUM	-124.7367	144.1668	-0.865225	0.3871
R-squared	0.989898	Mean dependent var		12882.64
Adjusted R-squared	0.989873	S.D. dependent var		1421.592
S.E. of regression	143.0560	Akaike info criterion		12.76758
Sum squared resid	25192451	Schwarz criterion		12.78416
Log likelihood	-7879.983	Hannan-Quinn criter.		12.77382
F-statistic	40208.85	Durbin-Watson stat		2.041653
Prob(F-statistic)	0.000000			



Null Hypothesis: D(DAX40) has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/18/2020  
 Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-35.91957	< 0.01
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(DAX40)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:35  
 Sample (adjusted): 1/04/2017 12/30/2021  
 Included observations: 1207 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(DAX40(-1))	-0.026029	0.028565	-0.911227	0.3624
C	-3.371837	5.160294	-0.653420	0.5136
INCPTBREAK	18.71764	8.576034	2.182552	0.0293
BREAKDUM	-507.6117	143.2227	-3.544211	0.0004
R-squared	0.014444	Mean dependent var		2.952784
Adjusted R-squared	0.011986	S.D. dependent var		143.8288
S.E. of regression	142.9642	Akaike info criterion		12.76637
Sum squared resid	24587839	Schwarz criterion		12.78326
Log likelihood	-7700.507	Hannan-Quinn criter.		12.77273
F-statistic	5.876864	Durbin-Watson stat		1.985762
Prob(F-statistic)	0.000555			

Null Hypothesis: IBEX has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 2/19/2020  
Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
Lag Length: 2 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.845341	0.2060
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: IBEX

Method: Least Squares

Date: 08/08/22 Time: 08:38

Sample (adjusted): 1/06/2017 12/30/2021

Included observations: 1220 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
IBEX(-1)	0.984635	0.003996	246.4185	0.0000
D(IBEX(-1))	-0.022031	0.028102	-0.783947	0.4332
D(IBEX(-2))	0.133706	0.028109	4.756702	0.0000
C	148.4621	38.82528	3.823852	0.0001
INCPTBREAK	-27.13669	8.740228	-3.104803	0.0019
BREAKDUM	101.1092	99.73299	1.013799	0.3109
R-squared	0.991277	Mean dependent var		9062.296
Adjusted R-squared	0.991241	S.D. dependent var		1061.076
S.E. of regression	99.30526	Akaike info criterion		12.03918
Sum squared resid	11971904	Schwarz criterion		12.06429
Log likelihood	-7337.900	Hannan-Quinn criter.		12.04863
F-statistic	27591.59	Durbin-Watson stat		2.019618
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(IBEX) has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/16/2020  
Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
Lag Length: 1 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-22.75209	< 0.01
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(IBEX)  
Method: Least Squares  
Date: 08/08/22 Time: 08:40  
Sample (adjusted): 1/06/2017 12/30/2021  
Included observations: 1220 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(IBEX(-1))	0.071231	0.040821	1.744941	0.0812
D(IBEX(-1),2)	-0.092907	0.029329	-3.167716	0.0016
C	-4.311585	3.558208	-1.211729	0.2259
INCPTBREAK	10.06313	5.913796	1.701636	0.0891
BREAKDUM	-425.8429	104.0861	-4.091257	0.0000
R-squared	0.033060	Mean dependent var		-1.083773
Adjusted R-squared	0.029877	S.D. dependent var		100.6334
S.E. of regression	99.11869	Akaike info criterion		12.03460
Sum squared resid	11936785	Schwarz criterion		12.05553
Log likelihood	-7336.108	Hannan-Quinn criter.		12.04248
F-statistic	10.38534	Durbin-Watson stat		1.993521
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LN\_ISEQ has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 10/28/2020  
 Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic  
 Lag Length: 2 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.248953	0.0854
Test critical values:		
1% level	-4.949133	
5% level	-4.443649	
10% level	-4.193627	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: LN\_ISEQ

Method: Least Squares

Date: 08/08/22 Time: 08:46

Sample (adjusted): 1/06/2017 12/31/2021

Included observations: 1213 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN_ISEQ(-1)	0.981754	0.004294	228.6228	0.0000
D(LN_ISEQ(-1))	0.031338	0.028264	1.108763	0.2678
D(LN_ISEQ(-2))	0.100350	0.028256	3.551431	0.0004
C	0.160007	0.037670	4.247564	0.0000
INCPTBREAK	0.004723	0.001217	3.882381	0.0001
BREAKDUM	-0.030131	0.011922	-2.527310	0.0116
R-squared	0.990581	Mean dependent var	8.824110	
Adjusted R-squared	0.990542	S.D. dependent var	0.121751	
S.E. of regression	0.011840	Akaike info criterion	-6.029655	
Sum squared resid	0.169217	Schwarz criterion	-6.004424	
Log likelihood	3662.986	Hannan-Quinn criter.	-6.020156	
F-statistic	25388.17	Durbin-Watson stat	2.005274	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(LN\_ISEQ) has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/18/2020  
 Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-35.24871	< 0.01
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(LN\_ISEQ)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:49  
 Sample (adjusted): 1/05/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1234 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN_ISEQ(-1))	0.017670	0.027869	0.634057	0.5262
C	-0.000463	0.000421	-1.097585	0.2726
INCPTBREAK	0.002093	0.000699	2.994289	0.0028
BREAKDUM	-0.081947	0.011800	-6.944582	0.0000
R-squared	0.043907	Mean dependent var		0.000240
Adjusted R-squared	0.041575	S.D. dependent var		0.012040
S.E. of regression	0.011787	Akaike info criterion		-6.040461
Sum squared resid	0.170878	Schwarz criterion		-6.023871
Log likelihood	3730.964	Hannan-Quinn criter.		-6.034220
F-statistic	18.82848	Durbin-Watson stat		1.963979
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LN\_PSI20 has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 10/29/2020  
 Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.337776	0.8450
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: LN\_PSI20  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:50  
 Sample (adjusted): 1/03/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1262 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN_PSI20(-1)	0.992188	0.003342	296.9223	0.0000
C	0.066342	0.028473	2.330014	0.0200
INCPTBREAK	0.001421	0.000695	2.044555	0.0411
BREAKDUM	-0.009801	0.010521	-0.931571	0.3517
R-squared	0.986121	Mean dependent var		8.523718
Adjusted R-squared	0.986088	S.D. dependent var		0.088721
S.E. of regression	0.010465	Akaike info criterion		-6.278460
Sum squared resid	0.137763	Schwarz criterion		-6.262167
Log likelihood	3965.708	Hannan-Quinn criter.		-6.272338
F-statistic	29793.57	Durbin-Watson stat		1.944946
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: D(LN\_PSI20) has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 5/18/2020  
Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic  
Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-34.46149	< 0.01
Test critical values:		
1% level	-4.949133	
5% level	-4.443649	
10% level	-4.193627	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(LN\_PSI20)  
Method: Least Squares  
Date: 08/08/22 Time: 08:51  
Sample (adjusted): 1/04/2017 12/31/2021  
Included observations: 1244 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN_PSI20(-1))	0.026422	0.028251	0.935241	0.3498
C	-0.000207	0.000363	-0.570184	0.5687
INCPTBREAK	0.000768	0.000630	1.219121	0.2230
BREAKDUM	0.044333	0.010468	4.235114	0.0000
R-squared	0.016698	Mean dependent var		8.60E-05
Adjusted R-squared	0.014319	S.D. dependent var		0.010528
S.E. of regression	0.010452	Akaike info criterion		-6.280756
Sum squared resid	0.135474	Schwarz criterion		-6.264273
Log likelihood	3910.630	Hannan-Quinn criter.		-6.274558
F-statistic	7.018888	Durbin-Watson stat		2.005176
Prob(F-statistic)	0.000111			

Null Hypothesis: LN\_BTC has a unit root  
 Trend Specification: Intercept only  
 Break Specification: Intercept only  
 Break Type: Innovational outlier

Break Date: 10/07/2020  
 Break Selection: Maximize intercept break abs-t-statistic  
 Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
 maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.247100	0.4920
Test critical values:		
1% level	-4.945706	
5% level	-4.432140	
10% level	-4.182082	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: LN\_BTC

Method: Least Squares

Date: 08/08/22 Time: 09:08

Sample (adjusted): 1/03/2017 12/31/2021

Included observations: 1304 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LN_BTC(-1)	0.993140	0.002113	470.1079	0.0000
C	0.061782	0.018359	3.365256	0.0008
INCPTBREAK	0.015138	0.005079	2.980311	0.0029
BREAKDUM	-0.007267	0.049040	-0.148191	0.8822

R-squared	0.997779	Mean dependent var	9.128825
Adjusted R-squared	0.997774	S.D. dependent var	1.036298
S.E. of regression	0.048890	Akaike info criterion	-3.195430
Sum squared resid	3.107287	Schwarz criterion	-3.179561
Log likelihood	2087.420	Hannan-Quinn criter.	-3.189477
F-statistic	194710.3	Durbin-Watson stat	2.031938
Prob(F-statistic)	0.000000		



Null Hypothesis: D(LN\_BTC) has a unit root  
Trend Specification: Intercept only  
Break Specification: Intercept only  
Break Type: Innovational outlier

Break Date: 3/12/2020  
Break Selection: Minimize Dickey-Fuller t-statistic  
Lag Length: 0 (Automatic - based on Schwarz information criterion,  
maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-37.95225	< 0.01
Test critical values:		
1% level	-4.949133	
5% level	-4.443649	
10% level	-4.193627	

\*Vogelsang (1993) asymptotic one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
Dependent Variable: D(LN\_BTC)  
Method: Least Squares  
Date: 08/08/22 Time: 09:09  
Sample (adjusted): 1/04/2017 12/31/2021  
Included observations: 1303 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(LN_BTC(-1))	-0.015273	0.026751	-0.570911	0.5682
C	0.002475	0.001644	1.505609	0.1324
INCPTBREAK	0.002321	0.002731	0.849926	0.3955
BREAKDUM	-0.469523	0.047398	-9.905925	0.0000
R-squared	0.070589	Mean dependent var		0.002910
Adjusted R-squared	0.068443	S.D. dependent var		0.049056
S.E. of regression	0.047348	Akaike info criterion		-3.259525
Sum squared resid	2.912125	Schwarz criterion		-3.243646
Log likelihood	2127.580	Hannan-Quinn criter.		-3.253568
F-statistic	32.88666	Durbin-Watson stat		1.964560
Prob(F-statistic)	0.000000			

## VIII. Unit Root Test

Null Hypothesis: BTC has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-0.768498	0.8270
Test critical values:		
1% level	-3.435180	
5% level	-2.863561	
10% level	-2.567895	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(BTC)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:42  
 Sample (adjusted): 1/12/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1297 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
BTC(-1)	-0.001340	0.001744	-0.768498	0.4423
D(BTC(-1))	-0.034551	0.027703	-1.247210	0.2125
D(BTC(-2))	0.026215	0.027719	0.945748	0.3445
D(BTC(-3))	0.083412	0.027525	3.030411	0.0025
D(BTC(-4))	0.022679	0.027723	0.818035	0.4135
D(BTC(-5))	-0.121440	0.027634	-4.394513	0.0000
D(BTC(-6))	0.026506	0.027833	0.952307	0.3411
D(BTC(-7))	0.118730	0.027876	4.259160	0.0000
C	51.68109	39.80789	1.298262	0.1944

R-squared	0.039080	Mean dependent var	35.10308
Adjusted R-squared	0.033111	S.D. dependent var	1074.276
S.E. of regression	1056.341	Akaike info criterion	16.76992
Sum squared resid	1.44E+09	Schwarz criterion	16.80578
Log likelihood	-10866.30	Hannan-Quinn criter.	16.78338
F-statistic	6.547721	Durbin-Watson stat	1.990911
Prob(F-statistic)	0.000000		

Null Hypothesis: D(BTC) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 6 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-12.20367</b>	<b>0.0000</b>
Test critical values:		
1% level	-3.435180	
5% level	-2.863561	
10% level	-2.567895	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation  
 Dependent Variable: D(BTC,2)  
 Method: Least Squares  
 Date: 08/08/22 Time: 08:42  
 Sample (adjusted): 1/12/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1297 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(BTC(-1))	-0.886021	0.072603	-12.20367	0.0000
D(BTC(-1),2)	-0.149565	0.067078	-2.229703	0.0259
D(BTC(-2),2)	-0.124370	0.060794	-2.045743	0.0410
D(BTC(-3),2)	-0.041889	0.055410	-0.755984	0.4498
D(BTC(-4),2)	-0.020307	0.049005	-0.414392	0.6787
D(BTC(-5),2)	-0.142966	0.040020	-3.572392	0.0004
D(BTC(-6),2)	-0.117649	0.027836	-4.226439	0.0000
C	31.10101	29.44902	1.056097	0.2911
R-squared	0.536371	Mean dependent var	-0.571903	
Adjusted R-squared	0.533853	S.D. dependent var	1546.942	
S.E. of regression	1056.173	Akaike info criterion	16.76884	
Sum squared resid	1.44E+09	Schwarz criterion	16.80072	
Log likelihood	-10866.59	Hannan-Quinn criter.	16.78080	
F-statistic	213.0345	Durbin-Watson stat	1.990691	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Null Hypothesis: LN\_AEX has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 8 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-0.873855</b>	<b>0.7967</b>
Test critical values:		
1% level	-3.435851	
5% level	-2.863857	
10% level	-2.568054	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: D(LN\_AEX) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
<b>Augmented Dickey-Fuller test statistic</b>	<b>-12.14607</b>	<b>0.0000</b>
Test critical values:		
1% level	-3.435851	
5% level	-2.863857	
10% level	-2.568054	

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Null Hypothesis: LN\_ATX has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.089837	0.2490
Test critical values: 1% level	-3.436676	
5% level	-2.864222	
10% level	-2.568250	

Null Hypothesis: D(LN\_ATX) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 6 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-10.04985	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.436676	
5% level	-2.864222	
10% level	-2.568250	

Null Hypothesis: LN\_BEL20 has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 9 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.836618	0.0535
Test critical values: 1% level	-3.435911	
5% level	-2.863884	
10% level	-2.568069	

Null Hypothesis: D(LN\_BEL20) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-12.40797	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.435851	
5% level	-2.863857	
10% level	-2.568054	

Null Hypothesis: LN\_CAC40 has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 8 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.848054	0.3573
Test critical values: 1% level	-3.435856	
5% level	-2.863859	
10% level	-2.568055	

Null Hypothesis: D(LN\_CAC40) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-12.18130	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.435856	
5% level	-2.863859	
10% level	-2.568055	

Null Hypothesis: LN\_DAX40 has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 8 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.976217	0.2975
Test critical values: 1% level	-3.436390	
5% level	-2.864095	
10% level	-2.568182	

Null Hypothesis: D(LN\_DAX40) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 7 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-11.70131	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.436390	
5% level	-2.864095	
10% level	-2.568182	

Null Hypothesis: LN\_IBEX has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.439669	0.1311
Test critical values: 1% level	-3.435497	
5% level	-2.863700	
10% level	-2.567970	

Null Hypothesis: D(LN\_IBEX) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-21.72482	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.435497	
5% level	-2.863700	
10% level	-2.567970	

Null Hypothesis: LN\_ISEQ has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.964931	0.3026
Test critical values: 1% level	-3.435527	
5% level	-2.863714	
10% level	-2.567978	

Null Hypothesis: D(LN\_ISEQ) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-22.03236	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.435527	
5% level	-2.863714	
10% level	-2.567978	

Null Hypothesis: LN\_PSI20 has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.568168	0.1000
Test critical values: 1% level	-3.435471	
5% level	-2.863689	
10% level	-2.567964	

Null Hypothesis: D(LN\_PSI20) has a unit root  
 Exogenous: Constant  
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=22)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-22.41268	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.435471	
5% level	-2.863689	
10% level	-2.567964	

## IX. Toda-Yamamoto Causality Test

VAR-Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
 Date: 08/10/22 Time: 07:59  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1211

Dependent variable: LN\_BEL20

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LN_BTC	7.306243	3	0.0628
All	7.306243	3	0.0628

Dependent variable: LN\_BTC

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LN_BEL20	10.14923	3	0.0173
All	10.14923	3	0.0173

VAR-Granger Causality/Block Exogeneity Wald Tests  
 Date: 08/10/22 Time: 08:10  
 Sample: 1/02/2017 12/31/2021  
 Included observations: 1204

Dependent variable: LN\_ISEQ

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LN_BTC	4.720201	3	0.1935
All	4.720201	3	0.1935

Dependent variable: LN\_BTC

Excluded	Chi-sq	df	Prob.
LN_ISEQ	14.55080	3	0.0022
All	14.55080	3	0.0022

