

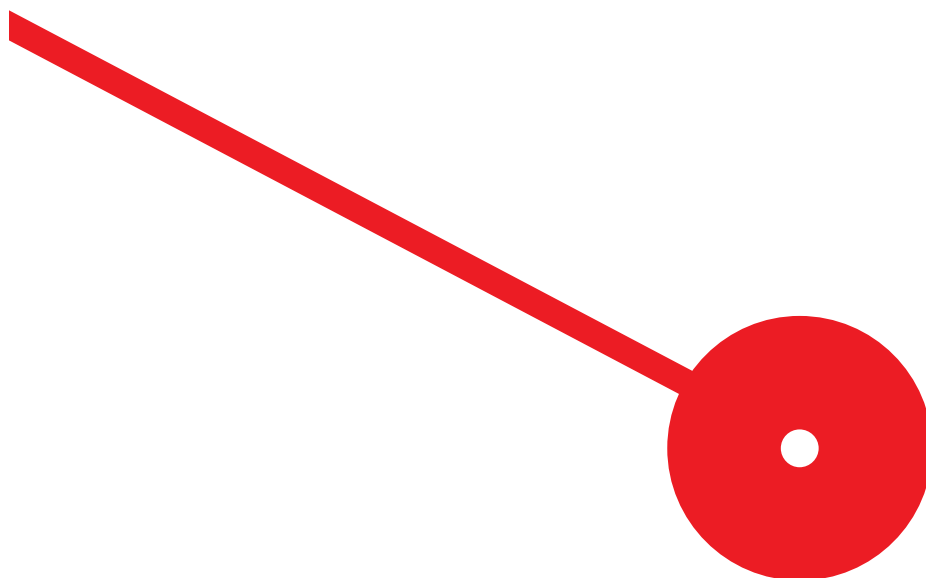


Como a volatilidade do PSI difere do IBEX35 em período de crise

Simão Pedro Ferreira Azevedo

06/2025

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



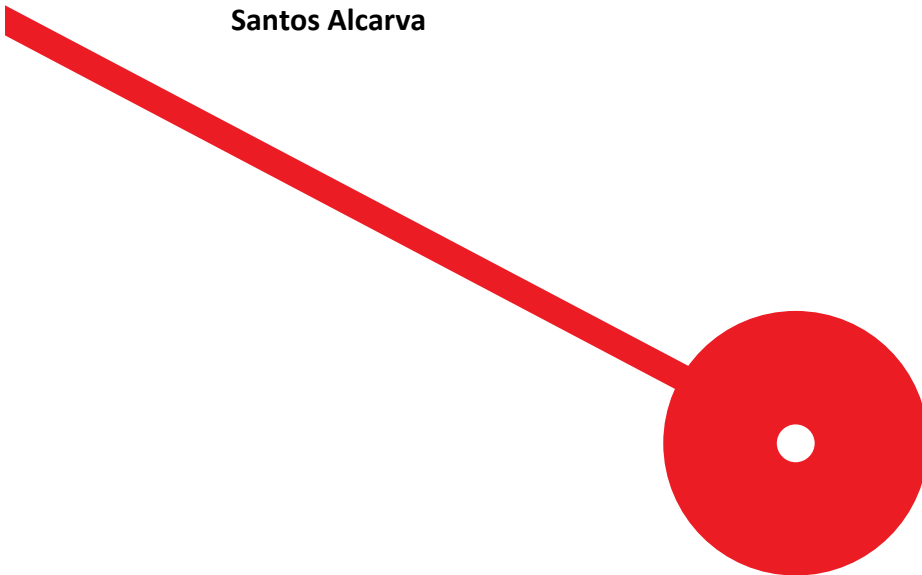


Como a volatilidade do PSI difere do IBEX35 em período de crise

Simão Pedro Ferreira Azevedo

Dissertação de Mestrado

**apresentado ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração
do Porto para a obtenção do grau de Mestre em Contabilidade e
Finanças, sob orientação do docente Doutor Paulo Alexandre dos
Santos Alcarva**



Agradecimentos

A concretização desta dissertação, de grande importância e relevância pessoal, só foi possível graças ao apoio e encorajamento constante de várias pessoas que permaneceram ao meu lado durante esta longa trajetória.

Assim sendo, primeiramente, expresso a maior gratidão aos meus pais (Vitor e Luisa) e irmã (Verónica) pelo apoio, motivação e paciência incondicional e por acreditarem em mim em todos os momentos. Agradeço também por todo carinho e compreensão entregues nos momentos mais difíceis ao longo desta jornada.

Aos meus amigos, agradeço pela amizade, companheirismo e encorajamento, bem como pelos momentos de descontração e alegria proporcionados quando mais necessitei.

Por fim, com especial apreço, expresso um profundo agradecimento ao Professor Doutor Paulo Alexandre dos Santos Alcarva pela orientação, disponibilidade e atenção despendida, e por compartilhar o seu conhecimento, sendo este de grande importância para a conclusão desta dissertação.

Resumo:

A presente dissertação analisa a volatilidade dos retornos diários dos índices bolsistas PSI (Portugal) e IBEX35 (Espanha), através da aplicação dos modelos GARCH, EGARCH e TGARCH, antes, durante e após crise pandémica.

Com base nos dados analisados entre o período de 2018 e 2024, os resultados obtidos demonstram uma elevada persistência da variância condicional em ambos os mercados, sendo mais acentuada no mercado bolsista PSI. Adicionalmente, os modelos assimétricos divulgam a presença de efeitos de alavancagem, sobretudo no IBEX35, visto que, durante o período referente à crise pandémica, o mesmo assinala uma maior sensibilidade a choques negativos, apresentando um coeficiente γ superior ao do PSI e mais significativo.

Estes resultados demonstram diferenças significativas na reação da volatilidade entre os dois mercados ibéricos, contribuindo para a literatura sobre mercados financeiros europeus.

Palavras chave: GARCH, IBEX35, Modelos assimétricos, PSI, Volatilidade

Abstract:

This dissertation analyses the volatility of daily returns on the PSI (Portugal) and IBEX35 (Spain) stock market indices, applying the GARCH, EGARCH and TGARCH models before, during and after the pandemic crisis.

Based on data analysed between 2018 and 2024, the results obtained show a high persistence of conditional variance in both markets, which is more pronounced in the PSI stock market. In addition, the asymmetric models reveal the presence of leverage effects, especially in the IBEX35, since during the pandemic crisis period, it shows greater sensitivity to negative shocks, with a γ coefficient higher than that of the PSI and more significant.

These results demonstrate significant differences in the volatility reaction between the two Iberian markets, contributing to the literature on European financial markets.

Key words: Asymmetric models, GARCH, IBEX35, PSI, Volatility

Índice geral

Introdução	1
Capítulo I – Revisão de literatura	4
1 Volatilidade dos Mercados Financeiros	5
1.1 Conceito de Volatilidade	5
1.1.1 Qual(ais) o(s) motivo(s) que leva(m) a estimular um aumento ou diminuição da volatilidade nos mercados financeiros?	5
1.2 Impacto da Crise Económica na Volatilidade	6
1.3 Comportamento dos Investidores em Período de Crise Económica.....	8
1.4 Modelos de Análise da Volatilidade.....	9
1.4.1 Modelo <i>Autoregressive Conditional Heteroskedasticity</i>	10
1.4.2 Modelo <i>Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity</i> ...	11
1.4.3 Modelo <i>Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity</i>	12
1.4.4 Modelo <i>Threshold Autorregressive Conditional Heteroskedasticity</i>	13
1.5 Evidências Empíricas	14
Capítulo II – Metodologia Empírica.....	17
2 Métodos de Análise	18
2.1 Estatística Descritiva	19
2.1.1 Teste de <i>Jarque-Bera</i>	19
2.2 Teste de Raiz Unitária / Estacionariedade.....	20
2.2.1 Teste <i>Augmented Dickey-Fuller</i>	21
2.2.2 Teste <i>Phillips-Perron</i>	22
2.2.3 Critérios de Validação dos Testes de Raiz Unitária / Estacionariedade.	23
2.3 Persistência da Volatilidade (Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH)	24
2.4 Assimetria dos Choques (Modelos EGARCH e TGARCH).....	25
2.5 Comparação entre Volatilidades dos Índices PSI e IBEX35.....	25

2.6	Validação da Heterocedasticidade Condicional	26
2.7	Síntese dos Critérios de Validação dos Métodos de Análise.....	27
Capítulo III – Estudo Empírico.....		29
3	Dados e Resultados Empíricos	30
3.1	Dados Históricos dos Mercados Português e Espanhol	30
3.1.1	Mercado <i>Portuguese Stock Index</i> (PSI).....	30
3.1.2	Mercado <i>Iberian Index</i> (IBEX35)	32
3.1.3	Síntese dos Retornos Diários Históricos dos índices PSI e IBEX35.....	35
3.2	Volatilidade dos Índices PSI vs. IBEX35.....	36
3.2.1	Teste de Raiz Unitária / Estacionariedade.....	36
3.2.2	Teste ARCH-LM	38
3.2.3	Pré-Crise Covid-19	38
3.2.3.1	Análise dos Retornos Diários e Volatilidade.....	38
3.2.3.2	Análise da Volatilidade do PSI e IBEX35 Através dos Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH	41
3.2.4	Crise Covid-19.....	46
3.2.4.1	Análise dos Retornos Diários e Volatilidade.....	46
3.2.4.2	Análise da Volatilidade do PSI e IBEX35 Através dos Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH	49
3.2.5	Pós-crise Covid-19	54
3.2.5.1	Análise dos retornos diários e volatilidade.....	54
3.2.5.2	Análise da Volatilidade do PSI e IBEX35 Através dos Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH	57
3.2.6	Comparação dos Resultados entre os Mercados Ibéricos.....	63
Capítulo IV – Conclusão, Limitações e Pesquisas Futuras.....		67
Referências bibliográficas.....		71
Apêndices.....		77
Apêndice A – Composição do índice PSI.....		78

Apêndice B – Composição do índice IBEX35	79
--	----

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Retornos diários históricos do PSI (2011-2024).....	32
Gráfico 2 - Volatilidade histórica dos retornos diários do PSI (2011-2024).....	32
Gráfico 3 - Retornos diários históricos do IBEX35 (2011-2024).....	34
Gráfico 4 - Volatilidade histórica dos retornos diária do IBEX35 (2011-2024)	34
Gráfico 5 - Retornos diários do PSI pré-crise covid-19 (03/01/2018 - 10/03/2020).....	40
Gráfico 6 - Retornos diários do IBEX35 pré-crise covid-19 (03/01/2018 - 10/03/2020)	40
Gráfico 7 - Volatilidade diária do PSI pré-crise covid-19 (03/01/2018 - 10/03/2020)	40
Gráfico 8 - Volatilidade diária do IBEX35 pré-crise covid-19 (03/01/2018 - 10/03/2020)	41
Gráfico 9 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pré-crise covid-19 (GARCH)	44
Gráfico 10 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pré-crise covid-19 (EGARCH).....	44
Gráfico 11 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pré-crise covid-19 (TGARCH).....	45
Gráfico 12 - Retornos diários do PSI durante crise covid-19 (12/03/2020 - 05/05/2023)	48
Gráfico 13 - Retornos diários do IBEX35 durante crise covid-19 (12/03/2020 - 05/05/2023).....	48
Gráfico 14 - Volatilidade do PSI durante crise covid-19 (12/03/2020 - 05/05/2023)...	49
Gráfico 15 - Volatilidade do IBEX35 durante crise covid-19 (12/03/2020 - 05/05/2023)	49
Gráfico 16 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 durante crise covid-19 (GARCH).....	52
Gráfico 17 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 durante crise covid-19 (EGARCH)	53
Gráfico 18 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 durante crise covid-19 (TGARCH)	53
Gráfico 19 - Retornos diários do PSI pós-crise covid-19 (09/05/2023 - 31/12/2024)...	56
Gráfico 20 - Retornos diários do IBEX35 pós-crise covid-19 (09/05/2023 - 31/12/2024)	56
Gráfico 21 - Volatilidade do PSI pós-crise covid-19 (09/05/2023 - 31/12/2024).....	57
Gráfico 22 - Volatilidade do IBEX35 pós-crise covid-19 (09/05/2023 - 31/12/2024)..	57
Gráfico 23 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pós-crise covid-19 (GARCH).....	61
Gráfico 24 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pós-crise covid-19 (EGARCH)	61
Gráfico 25 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pós-crise covid-19 (TGARCH)	61
Gráfico A1 - Setores de atividade do PSI (em %).....	78

Gráfico B1 - Setores de atividade do IBEX35 (em %)	80
---	----

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Quadro resumo dos critérios de avaliação.....	27
Tabela 2 - Retornos diários históricos do PSI (2011-2024)	31
Tabela 3 - Retornos diários históricos do IBEX35 (2011-2024).....	33
Tabela 4 - Quadro resumo dos retornos diários históricos dos índices PSI e IBEX35 .	35
Tabela 5 - Análise da estacionariedade (Teste ADF).....	37
Tabela 6 - Análise da estacionariedade (Teste PP).....	37
Tabela 7 - Validação da heterocedasticidade condicional (Teste ARCH-LM)	38
Tabela 8 - Retornos diários do PSI vs. IBEX35 antes covid-19.....	38
Tabela 9 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o PSI (pré-crise covid-19)	41
Tabela 10 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o IBEX35 (pré-crise covid- 19).....	41
Tabela 11 - Qualidade de ajuste dos modelos (pré-crise covid-19).....	45
Tabela 12 - Teste ARCH-LM (pré-crise covid-19)	46
Tabela 13 - Retornos diários do PSI vs. IBEX35 durante crise covid-19	47
Tabela 14 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o PSI (crise covid-19).	49
Tabela 15 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o IBEX35 (crise covid-19)	50
Tabela 16 - Qualidade de ajuste dos modelos (durante crise covid-19).....	54
Tabela 17 - Teste ARCH-LM (durante crise covid-19).....	54
Tabela 18 - Retornos diários do PSI vs. IBEX35 pós-crise covid-19	55
Tabela 19 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o PSI (pós-crise covid-19)	57
Tabela 20 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o IBEX35 (pós-crise covid- 19).....	58
Tabela 21 - Qualidade de ajuste dos modelos (pós-crise covid-19).....	62
Tabela 22 - Teste ARCH-LM (pós-crise covid-19).....	63
Tabela A1 – Organizações que constituem o índice PSI.....	78
Tabela B1 - Organizações que constituem o índice IBEX35.....	79
Tabela B2 - As 10 maiores organizações do índice IBEX35.....	80

Lista de abreviaturas

ADF - *Augmented Dickey-Fuller*

AIC - *Akaike Information Criterion*

ARCH - *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

ARCH-LM - *Autoregressive Conditional Heteroscedasticity-Lagrange Multiplier*

BIC - *Bayesian Information Criterion*

DF - *Dickey-Fuller*

EGARCH - *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

GARCH - *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

GJR-GARCH - *Glosten-Jagannathan-Runkle Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

IBEX35 - *Iberian Index*

OLS - *Ordinary Least Squares*

OMS - *Organização Mundial de Saúde*

PP - *Phillips-Perron*

PSI - *Portuguese Stock Index*

TGARCH - *Thershold Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

Nos últimos tempos, as interdependências entre mercados económicos têm aumentado substancialmente, impulsionando a integração e a globalização económica entre países, gerando um impacto positivo no desenvolvimento económico. Contudo, estas interconexões tornam os mercados mais propensos a choques externos, cujos efeitos rapidamente se propagam entre diferentes geografias e setores de atividade, gerando assim fenómenos de contágio financeiro (Davidescu et al., 2023).

Um dos fenómenos de instabilidade mais observado, diz respeito à volatilidade dos preços dos ativos financeiros. A volatilidade é um dos fatores indispensáveis para os investidores no momento da avaliação dos mercados, pois é o principal indicador de risco e incerteza dos mercados financeiros (Chaudlary et al., 2020). Um bom ponto de partida para avaliar o risco de um investimento, parte por efetuar uma boa análise da volatilidade dos preços dos ativos (Poon & Granger, 2002). O comportamento passado do preço de um ativo, contém informações importantes sobre o comportamento futuro do mesmo, pois comportamentos passados tenderão a repetir-se no futuro (Fama, 1965). Através de uma análise cuidadosa da variação dos preços passados dos ativos, se for possível identificar os padrões de comportamento dos mesmos, isso pode ser útil para prever variações futuras, possibilitando um aumento de ganhos (Fama, 1965).

A análise da volatilidade além de expor os riscos e incertezas dos mercados financeiros para os investidores, passou a ser importante na precificação de ativos e uma prática obrigatória de gestão de risco por parte muitas instituições financeiras (Poon & Granger, 2002; Youssef, 2020).

A crise sanitária Covid-19, declarada como crise pandémica pela Organização Mundial de Saúde em março de 2020, dentro das últimas décadas foi a que gerou um dos maiores choques globais. Nos mercados financeiros foi possível registar um aumento abrupto da volatilidade dos mesmos, resultando assim em níveis inéditos de instabilidade política e económica ao redor do mundo. Países do sul da Europa, como Portugal e Espanha, viram os seus principais índices bolsistas, *Portuguese Stock Index* (PSI) e *Iberian Index* (IBEX35), a serem respetivamente afetados por alterações súbitas dos preços, liquidez e confiança dos investidores.

Dado à crise pandémica sucedida, a presente dissertação parte em busca de compreender como a volatilidade se manifestou em cada um desses mercados (PSI e IBEX35) durante esse período, bem como antes e após crise. De modo a compreender melhor a volatilidade

manifestada por cada mercado, a presente investigação tem como propósito verificar três hipóteses, sendo elas:

- Hipótese 1: A volatilidade do PSI é significativamente maior do que a do IBEX35 antes, durante e após crise Covid-19.
- Hipótese 2: O impacto da crise Covid-19 na volatilidade do PSI é mais persistente do que no IBEX35.
- Hipótese 3: O IBEX35 apresenta uma recuperação mais rápida em termos de estabilização da volatilidade após choque inicial do Covid-19 do que o PSI.

As hipóteses aqui definidas terão como contributo ajudar a compreender melhor o impacto da volatilidade nos mercados ibéricos em diferentes períodos. Além disso, pode tornar-se essencial para académicos, reguladores e investidores, pois a análise aqui elaborada pode ajudar a identificar padrões de resiliência, assimetrias na recuperação e diferenças estruturais na resposta dos mercados ibéricos a choques comuns.

No entanto, apesar da vasta literatura sobre volatilidade, poucos estudos comparam de forma sistemática os índices acionistas ibéricos, particularmente em períodos de crise, sendo esta a principal lacuna explorada neste trabalho.

Este projeto será dividido em quatro capítulos, sendo o primeiro capítulo referente à revisão de literatura, onde serão abordados temas como o conceito da volatilidade, impacto da crise económica na volatilidade, comportamentos dos investidores em período de crise económica e modelos de análise da volatilidade. O segundo capítulo, terá como referência a metodologia empírica, onde serão exibidos quais os modelos de análise a utilizar para o estudo em questão, bem como a definição da série temporal a avaliar. O terceiro capítulo, consiste na elaboração de um estudo empírico, onde numa primeira instância será abordado a volatilidade histórica dos mercados em questão. Após essa abordagem, através dos modelos de análise escolhidos será efetuado a análise e estudo da volatilidade dos mercados definidos. A partir da análise efetuada dos respetivos mercados, será exposto uma comparação e discussão dos resultados obtidos, de modo a responder às questões acima definidas. Por fim, o quarto e último capítulo deste projeto, diz respeito à exibição da conclusão, limitações e pesquisas futuras sobre o tema aqui apresentado.

CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

1 Volatilidade dos Mercados Financeiros

1.1 Conceito de Volatilidade

A volatilidade encontra-se relacionada com a incerteza dos mercados financeiros, tornando-se num ponto-chave para os investidores no momento de investir (Chaudhary et al., 2020). É crucial no que diz respeito à determinação dos preços dos ativos, diversificação das carteiras dos investidores, bem como na gestão do risco. Com isto, torna-se essencial captar e compreender os padrões de alteração da volatilidade (Trivedi, 2022). Assim sendo, a volatilidade pode representar a incerteza do preço futuro de um ativo, sendo essa incerteza caracterizada pela variância ou desvio-padrão (Bhowmik & Wang, 2020).

Perante esta informação, a volatilidade pode ser definida como uma mudança inesperada dos preços (Bhowmik & Wang, 2020). Para Mieg (2020) a volatilidade pode ser explicada como sendo a flutuação dos preços de produtos económicos, onde os resultados dependem da amplitude e frequência do evento. Essas fortes oscilações dos preços podem ser interpretadas como um sinal de risco.

Segundo Danielsson et al. (2016) a volatilidade pode ser caracterizada como alta ou baixa, ou seja, com desvios de volatilidade acima ou abaixo da tendência, podendo as mesmas afetar as decisões dos investidores. Uddin et al. (2021) concluíram que quanto maior a volatilidade, maior poderá ser o efeito negativo da mesma nos mercados. Os mesmos autores, também averiguaram que a volatilidade pode explicar entre 35% a 55% da futura atividade económica dos mercados financeiros.

1.1.1 Qual(ais) o(s) motivo(s) que leva(m) a estimular um aumento ou diminuição da volatilidade nos mercados financeiros?

O aumento da volatilidade pode expressar uma variação significativa no preço das ações a curto prazo, levando ao aumento do risco, visto que, uma diminuição da mesma pode significar que os preços das ações não sofreram grandes variações a curto prazo (Chaudhary et al., 2020). Além disso, a volatilidade do período atual tem impacto em períodos futuros (Chaudhary et al., 2020).

Segundo Cutler et al. (1988) e Trivedi (2022) a variação dos preços dos ativos pode ser provocada por reações a anúncios macroeconómicos, políticas regulatórias e notícias, onde de alguma forma afetam os mesmos, podendo originar aumentos e diminuições da

volatilidade. Contudo, para Cutler et al. (1988) existe uma dificuldade em explicar que as variações dos preços dos ativos sejam baseadas apenas nos impactos das notícias disponíveis, embora haja alguma hipótese de que os preços dos ativos sofram variações com tais impactos. Para os impactos gerados pelas notícias justificarem as grandes variações nos preços dos ativos, segundo os autores, as mesmas deveriam deixar vestígios em estatísticas económicas oficiais ou até mesmo em reportagens dos média sobre a oscilação do mercado.

Já autores como Chaudhary et al. (2020), Mieg (2020), Tabash et al. (2024) e Khan (2024) verificaram que notícias de teor positivo ou negativo e crises económicas geradas ao redor do mundo, têm grande impacto sobre os mercados globais, mais especificamente na volatilidade dos mesmos. Notícias com teor negativo conseguem obter maior impacto na volatilidade dos mercados, comparado com as de teor positivo (Tabash et al., 2024). Os impactos dessas notícias geram choques de volatilidade positivos ou negativos, tornando os mercados mais imprevisíveis (Spulbar et al., 2020).

Para além dos impactos gerados por anúncios macroeconómicos, políticas regulatórias e notícias na variação dos mercados, o sentimento do investidor também pode ser um fator de causa de volatilidade nos mercados financeiros, devido ao facto dos investidores formularem expectativas sobre lucros futuros. Essas expectativas são geradas devido aos investidores darem mais atenção ao quão impressionante aparenta ser a informação transmitida do que à confiabilidade da mesma (Barberis et al., 1998). Padrões consistentes de notícias geram eventos noticiosos fortes, que podem levar a uma exagerada reação por parte dos investidores, levando à variação dos preços dos ativos. Essa elevada reação desencadeia uma resposta por parte dos mercados (Barberis et al., 1998).

Uddin et al. (2021) concluíram também que tanto o nível de desenvolvimento económico como a qualidade da governação de um país, podem ajudar a minimizar a volatilidade. Países com uma estrutura de capitais bem estruturada e desenvolvida, tem maior capacidade para diminuir a volatilidade gerada pelos impactos das crises.

1.2 Impacto da Crise Económica na Volatilidade

Para Bekaert et al. (2005) as crises económicas globais estão relacionadas com o contágio entre mercados, visto que, o contágio no mercado financeiro acontece devido ao facto de os mercados estarem sincronizados entre si. O aumento da exposição dos mercados aos fatores que levaram à crise económica, gera um aumento da volatilidade nos mercados

financeiros (Bekaert et al., 2005). A volatilidade dos mercados financeiros pode ser gerada através de surtos de incerteza após choques significativos. Estas incertezas tendem a aumentar devido a choques económicos e políticos, como por exemplo crises económicas e choques de preços. O aumento da incerteza leva a que os investidores e instituições ajam de forma mais passiva, isto é, não invistam ou desistam momentaneamente de projetos de modo a perceber como o mercado vai-se comportar face à crise instalada (Bloom, 2009).

As crises económicas podem ser consideradas como eventos particularmente dramáticos de volatilidade (Mieg, 2020). Através de estudos sobre o papel da volatilidade nas três grandes crises financeiras (quebra da bolsa de 1987, crise asiática de 1996-97 e a crise bancária mundial (subprime) de 2007-08), verificou-se que a volatilidade pode ser considerada como um estímulo para causas de crise (Mieg, 2020). Além disso, a volatilidade em si não prevê crises económicas, devido ao facto da mesma variar ao longo do tempo e de país para país, isto é, o que pode ser elevado num país ou num período, pode ser baixo noutra (Danielsson et al., 2016). Ainda de acordo com estes autores, volatilidades mais baixas ou mais altas podem gerar crises económicas, pois baixas variações levam os investidores adotarem riscos exagerados, podendo desencadear crises económicas. Já volatilidades altas podem gerar maiores incertezas relativamente às condições económicas futuras, levando a níveis mais baixos de investimento, causando danos nas condições económicas (Danielsson et al., 2016).

Gobbi (2024) ao comparar a crise económica de 2008 com a crise Covid-19 observou que, em média, os retornos dos mercados foram negativos durante o período alusivo à crise económica 2008 e positivos durante a crise Covid-19. Além disso, este autor refere a existência de um forte choque nos mercados dos períodos em que ambas as crises se manifestaram, tendo-se um grande aumento da volatilidade no último trimestre de 2008 e no primeiro de 2020. No que diz respeito às variações dos retornos nos mercados, o impacto da crise pandémica foi mais forte, mas mais curta do que a crise de 2008 (Gobbi, 2024). Contudo, após a crise de 2008, a volatilidade nos mercados financeiros manteve-se elevada, mais especificamente ao longo do ano de 2009, o que levou a uma forte redução da economia no mundo. Relativamente ao Covid-19, após o pico inicial da volatilidade no primeiro trimestre de 2020, verificou-se uma redução da mesma tendo apurado um novo aumento da volatilidade no final do mesmo ano, devido a novos confinamentos (Gobbi, 2024). Khan (2024) apurou que o risco durante a crise Covid-19

é mais elevado comparativamente ao período anterior, concluindo assim que a volatilidade é superior durante a crise, sendo que todos os ativos sofreram variações significativas.

1.3 Comportamento dos Investidores em Período de Crise Económica

Segundo Baker e Wurgler (2007) o estudo comportamental permite oferecer previsões claras sobre os impactos e efeitos dos sentimentos dos investidores em diferentes tipos de ações. Medir o sentimento do investidor torna-se num recurso essencial na previsão de retornos e na compreensão do comportamento dos mercados.

A monitorização do comportamento dos investidores nos mercados financeiros, pode ser medida através da tolerância ao risco, isto é, medindo o nível máximo de risco que os investidores estão dispostos a aceitar para determinado retorno (Çifçi & Reis, 2021). Um investidor avesso ao risco é uma pessoa que prefere retornos (ganhos) certos (Kahneman & Tversky, 1979). Investidores mais especulativos e otimistas são investidores mais tolerantes ao risco, o que pode levar a maiores retornos (He, 2022).

Quando se fala em ganhos e perdas, os investidores preferem ganhos certos aos incertos, já relativamente às perdas preferem arriscar mais do que obter perdas certas. De modo geral, os investidores mostram ser mais avessos ao risco quando lidam com ganhos e buscam risco quando enfrentam perdas (Kahneman & Tversky, 1979).

A tolerância ao risco e a volatilidade dos mercados estão associados ao sentimento do investidor. O sentimento do investidor pode levar a ocorrências de crises económicas, isto é, dependendo se o sentimento do mesmo é racional ou não (Zhang et al., 2019). Para Baker e Wurgler (2007) existem dois tipos de investidores, isto é, os que não são influenciados por sentimentos (racionais) e os que são influenciados pelos sentimentos (irracionais). Ambos os investidores atuam no mesmo mercado e têm influência sobre os preços dos ativos. Quando os investidores encontram-se mais otimistas (acreditam numa subida dos mercados) estes tendem a comprar mais ativos, fazendo com que os preços subam. Já quando os investidores se encontram menos otimistas, tendem a adquirir menos ativos (menor volume de transação), levando assim a uma queda dos preços. Na ausência de sentimentos, os preços dos ativos encontram-se corretamente precificados (Baker & Wurgler, 2007).

Quando um investidor é racional, a probabilidade de gerar uma crise é baixa, mas caso o sentimento do investidor torne-se elevado, pode acabar por levar à sobrevalorização do preço das ações (Zhang et al., 2019). Quando os preços das ações voltam ao valor real, pode gerar-se uma crise económica devido à queda acentuada dos preços (Zhang et al., 2019). Colapsos de mercado tendem acontecer em momentos onde o sentimento é elevado, tornando-se difícil de prever esses exatos momentos. Isto reforça o impacto do sentimento dos investidores nos preços a curto prazo e destaca a limitação de prever com precisão a longo prazo (Baker & Wurgler, 2007). Através desses aumentos e diminuições abruptos dos preços das ações, o sentimento do investidor pode ser um fator que ajude a explicar a volatilidade dos mercados financeiros, bem como a melhorar as tomadas de decisões e aumentar a eficiência dos mercados (Zhang et al., 2019; Baker & Wurgler, 2007).

Chiang et al. (2015) acreditam que é nos períodos mais tranquilos que os investidores adquirem os seus ativos. Além disso, verificaram que os investidores têm a tendência de não adquirir ativos durante períodos de crise económica.

1.4 Modelos de Análise da Volatilidade

Para analisar o impacto da volatilidade nos mercados financeiros, segundo Öner e Öner (2023), bem como grande parte dos autores citados, elegem a família de modelos *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (GARCH) como os mais adequados e robustos para investigar a volatilidade nos mercados financeiros. Desde os anos 1980, os modelos GARCH tornaram-se extremamente populares entre académicos e profissionais da área financeira, permitindo uma modelagem eficiente da volatilidade dos preços dos ativos (Francq & Zakoian, 2010). A comunidade académica demonstrou interesse por estes modelos, devido ao facto de serem simples o suficiente para uso prático (Francq & Zakoian, 2010).

Os respetivos modelos não só medem a volatilidade, como também demonstram se os choques são contínuos (Öner & Öner, 2023). Os modelos da família GARCH demonstraram obter resultados mais precisos, tornando-se no método padrão para analisar a volatilidade de dados em séries temporais (Chaudhary et al., 2020).

Segundo Chaudhary et al. 2020 o modelo GARCH, desenvolvido por Bollerslev (1986), consiste numa extensão do modelo *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (ARCH), criado por Engle (1982), tendo surgido com o intuito de colmatar algumas das

limitações e ineficiências do modelo. No entanto, muitas outras formas do modelo GARCH foram concebidas para colmatar tais deficiências, sendo que, dois dos modelos criados obtiveram um maior destaque por parte dos autores aqui citados, sendo eles: modelo *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (EGARCH) e o modelo *Threshold Autorregressive Conditional Heteroskedasticity* (TGARCH).

Estes modelos são eficazes na obtenção do efeito de assimetria na volatilidade (capturam assimetrias em resposta a choques positivos e negativos, sendo algo relevante em cenários de crise), visto que, tal panorama não é possível ser efetuado com o modelo GARCH básico, pois trata ambos os choques de forma simétrica (Francq & Zakoian, 2010; Trivedi, 2022). Estes modelos apresentam um maior destaque entre os demais modelos assimétricos, pois através de pesquisas e estudos elaborados pelos autores citados ao longo da revisão de literatura, foram os que obtiveram resultados mais robustos.

1.4.1 Modelo *Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

O modelo ARCH foi elaborado por Engle (1982), com a intenção de analisar a volatilidade que se vai alterando ao longo do tempo (Öner & Öner, 2023). O modelo foi executado tendo como base “processos não correlacionados em série, com variâncias não constantes condicionadas ao passado e variâncias incondicionais constantes” (Engle, 1982). É usado para estimar a média, bem como a variância dos dados das séries temporais (Marisetty, 2024). Além disso, despertou interesse de várias áreas nos mercados globais, seja para testar a sua adequação e previsibilidade, quer para examinar o impacto de choques de volatilidade (Trivedi, 2022).

Este modelo reconhece a variância condicional como dependente de valores e informações de períodos anteriores. Já a variância incondicional não depende de valores passados (Engle, 1982). A variância condicional deste modelo é prevista por erros passados, podendo ser definida como uma variância incondicional constante (Engle, 1982). Contudo, o modelo ARCH reconhece que os choques positivos e negativos proporcionam o mesmo impacto na volatilidade, tornando este modelo inadequado para analisar series com efeitos assimétricos (Marisetty, 2024).

Assim sendo, o modelo ARCH (q) pode ser apresentado da seguinte forma:

$$\sigma_t^2 = c + \alpha_1 \mu_{t-1}^2 + \alpha_p \mu_{t-p}^2 + \dots = c + \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_{t-i}^2 \quad (1)$$

Onde,

σ_t^2 - Variância de erro condicional

c - Valor constante

α_i - Choques

μ_{t-i} - Termo de erro observado em t-i

$c > 0$ e $\alpha_i \geq 0$ ($i=1, 2, 3, \dots, q$), para que a variável condicional não seja negativa.

1.4.2 Modelo *Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

Este modelo foi elaborado por Bollerslev (1986) e surgiu com o intuito de reduzir algumas lacunas do modelo ARCH (Chaudhary et al., 2020). Bollerslev (1986) acredita que este modelo proporciona um melhor ajuste marginal do modelo ARCH, pois avalia a volatilidade atual em função do tamanho e da variação dos resíduos de períodos passados.

A expressão do modelo GARCH (p,q) para a variância condicional é representada do seguinte modo:

$$\sigma_t^2 = c + \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^2 \quad (2)$$

Onde, segundo Chaudhary et al. (2020),

σ_t^2 – Variância de erro Condicional

c – Valor constante

p e q – Desfasamento do termo residual (erro) e termos de variância condicional na equação

α_i – Efeito ARCH (estima os choques)

β_i – Efeito GARCH (calcula o tempo que demora a desaparecer qualquer alteração)

Quando $p=0$, o modelo GARCH (0, q) restringe-se ao modelo ARCH (q). No modelo ARCH (q) a variância condicional é uma função linear das variâncias amostrais passadas, sendo que, o modelo GARCH (p, q) admite também a introdução de variâncias condicionais desfasadas (Bollerslev, 1986).

Para que o modelo tenha variâncias condicionais desfasadas, é preciso verificar as seguintes circunstâncias:

$$p \geq 0 \text{ e } q > 0$$

$$c > 0 \text{ e } \alpha_i \geq 0 \text{ (} i=1, \dots, q \text{)}$$

$$\beta_i \geq 0 \text{ (} i=1, \dots, p \text{)}$$

Este modelo é recomendado para registar a volatilidade condicional nos retornos das ações. Além disso, quanto maior for o valor de α_i maior é a sensibilidade às novas informações e quanto maior o valor de β_i mais tempo leva para a mudança desaparecer (maior é a persistência) (Chaudhary et al., 2020).

Para Kakade et al. (2022) e Francq e Zakoian (2010) a grande desvantagem do modelo GARCH é de não conseguir moldar respostas assimétricas a choques positivos e negativos, pois a variância condicional depende apenas de valores absolutos de variáveis passadas (choques positivos e negativos têm o mesmo efeito sobre a volatilidade atual).

1.4.3 Modelo *Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

O modelo EGARCH, desenvolvido por Nelson (1991), tem como propósito esclarecer a estrutura da volatilidade assimétrica observada nos mercados financeiros (Öner & Öner, 2023). O modelo pretende determinar o choque dominante e o seu impacto nas séries temporais (Kakade et al., 2022). Além disso, aborda a questão da assimetria não captada pelo modelo GARCH básico, tendo capacidade de integrar mais desfasamentos na variância condicional (Khan, 2024). Este modelo pode variar em função da magnitude do choque, bem como do sinal, ou seja, a variância condicional responde a choques positivos ou negativos ajudando na determinação dos preços dos ativos (Öner & Öner, 2023). Pode-se concluir que o modelo EGARCH tem como propósito apresentar os diferentes retornos, tendo em consideração os choques positivos e negativos, sem necessidade de restrições de parâmetros.

Assim sendo, segundo Khan (2024), o modelo desenvolvido por Nelson (1991) é apresentado da seguinte forma:

- Equação matemática EGARCH (1,1)

$$\log(\sigma_t) = c + \alpha |\mu_{t-1}| + \gamma \mu_{t-1} + \beta \log(\sigma_{t-1}) \quad (3)$$

- Para captar a natureza assimétrica dos efeitos da volatilidade, o modelo EGARCH (p,q) é expresso através do seguinte modo:

$$\log(\sigma_t) = c + \sum_{j=1}^q \alpha_j \left| \frac{\mu_{t-j}}{\sqrt{\sigma_{t-j}}} \right| + \sum_{j=1}^q \gamma_j \frac{\mu_{t-j}}{\sqrt{\sigma_{t-j}}} + \sum_{i=1}^p \beta_i \log(\sigma_{t-i}) \quad (4)$$

Onde,

c - Valor constante

α_j, γ_j e β_i - Parâmetros do modelo (efeito ARCH, efeito Assimétrico e efeito GARCH)

μ_{t-j} - Erro observado em t-j

σ_{t-i} - Desvio-padrão observado em t-i

Khan (2024) menciona γ como sendo o parâmetro referente à assimetria, sendo que quando:

$\gamma < 0$ – impacto dos choques negativos levam a um maior aumento da volatilidade do que os choques positivos;

$\gamma = 0$ – verifica-se um modelo simétrico, isto é, um choque positivo terá um impacto semelhante ao choque negativo na volatilidade;

$\gamma > 0$ – choques positivos levam a um maior aumento da volatilidade do que os choques negativos;

1.4.4 Modelo *Threshold Autoregressive Conditional Heteroskedasticity*

Segundo Khan (2024), o modelo TGARCH, concebido por Glosten et al. (1993) e Zakoian (1994), foi um novo modelo proposto para medir a magnitude dos efeitos assimétricos, permitindo medir o impacto das “boas” e “más” notícias na repercussão da volatilidade.

Assim sendo, o respetivo modelo é apresentado da seguinte forma:

- Equação matemática de TGARCH (1,1):

$$\sigma_t^2 = c + \alpha_i \mu_{t-i}^2 + \beta_i \sigma_{t-i}^2 + \gamma_i \mu_{t-i}^2 \lambda_{t-i} \quad (5)$$

- Para captar a natureza assimétrica dos efeitos da volatilidade, o modelo TGARCH (p,q) é expresso através do seguinte modo:

$$\sigma_t^2 = c + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q (\alpha_i + \gamma_i \lambda_{t-i}) \mu_{t-i}^2 \quad (6)$$

O modelo em questão, contém uma variável *dummy* (λ_{t-i}), onde é possível o modelo reagir aos impactos positivos e negativos (Kakade et al., 2022). Assim sendo, λ_{t-i} assume valor de 1 quando $\mu_{t-i} < 0$ (“más” notícias) e valor 0 quando $\mu_{t-i} > 0$ (“boas” notícias) (Khan, 2024).

Além disso, o modelo considera que os choques das “boas” e “más” notícias tem impactos diferentes na variância condicional. Diante de “boas” notícias existe um impacto direto em α , já nas “más” notícias esse impacto é de $(\alpha_i + \gamma_i)$ (Khan, 2024; Costa et al., 2020). Contudo, neste modelo, as notícias negativas possuem um efeito maior na volatilidade quando $\gamma > 0$, indicando assim presença de efeito de alavancagem (Costa et al., 2020).

Sendo γ_i o termo assimétrico ou de alavancagem, quando este é maior ou menor que zero, verifica-se assimetria na forma como os retornos reagem às notícias, já um valor igual a zero indica simetria (Khan, 2024).

1.5 Evidências Empíricas

A literatura revela que a volatilidade é um fator importante para os investidores no momento da avaliação dos mercados. Uma boa avaliação do risco de um investimento parte por realizar uma boa análise da volatilidade dos preços dos ativos. A volatilidade está diretamente relacionada à instabilidade dos mercados, precificação dos ativos, gestão do risco e diversificação de carteiras. A oscilação acentuada dos preços é interpretada como um sinal de risco.

A volatilidade dos mercados financeiros é amplamente influenciada por fatores macroeconómicos, comportamentais e informacionais. Estes fatores contribuem para a oscilações dos preços dos ativos. O impacto de notícias positivas ou negativas pode gerar maiores ou menores choques de volatilidade nos mercados financeiros. Os choques negativos (más notícias) tendem a ter efeitos mais fortes e persistentes na volatilidade do que os choques positivos. Já as crises globais intensificam a volatilidade dos mercados, devido ao facto dos mesmos estarem sincronizados entre si, levando a contágios financeiros. As crises económicas representam eventos extremos de volatilidade, mostrando assim a instabilidade dos mercados nesses períodos, afetando preços, liquidez e decisões de investimento.

Quanto à parte comportamental, isto é, ao sentimento dos investidores, existem investidores racionais e irracionais, sendo que ambos possuem fortes impactos na oscilação dos preços dos ativos. Os investidores irracionais, devido ao facto de serem influenciados pelas emoções e percepções erradas do risco, tendem a reagir de forma mais excessiva a eventos, influenciando os preços. Essa influência sobre os preços leva às oscilações abruptas dos mercados, daí o facto do sentimento do investidor poder ajudar a explicar tais volatilidades dos mercados financeiros.

Com o propósito de analisar a volatilidade dos mercados financeiros, a literatura demonstra consenso quanto à eficácia dos modelos GARCH na captura da volatilidade condicional em séries temporais. Modelos como GARCH, EGARCH e TGARCH são amplamente utilizados para estudar a volatilidade condicional. No entanto, surge um debate quanto à adequação do modelo simétrico (GARCH) em períodos de crise, onde a assimetria do choque torna-se relevante para a análise da volatilidade. Perante esse debate, a literatura defende o uso de modelos assimétricos para captar os efeitos diferenciados de choques positivos e negativos. Assim sendo, os modelos assimétricos EGARCH e TGARCH têm sido indicados como os mais robustos, devido ao facto de obterem melhores resultados entre os modelos assimétricos concebidos. Contudo, existem poucos estudos que os apliquem comparativamente aos mercados ibéricos em período de crise.

A comparação da volatilidade entre o PSI e o IBEX35 ainda não foi suficientemente explorada. No entanto, existem autores como Costa et al. (2020) e Kayani et al. (2024) que já estudaram um pouco a volatilidade dos mercados ibéricos. Os autores Costa et al. (2020) estudaram a mesma através do impacto do sentimento do investidor, bem como do comportamento assimétrico da volatilidade, analisado em função do impacto das boas e más notícias. Para tal efeito utilizaram o modelo TGARCH. Os respetivos autores concluíram que não foi possível averiguar efeitos assimétricos no mercado português. Contudo, no mercado espanhol já foi possível detetar, concluindo que as notícias positivas tiveram um impacto maior na volatilidade do que as negativas. Relativamente ao sentimento do investidor, ambos os mercados mostraram que os mesmos são mais sensíveis a choques negativos, ou seja, notícias negativas tendem a levar a que os investidores se encontram menos otimistas quanto à subida dos mercados, levando os mesmos a adquirir menos ativos (menor volume de transação), causando assim uma queda dos preços. Já Kayani et al. (2024), investigaram a volatilidade antes e durante crise

Covid-19 de 21 mercados de ações desenvolvidos, através do modelo GJR-GARCH, sendo que entre esses mercados estavam o PSI e o IBEX35. Através desse estudo, foi possível concluir que antes da crise pandêmica, os valores médios dos retornos foram positivos para ambos os mercados ibéricos, enquanto durante a crise Covid-19 foram negativos. Além disso, destacaram a existência de fenômenos leptocúrticos e efeitos de alavancagem antes e durante crise pandêmica. O estudo também exibiu uma maior volatilidade e persistência de choques durante a crise pandêmica, com tendência a desaparecer com o tempo.

Com isto, a presente dissertação pretende contribuir ainda mais na diminuição deste vazio, analisando assim os efeitos da crise Covid-19 na volatilidade dos respectivos mercados, testando empiricamente a adequação dos modelos GARCH, EGARCH e TGARCH aos mercados ibéricos.

CAPÍTULO II – METODOLOGIA EMPÍRICA

O presente estudo utiliza uma metodologia quantitativa, isto é, baseia-se na recolha, análise e cálculo de dados, bem como na interpretação da informação obtida. A recolha dos dados será efetuada com recurso a sites como *Euronext*, *Yahoo Finance* e *Investing.com*, entre 2 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2024. Para a análise, cálculo e interpretação dos dados será utilizado o *software Rstudio*. Os dados adquiridos serão referentes aos preços de fecho diários dos índices PSI e IBEX35, onde através dessas cotações serão calculados os retornos logarítmicos, necessário para a análise da volatilidade. Quanto aos dados adquiridos, todos serão obtidos de forma automática, isto é, os preços de fecho dos índices serão transformados em retornos logarítmicos diários, seguindo a fórmula $r(t) = \ln(P(t) / P(t-1))$, prática comum na modelação da volatilidade. Com esta transformação, pretende-se normalizar os dados de modo a controlar a heterocedasticidade dos erros frequentemente presentes em séries temporais.

A análise empírica da presente dissertação assenta também na formulação de hipóteses estatísticas, de modo a permitir testar de forma rigorosa os fenómenos ocorridos nas séries temporais dos mercados ibéricos. As hipóteses são estruturadas de acordo com os objetivos de investigação e os procedimentos metodológicos adotados.

2 Métodos de Análise

A aplicação de estatística descritiva, testes de estacionariedade e heterocedasticidade, bem como modelos da família GARCH e suas variantes assimétricas, tem como intuito assegurar a adequação metodológica às características expectáveis dos retornos financeiros. Apesar dos métodos tradicionais de avaliação da volatilidade (desvio-padrão, assimetria e curtose) serem medidas comuns para analisar a mesma, durante períodos de crise estes métodos não bastam para medir a volatilidade com precisão. Assim sendo, são necessários modelos de volatilidade dinâmicos ou variáveis no tempo.

Para responder a essa necessidade, a literatura financeira sugere os modelos da família GARCH para modelar a volatilidade dos dados de determinada série temporal devido à sua precisão. Estes modelos avaliam a persistência dos choques da volatilidade passada sobre a atual, permitem captar a presença de clusterização da volatilidade (períodos de alta volatilidade tendem a ser seguidos por momentos de grande oscilação de preços), bem como a assimetria em choques e excesso de curtose, frequentemente observados em mercados ibéricos durante períodos de instabilidade.

Deste modo, serão utilizados os modelos GARCH (1,1), EGARCH (1,1) e TGARCH (1,1) para a respetiva análise, bem como perceber quais dos modelos obtém melhores resultados relativamente aos mercados em observação. Os modelos EGARCH (1,1) e TGARCH (1,1) serão utilizados com o intuito de captar os efeitos assimétricos, algo que o modelo GARCH (1,1) não possibilita.

2.1 Estatística Descritiva

A estatística descritiva será utilizada para apresentar os retornos logarítmicos diários históricos de ambos os índices em estudo, onde será apresentado também a volatilidade histórica através do cálculo do desvio-padrão.

Como indicadores temos a média, a mediana, o máximo e o mínimo, o desvio-padrão (volatilidade), assimetria, curtose e o número total de observações. Além disso, será também utilizado o teste de *Jarque-Bera* para verificar a distribuição normal dos retornos.

2.1.1 Teste de *Jarque-Bera*

O teste de *Jarque-Bera* é utilizado em estatística para testar se os elementos de uma determinada amostra seguem uma distribuição normal (ou não), sendo este verdadeiramente aceite entre os econométricos. O teste utiliza a assimetria (S) e a curtose (K) para determinar a distribuição normal (Thadewald & Büning, 2007).

Deste modo, o teste de *Jarque-Bera* é representado da seguinte forma:

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(K - 3)^2}{4} \right) \quad (7)$$

Onde,

n - representa o número de observações da amostra;

S - coeficiente de assimetria;

K - coeficiente de curtose;

A falta de simetria de uma amostra é medida em torno da média e é observada através do coeficiente S. Se o valor apresentado pelo coeficiente for positivo, indica uma distribuição com uma cauda mais longa à direita, caso contrário, a cauda é mais longa à esquerda (Henze, 1994).

A assimetria é calculada da seguinte forma:

$$S = E \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^3 \right] \quad (8)$$

Quanto à curtose (K), este permite medir o quão saliente ou achatada é a distribuição. O coeficiente K é considerado normal quando apresenta um valor igual a 3. Valores superiores indicam uma cauda mais pesada (Leptocúrtica), já valores inferiores apresentam caudas mais leves (Platicúrtica) (Henze, 1994; Francq & Zakoïan, 2010).

A curtose é calculada da seguinte forma:

$$K = E \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^4 \right] \quad (9)$$

Onde X representa a variável aleatória, μ a média e σ o desvio-padrão.

De modo a averiguar a existência de distribuição normal nas amostras em análise, será utilizado as seguintes hipóteses:

- Hipótese H_0 : A amostra segue uma distribuição normal;
- Hipótese H_1 : A amostra não segue uma distribuição normal;

Quanto ao critério de decisão, para H_0 ser aceite a assimetria tem de apresentar um valor igual a zero e a curtose um valor igual a 3. Um outro critério é o teste apresentar um p-valor superior a 5%. Caso não se verifiquem estes critérios, rejeita-se H_0 .

2.2 Teste de Raiz Unitária / Estacionariedade

Um dos problemas centrais das séries temporais e das análises econométricas é a raiz unitária, visto que, a sua presença (ou não) possui grande impacto na aplicação de previsões (Maitra & Politis, 2024). No que diz respeito às análises econométricas, os dados podem tornar-se sensíveis a choques devido à raiz unitária, enquanto os processos estacionários tendem a voltar para a média na presença de choques (Maitra & Politis, 2024).

Segundo os autores Roza et al. (2022), o teste de raiz unitária foi desenvolvido por David A. Dickey e Wayne A. Fuller, tornando-se assim reconhecido como teste de raiz unitária de Dickey-Fuller. Este teste tem como propósito averiguar a estacionariedade de um intervalo de tempo de dados (Chaudlary et al., 2020). Este intervalo é considerado estacionário quando a média, a variância e a covariância são iguais ao longo do período. Caso não se observe esses critérios, os dados presentes nesse período são considerados

não estacionários (Roza et al., 2022). Sintetizando, pode-se dizer que uma série temporal é estacionária quando não se verifica a presença de raiz unitária, caso se verifique a presença da mesma é considerado não estacionária (Chaudlary et al., 2020).

O teste DF baseia-se no processo autorregressivo de primeira ordem AR (1) e a equação é expressa da seguinte forma:

$$X_t = \varphi X_{t-1} + \varepsilon_t \text{ ou } \Delta X_t = \pi X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

Onde $\varphi = \beta - 1$ (Roy, 2022).

De modo a verificar a existência de uma raiz unitária, Ramenah et al. (2018) utilizaram as seguintes hipóteses (H_0 e H_1).

- Hipótese H_0 : $\pi = 0$, indica um $\beta = 1$, logo existe presença de raiz unitária e a série temporal é não estacionária;
- Hipótese H_1 : $\pi < 0$, indica um $\beta < 1$, logo não se verifica a presença de raiz unitária e a série temporal é estacionária;

Para Roza et al. (2022) o teste de raiz unitária de Dickey-Fuller assume que ε_t (termo de erro) é um termo independente com média zero, variância constante e não relacionado (sem autocorrelação). No entanto, segundo os mesmos autores, o ε_t pode conter elementos de autocorrelação, surgindo assim a necessidade de originar um teste de raiz unitária que englobe a mesma.

Assim sendo, surgiu o teste *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) que considera a possibilidade de autocorrelação, no termo de erro (ε_t), caso a série temporal seja não estacionária (Roza et al., 2022).

Além do teste ADF, Maitra e Politis (2024) destacam também o teste *Phillips-Perron* (PP), considerando ambos os testes como os principais na abordagem à raiz unitária.

2.2.1 Teste *Augmented Dickey-Fuller*

O presente teste avalia a presença de raiz unitária num determinado período focando-se na estimativa do método *Ordinary Least Squares* (OLS), em português Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), $\hat{\beta}$ de β (Maitra & Politis, 2024). É uma extensão do teste DF, onde foi acrescentado valores desfasados da variável dependente X_t (Ramenah et al., 2018).

Assim sendo, a equação do teste ADF pode ser apresentada das seguintes formas:

$$X_t = \beta X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \text{ ou } \Delta X_t = \pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

$$X_t = \mu + \beta X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \text{ ou } \Delta X_t = \mu + \pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (12)$$

$$X_t = \mu + \gamma t + \beta X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \text{ ou } \Delta X_t = \mu + \gamma t + \pi X_{t-1} + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (13)$$

Onde $\Delta X_{t-1} = (X_{t-1} - X_{t-2})$, $\Delta X_{t-2} = (X_{t-2} - X_{t-3})$, etc.

Além disso, as respectivas equações podem conter (ou não) termo constante (μ) e tendência (t). Assim sendo, a equação 11 não inclui termo constante nem tendência, já a equação 12 inclui apenas o termo constante e a equação 13 inclui ambos os termos (Sezal & Taskin, 2024).

O teste ADF avalia se $\pi = 0$ (ou $\beta = 1$) seguindo a mesma distribuição do teste DF, bem como utiliza o mesmo princípio no que diz respeito às hipóteses H_0 e H_1 (Ramenah et al., 2018). Para isso terá como procedimento calcular o valor estatístico do teste, também conhecido como estatística de tau (τ) (Roza et al., 2022). A respectiva estatística pode ser expressa da seguinte forma:

$$\tau_{ADF} = \frac{\hat{\beta} - 1}{S_{\hat{\beta}}} \quad (14)$$

Onde, $S_{\hat{\beta}}$ corresponde ao desvio padrão estimado e $\hat{\beta}$ é a estimativa OLS de β (Roy, 2022).

Após obtido o valor da estatística, o mesmo é comparado com o valor crítico da tabela, sendo que, se o valor estatístico ADF for menor do que o valor crítico da tabela ADF a série temporal é considerada estacionária (Ramenah et al., 2018).

2.2.2 Teste *Phillips-Perron*

O respectivo teste apoia-se no teste ADF, mas distingue-se do mesmo no que diz respeito à forma como trata a autocorrelação das séries e heterocedasticidade nos erros (Roy, 2022). O teste em questão foi desenvolvido para alterar a forma estatística do modelo

ADF, tendo em conta a correlação das series e a heterocedasticidade nos resíduos (Nnyanzi et al., 2024).

O teste PP sustenta-se também na estimativa do modelo OLS ($\hat{\beta}$) da equação autorregressiva de primeira ordem AR (1), segundo Castro et al. (2015), e pode ser expresso da seguinte forma:

$$X_t = \beta X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (15)$$

Além disso, da mesma forma que o teste ADF, este pode ser apresentado de três maneiras diferentes: sem constata e tendência, só com constante e com constante e tendência (Sezal & Taskin, 2024).

Através da estimativa OLS ($\hat{\beta}$), a estatística do teste PP é calculada do seguinte modo:

$$Z_\beta = T(\hat{\beta} - 1) - \frac{1}{2} * \frac{T^2 \cdot S_\beta^2}{S_T^2} * (S_{LT}^2 - S_T^2) \quad (16)$$

$$Z_\tau = \left(\frac{S_T}{S_{LT}}\right) * \tau_{DF} - \frac{1}{2} * (S_{LT}^2 - S_T^2) * \frac{1}{S_{LT}} * \frac{T \cdot S_\beta}{S_T} \quad (17)$$

Onde, segundo Roy (2022),

$$\tau_{DF} = \frac{(\hat{\beta}-1)}{S_\beta};$$

$$S_T^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \hat{\varepsilon}_i^2;$$

$$S_{LT}^2 = S_T^2 + 2 \sum_{j=1}^q \left(1 - \frac{j}{q+1}\right) \hat{\gamma}_{j,T};$$

$$\hat{\gamma}_{j,T} = \frac{1}{T} \sum_{i=j+1}^T \hat{\varepsilon}_i \hat{\varepsilon}_{i-j};$$

Contudo, se o termo de erro (ε_t) for independente e identicamente distribuído, então $\hat{\gamma}_{j,T} = 0$ e $S_{LT}^2 = S_T^2$, reduzindo assim a estatística do teste PP à estatística do teste DF

$$\left(\tau_{DF} = \frac{(\hat{\beta}-1)}{S_\beta}\right) \text{ (Roy, 2022)}.$$

2.2.3 Critérios de Validação dos Testes de Raiz Unitária / Estacionariedade

Através da pesquisa efetuada sobre o tema em questão, é possível averiguar que antes da estimação dos modelos de volatilidade, é necessário verificar a presença (ou não) de estacionariedade de uma série temporal. Esta averiguação permite concluir se o período

em questão é adequado para análise com modelos de volatilidade. Assim sendo, serão utilizados os testes ADF e PP para verificar tal ocasião.

De modo a verificar a existência de estacionariedade, será utilizado as seguintes hipóteses:

- Hipótese H_0 : A série temporal apresenta raiz unitária (série temporal não é estacionária);
- Hipótese H_1 : A série temporal não apresenta raiz unitária (série temporal é estacionária);

Quanto ao critério de decisão, só se rejeita H_0 se o valor estatístico do teste for inferior ao valor crítico, bem como o p-valor $<5\%$.

2.3 Persistência da Volatilidade (Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH)

Através da análise da persistência, pretende-se testar se os choques na volatilidade dos mercados ibéricos são persistentes (ou não) ao longo do tempo. Para verificar tal situação, será utilizado a soma dos coeficientes ARCH (α) e GARCH (β) dos modelos ponderados.

O coeficiente α permite analisar a reação dos impactos dos choques passados na volatilidade atual, já o coeficiente β permite verificar a persistência dos impactos dos choques passados na volatilidade atual (quanto tempo demora a dissipar tais impactos). Segundo Francq e Zakoïan (2010) quanto mais próximo for o valor do coeficiente β de 1, mais persistentes são os choques na volatilidade atual. Já quanto mais elevado for o valor do coeficiente α , mais bruscas são as variações na volatilidade em resposta aos choques.

De modo averiguar a persistência global da volatilidade nos mercados em estudo, será utilizado as seguintes hipóteses:

- Hipótese H_0 : Se $\alpha + \beta = 1$, existe total persistência da volatilidade nos mercados ibéricos (choques não se dissipam ao longo do tempo);
- Hipótese H_1 : Se $\alpha + \beta < 1$, a volatilidade vai-se dissipando ao longo do tempo (os impactos dos choques vão-se desaparecer com o tempo);

Esta análise tem como intuito compreender o comportamento dos choques (relativamente à memória dos mesmos) nos mercados ibéricos.

Apesar destes modelos serem amplamente utilizados, por vezes podem apresentar algumas limitações, nomeadamente na incapacidade de captura de forma eficiente de

alterações estruturais abruptas na volatilidade ou comportamentos não-lineares mais complexos.

2.4 Assimetria dos Choques (Modelos EGARCH e TGARCH)

Com a ajuda dos modelos assimétricos (EGARCH e TGARCH), pretende-se testar se os choques negativos possuem maior impacto na volatilidade dos mercados ibéricos comparativamente aos choques positivos de igual magnitude. Para isso é necessária captar a assimetria dos choques, onde a mesma é obtida através do coeficiente γ .

De modo apurar tais factos, serão utilizadas as seguintes hipóteses:

- Hipótese H_0 : Se $\gamma = 0$, verifica-se ausência de efeitos assimétricos (choques negativos têm um impacto semelhante aos choques positivos na volatilidade dos mercados);
- Hipótese H_1 : Se $\gamma \neq 0$, verifica-se efeitos assimétricos;

Caso se rejeite H_0 , para o modelo EGARCH, se $\gamma < 0$ indica que os choques negativos geram um maior aumento da volatilidade do que os choques positivos. Já se $\gamma > 0$ os choques positivos proporcionam um maior aumento da volatilidade do que os choques negativos. Relativamente ao modelo TGARCH já não se aplicam tais modos, pois segundo a revisão de literatura efetuada, para este modelo, quando se verifica um $\gamma > 0$ significa que os choques negativos (notícias negativas) têm uma maior influência na volatilidade do que os choques positivos.

2.5 Comparação entre Volatilidades dos Índices PSI e IBEX35

Um dos objetivos desta dissertação, consiste em comparar o comportamento da volatilidade entre dois mercados, neste caso, entre o índice PSI e o IBEX35. Esta comparação será efetuada através do cálculo do desvio-padrão (σ) dos retornos logarítmicos diários de ambos os índices.

Deste modo, para averiguar tal comparação será utilizado as seguintes hipóteses:

- Hipótese H_0 : Se $\sigma_{PSI} = \sigma_{IBEX35}$, não se verifica diferenças significativas nas volatilidades dos índices;
- Hipótese H_1 : Se $\sigma_{PSI} \neq \sigma_{IBEX35}$, verifica-se diferenças significativas nas volatilidades dos índices;

Além disso, esta comparação pode ser feita também através de uma análise dos parâmetros dos modelos GARCH, EGARCH e TGARCH, bem como através dos critérios de informação AIC e BIC, que permitem medir a qualidade ajustada dos modelos usados, ou seja, quanto mais negativos os valores apresentados, melhor são os modelos.

2.6 Validação da Heterocedasticidade Condicional

De modo a justificar a utilização dos modelos GARCH, será necessário verificar se existe presença de heterocedasticidade condicional nas séries temporais em análise. Através do teste ARCH-LM (*Autoregressive Conditional Heteroscedasticity-Lagrange Multiplier*) é possível verificar tal condição.

O teste ARCH-LM de Engle (1982) é o teste mais utilizado para detetar efeitos de heterocedasticidade condicional, onde a hipótese nula (H_0) indica a inexistência de efeitos ARCH (Bollerslev et al., 1994; Sjölander, 2011).

Perante a hipótese nula, o modelo torna-se numa regressão dinâmica padrão, que pode ser apresentada da seguinte forma (Bollerslev et al., 1994):

$$y_t = x_t\beta + e_t \quad (18)$$

Onde x_t são variáveis exógenas fracas e dependentes desfasadas e e_t resíduos/erros.

De modo geral, o teste ARCH-LM demonstra como os quadrados dos resíduos (e_t^2) estão correlacionados com variações passadas, permitindo reconhecer padrões de heterocedasticidade condicional (Bollerslev et al., 1994).

Para averiguar tal condição, serão utilizadas as seguintes hipóteses:

- Hipótese H_0 : Não existe heterocedasticidade condicional (sem indícios de efeito ARCH) e os resíduos têm variância constante;
- Hipótese H_1 : Existe heterocedasticidade condicional (indícios de efeito ARCH) e os resíduos dependem de variações passadas (volatilidade depende de valores passados);

Quanto ao critério de decisão, rejeita-se H_0 se o p-valor apresentado for menor do que 5%. Assim sendo, aceita-se H_1 o que significa que os modelos GARCH são adequados à serie em análise.

2.7 Síntese dos Critérios de Validação dos Métodos de Análise

Tabela 1 - Quadro resumo dos critérios de avaliação

Critérios de Validação dos Métodos de Análise		
Teste/Método	Hipótese	Critério de decisão
Teste <i>Jarque-Bera</i>	Hipótese H_0 : A amostra segue uma distribuição normal; Hipótese H_1 : A amostra não segue uma distribuição normal;	Rejeita-se H_0 quando o valor apresentado pela assimetria (S) é diferente de zero, o da curtose (K) é diferente de 3 e o p-valor $< 5\%$.
Teste de Raiz Unitária/Estacionariedade (<i>Augmented Dickey-Fuller</i> (ADF) e <i>Phillips-Perron</i> (PP))	Hipótese H_0 : A série temporal apresenta raiz unitária (série temporal não é estacionária); Hipótese H_1 : A série temporal não apresenta raiz unitária (série temporal é estacionária);	Rejeita-se H_0 se o valor estatístico do teste for inferior ao valor crítico, bem como o p-valor $< 5\%$.
Persistência da Volatilidade (Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH)	Hipótese H_0 : Se $\alpha + \beta = 1$, existe total persistência da volatilidade nos mercados ibéricos (choques não se dissipam ao longo do tempo); Hipótese H_1 : Se $\alpha + \beta < 1$, a volatilidade vai-se dissipando ao longo do tempo (os impactos dos choques vão-se desaparecer com o tempo);	Rejeita-se H_0 se a soma dos coeficientes α e β forem diferentes de 1.
Assimetria dos Choques (Modelos EGARCH e TGARCH)	Hipótese H_0 : Se $\gamma = 0$, verifica-se ausência de efeitos assimétricos (choques negativos têm um impacto semelhante aos choques positivos na volatilidade dos mercados); Hipótese H_1 : Se $\gamma \neq 0$, verifica-se efeitos assimétricos;	Rejeita-se H_0 se $\gamma \neq 0$. Contudo, se $\gamma < 0$ os choques negativos geram um maior aumento da volatilidade do que os choques positivos. Já se $\gamma > 0$ os choques positivos proporcionam um maior aumento da volatilidade do que os choques negativos (isto para o modelo EGARCH). Para o modelo TGARCH, não se verifica tal situação, pois quando se verifica um $\gamma > 0$, significa que os choques negativos (notícias negativas) têm uma maior influência na volatilidade do que os choques positivos.

<p>Comparação entre Volatilidades (PSI vs IBEX35)</p>	<p>Hipótese H_0: Se $\sigma_{PSI} = \sigma_{IBEX35}$, não se verifica diferenças significativas nas volatilidades dos índices;</p> <p>Hipótese H_1: Se $\sigma_{PSI} \neq \sigma_{IBEX35}$, verifica-se diferenças significativas nas volatilidades dos índices;</p>	<p>Rejeita-se H_0 se $\sigma_{PSI} \neq \sigma_{IBEX35}$.</p>
<p>Validação da Heterocedasticidade Condicional (Modelo ARCH-LM)</p>	<p>Hipótese H_0: Não existe heterocedasticidade condicional (sem indícios de efeito ARCH) e os resíduos tem variância constante;</p> <p>Hipótese H_1: Existe heterocedasticidade condicional (indícios de efeito ARCH) e os resíduos dependem de variações passadas (volatilidade depende de valores passados);</p>	<p>Rejeita-se H_0 se o p-valor apresentado for menor do que 5%.</p>

Fonte: Elaborado pelo próprio

CAPÍTULO III – ESTUDO EMPÍRICO

O atual capítulo tem como propósito apresentar o estudo e análise efetuada sobre a volatilidade dos mercados PSI e IBEX35 antes, durante e após crise pandémica. O período de observação será entre 2 janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2024, sendo subdividido em três fases:

- **Pré-crise Covid-19:** O período de observação decorrerá entre 2 janeiro de 2018 a 10 de março de 2020 (apesar do covid-19 ter surgido no final de dezembro de 2019, em Wuhan (China), o primeiro caso relatado na europa surgiu no dia 24 de janeiro de 2020 na França, tendo só sido decretado como pandemia pela OMS a 11 de março de 2020);
- **Crise Covid-19:** O período de observação será de 11 de março de 2020 a 5 de maio de 2023, dia em que a OMS declarou o Covid-19 como não sendo uma emergência sanitária mundial;
- **Pós-crise Covid-19:** O período de observação será entre 6 de maio de 2023 a 31 de dezembro de 2024;

Antes da apresentação do estudo e resultados obtidos relativamente à volatilidade dos mercados em análise, numa primeira instância será exibida a composição de cada mercado. Nessa composição serão demonstrados os retornos logarítmicos diários históricos de ambos os índices, bem como a volatilidade histórica através do cálculo do desvio-padrão.

Após tais demonstrações, será elaborado o estudo da volatilidade, onde serão expostos os resultados obtidos das três fases em observação e respetiva análise.

3 Dados e Resultados Empíricos

3.1 Dados Históricos dos Mercados Português e Espanhol

3.1.1 Mercado *Portuguese Stock Index* (PSI)

O índice PSI é constituído pelas maiores empresas portuguesas cotadas na *Euronext* Lisboa. Através do site da *Euronext* é possível apurar que o respetivo índice é constituído por 15 instituições, onde o Banco Comercial Português contem o maior peso no índice (20.41%) e a Ibersol o menor (1.00%). Já o setor de maior destaque é dos serviços públicos (26.2%). É possível verificar as restantes organizações e os respetivos pesos, bem como as percentagens de cada setor no apêndice A.

Após uma breve apresentação do índice PSI, segue-se a exposição dos retornos logarítmicos diários históricos do mesmo, bem como a sua volatilidade histórica calculada através do desvio-padrão. Para tal demonstração, será utilizado a estatística descritiva onde terá como indicadores os parâmetros presentes na tabela abaixo. Os valores utilizados para os respectivos cálculos foram os preços de fecho diário do índice, sendo que desses valores foram eliminados os dias de feriado e sem negociação.

Tabela 2 - Retornos diários históricos do PSI (2011-2024)

Média	-0.0000528
Mediana	-0.0002860
Máximo	0.07532
Mínimo	-0.1027
Desvio-padrão	0.011534
Assimetria	-0.618231
Curtose	5.028446
Teste <i>Jarque-Bera</i> (p-valor)	2.2e-16
Nº Total de Observação	3582

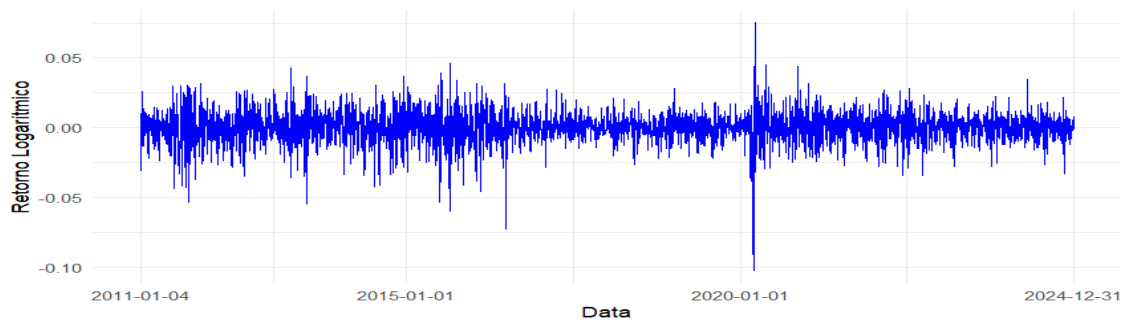
Fonte: Elaborado pelo próprio

Perante os resultados observados através da tabela 2 é possível verificar que entre janeiro de 2011 a dezembro de 2024, o retorno médio diário do PSI foi ligeiramente negativo, apresentando assim um decréscimo diário dos retornos ao longo do tempo. A nível anual, o mesmo apresentou um decréscimo de 1.33% ($-0.0000528 \times 252 \text{ dias} \times 100\%$). Além disso, é possível verificar uma mediana negativa, indicando assim que a maioria dos retornos diários foram negativos. Quanto ao valor do retorno máximo e mínimo alcançado, o PSI apresentou um valor máximo de retorno diário de 7.53% ($0.07532 \times 100\%$) e um valor mínimo de -10.27% ($-0.1027 \times 100\%$). No que diz respeito ao desvio-padrão, ou seja, à volatilidade dos retornos diários, o PSI apresenta um valor aproximado de 1.15% ($0.011534 \times 100\%$). Relativamente à assimetria, esta permite-nos saber se os retornos são simétricos ou não, isto é, se os retornos existentes são mais frequentemente positivos ou negativos. O valor obtido da mesma foi de aproximadamente -0.62, o que significa que os retornos negativos são mais frequentes, ou seja, existe um maior risco de queda, indicando assim ser um mercado arriscado. Em relação à curtose (K), a mesma mede a intensidade das caudas de distribuição em comparação com a distribuição normal. Assim sendo, foi possível verificar um valor de aproximadamente 5.03, o que significa que há mais eventos extremos do que é esperado para uma distribuição normal (retornos

muito elevados ou muito baixos), pois o valor apresentado é superior a 3, podendo indicar uma maior volatilidade e risco. Por fim, o teste *Jarque-Bera* baseia-se na assimetria e na curtose, avaliando assim se os retornos seguem uma distribuição normal. Uma vez que, o p-valor < 0.05 , ou seja, os retornos do PSI não seguem uma distribuição normal.

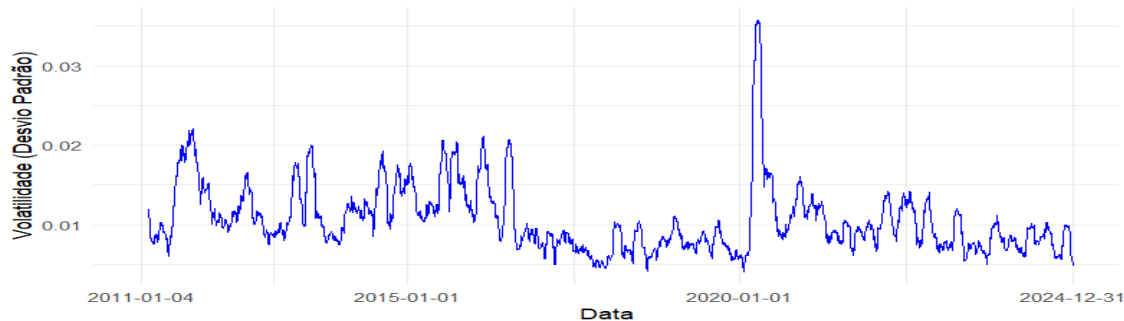
Nos gráficos abaixo é possível visualizar os retornos logarítmicos diários históricos, bem como a respetiva volatilidade entre janeiro de 2011 a dezembro de 2024.

Gráfico 1 - Retornos diários históricos do PSI (2011-2024)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 2 - Volatilidade histórica dos retornos diários do PSI (2011-2024)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

3.1.2 Mercado *Iberian Index* (IBEX35)

Segundo a Bolsas y Mercados Españoles (BME), que administra as bolsas de valores de Espanha (Madrid, Barcelona, Bilbao e Valencia), o IBEX35 foi fundado em 1992 e é constituído pelas 35 organizações mais líquidas do mercado espanhol. Dentro das 35 organizações que constitui o índice IBEX35, a Inditex é a que detém maior peso no índice, detendo cerca de 15.93%. Já o setor de maior destaque é o financeiro (29.60%) e o menor é o imobiliário (1.17%). Através do apêndice B, é possível verificar as 35 instituições que

compõem o índice, bem como visualizar as 10 organizações com maior impacto no IBEX35 e quais os setores de atividade com maior e menor influência.

Após breve apresentação do índice IBEX35, segue-se a exibição dos retornos logarítmicos diários históricos do mesmo, bem como a sua volatilidade histórica calculada através do desvio-padrão. Para isso, será utilizado a estatística descritiva, onde terá como indicadores os parâmetros presentes na tabela abaixo. Os valores utilizados para os respectivos cálculos foram os preços de fecho diário do índice, sendo que desses valores foram eliminados os dias de feriado e sem negociação.

Tabela 3 - Retornos diários históricos do IBEX35 (2011-2024)

Média	0.0000445
Mediana	0.0007783
Máximo	0.08225
Mínimo	-0.1515
Desvio-padrão	0.013129
Assimetria	-0.83029
Curtose	10.604568
Teste <i>Jarque-Bera</i> (p-valor)	2.2e-16
Nº Total de Observação	3582

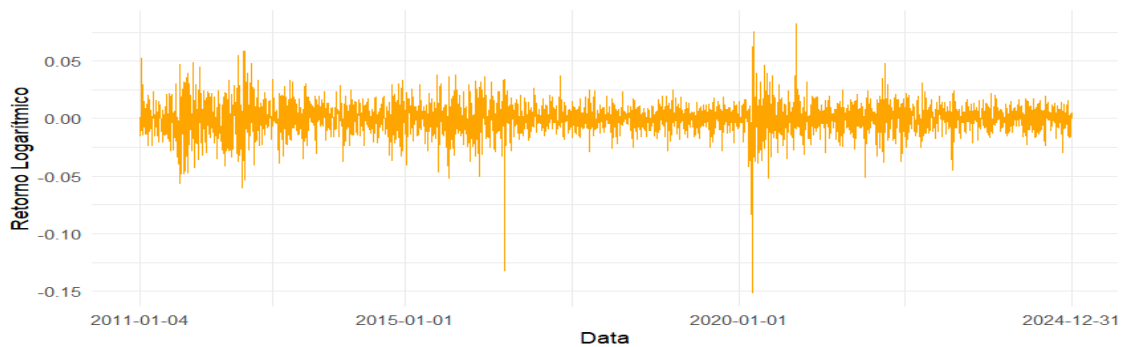
Fonte: Elaborado pelo próprio

Através dos resultados obtidos na tabela 3 entre janeiro de 2011 e dezembro de 2024, é possível verificar um retorno médio diário ligeiramente positivo, indicando um crescimento diário muito baixo ao longo do tempo. Convertendo para retorno médio anual, o mesmo apresenta um crescimento de 1.12% ($0.0000445 \times 252 \text{ dias} \times 100\%$), indicando um crescimento anual positivo, mas muito baixo. Quanto à mediana, o IBEX35 apresenta um valor positivo, o que significa que na maioria dos retornos são positivos. Contudo, comparando com a média obtida, o valor da mediana é superior ao da média, podendo indicar que houve períodos onde verificou-se quedas acentuadas dos retornos, levando assim à diminuição. Em relação ao retorno máximo e mínimo diário alcançado, o IBEX35 apresenta um valor máximo de aproximadamente 8.23% ($0.08225 \times 100\%$) e um valor mínimo de aproximadamente -15.15% ($-0.1515 \times 100\%$). Quanto ao desvio-padrão, isto é, à volatilidade dos retornos diários, o IBEX35 apresenta um valor aproximado de 1.31% ($0.013129 \times 100\%$). Relativamente à assimetria, o mesmo apresentou um valor de aproximadamente -0.83, significando que ocorreram quedas abruptas dos retornos com mais frequência, mostrando assim ser um mercado arriscado.

No que diz respeito à curtose, a mesma apresenta um valor de aproximadamente 10.60, o que indica que existe eventos extremos de retornos (muito elevados ou muito baixos), mais do que é esperado numa distribuição normal, visto que, o valor é bastante superior a 3, podendo indicar um mercado com uma maior volatilidade e risco. Por fim, quanto ao teste *Jarque-Bera* (baseia-se na assimetria e na curtose para avaliar se os retornos seguem uma distribuição normal), é possível verificar que o mesmo apresentou um p-valor < 0.05 , isto é, os retornos do IBEX35 não seguem uma distribuição normal.

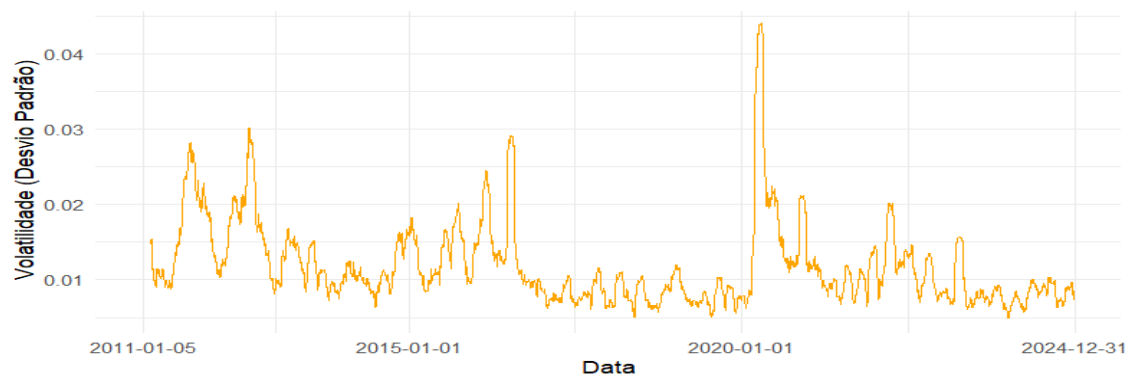
Nos gráficos abaixo é possível visualizar os retornos logarítmicos diários históricos, bem como a respetiva volatilidade entre janeiro de 2011 a dezembro de 2024.

Gráfico 3 - Retornos diários históricos do IBEX35 (2011-2024)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 4 - Volatilidade histórica dos retornos diária do IBEX35 (2011-2024)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

3.1.3 Síntese dos Retornos Diários Históricos dos índices PSI e IBEX35

Neste ponto, pretende-se apresentar uma breve comparação e síntese dos retornos diários históricos dos mercados ibéricos, de forma a facilitar uma melhor perceção do comportamento histórico de ambos os mercados.

Tabela 4 - Quadro resumo dos retornos diários históricos dos índices PSI e IBEX35

Resumo dos Retornos Diários Históricos (2011-2024)		
Indicadores	PSI	IBEX35
Média	Apresenta um retorno médio diário negativo, indicando assim um decréscimo diário dos retornos ao longo do tempo.	Apresenta um retorno médio diário ligeiramente positivo, indicando assim um crescimento dos retornos diário ao longo do tempo.
Mediana	Exibe um valor negativo, o que significa que a maioria dos retornos foram negativos.	Exibe um valor positivo, o que significa que a maioria dos retornos foram positivos.
Máximo	Máximo de retorno diário foi de 7.53%.	Máximo de retorno diário foi de 8.23%.
Mínimo	Mínimo de retorno diário foi de -10.27%.	Mínimo de retorno diário foi de -15.15%.
Desvia-padrão	Apresenta um valor de 1.15%.	Apresenta um valor de 1.31%.
Assimetria (S)	Observou-se um valor negativo ($S \approx -0.62$), o que significa que ocorreram quedas abruptas dos retornos com mais frequência, ou seja, apresenta ser um mercado arriscado.	Observou-se um valor negativo ($S \approx -0.83$), o que significa que ocorreram quedas abruptas dos retornos com mais frequência, mostrando assim ser um mercado arriscado.
Curtose (k)	Apresenta um $K > 3$ ($k = 5.03$), o que significa que há mais eventos extremos do que é esperado para uma distribuição normal (retornos muito elevados ou muito baixos), podendo indicar um mercado com uma volatilidade e risco elevado.	Apresenta um $K > 3$ ($k = 10.60$), ou seja, existe eventos extremos de retornos (muito elevados ou muito baixos), mais do que é esperado numa distribuição normal, podendo indicar um mercado com uma elevada volatilidade e risco.
Teste Jarque-Bera (p-valor)	Apresenta um p-value < 0.05 (rejeita-se a hipótese nula), ou seja, os retornos do PSI não seguem uma distribuição normal.	Apresenta um p-value < 0.05 (rejeita-se a hipótese nula), ou seja, os retornos do IBEX35 não seguem uma distribuição normal.

Fonte: Elaborado pelo próprio

Através da informação exposta na tabela acima, é possível verificar que o IBEX35 apresenta um ligeiro crescimento dos retornos diários ao longo do tempo, pois apresenta uma média e mediana positiva, ao contrário do índice PSI. No requisito máximo e mínimo dos retornos diários obtidos, o IBEX35 apresenta valores superiores. Quanto à volatilidade, verifica-se diferenças significativas entre os índices, pois o IBEX35 apresenta um desvio-padrão mais elevado, mostrando ser um índice mais volátil comparativamente ao PSI. Perante os resultados obtidos pela assimetria, curtose e o teste Jarque-Bera, é possível verificar que ambos os índices não possuem uma distribuição normal, pois apresentam valores de assimetria e curtose diferentes de 0 e 3, bem como um p -valor < 0.05 . No que diz respeito à assimetria, ambos os mercados ibéricos têm maiores tendências a quedas do que subidas, sendo que o IBEX35 apresenta uma assimetria mais acentuada, indicando ser mais suscetível a perdas extremas. Relativamente à curtose, ambos os índices apresentaram caudas mais pesadas que o normal (leptocúrtica), indicando a existência de eventos extremos de retornos, como por exemplo o impacto da crise pandémica que provocou uma oscilação acentuada dos retornos. No entanto, o IBEX35 demonstrou ser mais propício a tais eventos, visto que apresenta um valor muito superior ao do PSI. Concluindo, o IBEX35, apresentou ser um índice mais rentável comparativamente ao PSI, mas com volatilidade e riscos elevados.

Após efetuado uma breve apresentação dos mercados ibéricos e análise dos retornos diários históricos dos mesmos, segue-se o estudo da volatilidade de ambos os índices antes, durante e após crise Covid-19. Para a elaboração do estudo, será utilizado as cotações do preço de fecho diário dos índices PSI e IBEX35 (2 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2024, sendo eliminados os dias de feriado e sem negociação), onde através destas cotações serão calculados os retornos logarítmicos necessários para a respetiva análise.

A análise em questão utiliza os modelos GARCH (1,1), EGARCH (1,1) e TGARCH (1,1).

3.2 Volatilidade dos Índices PSI vs. IBEX35

3.2.1 Teste de Raiz Unitária / Estacionariedade

Antes da estimação da volatilidade através dos modelos GARCH, é necessário verificar se existe estacionariedade (ou não) na série temporal em estudo (2 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2024). A série temporal em questão diz respeito aos períodos pré, durante e pós-crise Covid-19. Com ajuda dos testes ADF e PP, é possível averiguar tal

situação de modo a concluir se o período em análise é adequado para análises com modelos de volatilidade.

A opção pela utilização dos testes ADF e PP, justifica-se pelo facto da sua complementaridade metodológica, visto que o teste PP é um teste robusto à presença de heterocedasticidade nos erros, frequentemente utilizada em séries financeiras.

- Teste *Augmented Dickey-Fuller* (ADF)

Tabela 5 - Análise da estacionariedade (Teste ADF)

Índice	Teste DF (tau (τ))	Valor Crítico (nível de signif. 5%)	p-valor	Conclusão
PSI	-13.17	-2.86	<0.05	Rejeita H_0 (estacionária)
IBEX35	-13.64	-2.86	<0.05	Rejeita H_0 (estacionária)

Fonte: Elaborado pelo próprio

- Teste *Phillips-Perron* (PP)

Tabela 6 - Análise da estacionariedade (Teste PP)

Índice	Z_τ	Valor Crítico (nível de signif. 5%)	p-valor	Conclusão
PSI	-40.88	-2.86	<0.05	Rejeita H_0 (estacionária)
IBEX35	-43.47	-2.86	<0.05	Rejeita H_0 (estacionária)

Fonte: Elaborado pelo próprio

Através dos resultados obtidos nas tabelas 5 e 6, ambos os testes confirmaram que não se verifica a presença de raiz unitária/estacionariedade na série temporal em análise, pois os valores estatísticos dos testes são inferiores aos valores críticos, bem como o p-valor < 0.05.

A presença de raiz unitária em ambos os testes, confirma que os retornos do PSI e do IBEX35 são estacionários, validando a utilização de modelos de volatilidade condicional como os da família GARCH.

3.2.2 Teste ARCH-LM

O presente teste permite validar e justificar a utilização dos modelos GARCH na série temporal em estudo (2 de janeiro de 2018 a 31 de dezembro de 2024), através da verificação da presença de heterocedasticidade condicional (efeito ARCH).

Tabela 7 - Validação da heterocedasticidade condicional (Teste ARCH-LM)

Índices	Valor Estatístico	p-valor	Conclusão
PSI	397.61	2.2e-16 (p-valor < 0.05)	Rejeita H ₀ (existe efeito ARCH)
IBEX35	289.86	2.2e-16 (p-valor < 0.05)	Rejeita H ₀ (existe efeito ARCH)

Fonte: Elaborado pelo próprio

Como é possível visualizar na tabela acima, o teste ARCH-LM apresenta para ambos os índices um valor estatístico elevado e um p-valor menor do que 5%. Perante tais resultados, é possível concluir uma presença significativa de heterocedasticidade condicional (presença de efeito ARCH), antecipando uma volatilidade agrupada pronunciada, o que justifica a utilização de modelos GARCH e suas variantes assimétricas nos passos seguintes.

3.2.3 Pré-Crise Covid-19

3.2.3.1 Análise dos Retornos Diários e Volatilidade

Antes da elaboração da análise da volatilidade através dos modelos definidos, serão apresentados os retornos logarítmicos diários do PSI e do IBEX35 entre 2 de janeiro de 2018 a 10 de março de 2020, bem como a respetiva volatilidade por meio do cálculo do desvio-padrão. Os resultados obtidos, foram calculados através do preço de fecho diário de ambos os mercados, tendo sido eliminados os dias de feriado e sem negociação. Assim sendo, mediante a tabela abaixo é possível verificar os resultados alcançados.

Tabela 8 - Retornos diários do PSI vs. IBEX35 antes covid-19

Indicadores	PSI	IBEX35
Média	-0.0004575	-0.0005389
Mediana	0.00001368	0.0002425
Máximo	0.02783	0.02485
Mínimo	-0.09060	-0.08297
Desvio-padrão	0.009257	0.009618

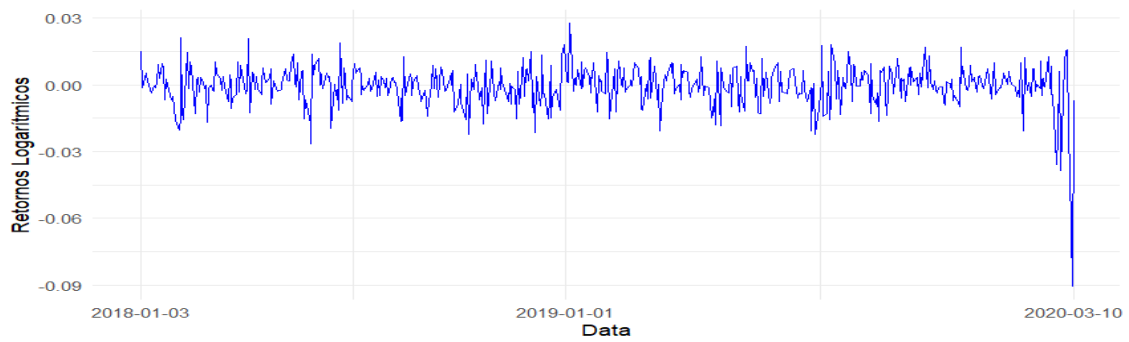
Assimetria	-2.137867	-1.701244
Curtose	16.625877	10.343049
Teste <i>Jarque-Bera</i> (p-valor)	2.2e-16	2.2e-16
Nº Total de Observação	559	559

Fonte: Elaborado pelo próprio

Consoante os resultados demonstrados na tabela 8, é possível verificar que a média dos retornos diários de ambos os índices foram negativos, ou seja, o retorno médio diário foi levemente decrescente ao longo do período em avaliação. Relativamente à mediana, ambos os índices apresentam um valor positivo, mas próximo de zero, indicando que os retornos positivos e negativos estão praticamente equilibrados. Comparando a mediana com a média, verifica-se que a mediana obteve um resultado positivo comparativamente à média (em ambos os índices), podendo ser explicado através do facto de ter ocorrido retornos negativos extremos que acabaram por baixar a média. Em relação aos retornos máximos e mínimos, o PSI apresenta valores mais elevados do que o IBEX35. Quanto à volatilidade, verifica-se diferenças entre os índices, pois o IBEX35 apresenta um desvio-padrão ligeiramente superior, mostrando ter sido um índice mais volátil comparativamente ao PSI. Em relação à assimetria, ambos apresentam assimetrias negativas, o que significa que ambos os mercados têm maior tendência a quedas do que subidas. O PSI apresenta uma assimetria mais acentuada comparado com o IBEX35, indicando assim uma maior inclinação para tais eventos. Quanto à curtose, ambos os índices apresentam um valor muito superior a 3, o que significa que há mais eventos extremos do que é esperado para uma distribuição normal (retornos muito elevados ou muito baixos). Além disso, o PSI apresenta uma curtose extremamente elevada comparativamente ao IBEX35, indicando que esses efeitos são mais acentuados no PSI. Por fim, através do teste de *Jarque-Bera*, é possível verificar que tanto o PSI como o IBEX35 apresentam um p-valor < 0.05 , isto é, os retornos não seguem uma distribuição normal. Num modo geral, apesar do IBEX35 apresentar um desvio-padrão (volatilidade) ligeiramente superior, o PSI apresenta maiores riscos extremos (retornos menos estáveis, mais propício a quedas e eventos extremos de retornos).

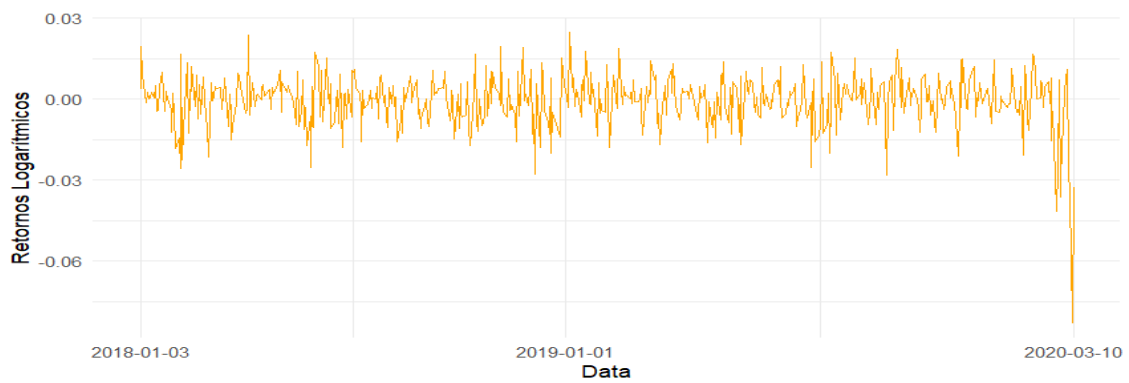
Após análise e comparação dos retornos logarítmicos entre os índices PSI e IBEX35, por intermédio dos gráficos abaixo, é possível visualizar o comportamento dos mesmos, bem como a volatilidade diária de ambos os índices.

Gráfico 5 - Retornos diários do PSI pré-crise covid-19 (03/01/2018 - 10/03/2020)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 6 - Retornos diários do IBEX35 pré-crise covid-19 (03/01/2018 - 10/03/2020)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 7 - Volatilidade diária do PSI pré-crise covid-19 (03/01/2018 - 10/03/2020)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 8 - Volatilidade diária do IBEX35 pré-crise covid-19 (03/01/2018 - 10/03/2020)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*

3.2.3.2 Análise da Volatilidade do PSI e IBEX35 Através dos Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH

Tabela 9 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o PSI (pré-crise covid-19)

Variáveis	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
c	0.000012	0.000000	-1.061146	0.009834	0.006088	0.000000
α_i	0.160967	0.000000	-0.068319	0.136026	0.455446	0.000000
β_i	0.668391	0.000000	0.889329	0.000000	0.000001	0.999993
γ	Não tem	Não tem	0.320345	0.000001	-0.294510	0.006613

Fonte: Elaborado pelo próprio

Tabela 10 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o IBEX35 (pré-crise covid-19)

Variáveis	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
c	0.000016	0.000000	-2.115330	0.002031	0.002073	0.000231
α_i	0.208785	0.000011	0.037314	0.529886	0.254769	0.000000
β_i	0.597653	0.000000	0.775931	0.000000	0.572526	0.000000
γ	Não tem	Não tem	0.415541	0.000000	-0.102333	0.478570

Fonte: Elaborado pelo próprio

A partir das tabelas 9 e 10, é possível observar os resultados obtidos pelos modelos GARCH, EGARCH e TGARCH, para ambos os índices, no que diz respeito aos seguintes parâmetros: variação base (c), reação aos impactos de choques passados (α_i), persistência dos impactos de volatilidades passadas (β_i) e assimetria (γ).

Assim sendo, através do modelo GARCH os valores obtidos tanto para o PSI como para o IBEX35 são altamente significativos (p -valor < 0.001). Relativamente à variância base, ambos os índices apresentam um valor muito baixo (próximos de zero), significando que na ausência de choques o nível da volatilidade é muito baixo. Em relação à reação aos impactos de choques passados na volatilidade pré-crise pandémica, ambos responderam de forma sensível a eventos inesperados, onde o IBEX35 apresenta um valor ligeiramente superior ao do PSI. Perante esta situação, é possível concluir que o IBEX35 foi ligeiramente mais sensível a impactos passados do que o PSI. No que diz respeito à persistência dos impactos de volatilidades passadas, ambos apresentam valores elevados, significando que os efeitos dos choques das volatilidades passadas tiveram impacto na volatilidade pré-crise covid-19, tendo o PSI apresenta um valor superior comparativamente ao IBEX35 (o impacto da persistência da volatilidade passada na volatilidade pré-crise pandémica foi maior no PSI do que no IBEX35, isto é, mais duradouro). A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), o PSI apresenta um valor ligeiramente superior ao do IBEX35 ($0.83 > 0.81$), significando que os impactos dos choques da volatilidade passada no PSI são mais duradouros (demoram mais tempo a desaparecer) do que no IBEX35.

Em relação ao modelo EGARCH, ambos os índices apresentaram valores negativos na variação base, mas significativos. Apesar dos valores serem negativos, como o modelo utiliza uma função exponencial, garante que a variância seja sempre superior a zero. Assim sendo, na ausência de choques passados, ambos os mercados apresentam uma volatilidade baixa, pois valores negativos neste coeficiente indica uma redução do nível medio de variação. Contudo, o IBEX35 apresentou um coeficiente mais negativo, ou seja, é necessário um choque mais acentuado para provocar alterações significativas na volatilidade do mesmo. Quanto à reação aos impactos de choques passados, o PSI apresentou um valor negativo, enquanto o IBEX35 exibiu um valor positivo. Contudo, ambos os valores não são significativos, ou seja, os impactos de choques passados (independentemente de serem positivos ou não), não têm relevância na volatilidade pré-crise Covid-19. Relativamente à persistência dos impactos de volatilidades passadas, ambos os índices exibiram valores positivos e significativos, sendo que o PSI expos um valor superior ao do IBEX35. Isto significa que os efeitos dos choques das volatilidades passadas tiveram uma maior influência na volatilidade pré-crise covid-19 no PSI do que no IBEX35. A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), tal como foi

verificado no modelo GARCH, o PSI apresenta um valor ligeiramente superior ao IBEX35 ($0.82 > 0.81$), o que significa que os impactos dos choques das volatilidades passadas na volatilidade atual são mais duradouros no PSI do que no IBEX35. Por fim, quanto à assimetria, ambos os índices apresentaram valores positivos e significativos ($\gamma > 0$), indicando assim que choques positivos (notícias boas) influenciam mais na volatilidade do que os choques negativos (notícias más), algo que é incomum nos mercados financeiros.

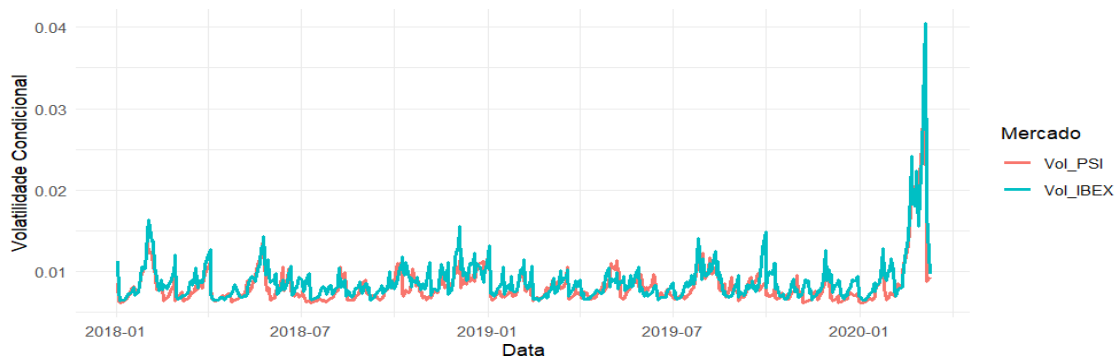
Relativamente ao modelo TGARCH, no requisito variação base, ambos os índices apresentaram valores positivos e significativos, sendo que o PSI exibiu um valor superior ao do IBEX35. Quanto à reação aos impactos de choques passados, ambos apresentaram valores positivos e altamente significativos, indicando assim uma sensibilidade forte aos choques passados. No entanto, o PSI apresentou um valor superior ao do IBEX35, concluindo assim que o PSI foi mais sensível a impactos de choques passados do que o IBEX35. Em relação à persistência dos impactos de volatilidades passadas, o PSI mostrou um valor praticamente nulo e não significativo (algo que é incomum), já o IBEX35 apresentou um valor altamente significativo. Assim sendo, relativamente ao PSI, o impacto da volatilidade passada dissipa-se rapidamente, não afetando a volatilidade do mesmo em período pré-crise Covid-19. Já no IBEX35, a volatilidade passada tem um impacto altamente significativo na volatilidade do índice. A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), diferente ao que foi visto nos modelos anteriores, o PSI apresenta um valor inferior ao do IBEX35 ($0.46 < 0.83$), devido ao facto do impacto da volatilidade passada não produzir efeito sobre a volatilidade do índice. Por fim, quanto à assimetria, ambos apresentaram valores negativos apesar de no IBEX35 o valor apresentado não ser relevante (choques positivos e negativos impactam a volatilidade de forma semelhante). No PSI já não se verifica o mesmo, pois o valor apresentado é significativo, isto é, como o $\gamma < 0$ os choques negativos têm um menor impacto na volatilidade do que os positivos, algo que é incomum. Isto acontece devido ao facto de adicionar um termo negativo à variância que acaba por diminuir o seu valor, pois a soma final da variância ($\sigma_t^2 = c + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^q (\alpha_i + \gamma_i \lambda_{t-i}) \mu_{t-i}^2$) será menor do que se o valor da assimetria fosse positiva. Um outro aspeto, pode dever-se ao facto do impacto da volatilidade passada ser praticamente nulo, algo que é atípico.

Perante a análise efetuada segundo os modelos acima utilizados, no que diz respeito à reação ao impacto de choques passados na volatilidade pré-crise covid-19, num modo

geral, ambos os mercados ibéricos responderam de forma sensível a eventos inesperados. Quanto à persistência dos impactos de volatilidades passadas, averiguou-se uma influência significativa na volatilidade pré-crise Covid-19 de ambos os índices, tendo a mesma maior influência no índice PSI do que no IBEX35. Só não se verificou no modelo TGARCH, pois o PSI apresentou um valor praticamente nulo. Por fim, quanto à assimetria, no modelo EGARCH é possível verificar que para ambos os índices os choques positivos (notícias positivas) tiveram uma maior influência na volatilidade pré-crise Covid-19 do que os choques negativos (notícias negativas), algo que é incomum. No modelo TGARCH já não se verificou o mesmo, pois no IBEX35 o valor apresentado não é relevante (choques positivos e negativos impactaram a volatilidade de forma semelhante), enquanto no PSI verificou-se o mesmo que no modelo EGARCH (choques positivos influenciaram mais na volatilidade do que os negativos).

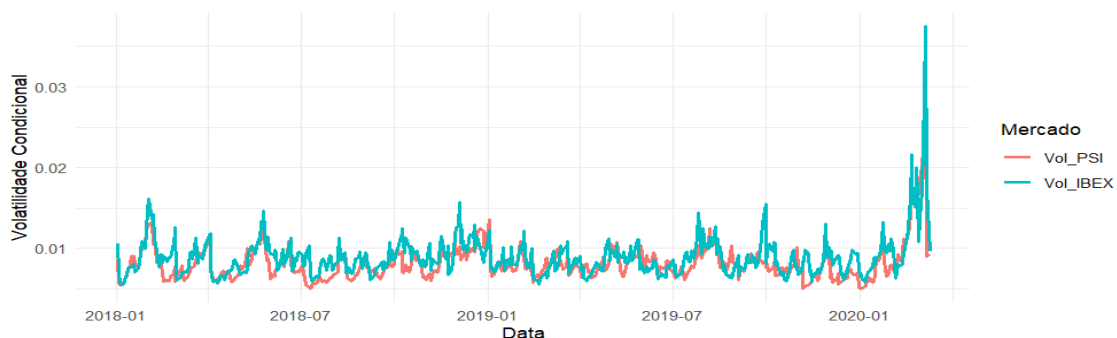
Através dos gráficos expostos abaixo, é possível visualizar o comportamento da volatilidade pré-crise Covid-19 dos índices PSI e IBEX35 gerados por cada modelo.

Gráfico 9 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pré-crise covid-19 (GARCH)



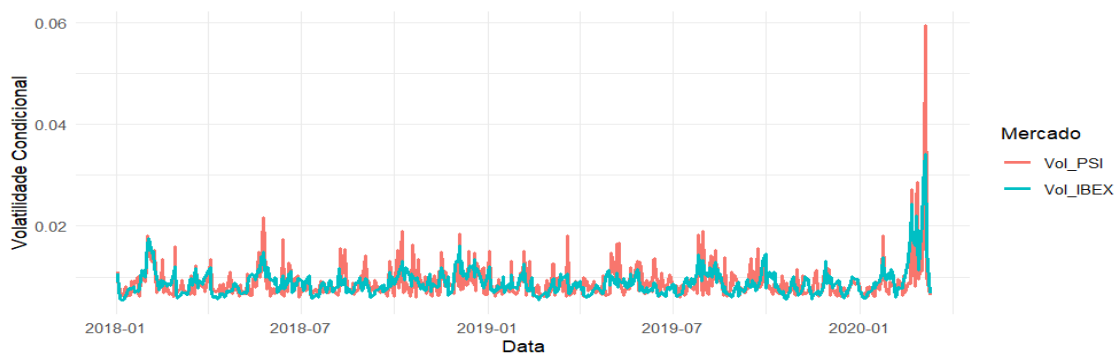
Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 10 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pré-crise covid-19 (EGARCH)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 11 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pré-crise covid-19 (TGARCH)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Consoante os gráficos 9 e 10, é possível visualizar que a volatilidade de ambos os mercados exibem padrões muito semelhantes, com picos de volatilidade regulares, tendo como destaque o início do ano 2020, onde se verifica um aumento acentuado da volatilidade, refletindo-se as tensões pré-crise Covid-19. Além disso, o PSI mostra uma volatilidade mais suave comparativamente ao IBEX35. Quanto ao gráfico 11, verifica-se uma grande diferença na volatilidade entre o PSI e o IBEX35, onde o PSI apresenta uma volatilidade mais elevada e irregular, com oscilações mais abruptas comparativamente ao IBEX35 (mais suaves). Esta diferença gerou-se devido ao facto do PSI demonstrar maior sensibilidade a choques.

Após a interpretação dos parâmetros estimados dos modelos e respetiva apresentação gráfica das volatilidades pré-pandemia, segue-se a análise da qualidade de ajustamento dos mesmos. Para isso, será utilizado a log-verossimilhança (*loglikelihood*), que nos permite saber a qualidade de ajuste dos modelos (quanto maior o seu valor, mais ajustado se encontram os modelos aos dados), bem como os resultados dos critérios de informação AIC e BIC. Estes critérios permitem medir também a qualidade ajustada, isto é, quanto mais negativos os valores apresentados, melhor o modelo. Estes critérios permitem efetuar comparações entre diferentes modelos estimados da mesma série temporal.

Tabela 11 - Qualidade de ajuste dos modelos (pré-crise covid-19)

	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35
LogLikelihood	1864.43	1857.04	1867.81	1854.33	1861.10	1845.55
AIC	-6.6682	-6.6417	-6.6768	-6.6284	-6.6527	-6.5970
BIC	-6.6372	-6.6107	-6.6380	-6.5897	-6.6140	-6.5582

Fonte: Elaborado pelo próprio

Através dos resultados obtidos na tabela 11, é possível verificar que entres os três modelos utilizados, o modelo EGARCH é o modelo mais adequado para o PSI, pois é aquele que proporciona melhor ajuste aos dados, apresentando o valor *loglikelihood* mais elevado e os menores valores a nível AIC e BIC. Já para o IBEX35 o modelo mais adequado é o GARCH, pois apresenta os melhores indicadores entre todos os critérios (AIC e BIC), bem como o melhor resultado a nível *loglikelihood* entre os modelos utilizados.

Com recurso ao teste ARCH-LM, pretende-se efetuar uma análise quanto à heterocedasticidade condicional dos resíduos dos modelos GARCH utilizados (verificar a existência de efeito ARCH), tendo-se observado os seguintes resultados:

Tabela 12 - Teste ARCH-LM (pré-crise covid-19)

Teste ARCH-LM (p-valor)	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35
Lag (3)	0.9336	0.4277	0.9689	0.4988	0.60869	0.4747
Lag (5)	0.9981	0.7029	0.9985	0.7195	0.90980	0.7545
Lag (7)	0.9979	0.8143	0.9893	0.5460	0.04541	0.5300

Fonte: Elaborado pelo próprio

Perante os resultados obtidos, verifica-se ausência de efeitos ARCH nos modelos GARCH e EGARCH nos três desfasamentos ($p\text{-valor} > 0.05$), podendo-se concluir que não existe evidências estatísticas de heterocedasticidade condicional, isto é, os modelos captaram bem a heterocedasticidade (os efeitos da volatilidade passada foram bem captados). Quanto ao modelo TGARCH, relativamente ao IBEX35, verifica-se ausência de efeito ARCH para os três desfasamentos, o que significa que o modelo captou bem os efeitos da volatilidade passada no índice. Relativamente ao PSI, só se verificou ausência de efeito ARCH nos desfasamentos lag (3) e lag (5), pois no desfasamento lag (7) o $p\text{-valor} < 0.05$, indicando assim presença de efeito ARCH, podendo ser um sinal de que este modelo não está a captar muito bem a dinâmica dos efeitos da volatilidade passada no respetivo índice.

3.2.4 Crise Covid-19

3.2.4.1 Análise dos Retornos Diários e Volatilidade

Neste ponto será apresentado os retornos logarítmicos diários do PSI e do IBEX35 entre 11 de março de 2020 a 05 de maio de 2023, bem como a respetiva volatilidade através do

cálculo do desvio-padrão. Os resultados obtidos foram calculados através dos preços de fecho diários dos mercados em análise, tendo sido eliminado os dias de feriado e sem negociação. Assim sendo, é possível verificar os respetivos resultados na tabela abaixo.

Tabela 13 - Retornos diários do PSI vs. IBEX35 durante crise covid-19

Indicadores	PSI	IBEX35
Média	0.0004599	0.0002566
Mediana	0.0008891	0.0006258
Máximo	0.0753239	0.0822526
Mínimo	-0.1026706	-0.1515118
Desvio-padrão	0.012106	0.014828
Assimetria	-0.589829	-1.232097
Curtose	8.580133	16.577608
Teste Jarque-Bera (p-valor)	2.2e-16	2.2e-16
Nº Total de Observação	808	808

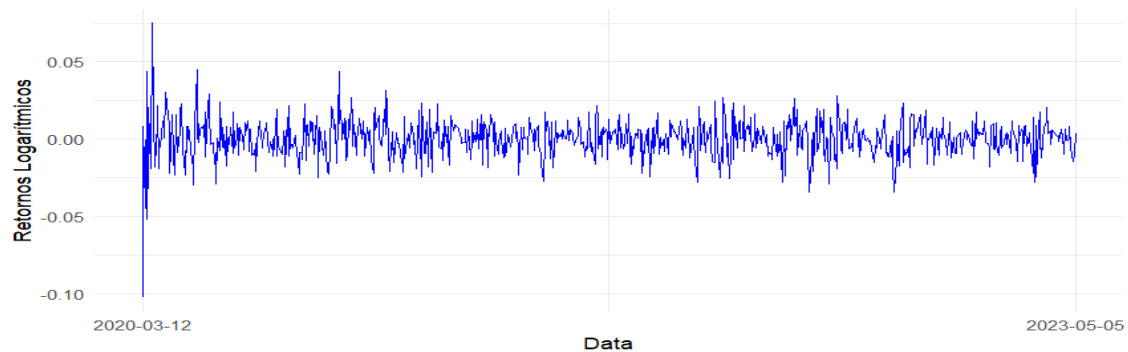
Fonte: Elaborado pelo próprio

Perante os resultados observados na tabela 13, é possível verificar que a média dos retornos diários de ambos os índices foram positivos, mas baixos. Relativamente à mediana, ambos os índices apresentaram um valor positivo, indicando que a maioria dos retornos foram positivos. Comparando ambos os mercados, o PSI apresenta retornos ligeiramente melhores do que o IBEX35, pois apresenta uma média e mediana superior. No que diz respeito à comparação entre os valores obtidos na média e mediana, verifica-se que a mediana obteve um resultado superior comparativamente à média (em ambos os mercados), podendo este facto ser explicado devido aos extremos retornos negativos que acabaram por baixar o valor da média. Em relação aos retornos máximos e mínimos, o IBEX35 apresenta valores ligeiramente superiores ao do PSI. Quanto à volatilidade, confirma-se diferenças entre os índices, pois o IBEX35 apresenta um desvio-padrão ligeiramente superior, mostrando ter sido um índice mais volátil comparativamente ao PSI. Relativamente à assimetria, ambos apresentam assimetrias negativas, o que significa que ambos os mercados têm maior tendência de queda do que subida. O IBEX35 apresenta uma assimetria mais acentuada comparado com o PSI, indicando assim uma maior inclinação para tais eventos. Quanto à curtose, ambos os índices apresentam um valor muito superior a 3, o que significa que há uma maior probabilidade de ocorrer mais eventos extremos do que é esperado para uma distribuição normal (retornos muito elevados ou muito baixos). Perante tais resultados, é possível averiguar que o IBEX35

apresenta uma curtose extremamente elevada comparativamente ao PSI, indicando que esses efeitos são mais acentuados no IBEX35. Por fim, através do teste de *Jarque-Bera*, é possível verificar que tanto o PSI como o IBEX35 apresentam um p-valor < 0.05 , isto é, os retornos não seguem uma distribuição normal. Num modo geral, o IBEX35 em termos de volatilidade e risco é mais volátil do que o PSI, pois apresenta um desvio-padrão superior, extremos de retornos mais amplos (máximos e mínimos) e maior probabilidade de eventos extremos e quedas acentuadas.

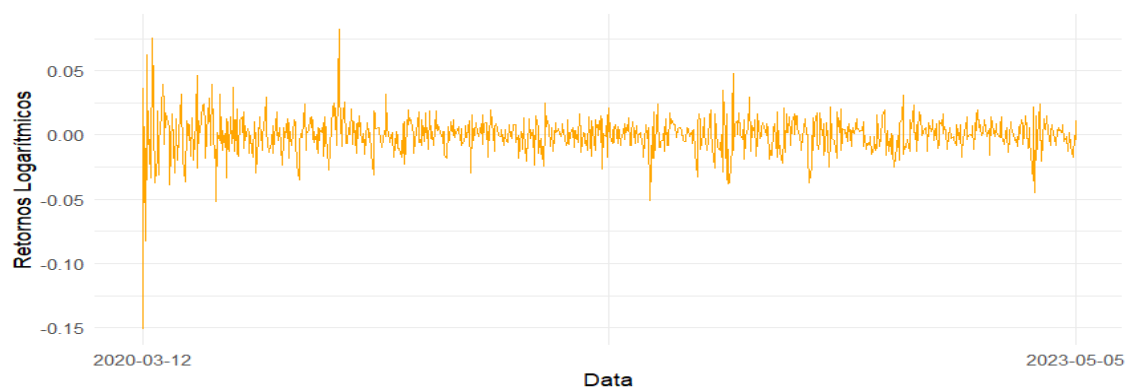
Após análise e comparação dos retornos logarítmicos entre os índices PSI e IBEX35, por intermédio dos gráficos abaixo, é possível visualizar o comportamento dos mesmos, bem como a volatilidade diária de ambos os índices.

Gráfico 12 - Retornos diários do PSI durante crise covid-19 (12/03/2020 - 05/05/2023)



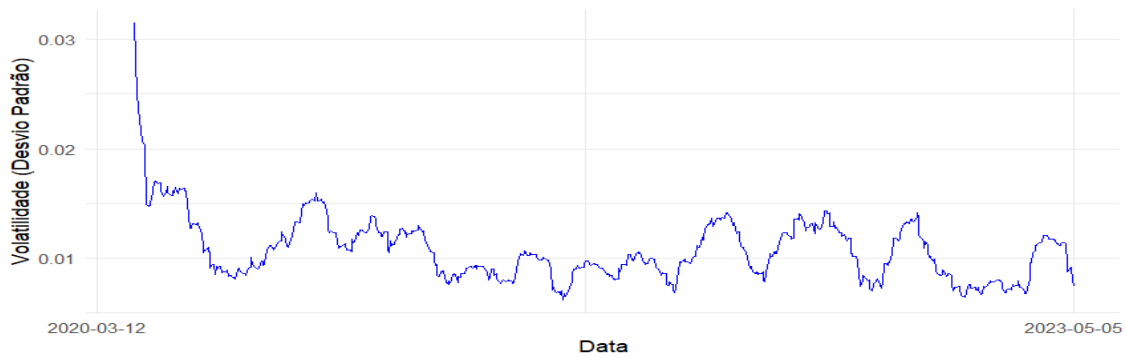
Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 13 - Retornos diários do IBEX35 durante crise covid-19 (12/03/2020 - 05/05/2023)



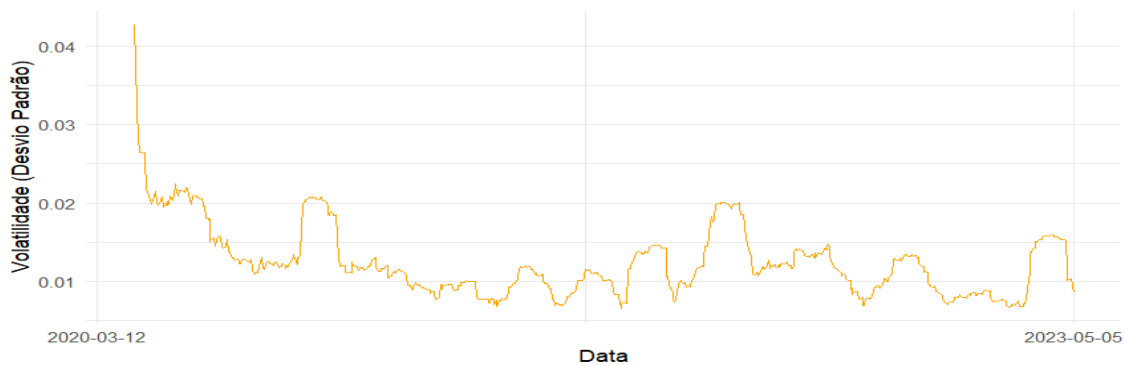
Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 14 - Volatilidade do PSI durante crise covid-19 (12/03/2020 - 05/05/2023)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 15 - Volatilidade do IBEX35 durante crise covid-19 (12/03/2020 - 05/05/2023)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

3.2.4.2 Análise da Volatilidade do PSI e IBEX35 Através dos Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH

Tabela 14 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o PSI (crise covid-19)

Variáveis	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
C	0.000004	0.495871	-0.163026	0.011660	0.000227	0.078470
α_i	0.112031	0.000016	-0.112699	0.000000	0.095600	0.000009
β_i	0.867431	0.000000	0.981185	0.000000	0.909295	0.000000
γ	Não tem	Não tem	0.180810	0.001308	0.631994	0.000033

Fonte: Elaborado pelo próprio

Tabela 15 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o IBEX35 (crise covid-19)

Variáveis	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
C	0.000010	0.000021	-0.139119	0.009609	0.000215	0.10819
α_i	0.218306	0.000000	-0.178613	0.000000	0.131834	0.00000
β_i	0.753750	0.000000	0.981992	0.000000	0.893812	0.00000
γ	Não tem	Não tem	0.239970	0.000000	0.739807	0.00000

Fonte: Elaborado pelo próprio

Perante os resultados obtidos nas tabelas 14 e 15, no modelo simétrico (GARCH), relativamente à variação base (c), ambos os mercados apresentam valores estritamente baixos (muito próximo de zero), significando que na ausência de choques a volatilidade é muito baixa. Contudo esta variável acaba por não ser significativa no índice PSI. Quanto à reação aos impactos de choques passados na volatilidade durante a crise pandémica (α_i), ambos os mercados apresentam valores altamente significativos, respondendo de forma sensível a tais eventos (choques pré-crise Covid-19 tiveram impacto relevante na volatilidade). Além disso, é possível concluir que o índice IBEX35 é mais sensível a impactos passados, pois apresenta um valor superior ao do PSI. Em relação à persistência dos impactos de volatilidades passadas (β_i), ambos os índices apresentam valores altamente significativos e elevados, significando que a volatilidade passada teve grande impacto na volatilidade durante crise pandémica. Contudo, o PSI apresenta um valor ligeiramente superior comparativamente ao IBEX35 (o impacto da persistência da volatilidade passada no PSI foi maior do que na do IBEX35, bem como os efeitos dos choques pré-crise Covid-19 foram mais duradouros). A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), ambos os índices apresentam valores extremamente próximos de 1 (PSI = 0.98 e IBEX35 = 0.97), ou seja, alta persistência, sendo que os impactos dos choques na volatilidade do PSI foram ligeiramente mais duradouros (demoram mais tempo a normalizar) do que no IBEX35.

Relativamente aos resultados obtidos pelo modelo EGARCH, quanto à variação base (c), ambos os índices apresentam valores negativos e significativos. Apesar dos valores serem negativos, como o modelo utiliza uma função exponencial, garante que a variância seja sempre superior a zero. Assim sendo, através dos valores apresentados, na ausência de choques, existe volatilidade, mas muito baixa. Relativamente à reação aos impactos de choques passados na volatilidade durante crise Covid-19 (α_i), ambos os mercados

apresentam valores negativos e altamente significativos. Contudo, devido à estrutura logarítmica do modelo, possibilita que coeficientes negativos demonstrem uma volatilidade mais baixa após choques, o que significa que os mercados não respondem de forma sensível a choques passados. Deste modo, ambos os mercados apresentam valores negativos, indicando que choques intensos tendem a diminuir ligeiramente a volatilidade de ambos os índices, sendo que estes acontecimentos ocorrem em mercados que se autocorrigem rapidamente. Quanto à persistência dos impactos de volatilidades passadas (β_i), ambos os índices apresentam valores elevados e semelhantes, bem como significativos, indicando que os efeitos dos choques das volatilidades passadas tiveram grande impacto na volatilidade referente ao período crise Covid-19 (uma vez que a volatilidade aumenta, a mesma demora mais tempo a voltar ao normal). A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), o PSI apresenta um valor superior ao do IBEX35 ($0.87 > 0.80$), o que significa que os efeitos do impacto dos choques da volatilidade passada são mais duradouros no PSI do que no IBEX35, mas dissipam-se ao longo do tempo. Por fim, relativamente à assimetria (γ), ambos apresentam valores positivos e significativos ($\gamma > 0$), o que significa que os choques positivos têm maior influência na volatilidade dos que os negativos.

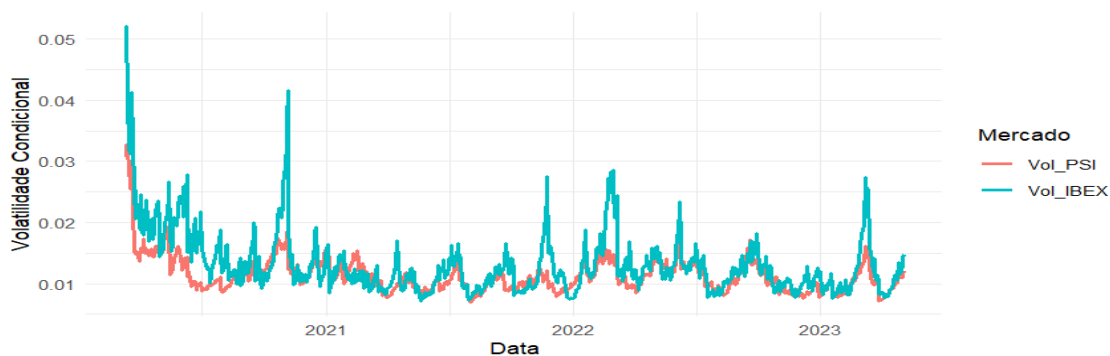
Quanto aos resultados observados no modelo TGARCH, ao nível da variação base (c), ambos os índices apresentam valores positivos (mas próximos de zero), significando que na ausência de choques a volatilidade é baixa. Contudo, os valores apresentados para ambos os mercados não são significativos, logo não existem evidências fortes de volatilidade na ausência de choques. Em relação aos impactos dos choques passados (α_i), tanto o PSI como o IBEX35 apresentam valores positivos e altamente significativos, indicando uma forte sensibilidade a choques passados, apesar de o IBEX35 mostrar ser mais sensível, pois apresenta um valor superior ao do PSI. Relativamente à persistência dos impactos da volatilidade passada (β_i), ambos os índices apresentam valores elevados e extremamente significativos, indicando que a volatilidade gerada pela tensão da crise Covid-19 teve grande impacto na volatilidade referente ao período crise pandémica. A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), tanto o PSI como o IBEX35, apresentam valores de 1 ou até ligeiramente superior (PSI = 1.00 e IBEX35 = 1.02), o que significa que os impactos dos choques da volatilidade passada na volatilidade durante crise pandémica são bastante duradouros para ambos os mercados (não se dissipam ao longo do tempo). Por fim, quanto à assimetria (γ), ambos apresentam valores positivos e

altamente significativos ($\gamma > 0$), o que significa que os choques negativos têm maior influência na volatilidade do que os positivos.

Em suma, perante a análise efetuada pelos modelos acima avaliados, quanto à reação a impactos de choques passados, num modo geral, ambos os mercados apresentaram valores significativos, indicando uma forte sensibilidade aos choques passados. No entanto, o IBEX35 mostrou ser mais sensível do que o PSI. Relativamente à persistência do impacto da volatilidade passada, ambos os índices apresentaram valores elevados e significativos, sendo que, no modelo GARCH e EGARCH os impactos dos choques da volatilidade passada na volatilidade durante a crise pandémica são mais duradouros no PSI (demoram mais tempo a normalizar) do que no IBEX35. Já no modelo TGARCH verificou-se o inverso. Por fim, quanto à assimetria é possível verificar que, segundo o modelo EGARCH, os choques positivos tiveram maior impacto do que os choques negativos, em ambos os índices. Já no modelo TGARCH não se verificou o mesmo, pois $\gamma > 0$, logo os choques negativos influenciaram mais na volatilidade do que os positivos, algo típico dos mercados financeiros.

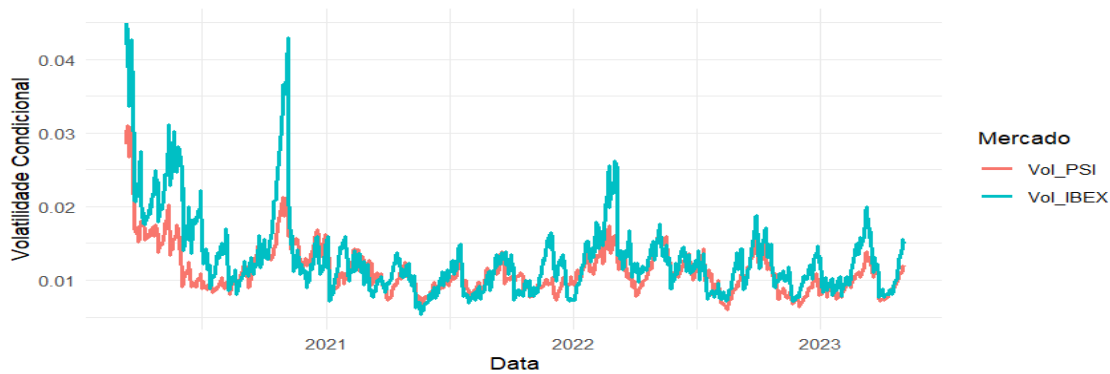
Através dos gráficos expostos abaixo, é possível visualizar o comportamento da volatilidade durante crise covid-19 dos índices PSI e IBEX35 gerados por cada modelo.

Gráfico 16 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 durante crise covid-19 (GARCH)



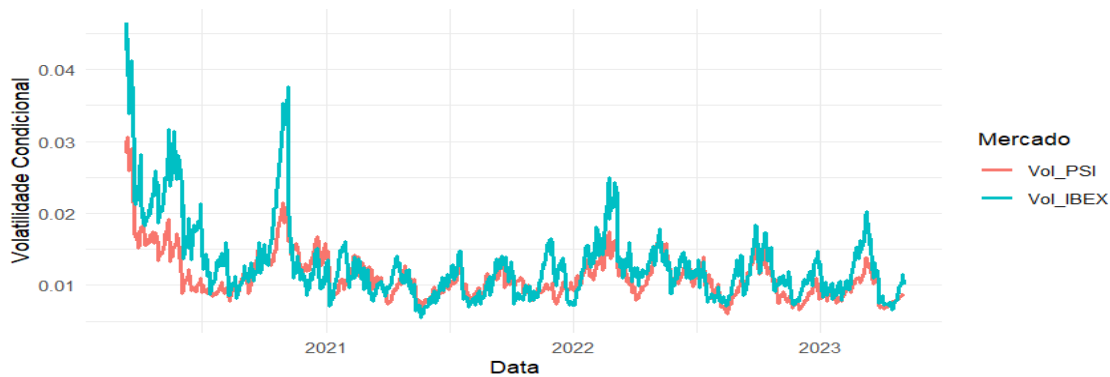
Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 17 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 durante crise covid-19 (EGARCH)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 18 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 durante crise covid-19 (TGARCH)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Através dos gráficos acima, é possível visualizar que o IBEX35 demonstra ser consistentemente mais volátil comparado com o PSI. Entre 2020 e 2021 é visível uma forte oscilação do índice IBEX35 relativamente ao PSI, indicando uma maior sensibilidade do mesmo aos choques causados pelo início da crise pandémica. Após choques iniciais, verifica-se uma tendência de redução de volatilidade, contudo o IBEX35 continua a apresentar uma maior volatilidade do que o PSI ao longo do tempo. Resumindo, o IBEX35 demonstra ser um mercado mais exposto e sensível ao impacto da crise pandémica comparativamente ao PSI.

Após a interpretação dos parâmetros estimados pelos modelos, bem como respetivas análises aos gráficos da volatilidade, segue-se a análise da qualidade de ajustamento dos mesmos. Para isso, será utilizado a log-verossimilhança (*loglikelihood*), que nos permite saber a qualidade de ajuste dos modelos (quanto maior o seu valor, mais ajustado se

encontram os modelos aos dados), bem como os resultados dos critérios de informação AIC e BIC.

Tabela 16 - Qualidade de ajuste dos modelos (durante crise covid-19)

	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35
<i>LogLikelihood</i>	2493.22	2395.775	2507.23	2414.418	2508.969	2416.231
AIC	-6.1691	-5.9276	-6.2013	-5.9713	-6.2056	-5.9758
BIC	-6.1458	-5.9043	-6.1722	-5.9422	-6.1765	-5.9467

Fonte: Elaborado pelo próprio

Como é possível observar através da tabela acima, o modelo TGARCH é aquele que proporciona melhor ajuste aos dados (apresentou o valor *loglikelihood* mais elevado e os menores valores a nível AIC e BIC) para ambos os mercados, sendo este o mais adequado.

Com recurso ao teste ARCH-LM, pretende-se efetuar uma análise quanto à heterocedasticidade condicional dos resíduos dos modelos GARCH utilizados (verificar a existência de efeito ARCH), tendo-se observado os seguintes resultados:

Tabela 17 - Teste ARCH-LM (durante crise covid-19)

Teste ARCH-LM (p-valor)	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35
Lag (3)	0.3410	0.4923	0.4841	0.8642	0.8642	0.5072
Lag (5)	0.5689	0.8568	0.4092	0.9795	0.9795	0.4242
Lag (7)	0.6047	0.7766	0.5170	0.9649	0.9649	0.5384

Fonte: Elaborado pelo próprio

Perante os resultados obtidos, verifica-se ausência de efeito ARCH em todos os modelos nos três desfasamentos (p-valor > 0.05), podendo-se concluir que não existe evidências estatísticas de heterocedasticidade condicional, ou seja, os modelos captaram bem a heterocedasticidade (os efeitos da volatilidade passada foram bem captados).

3.2.5 Pós-crise Covid-19

3.2.5.1 Análise dos retornos diários e volatilidade

No presente tópico, serão apresentados os retornos logarítmicos diários do PSI e do IBEX35 entre 6 de maio de 2023 a 31 de dezembro de 2024, bem como a respetiva volatilidade através do cálculo do desvio-padrão. Os resultados obtidos foram calculados

através dos preços de fecho diários dos respectivos mercados, tendo sido eliminados os dias de feriado e sem negociação. Assim sendo, é possível verificar os resultados alcançados através da tabela abaixo.

Tabela 18 - Retornos diários do PSI vs. IBEX35 pós-crise covid-19

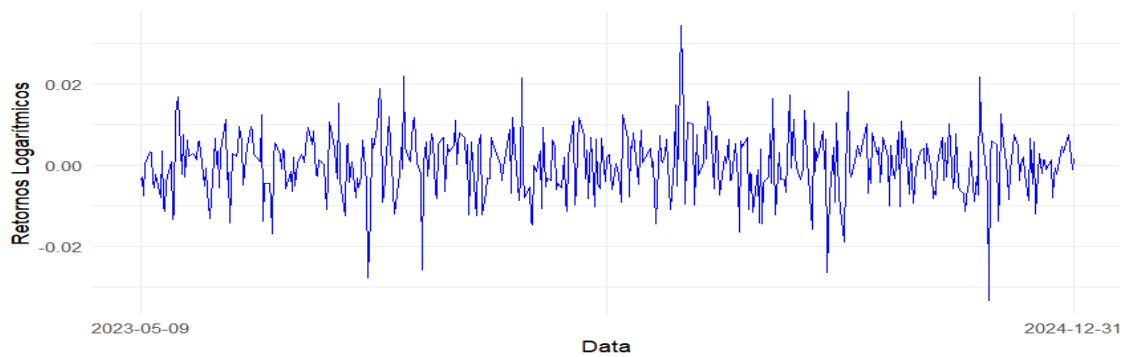
Indicadores	PSI	IBEX35
Média	0.0000837	0.0005441
Mediana	0.0004726	0.0005793
Máximo	0.03440	0.0217050
Mínimo	-0.03329	-0.0294778
Desvio-padrão	0.007899	0.00799
Assimetria	-0.128117	-0.281639
Curtose	1.546392	0.301573
Teste Jarque-Bera (p-valor)	2.18e-10	0.02465
Nº Total de Observação	424	424

Fonte: Elaborado pelo próprio

Perante os resultados observados na tabela 18, é possível apurar que a média dos retornos diários de ambos os índices foram ligeiramente positivos. Relativamente à mediana, ambos os índices apresentam um valor positivo, indicando que a maioria dos retornos foram positivos. Comparando ambos os mercados, o IBEX35 apresenta retornos ligeiramente melhores do que o PSI, pois apresenta uma média e mediana superior. No que diz respeito à comparação entre os valores obtidos na média e mediana, verifica-se que a mediana obteve um resultado superior comparativamente à média (em ambos os mercados), podendo este facto ser explicado devido aos extremos retornos negativos que acabaram por baixar o valor da média. Em relação aos retornos máximos e mínimos, o PSI apresenta valores ligeiramente superiores ao do IBEX35. Quanto à volatilidade, verifica-se ligeira diferença entre os índices, sendo essa diferença muito pequena. Contudo, o IBEX35 apresenta um desvio-padrão ligeiramente elevado, mostrando ter sido ligeiramente mais volátil comparativamente ao PSI. Relativamente à assimetria, ambos apresentam assimetrias negativas, o que significa que ambos os mercados têm maior tendência de queda do que subida, contudo esta assimetria é fraca. O IBEX35 apresenta uma assimetria mais elevada comparado com o PSI, indicando assim uma inclinação ligeiramente maior para tais eventos do que o PSI. Quanto à curtose, ambos os índices apresentam um valor inferior a 3, o que significa que a probabilidade de ocorrer eventos extremos é menor, ou seja, a probabilidade de ocorrer retornos muito elevados ou muito

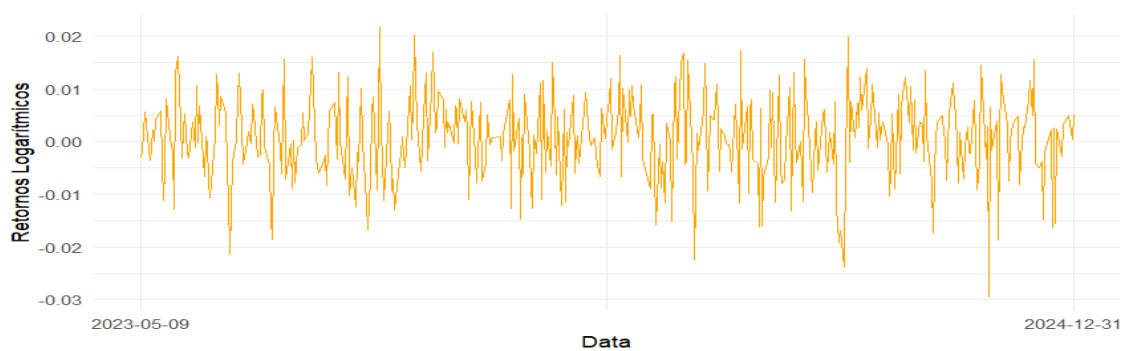
baixos é menor. Contudo, o PSI apresenta uma curtose superior ao do IBEX35, indicando que a probabilidade de ocorrer eventos extremos é maior no PSI. Por fim, através do teste de *Jarque-Bera*, é possível verificar que tanto o PSI como o IBEX35 apresentam um p-valor < 0.05 , isto é, os retornos não seguem uma distribuição normal (sendo mais evidente no PSI). Num modo geral, no pós-crise pandêmica, o IBEX35 é ligeiramente mais volátil do que o PSI, pois apresenta um desvio-padrão ligeiramente superior (diferença muito pequena). No entanto, o PSI apresenta retornos extremos mais amplos (máximos e mínimos maiores), uma curtose superior (demonstra ser um mercado mais tendencioso para ocorrências de eventos extremos do que o IBEX35) e uma forte distribuição anormal.

Gráfico 19 - Retornos diários do PSI pós-crise covid-19 (09/05/2023 - 31/12/2024)



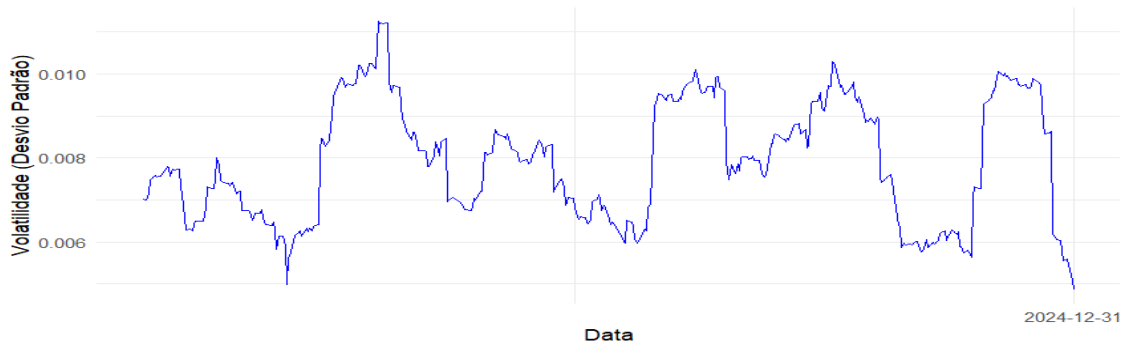
Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 20 - Retornos diários do IBEX35 pós-crise covid-19 (09/05/2023 - 31/12/2024)



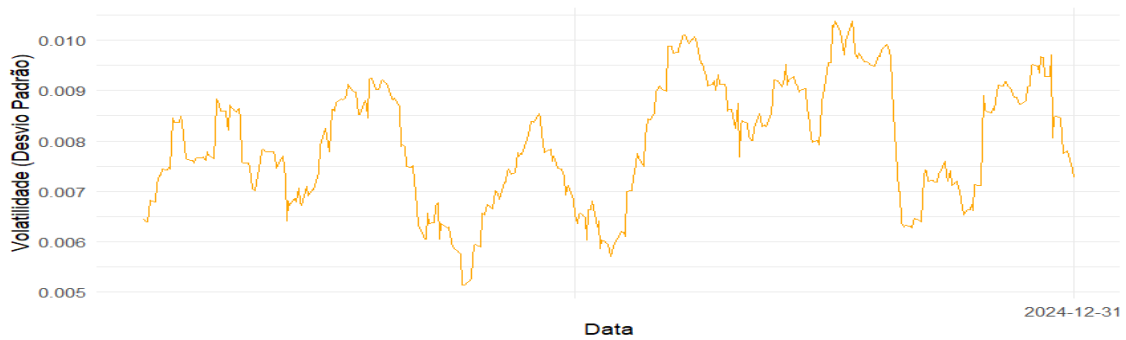
Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 21 - Volatilidade do PSI pós-crise covid-19 (09/05/2023 - 31/12/2024)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 22 - Volatilidade do IBEX35 pós-crise covid-19 (09/05/2023 - 31/12/2024)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

3.2.5.2 Análise da Volatilidade do PSI e IBEX35 Através dos Modelos GARCH, EGARCH e TGARCH

Tabela 19 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o PSI (pós-crise covid-19)

Variáveis	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
C	0.000000	0.87531	-1.097754	0.097223	0.000740	0.063719
α_i	0.000007	0.97573	-0.077229	0.005797	0.050585	0.211386
β_i	0.998986	0.00000	0.886581	0.000000	0.867108	0.000000
γ	Não tem	Não tem	0.118368	0.037443	0.758921	0.195827

Fonte: Elaborado pelo próprio

Tabela 20 - Parâmetros estimados dos modelos GARCH para o IBEX35 (pós-crise covid-19)

Variáveis	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor	Estimativa	p-valor
C	0.000000	0.85789	-0.252412	0.000000	0.001061	0.477002
α_i	0.000575	0.00000	-0.035554	0.074728	0.009103	0.792749
β_i	0.997689	0.00000	0.973907	0.000000	0.860468	0.000022
γ	Não tem	Não tem	-0.005002	0.479317	1.000000	0.808861

Fonte: Elaborado pelo próprio

A partir dos resultados demonstrados nas tabelas 19 e 20, relativamente ao modelo simétrico (GARCH), na variação base (c), ambos os mercados apresentam valores nulos e não significativos (variância base é irrelevante), o que significa que na ausência de choques não se verifica volatilidade em ambos os mercados. Quanto à reação aos impactos de choques passados na volatilidade pós-crise pandémica (α_i), o PSI apresenta um valor praticamente nulo e não significativo, indicando assim que os impactos de choques passados são irrelevantes (não influenciam na volatilidade). Já o IBEX35 apresenta um valor superior ao do PSI, mas também próximo de zero. Contudo o valor apresentado é significativo, ou seja, os choques passados têm influência na volatilidade pós-crise pandémica. Em relação à persistência dos impactos de volatilidades passadas (β_i), ambos os índices apresentam valores altamente significativos e elevados (próximos de 1), significando uma alta persistência da mesma na volatilidade pós-crise, isto é, as variações ocorridas no pós-crise Covid-19 são altamente dependentes/derivadas das variações passadas. O PSI apresenta um valor ligeiramente elevado comparativamente ao IBEX35, ou seja, a persistência dos efeitos da volatilidade passada no PSI é ligeiramente maior do que no IBEX35. A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), ambos os índices apresentam valores extremamente próximos de 1 (PSI = 0.999 e IBEX35 = 0.998), ou seja, alta persistência, o que significa que os efeitos dos impactos dos choques passados na volatilidade pós-crise Covid-19 são bastantes duradouros (a volatilidade demora muito tempo a normalizar).

Perante os resultados obtidos pelo modelo assimétrico EGARCH, no que diz respeito à variação base (c), ambos os índices apresentam valores negativos. Apesar dos valores serem negativos, como o modelo utiliza uma função exponencial, garante que a variância seja sempre superior a zero. Contudo, o valor apresentado no PSI não é significativo comparado com o IBEX35, que é altamente significativo. Assim sendo, no PSI a variância

base é irrelevante, já no IBEX35 a mesma significa que na ausência de choques, a volatilidade é muito baixa. Relativamente à reação aos impactos de choques passados na volatilidade pós-crise pandémica (α_i), ambos os mercados apresentam valores negativos, contudo devido à estrutura logarítmica do modelo, possibilita que coeficientes negativos apontem para uma volatilidade mais baixa após choques. Assim sendo, choques intensos tende a diminuir ligeiramente a volatilidade de ambos os índices, sendo que estes acontecimentos ocorrem em mercados que se autocorrigem rapidamente. No entanto, o PSI mostra ter uma resposta ligeiramente significativa aos choques passados comparado com o IBEX35, pois os impactos de choques passados são menos significativos no IBEX35, daí ser menos reativo comparado com o PSI. Quanto à persistência dos impactos de volatilidade passadas (β_i), ambos os mercados ibéricos apresentam valores elevados e altamente significativos, demonstrando assim que os choques têm efeito prolongado na volatilidade pós-crise Covid-19 (uma vez que a volatilidade aumenta, a mesma demora mais tempo a normalizar). No entanto, o IBEX35 demonstra uma maior persistência do que o PSI, pois apresenta um coeficiente β_i superior. A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), o IBEX35 apresenta um valor superior ao do PSI ($0.94 > 0.81$), o que significa que a persistência do impacto do choque na volatilidade é mais duradoura no IBEX35 do que no PSI. Por fim, relativamente à assimetria (γ), o PSI apresenta um valor positivo e significativo ($\gamma > 0$), o que exprime que os choques positivos têm maior influência na volatilidade dos que os negativos. Já o IBEX35 apresenta um valor negativo ($\gamma < 0$), mas não significativo, o que indica ausência de efeito assimétrico (choques positivos e negativos têm o mesmo impacto na volatilidade pós-crise Covid-19).

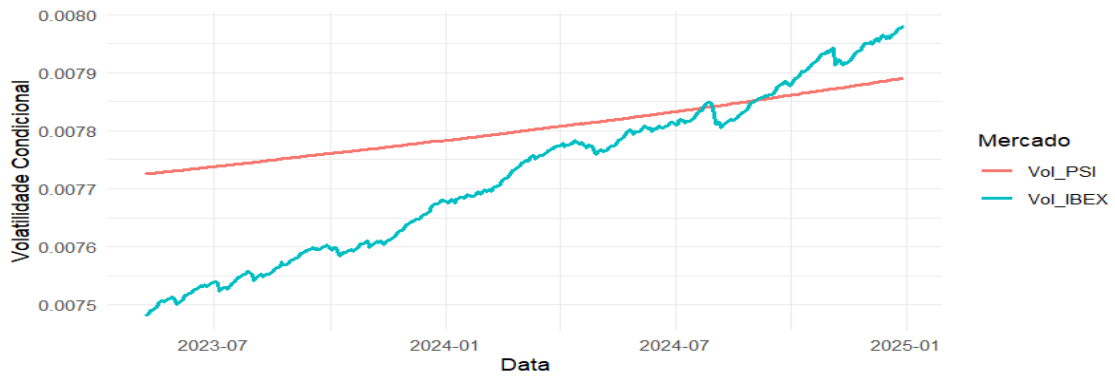
Quanto aos resultados observados no modelo TGARCH, ao nível da variação base (c), ambos os índices apresentam valores positivos (mas próximos de zero), significando que na ausência de choques, a volatilidade é baixa. Contudo, os valores apresentados para ambos os mercados não são significativos, logo não existe evidências fortes de volatilidade na ausência de choques. Em relação aos impactos dos choques passados na volatilidade pós-crise Covid-19 (α_i), tanto o PSI como o IBEX35 apresentam valores positivos, mas não significativos, indicando que os mercados não respondem de forma sensível a choques passados (impacto dos choques é fraco). Relativamente à persistência dos impactos da volatilidade passada (β_i), ambos os índices apresentam valores elevados e extremamente significativos, indicando que a persistência do efeito do choque tem efeito prolongado na volatilidade pós-crise Covid-19. Todavia, o PSI apresenta um valor

ligeiramente superior ao do IBEX35, mostrando que a persistência é maior no PSI (a dissipação dos efeitos dos choques é mais lenta). A nível de persistência global da volatilidade ($\alpha_i + \beta_i$), o PSI apresenta um valor superior ao do IBEX35 ($0.92 > 0.87$), o que significa que os impactos dos choques na volatilidade pós-crise Covid-19 são mais duradouros no PSI do que no IBEX35. Por fim, quanto à assimetria (γ), ambos apresentam valores positivos ($\gamma > 0$), mas não significativos, o que significa que nenhum dos mercados ibéricos apresenta evidências robustas de assimetria na resposta da volatilidade a efeitos de choques negativos (tanto choques positivos como negativos têm o mesmo impacto na volatilidade pós-crise Covid-19).

Diante das análises efetuadas sobre os resultados obtidos pelos modelos analisados, é possível concluir que relativamente aos impactos dos choques passados na volatilidade pós-crise pandémica, num modo geral, no índice PSI foram irrelevantes (não têm influência na volatilidade do PSI) comparado com o IBEX35 que tiveram impacto na volatilidade do mesmo. No modelo simétrico (GARCH), é possível verificar que os mesmos só tiveram um ligeiro impacto no IBEX35. Quanto ao modelo EGARCH, é possível verificar que os choques passados tiveram uma ligeira influência tanto no índice PSI, bem como no IBEX35. Relativamente ao modelo TGARCH, os impactos dos choques passados demonstraram não ter impacto na volatilidade de ambos os índices. No que diz respeito à persistência do impacto da volatilidade passada, num modo geral, é possível verificar que a persistência da mesma na volatilidade pós-crise pandémica é mais duradoura no PSI do que no IBEX35 (o efeito da volatilidade durante crise pandémica na volatilidade pós-crise pandémica demora mais tempo a dissipar-se no PSI do que no IBEX35). Por fim, quanto à assimetria, no modelo EGARCH, para o índice PSI, verificou-se que os choques positivos tiveram maior impacto do que os negativos. Já para o IBEX35, confirmou-se que tanto os choques negativos como os positivos tiveram o mesmo efeito na volatilidade pós-crise pandémica. No modelo TGARCH, para ambos os mercados ibéricos, tanto os choques positivos como negativos tiveram o mesmo impacto na volatilidade pós-crise pandémica.

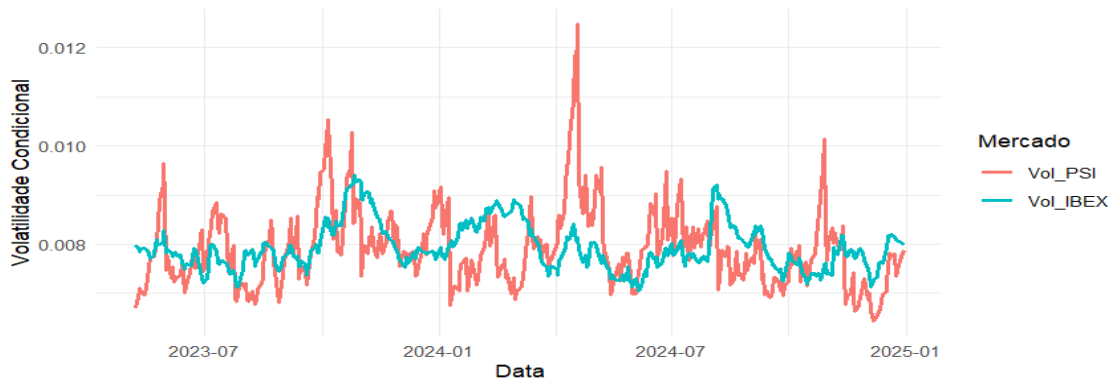
A partir dos gráficos expostos abaixo, é possível visualizar o comportamento da volatilidade pós-crise Covid-19 dos índices PSI e IBEX35 gerados por cada modelo.

Gráfico 23 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pós-crise covid-19 (GARCH)



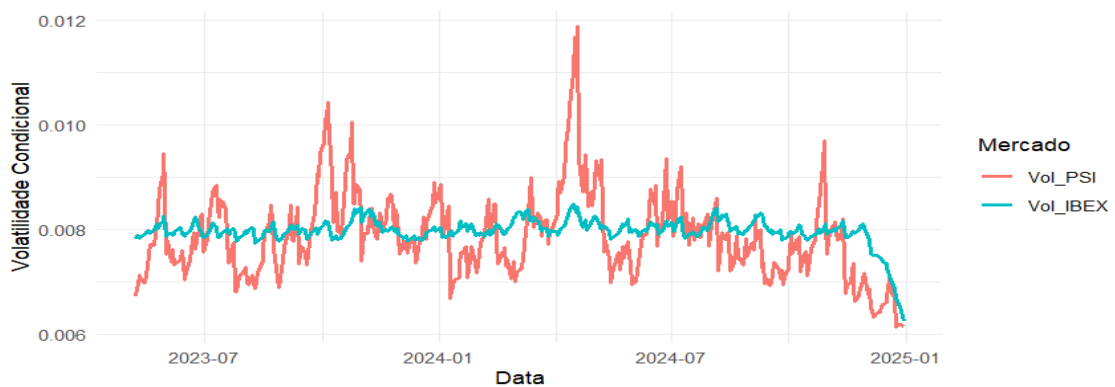
Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 24 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pós-crise covid-19 (EGARCH)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Gráfico 25 - Volatilidade PSI vs. IBEX35 pós-crise covid-19 (TGARCH)



Fonte: Elaborado pelo próprio através do *software Rstudio*.

Consoante os gráficos presentes acima, é possível visualizar que para o modelo GARCH, o PSI apresenta uma volatilidade suave e linear, o que pode significar uma subestimação da volatilidade ou menor sensibilidade a choques passados. Já o IBEX35 apresenta uma

volatilidade crescente ao longo do tempo, indicando elevada persistência da volatilidade. Quanto aos modelos assimétricos (EGARCH e TGARCH), é possível averiguar oscilações bastantes acentuadas por parte do índice PSI (volatilidade mais reativa), podendo indicar que o PSI reage de forma intensa e sensível a choques passados e eventos de risco. No entanto, esta volatilidade acentuada tem maioritariamente origem do impacto da persistência da volatilidade passada do que propriamente dos impactos dos choques passados, visto que, pelo que foi observado através da análise acima elaborada, os choques passados não tiveram grande relevância na volatilidade do índice PSI comparativamente à persistência da volatilidade gerada pela crise pandémica. Já o IBEX35 apresenta uma oscilação mais estável comparado com o PSI, indicando assim uma menor reação e sensibilidade a choques passados e eventos de risco.

Após a interpretação dos parâmetros estimados dos modelos utilizados e respetiva apresentação gráfica das volatilidades pós-crise pandémica, segue-se a análise da qualidade de ajustamento dos mesmos. Para isso, será utilizado a log-verossimilhança (*loglikelihood*), que nos permite saber a qualidade de ajuste dos modelos (quanto maior o seu valor, mais ajustado se encontram os modelos aos dados), bem como os resultados dos critérios de informação AIC e BIC.

Tabela 21 - Qualidade de ajuste dos modelos (pós-crise covid-19)

	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35
<i>LogLikelihood</i>	1448.011	1443.244	1451.851	1444.578	1452.954	1443.728
AIC	-6.8275	-6.8049	-6.8409	-6.8065	-6.8461	-6.8025
BIC	-6.7892	-6.7667	-6.7931	-6.7587	-6.7983	-6.7547

Fonte: Elaborado pelo próprio

Como é possível observar através da tabela 21, o modelo TGARCH é o que proporciona melhor desempenho geral para o PSI, apresentando os melhores valores a nível *loglikelihood*, bem como a nível AIC e BIC. Já para o IBEX35, o modelo EGARCH é aquele que mais se adequa ao mesmo.

Com recurso ao teste ARCH-LM, pretende-se efetuar uma análise quanto à heterocedasticidade condicional dos resíduos dos modelos GARCH utilizados (verificar a existência de efeito ARCH), tendo-se observado os seguintes resultados:

Tabela 22 - Teste ARCH-LM (pós-crise covid-19)

Teste ARCH-LM (p-valor)	GARCH (1,1)		EGARCH (1,1)		TGARCH (1,1)	
	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35	PSI	IBEX35
Lag (3)	0.56921	0.5922	0.48362	0.4726	0.52632	0.6379
Lag (5)	0.02233	0.2441	0.02972	0.1861	0.02003	0.2109
Lag (7)	0.03986	0.2966	0.05511	0.2441	0.03666	0.2432

Fonte: Elaborado pelo próprio

Consoante os resultados alcançados na tabela 22, é possível verificar que para o índice PSI, no modelo GARCH e TGARCH, só no desfaseamento lag (3) é que se verificou ausência de efeito ARCH (p-valor > 0.05), indicando assim que nesse ponto os modelos captaram bem a heterocedasticidade (os efeitos da volatilidade passada foram bem captados). Contudo, no que diz respeito aos restantes desfaseamentos (lag (5) e lag (7)), existe presença de heterocedasticidade, ou seja, os efeitos da volatilidade passada não foram bem captados por estes modelos. Relativamente ao modelo assimétrico EGARCH, só no desfaseamento lag (5) é que se verificou ainda presença de heterocedasticidade, nos restantes desfaseamentos o modelo conseguiu captar bem os efeitos da volatilidade passada. Por fim, quanto ao índice IBEX35, tanto no modelo simétrico como nos modelos assimétricos, verificou-se ausência de efeito ARCH em todos os desfaseamentos (p-valor > 0.05), podendo-se concluir que não existe evidências estatísticas de heterocedasticidade condicional, ou seja, os modelos captaram bem a heterocedasticidade (os efeitos da volatilidade passada foram bem captados).

3.2.6 Comparação dos Resultados entre os Mercados Ibéricos

Consoante as análises efetuadas anteriormente, de modo a compreender qual dos mercados ibéricos demonstrou ser mais volátil e sensível aos choques gerados pela crise Covid-19, foram desenvolvidas três hipóteses que nos permite compreender melhor tal situação, sendo elas:

- Hipótese 1: A volatilidade do PSI é significativamente maior do que a do IBEX35 antes, durante e após crise Covid-19.
- Hipótese 2: O impacto da crise Covid-19 na volatilidade do PSI é mais persistente do que no IBEX35.
- Hipótese 3: O IBEX35 apresenta uma recuperação mais rápida em termos de estabilização da volatilidade após choque inicial do Covid-19 do que o PSI.

Relativamente à volatilidade apresentada pelos mercados ibéricos, dentro das três fases analisadas (antes, durante e após crise Covid-19), foi possível concluir que antes e durante a crise pandémica, o índice IBEX35 foi mais volátil do que o PSI. Já após crise pandémica, o PSI mostrou ser mais volátil do que o IBEX35. Estas conclusões foram retiradas através dos resultados obtidos pelos desvios-padrões, bem como das análises elaboradas a partir dos modelos da família GARCH.

Em relação à volatilidade pré-crise Covid-19, o IBEX35 apresentou uma volatilidade superior ao do PSI, pois o valor apresentado pelo desvio-padrão no IBEX35 foi superior ao do PSI. Além disso, através dos modelos da família GARCH, mais especificamente dos modelos GARCH e EGARCH (modelos estes que proporcionaram um melhor ajuste aos dados, tornando-se assim nos modelos mais adequados para analisar a volatilidade dos mercados ibéricos durante o período pré-crise pandémica), foi possível verificar que ambos os mercados ibéricos responderam de forma sensível a choques passados. Esta sensibilidade ajudou no aumento da volatilidade de ambos os índices. Contudo, através dos gráficos gerados pelos modelos GARCH e EGARCH, foi possível constatar que apesar da volatilidade de ambos os índices serem muito semelhantes, o IBEX35 apresentou oscilações ligeiramente superiores ao do PSI.

No que se refere à volatilidade durante a crise Covid-19, o IBEX35 continuou a apresentar uma volatilidade superior à do PSI, pois o valor apresentado pelo desvio-padrão no IBEX35 foi superior ao do PSI. Além disso, através dos modelos da família GARCH, mais especificamente do modelo assimétrico TGARCH (modelo este que proporcionou um melhor ajuste aos dados, tornando-se assim no modelo mais adequado para analisar a volatilidade dos mercados ibéricos durante a crise pandémica), foi possível averiguar que ambos os índices mostraram uma forte sensibilidade a choques passados (ao choque da tensão pré-crise covid-19). Esse impacto dos choques é mais intenso no IBEX35 do que no PSI, devido à forte oscilação verificada no início da crise pandémica, indicando que o mercado espanhol ficou mais exposto e sensível ao impacto inicial da crise Covid-19 comparativamente ao PSI. Contudo, após esse impacto inicial, verificou-se uma diminuição da volatilidade de ambos os mercados ao longo do tempo, tendo o índice IBEX35 continuado a mostrar-se mais volátil do que o PSI.

Quanto à volatilidade pós-crise Covid-19, perante os cálculos do desvio-padrão, averiguou-se que o IBEX35 é ligeiramente mais volátil do que o PSI. Contudo, com o recurso aos modelos da família GARCH, mais especificamente aos modelos assimétricos

EGARCH e TGARCH (modelos estes que proporcionaram um melhor ajuste aos dados, tornando-se assim nos modelos mais adequados para analisar a volatilidade dos mercados ibéricos pós-crise Covid-19), foi possível concluir que o PSI apresentou maiores oscilações (volatilidade mais reativa) comparativamente ao IBEX35. Porém, estas oscilações acentuadas podem ser um reflexo do impacto da persistência da volatilidade passada, visto que, diante a análise efetuada através dos modelos assimétricos, a persistência da volatilidade passada teve maior impacto na volatilidade pós-crise pandémica no PSI do que propriamente os impactos dos choques passados. Assim sendo, segundo os resultados obtidos pelos modelos assimétricos e respetiva apresentação gráfica, bem como a credibilidade dos mesmos demonstrada pela literatura financeira no requisito da eficácia da captura da volatilidade nos mercados económicos, conclui-se que o mercado português foi mais volátil do que o mercado espanhol após crise Covid-19.

Relativamente à segunda hipótese, isto é, se o impacto da crise Covid-19 foi mais persistente no PSI do que no IBEX35, num modo geral, ambos os índices apresentaram valores elevados e significativos, sendo que, no modelo GARCH e EGARCH os impactos dos choques na volatilidade durante crise pandémica, são mais duradouros e persistentes no PSI. Já no modelo TGARCH verificou-se o inverso. Contudo, o modelo TGARCH foi considerado o modelo mais adequado para analisar a volatilidade dos mercados ibéricos durante a crise pandémica. Assim sendo, verificou-se que a persistência global da volatilidade durante a crise pandémica ($\alpha_i + \beta_i$), tanto no PSI como no IBEX35 apresentaram valores igual a 1 ou até ligeiramente superior (PSI = 1.00 e IBEX35 = 1.02), indicando que os impactos das tensões pré-crise pandémica são bastantes duradouras em ambos os mercados (não se dissipam facilmente ao longo do tempo). No entanto, o IBEX35 apresentou um valor ligeiramente superior, significando que os impactos iniciais da crise Covid-19 tiveram uma maior persistência no mercado espanhol do que no português.

Por fim, quanto à terceira e última hipótese, isto é, se o IBEX35 apresenta uma recuperação mais rápida em termos de estabilização da volatilidade após choque inicial do Covid-19, foi possível apurar que o mesmo apresentou uma recuperação mais rápida do que o PSI. Apesar do mercado espanhol, ao longo do período da crise pandémica, ter apresentado uma volatilidade superior ao do mercado português, após ter sido decretado fim da mesma, o índice PSI apresentou ser um mercado bastante mais volátil do que o IBEX35. Este fenómeno ocorreu, devido ao facto do impacto da persistência da volatilidade

durante a crise pandémica na volatilidade pós-crise ter sido mais intenso no mercado português do que no espanhol. Através dos gráficos da volatilidade pós-crise Covid-19, gerados pelos modelos assimétricos EGARCH e TGARCH (modelos estes considerados os mais adequados), é possível visualizar tal acontecimento.

CAPÍTULO IV – CONCLUSÃO, LIMITAÇÕES E PESQUISAS FUTURAS

O presente estudo tem como objetivo analisar e comparar a dinâmica da volatilidade dos retornos dos índices bolsistas PSI e IBEX35, com recurso ao cálculo do desvio-padrão, bem como através dos modelos GARCH, EGARCH e TGARCH.

Diante dos resultados obtidos, o IBEX35 demonstrou ser ligeiramente mais volátil do que o PSI antes e durante a crise Covid-19. Já pós-crise pandémica, o PSI mostrou ser mais volátil do que o IBEX35. Estas conclusões são retiradas através dos resultados obtidos pelos desvios-padrões, retornos extremos apresentados e fortes distribuições anormais, bem como através dos resultados obtidos pelos modelos utilizados.

Quanto aos impactos dos choques passados na volatilidade, através dos resultados alcançados pelo coeficiente α_i , é possível constatar que antes e durante a crise Covid-19 ambos os mercados ibéricos apresentam sensibilidade a tais impactos, pois α_i apresenta valores significativos. Todavia, o índice IBEX35, no geral, apresenta resultados mais positivos demonstrando assim uma maior sensibilidade comparativamente ao índice bolsista PSI. Relativamente ao pós-crise pandémica, os impactos dos choques passados foram irrelevantes na volatilidade apresentada pelo PSI, pois os valores apresentados pelo coeficiente α_i não são significativos, comparativamente aos do IBEX35.

Relativamente à persistência da volatilidade passada nos índices, na maioria das vezes, verifica-se que a mesma é significativa em ambos os mercados, sendo ligeiramente superior no PSI do que no IBEX35 (os impactos dos choques passados foram mais duradouros no PSI do que no IBEX35). É possível concluir tais factos através dos resultados obtidos pelo coeficiente β_i nas três fases observadas, onde o PSI apresentou valores superiores ao do IBEX35. Um outro ponto que permite averiguar tais factos é o nível de persistência global da volatilidade, calculado através da soma dos coeficientes α_i e β_i . Nas três fases analisadas, é possível observar que, num modo geral, o PSI obteve valores levemente superiores ao do IBEX35, valores esses na maioria ligeiramente próximos de 1, indicando assim que os efeitos dos impactos dos choques passados na volatilidade são mais duradouros no PSI do que no IBEX35. No entanto, é importante ressaltar que durante a crise Covid-19, apesar de nos modelos GARCH e EGARCH ter-se verificado uma maior persistência do impacto da volatilidade passada no índice PSI, no modelo TGARCH verificou-se o inverso. Contudo, o modelo assimétrico TGARCH é considerado o mais adequado para avaliar a volatilidade de ambos os mercados ibéricos durante o período crise Covid-19. Assim sendo, pode-se concluir que a persistência do

impacto da volatilidade passada é maior no mercado espanhol do que no português durante esse período.

Relativamente à assimetria (sendo esta representada pelo coeficiente γ), através dos modelos assimétricos EGARCH e TGARCH, verifica-se que no período pré-crise Covid-19, de modo geral, os choques positivos têm maior impacto na volatilidade do que os negativos, em ambos os mercados ibéricos (algo que é incomum nos mercados financeiros). No entanto, no modelo TGARCH, o índice IBEX35 apresenta um coeficiente não significativo, ou seja, choques positivos e negativos impactam a volatilidade de forma semelhante. No período referente à crise pandémica, sendo o modelo TGARCH considerado o mais adequado para avaliar a volatilidade de ambos os índices, verifica-se que os choques negativos têm maior influência na volatilidade do que os positivos (algo típico dos mercados financeiros), visto que, $\gamma > 0$. Quanto ao período pós-crise Covid-19, no modo geral, para o IBEX35 tanto os impactos negativos como os positivos têm a mesma relevância na volatilidade do mesmo. Já no índice PSI, relativamente ao modelo EGARCH, os choques positivos têm maior impacto na volatilidade. No modelo TGARCH, tanto os choques positivos como os negativos impactam de forma similares. De forma a sintetizar, os modelos assimétricos evidenciaram a presença de efeito de alavancagem, dando-se maior destaque para o período referente à crise pandémica onde os mercados ibéricos apresentaram uma maior sensibilidade a choques negativos. Contudo, o índice IBEX35 apresenta uma maior sensibilidade a tais choques, pois o valor obtido no coeficiente γ é superior ao do PSI, bem como mais significativo.

Apesar dos contributos apresentados, este trabalho possui algumas limitações que importa reconhecer. Assim sendo, este estudo prende-se muito na avaliação de dois mercados economicamente e culturalmente semelhantes, apesar do longo horizonte temporal examinado. A análise foi realizada com base em dados diários, não considerando possíveis padrões intradiários de volatilidade. Por outro lado, os modelos estimados não incorporam variáveis explicativas de natureza macroeconómica, como taxa de juro, política monetária ou indicadores de sentimento do investidor, que poderiam enriquecer a compreensão da volatilidade observada.

Quanto a investigações futuras, sugere-se o alargamento da análise a outros mercados bolsistas europeus, nomeadamente mercados de menor capitalização, como por exemplo o mercado grego (ASE) ou italiano (MIB), de forma a identificar padrões comuns ou

divergentes de volatilidade. Adicionalmente, a aplicação de modelos multivariados, como o *Dynamic Conditional Correlation Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity* (DCC-GARCH), poderá permitir estudar a correlação dinâmica entre os mercados ibéricos ao longo do tempo, especialmente em períodos de crise. Por fim, seria relevante avaliar também o impacto de eventos económicos e políticos específicos, como decisões do Banco Central Europeu, eleições nacionais ou choques externos sobre a volatilidade dos mercados, permitindo aprofundar a compreensão dos fatores que amplificam a instabilidade financeira na Península Ibérica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker, M., & Wurgler, J. (2007). Investor sentiment in the stock market. *The Journal of Economic Perspectives*, 21(2), 129–151. <https://doi.org/10.1257/jep.21.2.129>
- Barberis, N., Shleifer, A., & Vishny, R. (1998). A model of investor sentiment. *Journal of Financial Economics*, 49(3), 307–343. [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(98\)00027-0](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(98)00027-0)
- Bekaert, G., Harvey, C. R., & Ng, A. (2005). Market integration and contagion. *The Journal of Business*, 78(1), 39–69. <https://doi.org/10.1086/426519>
- Bhowmik, R., & Wang, S. (2020). Stock market volatility and return analysis: A systematic literature review. *Entropy*, 22(5), 522. <https://doi.org/10.3390/e22050522>
- Bloom, N. (2009). The impact of uncertainty shocks. *Econometrica*, 77(3), 623–685. <https://doi.org/10.3982/ecta6248>
- BME. (2025). *Índice IBEX35*. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.bolsasymercados.es/bme-exchange/docs/SB/FS-Ibex35_ESP.pdf, acessado em 5 de março de 2025
- BME. (2025). *Índice IBEX35*. Disponível em: <https://www.bolsasymercados.es/bme-exchange/es/Mercados-y-Cotizaciones/Acciones/Mercado-Continuo/Precios/ibex-35-ES0SI000000>, acessado em 5 de março de 2025
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Bollerslev, T., Engle, R. F., & Nelson, D. B. (1994). Chapter 49 arch models. *Handbook of Econometrics*, 2959–3038. [https://doi.org/10.1016/s1573-4412\(05\)80018-2](https://doi.org/10.1016/s1573-4412(05)80018-2)
- Castro, T. D. B., Rodrigues, P. M. M., & Taylor, A. M. R. (2015). On the behaviour of phillips-perron tests in the presence of persistent cycles. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 77(4), 495–511. <https://doi.org/10.1111/obes.12091>
- Chaudhary, R., Bakhshi, P., & Gupta, H. (2020). Volatility in international stock markets: An empirical study during covid-19. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(9), 208. <https://doi.org/10.3390/jrfm13090208>

- Chiang, T. C., Li, H., & Zheng, D. (2015). The intertemporal risk-return relationship: Evidence from international markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 39, 156–180. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2015.06.003>
- ÇifçiG., & ReisŞ. G. (2021). The investor risk tolerance and market liquidity connection: Evidence from the selected markets. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 536–555. <https://doi.org/10.17218/hititsbd.1024411>
- Comissão europeia. (2022). *Cronologia da ação UE*. Disponível em: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/coronavirus-response/timeline-eu-action_pt, acessado em 3 de março de 2025
- Costa, S. A., Reis, P. M. N., & Pinto, A. P. S. (2020). Subjective/ Behavioural factors influence the PSI 20 and IBEX 35. *International Journal of Financial Research*, 11(5), 13. <https://doi.org/10.5430/ijfr.v11n5p13>
- Cutler, D. M., Poterba J. M., & Summers, L. H. (1988), What moves stock prices? *National Bureau of Economic Research*. <https://doi.org/10.3386/w2538>
- Danielsson, J., Valenzuela, M., & Zer, I. (2016). Learning from history: volatility and financial crises. *Finance and Economics Discussion Series*, 2016(093). <https://doi.org/10.17016/feds.2016.093>
- Davidescu, A. A., Manta, E. M., Hapau, R. G., Gruiescu, M., & Vacaru (Boita), O. M. (2023). Exploring the contagion effect from developed to emerging CEE financial markets. *Mathematics*, 11(3), 666. <https://doi.org/10.3390/math11030666>
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 50(4), 987–1007. <https://doi.org/10.2307/1912773>
- Euronext. (2024). *Documentos do índice PSI*. Disponível em <https://live.euronext.com/pt/product/indices/PTING0200002-XLIS/market-information>, acessado em 5 de março de 2025
- Fama, E. F. (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34–105. <https://doi.org/10.1086/294743>

- Francq, C., & Zakoian, J. (2010). *GARCH models: Structure, statistical inference and financial Applications*. John Wiley & Sons Ltd., Chichester. <https://doi.org/10.1002/9780470670057>
- Gobbi, F. (2024). Comparative analysis of financial market volatility and correlation risk during the great recession and the covid-19 pandemic. *Journal of Applied Economic Sciences (JAES)*, 19(16), 109. [https://doi.org/10.57017/jaes.v19.2\(84\).02](https://doi.org/10.57017/jaes.v19.2(84).02)
- He, Z. (2022). Asymmetric impacts of individual investor sentiment on the time-varying risk-return relation in stock market. *International Review of Economics & Finance*, 78, 177–194. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2021.11.018>
- Henze, N. (1994). On mardia's kurtosis test for multivariate normality. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 23(4), 1031–1045. <https://doi.org/10.1080/03610929408831303>
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263–292. <https://doi.org/10.2307/1914185>
- Kakade, K., Mishra, A. K., Ghate, K., & Gupta, S. (2022). Forecasting commodity market returns volatility: A hybrid ensemble learning garch-lstm based approach. *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 29(2), 103–117. <https://doi.org/10.1002/isaf.1515>
- Kayani, U. N., Aysan, A. F., Khan, M., Khan, M., Mumtaz, R., & Irfan, M. (2024). Unleashing the pandemic volatility: A glimpse into the stock market performance of developed economies during covid-19. *Heliyon*, 10(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25202>
- Khan, M. N. (2024). Impact of covid-19 crisis on volatility spillovers across global financial markets: Evidence from asymmetric garch models. *Journal of Economic Integration*, 39(2), 373–393. <https://doi.org/10.11130/jei.2024005>
- Maitra, S., & Politis, D. N. (2024). Prepivot augmented dickey-fuller test with bootstrap-assisted lag length selection. *Stats*, 7(4), 1226–1244. <https://doi.org/10.3390/stats7040072>
- Marisetty, N. (2024). Applications of garch models in forecasting financial market volatility: Insights from leading global stock indexes. *Asian Journal of Economics*

Business and Accounting, 24(9), 63–84.
<https://doi.org/10.9734/ajeba/2024/v24i91477>

- Mieg, H. A. (2020). Volatility as a transmitter of systemic risk: Is there a structural risk in finance? *An Official Publication of the Society for Risk Analysis*, 42(9), 1952–1964. <https://doi.org/10.1111/risa.13564>
- Nnyanzi, J. B., Kilimani, N., & Oryema, J. B. (2024). Hysteresis in youth unemployment in sub-saharan Africa: Focus on gender, income, and region. *The Journal of Developing Areas*, 58(2), 91–126. <https://doi.org/10.1353/jda.2024.a924531>
- Oner, S., & Hakan Öner. (2023). Symmetric and asymmetric volatility: Forecasting the borsa Istanbul 100 index return volatility. *Financial Internet Quarterly*, 19(1), 48–56. <https://doi.org/10.2478/fiqf-2023-0005>
- Poon, S. H., & Granger, C. W. J. (2002). Forecasting volatility in financial markets: A review (revised edition). *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.331800>
- Ramenah, H., Casin, P., Ba, M., Benne, M., & Tanougast, C. (2018). Accurate determination of parameters relationship for photovoltaic power output by augmented dickey fuller test and engle granger method. *AIMS Energy*, 6(1), 19–48. <https://doi.org/10.3934/energy.2018.1.19>
- Roy, I. (2022). A new unit root test criterion. *Reserve Bank of India Occasional Papers*, 43(2), 89–113. Disponível em: <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=0cc1df79-c180-30a4-ad39-50bcc304e5a1>
- Roza, A., Violita, E., & Aktivani, S. (2022). Study of inflation using stationary test with augmented dickey fuller & phillips-peron unit root test (Case in Bukittinggi City inflation for 2014-2019). *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol23-iss2/303>
- Sezal, L., & Taskin, B. (2024). The relationship between commercial credit and employment: An application on Türkiye with causality analysis. *International Journal of Management Economics and Business*. <https://doi.org/10.17130/ijmeb.1402272>

- Sjölander, P. (2010). A stationary unbiased finite sample arch-lm test procedure. *Applied Economics*, 43(8), 1019–1033. <https://doi.org/10.1080/00036840802600046>
- Spulbar, C., Trivedi, J., & Birau, R. (2020). Investigating abnormal volatility transmission patterns between emerging and developed stock markets: A case study. *Journal of Business Economics and Management*, 21(6), 1561–1592. <https://doi.org/10.3846/jbem.2020.13507>
- Tabash, M. I., Chalissery, N., Nishad, T. M., & Al-Absy, M. S. M. (2024). Market shocks and stock volatility: evidence from emerging and developed markets. *International Journal of Financial Studies*, 12(1), 2. <https://doi.org/10.3390/ijfs12010002>
- Thadewald, T., & Büning, H. (2007). Jarque–Bera test and its competitors for testing normality – a power comparison. *Journal of Applied Statistics*, 34(1), 87–105. <https://doi.org/10.1080/02664760600994539>
- Trivedi, J. (2022). Risk and prospective returns: the case of european and asian financial markets. *IUP Journal of Accounting Research & Audit Practices*, 21(4), 87-107. Disponível em: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/risk-prospective-returns-case-european-asian/docview/2765274515/se-2>
- Uddin, M., Chowdhury, A., Anderson, K., & Chaudhuri, K. (2021). The effect of covid - 19 pandemic on global stock market volatility: Can economic strength help to manage the uncertainty? *Journal of Business Research*, 128(1), 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.061>
- Yousef, I. (2020). Spillover of covid-19: impact on stock market volatility. *Revista Internacional de Reabilitação Psicossocial*, Vol. 24, Edição 06. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/341134119>
- Zhang, R., Xian, X., & Fang, H. (2018). The early-warning system of stock market crises with investor sentiment: Evidence from China. *International Journal of Finance & Economics*, 24(1), 361–369. <https://doi.org/10.1002/ijfe.1667>

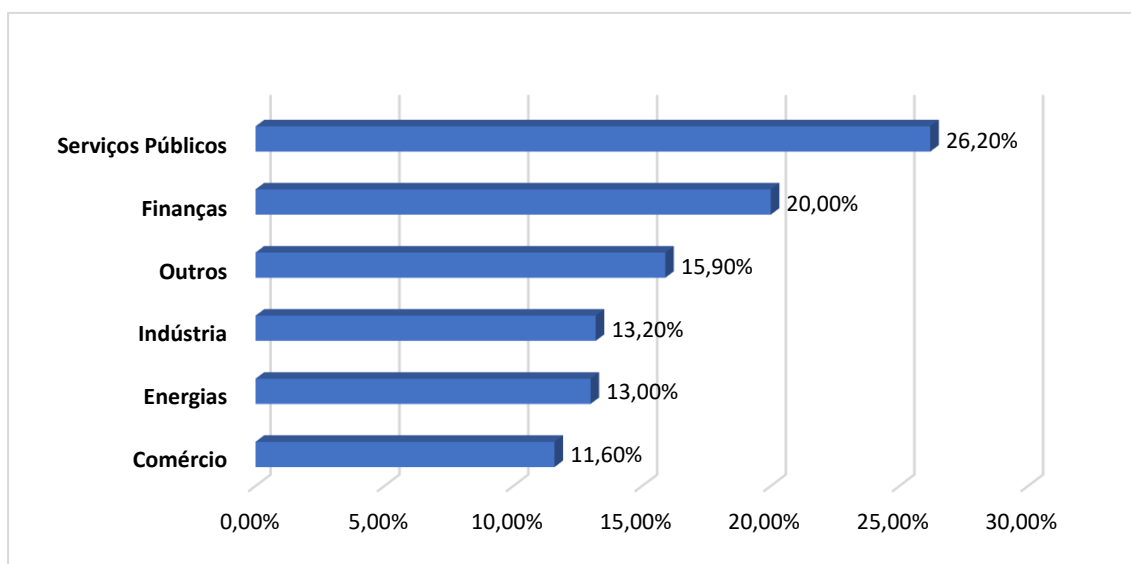
Apêndice A – Composição do índice PSI

Tabela A1 - Organizações que constituem o índice PSI

Organizações	Setores de Atividade	Peso no Índice (em %)
BANCO COM. PORTUGUÊS	Finanças	20.41%
GALP ENERGIA	Energia	13.10%
J. MARTINS, SGPS	Bens de consumo	11.55%
EDP	Serviços públicos	10.25%
EDP RENOVÁVEIS	Serviços públicos	9.18%
REN	Serviços públicos	6.62%
THE NAVIGATOR COMP	Materiais básicos	6.06%
SONAE	Bens de consumo	5.78%
NOS, SGPS	Telecomunicação	4.07%
CTT CORREIOS PORT.	Industrial	3.25%
ALTRI SGPS	Materiais básicos	2.59%
CORTICEIRA AMORIM	Industrial	2.54%
SEMAPA	Materiais básicos	1.82%
MOTA ENGIL	Industrial	1.77%
IBERSOL, SGPS	Bens consumo discricionário	1.00%

Fonte: Adaptado do site *Euronext*

Gráfico A1 - Setores de atividade do PSI (em %)



Fonte: Adaptado do site *Euronext*

Apêndice B – Composição do índice IBEX35

Tabela B1 - Organizações que constituem o índice IBEX35

Organizações	Setores de Atividade
ACCIONA	Serviços Consumo
ACCIONA ENERGIA	Energia
ACERINOX	Indústria
ACS	Indústria
AENA	Serviços Consumo
AMADEUS	Serviços Consumo
ARCELORMITTAL	Indústria
BANCO SANTANDER	Finanças
BANCO SABADELL	Finanças
BANKINTER	Finanças
BBVA	Finanças
CAIXABANK	Finanças
CELLNEX TELECOM	Telecomunicações
ENÁGAS	Energia
ENDESA	Energia
FERROVIAL SE	Indústria
FLUIDRA	Bens Consumo
GRIFOLS	Bens Consumo
IAG	Serviços Consumo
IBERDROLA	Energia
INDITEX	Indústria
INDRA	Serviços Consumo
INMOBILIARIA COLONIAL	Imobiliário
LOGISTA	Indústria
MAPFRE	Serviços Consumo
MERLIN	Imobiliário
NATURGY	Energia
PUIG BRANDS	Bens Consumo
REDEIA	Energia
REPSOL	Petróleo
ROVI	Indústria
SACYR	Indústria
SOLARIA	Energia
TELFÓNICA	Telecomunicações
UNICAJA	Finanças

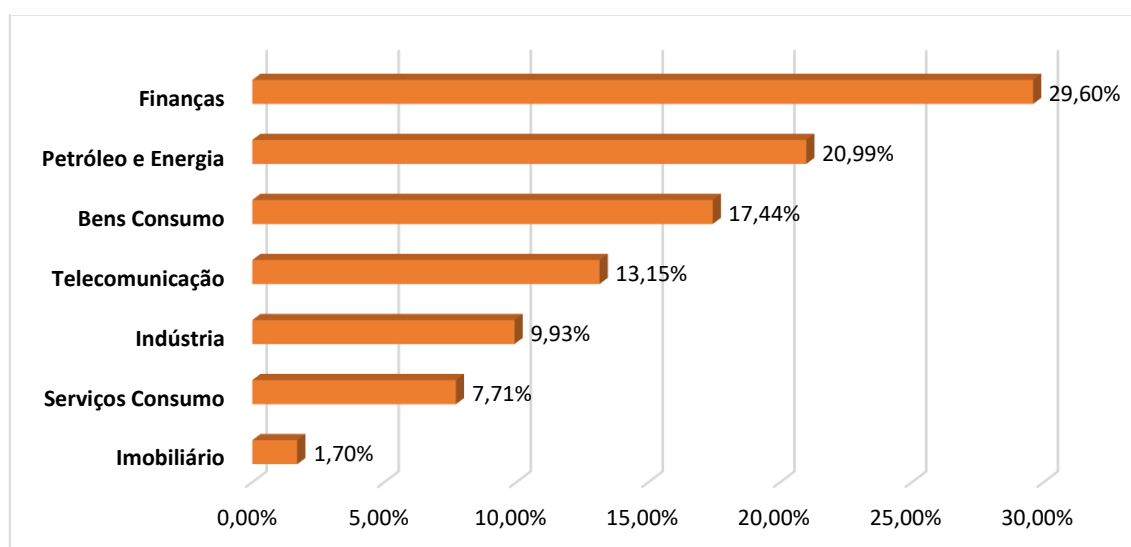
Fonte: Adaptado do site Bolsas y Mercados Españoles (BME)

Tabela B2 - As 10 maiores organizações do índice IBEX35

Organizações	Setores de Atividade	Peso no Índice (em %)
INDITEX	Indústria	15,93%
IBERDROLA	Energia	14,13%
SANTANDER	Finanças	11,48%
BBVA	Finanças	9,12%
AMADEUS IT	Serviços Consumo	5,23%
FERROVIAL SE	Indústria	5,01%
CAIXABANK	Finanças	4,97%
AENA	Serviços Consumo	4,06%
TELEFÓNICA	Telecomunicações	3,79%
CELLNEX TELECOM	Telecomunicações	3,64%

Fonte: Adaptado do site Bolsas y Mercados Españoles (BME)

Gráfico B1 - Setores de atividade do IBEX35 (em %)



Fonte: Adaptado do site Bolsas y Mercados Españoles (BME)