

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS**

ANDREI XAVIER FERREIRA

**ANÁLISE DA VOLATILIDADE DO MERCADO DE CAPITAIS NA PANDEMIA
COVID-19 NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO NA B3 DE 2020 A 2022**

Porto Alegre

2024

ANDREI XAVIER FERREIRA

**ANÁLISE DA VOLATILIDADE DO MERCADO DE CAPITAIS NA PANDEMIA
COVID-19 NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO NA B3 DE 2020 A 2022**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Xavier da Silva

Porto Alegre

2024

CIP - Catalogação na Publicação

Ferreira, Andrei Xavier
ANÁLISE DA VOLATILIDADE DO MERCADO DE CAPITAIS NA
PANDEMIA COVID-19 NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO NA B3
DE 2020 A 2022 / Andrei Xavier Ferreira. -- 2024.
52 f.
Orientador: Leonardo Xavier da Silva.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade
de Ciências Econômicas, Curso de Ciências Econômicas,
Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Covid-19. 2. Volatilidade. 3. Mercado de
Capitais. 4. B3. 5. GARCH. I. Xavier da Silva,
Leonardo, orient. II. Título.

ANDREI XAVIER FERREIRA

**ANÁLISE DA VOLATILIDADE DO MERCADO DE CAPITAIS NA PANDEMIA
COVID-19 NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO NA B3 DE 2020 A 2022**

Trabalho de conclusão submetido ao Curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Ciências Econômicas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título Bacharel em Economia.

Aprovado em: Porto Alegre, 14 de Agosto de 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Leonardo Xavier Da Silva – Orientador

UFRGS

Prof. Dr. Antonio Ernani Martins Lima

UFRGS

Prof. Dr. Carlos Eduardo Schönerwald Da Silva

UFRGS

“Dedico este projeto de pesquisa à minha querida esposa Giulia Perini e ao nosso filho Antônio. Sem ela por perto os resultados não seriam os mesmos. Grato pela sua compreensão com as minhas horas de ausência. Te amo.”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero mencionar a importância da minha esposa, Giulia Perini, em minha vida e em minha trajetória acadêmica. Seu apoio e incentivo foram imprescindíveis para que eu pudesse ter coragem de enfrentar os obstáculos e seguir em frente com o TCC.

À UFRGS que me acolheu como aluno e me proporcionou uma formação completa e diversificada.

Aos professores, pelos ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Aos meus colegas de estudo, que foram meus companheiros de jornada e me ajudaram a manter o ânimo e a perseverança em momentos difíceis.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

A evolução do mercado de capitais nas últimas décadas mostra o quão importante ele tem se tornado para o cenário econômico brasileiro. Ações, debêntures e fundos de investimentos proporcionam às empresas a possibilidade de captar recursos para se destacar no mercado com novos projetos de expansão. Contudo, o alto índice de volatilidade do mercado acionário ainda é uma barreira para muitos investidores. A COVID-19, durante fevereiro de 2020 a janeiro de 2022, tornou este cenário ainda mais complexo para novos entrantes, mas também proporcionou grandes ganhos a investidores profissionais. Este estudo objetivou avaliar os índices de volatilidade nestes momentos em que o cenário econômico encontra-se com instabilidades. A amostra contou com três empresas listadas na bolsa de valores (VALE3 ON, ABEV3 ON e ITUB3 ON). Foram utilizadas séries temporais com base nos fechamentos diários dos pregões durante o período, para detectar padrões. Os resultados indicaram que, apesar da elevada volatilidade durante a pandemia, houve uma capacidade significativa de recuperação no mercado de capitais brasileiro. A aplicação do modelo GARCH mostrou que os impactos variaram entre os segmentos analisados, com algumas ações apresentando maior resiliência e outras sendo mais afetadas pela incerteza econômica. Este estudo contribuiu para a compreensão da dinâmica de volatilidade em períodos de crise e destaca a importância de estratégias de mitigação de riscos para os investidores.

Palavras-chave: Covid-19. Volatilidade. Mercado de Capitais. B3. GARCH.

ABSTRACT

The evolution of the capital market in recent decades underscores its growing significance within the Brazilian economic landscape. Stocks, debentures, and investment funds offer companies avenues to raise capital for expansion projects. Nevertheless, the high volatility of the stock market remains a significant barrier for many investors. The COVID-19 pandemic, spanning from February 2020 to January 2022, intensified this scenario for new entrants but also yielded substantial gains for seasoned investors. This study aims to evaluate volatility indices during these periods of economic instability. The sample comprises three companies listed on the stock exchange: VALE3 ON, ABEV3 ON, and ITUB3 ON. Time series data based on daily closing prices during this period will be utilized to identify patterns. The results indicate that, despite the high volatility during the pandemic, the Brazilian capital market demonstrated a notable capacity for recovery. The application of the GARCH model revealed that impacts varied across the analyzed segments, with some stocks showing greater resilience while others were more adversely affected by economic uncertainty. This study contributes to the understanding of volatility dynamics during crisis periods and underscores the importance of risk mitigation strategies for investors.

Keywords: Covid-19. Volatility. Capital Market. B3. GARCH.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Retornos anuais na Ibovespa - 1968 a 2017.....	15
Gráfico 2 - Emissões de debêntures nos primeiros trimestres - 2012 a 2022.....	16
Gráfico 3 - Evolução da Posição das Pessoas Físicas na B3 - 2011 a 2021.....	17
Gráfico 4 - Crescimento Anual do PIB Mundial, em % - 1961 a 2021.....	20
Gráfico 5 - Oscilação do índice acionário, em pontos - 2020 a 2022.....	21
Gráfico 6 - Evolução Trimestral do PIB Brasileiro 2008-2010 (em % a.a.).....	23
Gráfico 7 - Desempenho do Ibovespa em 2008 e 2020 - Índices base = 100.....	24
Gráfico 8 - Evolução de pontos índice Ibovespa durante 2020 a 2022.....	29
Gráfico 9 - Evolução de preços VALE3 durante 2020 a 2022.....	30
Gráfico 10 - Evolução de preços ABEV3 durante 2020 a 2022.....	31
Gráfico 11 - Evolução de preços ITUB3 durante 2020 a 2022.....	32
Gráfico 12 - Volatilidade Anualizada índice Ibovespa - 2020 a 2022.....	34
Gráfico 13 - Volatilidade Anualizada VALE3 ON - 2020 a 2022.....	35
Gráfico 14 - Volatilidade Anualizada ABEV3 ON - 2020 a 2022.....	36
Gráfico 15 - Volatilidade Anualizada ITUB3 ON - 2020 a 2022.....	37
Gráfico 16 - Comparação da volatilidade do Ibovespa vs Ações - 2020 a 2022.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEV3 ON	Ambev S.A ações ordinárias
B3	Brasil, Bolsa e Balcão
BCB	Banco Central do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
GARCH	Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
ITUB3 ON	Itaú Unibanco Holding S.A ações ordinárias
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
VALE3 ON	Vale S.A. ações ordinárias

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 EVOLUÇÃO DO MERCADO DE CAPITAIS NO BRASIL	13
2.2 VOLATILIDADE NO MERCADO FINANCEIRO	17
2.3 IMPACTOS DA PANDEMIA DE COVID-19 NO MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO	19
2.4 IMPACTOS DA CRISE FINANCEIRA DE 2008 E COMPARAÇÃO COM A PANDEMIA DE COVID-19 NA ECONOMIA BRASILEIRA	22
3 MODELAGEM DE VOLATILIDADE COM GARCH	26
3.1 PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS	26
3.1.1 Previsão com modelo GARCH	27
3.1.2 Amostra de dados	28
4 RESULTADOS	33
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE A - ROTINA UTILIZADA PARA APLICAÇÃO DO MODELO GARCH (1,1) NO SOFTWARE R	48
APÊNDICE B - ROTINA UTILIZADA PARA COMPARAÇÃO DE VOLATILIDADES NO SOFTWARE R	50

1 INTRODUÇÃO

O conceito do Mercado de Capitais trata-se de uma divisão do sistema financeiro, responsável por fazer a intermediação entre aqueles que precisam captar recursos de longo prazo para a implantação de seus projetos, como a expansão de uma empresa, com os investidores, que dispõe desses recursos e desejam investi-los (FIA, 2019). Sendo assim responsável por conferir liquidez aos títulos emitidos pelas empresas, possibilitando a negociação entre vendedores e compradores

Nas últimas décadas, percebeu-se o crescimento do mercado de capitais brasileiro. Ainda, notavelmente na década de 1990 houve uma maior entrada de investidores no mercado de capitais, acelerando o movimento de abertura da economia. O movimento de abertura da economia brasileira foi acelerado com o aumento significativo do número de investidores estrangeiros atuando neste mercado (Sardenberg 2015).

O mercado de capitais, regulado pela CVM (Comissão de Valores Mobiliários), desde então, vem sendo a forma mais rápida de uma empresa captar recursos para seus investimentos e crescimento. As empresas neste mercado captam seus recursos através das emissões de ações, debêntures, cotas de fundos de investimentos, entre outros. Rudge e Cavalcante (1993) afirmam que a empresa em fase de crescimento necessita de recursos para financiar seus projetos de expansão. Nesse sentido, as mesmas emitem títulos para captar recursos diretamente junto ao investidor final - os investidores buscando melhores ganhos e as empresas menores taxas de juros. Rocca (2008) apontou que o mercado de capitais era o principal financiador das empresas brasileiras, ultrapassando o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

No ano de 2020, com maior estabilidade no mercado de capitais do Brasil após superar algumas crises, tanto endógenas quanto exógenas, o mercado enfrentou um novo desafio com a chegada da COVID-19¹. A pandemia do novo Coronavírus gerou uma significativa instabilidade tanto sanitária, quanto socioeconômica, impactando o

¹ De acordo com os dados oficiais da Organização Pan-Americana de Saúde (Opas) e do Ministério da Saúde do Brasil, até 25 de abril de 2020 haviam sido registrados 1.094.828 casos nas Américas, sendo que 11% (120.713) foram localizados na América do Sul e, pelo menos, 5,7% (61.888) no Brasil.”

mercado de capitais do Brasil ao longo de 2020 e estendendo-se até 2022. Lira e Almeida (2020) destacam que o cenário preocupante desencadeou uma crise sistêmica no mercado de ações, expandindo-se pelas Bolsas de Valores no mundo todo, resultando em baixas generalizadas em proporções preocupantes. Essa volatilidade teve relação direta com a crise sanitária mundial, visto que as medidas de distanciamento e isolamento social, impactaram em diversos setores da economia brasileira. Conforme Abrita (2020), a COVID-19 provocou uma diminuição significativa nos investimentos na economia brasileira; um arrefecimento natural na produção e, por conseguinte, na geração de empregos e, ainda, uma projeção de lucro muito aquém do planejado.

Após considerar os diversos aspectos que podem influenciar o mercado acionário, observa-se que, diante da pandemia, os investidores, optaram por resguardar suas reservas e realizaram a venda de seus papéis no mercado secundário, ou alavancaram seus ganhos com segmentos que demonstraram uma iminente alta durante esse cenário. Segundo Rocca (2008), acontecimentos aleatórios e inesperados, sejam eles internos ou no cenário internacional, provocam oscilações e são fatores de incerteza que devem ser considerados por todos os participantes do mercado, sejam empresas ou investidores.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar o impacto da pandemia COVID-19 no mercado de capitais brasileiro, avaliando como diferentes segmentos de ações listadas na B3 foram afetados. Para isso, foram selecionados papéis de empresas distintas, que foram analisadas individualmente para determinar o efeito da pandemia sobre cada segmento.

Portanto, após a observação da volatilidade no mercado de capitais durante o período proposto, utilizam-se séries temporais com as variáveis aleatórias dos índices de preços finais diários das ações durante o período, para prever tendências ou padrões. Para realizar tal análise, utiliza-se o modelo GARCH, que desempenha um papel importante no mercado financeiro, devido a melhor capacidade do modelo em abranger características das séries financeiras em comparação à outros modelos clássicos de séries temporais, sendo, portanto, mais adequados para a modelagem da volatilidade (Thomaz, 2019).

A monografia está dividida em quatro seções, além da introdução. A segunda seção apresenta a revisão bibliográfica para o desenvolvimento do mercado de capitais no Brasil, características e tipos de volatilidade presentes neste mercado. Na terceira seção, apresenta elementos sobre os impactos causados no mercado de capitais pela pandemia COVID-19. A quarta seção detalha o método empregado e o tratamento dos dados, incluindo os preços finais diários de cada ação analisada, no período de fevereiro de 2020 a janeiro de 2022, bem como as séries temporais de retornos correspondentes. A última seção descreve as principais conclusões do estudo proposto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, será apresentada uma revisão bibliográfica abrangendo a literatura sobre a evolução do mercado de capitais no Brasil, o impacto na economia, a alta volatilidade dos ativos e o impacto da crise sanitária no mercado acionário.

2.1 EVOLUÇÃO DO MERCADO DE CAPITAIS NO BRASIL

Segundo a literatura brasileira, o mercado de capitais até meados dos anos 1960 tinha pouca relevância no contexto econômico do país, com investidores preferindo investir em ativos reais, como imóveis (GOV, 2022).

Rodrigues (2012) destaca que os investidores eram majoritariamente especuladores, com pouca participação de investidores institucionais. Poucas companhias negociavam ações, e os níveis de liquidez eram baixos.

Nos anos de 1964 e 1965, o sistema financeiro brasileiro passou por uma reestruturação com a edição de diversas novas leis de regulação, com o objetivo de segmentar o mercado. Entre as que tiveram maior relevância para o mercado de capitais, destacam-se: i) Lei nº 4.595, de 31 de dezembro de 1964 - Reforma Bancária; ii) Lei nº 4.380, de 21 de agosto de 1964 - Reforma Habitacional; e iii) Lei nº 4.728, de 14 de julho de 1965 - Reforma do Sistema Financeiro e do Mercado de Capitais (GOV, 2022).

Até aquele momento, o mercado de capitais já estava em uma forte ascensão, devido às reestruturações entre 1964 e 1965. Contudo, tornou-se ainda mais atrativo aos investidores em 1976, com novas alterações nas Leis nº 6.385/76² e 6.404/76³. Foi criado para o mercado um órgão destinado especificamente para regulação do mercado de capitais, a CVM, trazendo ainda mais transparência às regras que estavam sujeitas.

Os poderes conferidos à CVM incluem o de inspecionar in loco, requisitar documentos e outras evidências em meio físico ou eletrônico, tomar depoimentos e exigir a prestação de informações de companhias abertas, seus acionistas e administradores, e de outros participantes do mercado. Esses poderes não incluem, no entanto, a possibilidade de mandar fazer ou mandar

² https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6385.htm.

³ https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6404consol.htm.

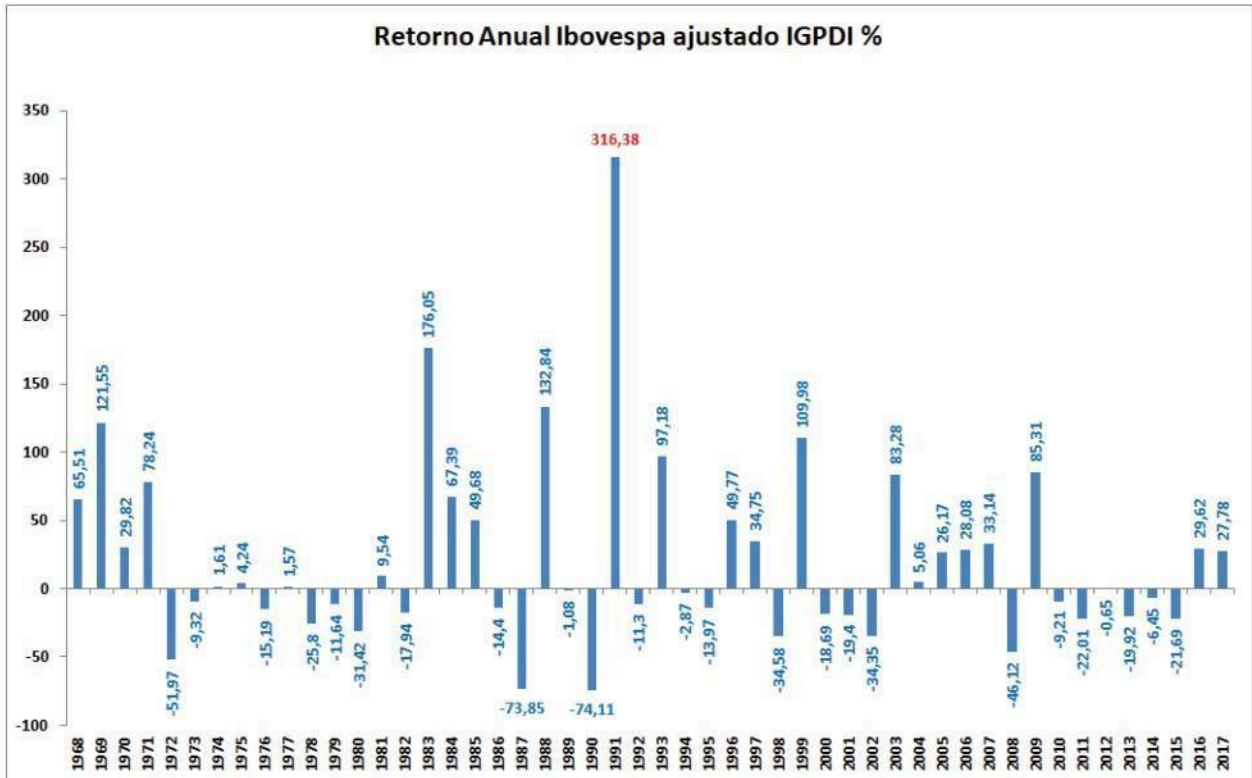
parar, cautelarmente, ações de companhias abertas ou de seus administradores. (Sardenberg, 2015, p.133).

Com a nova regulamentação, o mercado começou a ser impulsionado pela criação de novos instrumentos financeiros e a desenvolver-se de forma mais consistente com a entrada de investidores estrangeiros. De acordo com Sardenberg (2015), em 1990, o movimento de abertura da economia brasileira foi acelerado com o aumento significativo do número de investidores estrangeiros atuando no mercado de capitais nacional.

Com este forte crescimento, o gráfico 1 expõe os retornos anuais no Ibovespa, ajustados pela IGP-DI⁴. Entretanto, foi também em 1990 o pior ano do índice Ibovespa, atingindo a queda de 74,11%, em decorrência da forte especulação e a falta de liquidez da época. Percebe-se que no ano seguinte (1991), foi o ano com maior valorização 316,38%. A valorização do Ibovespa em 1991 também refletiu a maior disposição dos investidores em assumir riscos em um ambiente econômico mais promissor, beneficiado pelas reformas estruturais em curso e pela expectativa de crescimento sustentável a longo prazo.

⁴ O IGP-DI foi criado pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getulio Vargas (FGV) e começou a ser calculado em 1944. Desde então, passou a ser um dos principais índices utilizados para acompanhar a inflação e a evolução dos preços no Brasil. (Brasil, s.d.)

Gráfico 1 - Retornos anuais na Ibovespa - 1968 a 2017.



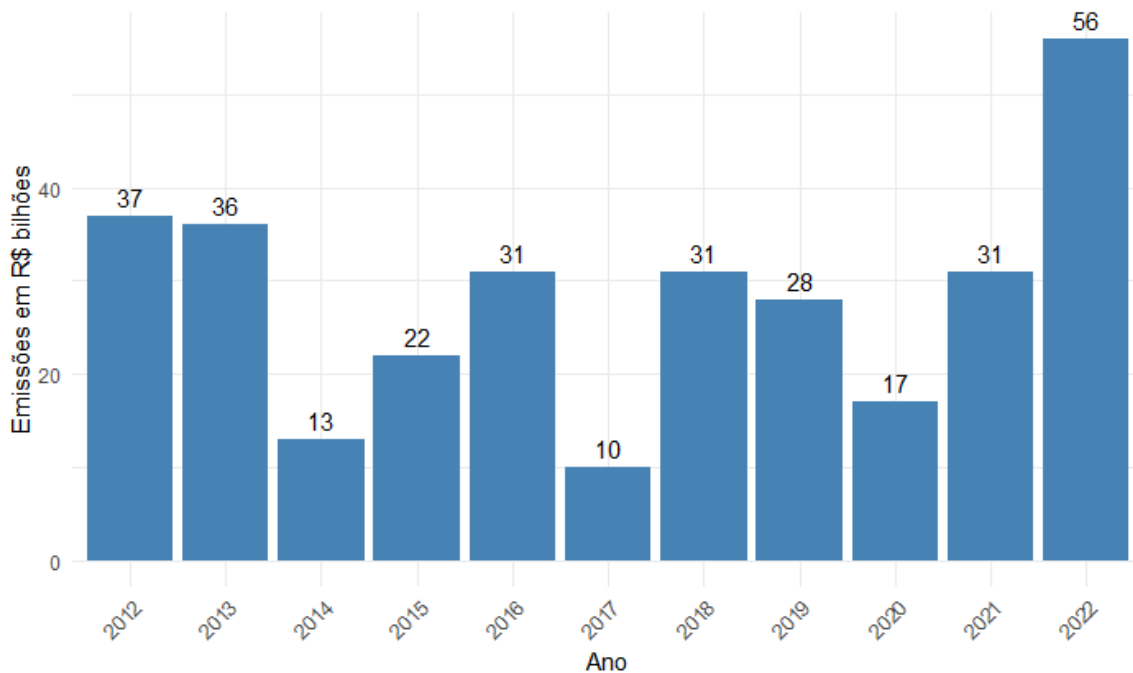
Fonte: Economatica (2017).

O forte crescimento do mercado de capitais, acompanhado do ingresso de novos investidores estrangeiros, favoreceu diretamente a captação e formação de capital das empresas brasileiras. Segundo Sousa (2005), a evolução do mercado de capitais no Brasil reflete o amadurecimento da economia e a busca por alternativas de investimento mais rentáveis e diversificadas.

A principal fonte de financiamento das empresas, o BNDES, no período entre 2013 e 2017, apresentou queda de 26,7%. Em compensação, o financiamento destas companhias através do mercado de capitais cresceu a ponto de em 2016 ultrapassar o BNDES. O mercado de capitais respondeu por 13,2% dos recursos que financiaram os investimentos de empresas e famílias brasileiras em 2017 (ANBIMA e B3 2020). O BNDES perdeu significativa relevância pela mudança em sua política de financiamento. No gráfico 2, nota-se o forte crescimento na emissão de debêntures no mercado acionário desde 2012. Dois fatores destacam a relevância das debêntures: em primeiro lugar, a série histórica indica que esse instrumento teve a maior captação para um

primeiro trimestre desde 2012; em segundo lugar, as emissões em 2022 totalizaram quase o dobro do valor registrado nos três primeiros meses de 2021, atingindo aproximadamente R\$ 30,9 bilhões.

Gráfico 2 - Emissões de debêntures nos primeiros trimestres – 2012 a 2022.



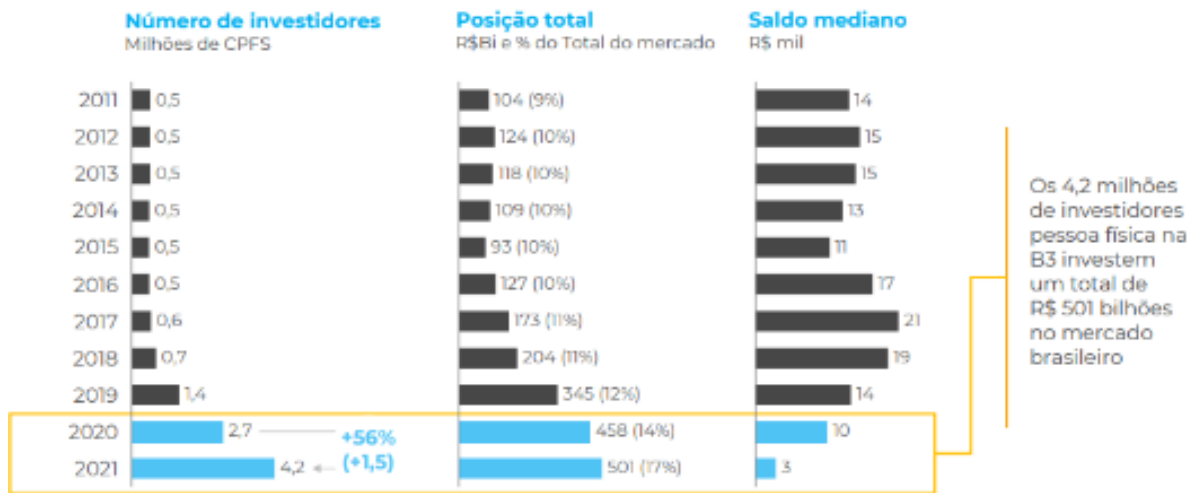
Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em Anbima, 2022.

Conforme análise da ANBIMA (2022), as empresas direcionaram mais da metade dos recursos adquiridos com as debêntures para capital de giro (34,2%) e para refinanciamento de passivo (24,2%).

De acordo com a B3, o forte impulso que o mercado de capitais ganhou a partir de 2017, explica-se pelo cadastro de novos CPFs na bolsa de valores, onde passou de pouco mais de 600.000 investidores para pouco mais de 2.700.000 em 2020. Uma crescente de aproximadamente 350% durante o período. Esse aumento na base de investidores contribuiu para uma captação no mercado de capitais de R\$ 458 bilhões.

Como evidenciado no gráfico 3, de 2020 para 2021 houve um crescimento adicional de 56%, elevando a captação para R\$ 501 bilhões. Este crescimento reflete a maior participação dos investidores no mercado de capitais brasileiro.

Gráfico 3 - Evolução da Posição das Pessoas Físicas na B3 - 2011 a 2021.



Fonte: B3 (2021).

O crescimento do número de investidores diversifica a base de participantes do mercado e aumenta a liquidez. No entanto, sem uma educação financeira adequada, muitas pessoas podem ficar frustradas ao acreditarem que a bolsa de valores é um meio rápido para ganhar dinheiro. Segundo Godoy (2020), é essencial que os novos investidores sejam educados sobre os riscos e as características do mercado de capitais para evitar desilusões e decisões financeiras precipitadas pela alta volatilidade.

2.2 VOLATILIDADE NO MERCADO FINANCEIRO

Em B3 (2023) a volatilidade é um conceito que se refere a mudanças: seja do comportamento humano ou do estado de uma substância. Mas, nas finanças, a volatilidade pode ser definida pela frequência e intensidade da oscilação de preços de um ativo.

De acordo com Araújo (2010), a utilização da volatilidade como medida do risco dos títulos que operam nos mercados financeiros, a sua capacidade de diversificação de riscos para os investidores têm sido a base de muitos estudos.

O componente de volatilidade (ou de flutuações irregulares), anteriormente, era descrito como movimentos erráticos em uma série temporal que não seguem um padrão regular ou identificável. Era representado por uma série de resíduos aleatórios (com média zero e variância uniforme) que resultariam de uma série

de tempo, após a “retirada” dos componentes de tendência, ciclos e sazonalidade. (Bowerman e O’Connell 1979, p.364).

Para Costa (2017) o efeito anúncio, ou seja, a chegada de novas informações ao mercado de alguns fatores econômicos, como produto interno bruto (PIB), inflação e a taxa de desemprego também podem ter um impacto na volatilidade.

Todo investimento tem variações em seu preço, portanto, ele é volátil. Essa volatilidade é algo muito comum na bolsa de valores, e ela pode ser tanto positiva quanto negativa.

Nesse sentido, conforme Rocca,

O problema, no Brasil, é que há um fator intrínseco de instabilidade, que sempre esteve na raiz dos nossos problemas macroeconômicos, afetando todos setores, incluindo o mercado de capitais: as contas públicas, cujo desequilíbrio foi a causa da inflação geradora de planos econômicos que jogavam o país e, conseqüentemente, a bolsa de valores, em gangorras que impediam nosso franco desenvolvimento. (Rocca, 2008. p.129).

O perigo desse movimento é que uma retração econômica afeta negativamente a volatilidade do mercado, tendo como resultado as quedas significativas que pudemos verificar entre 2020 a 2022 no Brasil e no mundo.

Conforme estudo elaborado por FIA (2020), foi apontado que para o mercado financeiro brasileiro, passou a se agravar em março de 2020, data em que o primeiro *circuit breaker*⁵ do ano foi acionado. O mecanismo da B3, bolsa de valores brasileira, suspende as negociações por 30 minutos e é ativado automaticamente sempre que uma queda maior do que 10% é registrada no pregão. Desde o início da crise, causada pela COVID-19, foram seis as ocasiões em que as negociações da bolsa tiveram que ser paralisadas para frear uma desvalorização brusca das ações.

Neste contexto de alta volatilidade, o modelo GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) se torna uma ferramenta crucial. Este modelo ajusta a variância dos retornos com base em choques passados e na volatilidade anterior, permitindo uma previsão mais dinâmica e ajustada da variabilidade

⁵ *circuit breaker*, no mercado financeiro significa “mecanismo de interrupção”, quando um índice de mercado cai abaixo de um determinado percentual em relação ao fechamento do dia anterior, um *circuito breaker* é acionado. Isso pode resultar em uma pausa temporária nas negociações, com a duração da pausa dependendo da gravidade da queda.

dos preços. Em Thomaz (2020), o principal objetivo na modelagem da volatilidade é, portanto, mensurar o risco associado a uma carteira de ativos. Neste caso, os investidores estão mais interessados nos ganhos e perdas, devido a um determinado investimento, em detrimento do preço do ativo financeiro em si. Por este motivo, é comum utilizar a variação de preços dos ativos na modelagem de séries financeiras.

2.3 IMPACTOS DA PANDEMIA DE COVID-19 NO MERCADO DE CAPITAIS BRASILEIRO

Para Santos et al (2022) o ano de 2020 iniciou de forma dramática, trazendo incertezas ao cenário global. Em 30 de janeiro a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que o novo coronavírus (COVID-19) era uma emergência de saúde pública de relevância internacional. Pouco tempo depois, em 11 de março de 2020, a OMS oficialmente declarou que a COVID-19 estava classificada como uma pandemia.

A COVID-19, que estendeu-se entre 2020 e 2022, é a responsável por atingir o Brasil internamente, afetando diretamente o desempenho econômico no mercado financeiro e acionário. Segundo Abrita (2020), a pandemia do novo Coronavírus, mesmo tendo sua origem em uma crise sanitária, tem reflexos diretos nos aspectos econômicos.

Com o alto contágio da doença, as autoridades do país foram obrigadas a providenciar medidas de segurança para a população. A principal, foi garantir o isolamento social, fechando os comércios e permitindo apenas o funcionamento e continuidade de serviços considerados essenciais, como saúde e segurança.

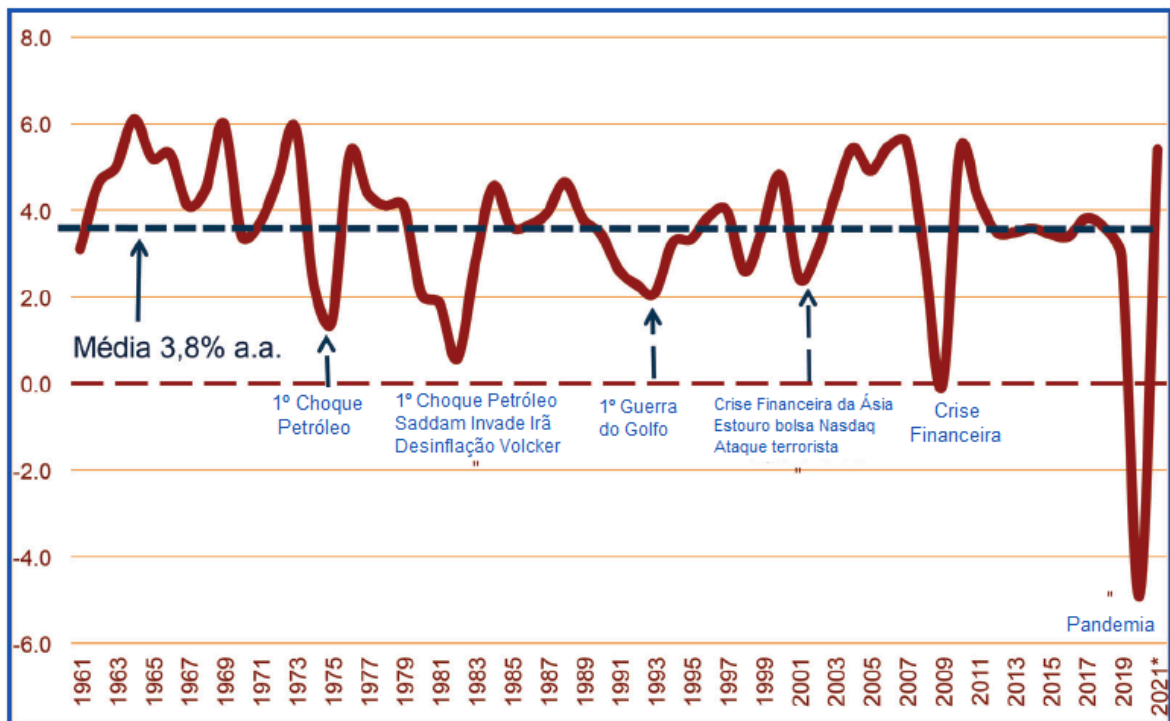
Neste cenário, algumas medidas foram adotadas para a garantia do desempenho econômico brasileiro, porém, a pandemia gerou uma enorme crise em diferentes aspectos das cadeias produtivas, principalmente relacionadas às exportações. Ainda assim, alguns setores se sobressaíram neste comércio diante do cenário apresentado.

[...] o Brasil continuou em busca da expansão de negócios, mesmo com as adversidades internacionais decorrentes da pandemia. Neste cenário, os

negócios com as commodities⁶ minerais destacaram-se, especialmente pela resiliência da economia chinesa ao longo do ano, que manteve elevada sua demanda por insumos minerais e ampliou os seus negócios com o Brasil. (Mota 2021, p.1).

Segundo dados divulgados pelo IBGE (2021), o PIB encerrou o ano de 2020 com uma queda de 4,1%, totalizando R\$7,4 trilhões. Este foi o maior recuo anual desde o início da série histórica, em 1996, interrompendo um período de crescimento consecutivo registrado nos três anos anteriores, de 2017 a 2019, quando o PIB acumulou uma alta de 4,6%. No gráfico 4, abaixo, são destacados eventos significativos que impactaram a trajetória da economia global, desde o primeiro choque do petróleo até a pandemia de COVID-19 em 2020. O gráfico também ilustra que, ao longo dos últimos 60 anos, o crescimento médio anual do PIB foi de 3,8%.

Gráfico 4 - Crescimento Anual do PIB Mundial, em % - 1961 a 2021.



Fonte: FMI (2020)

⁶ *Commodities* são mercadorias, principalmente, de origem primária, portanto, possuem origem agrícola, pecuária, mineral ou ambiental.

O mercado acionário, enfrentou uma alta volatilidade em todos segmentos listados na B3. De acordo com Silva (2020), a pandemia de COVID-19 trouxe uma nova dinâmica para o mercado de capitais, com investidores reavaliando constantemente seus investimentos e estratégias devido à incerteza econômica e sanitária. No Brasil, o índice Ibovespa chegou a maio de 2020 com mais de 30% de queda acumulada desde o início da crise e seis *circuit breakers* acionados nos últimos dois meses (FIA, 2020).

Esse período de extrema volatilidade refletiu a preocupação dos investidores com o impacto econômico da pandemia e a resposta dos governos em termos de políticas fiscais e monetárias. Além disso, fatores como a redução das taxas de juros, a desvalorização cambial e as medidas de estímulo adotadas pelo governo também influenciaram o comportamento do mercado.

Gráfico 5 - Oscilação do índice acionário, em pontos - 2020 a 2022.



Fonte: Valor Econômico (2022)

Acompanhando as tendências dos mercados globais, o Ibovespa experimentou quedas acentuadas. Não surpreendentemente, investidores estrangeiros retiraram capital do mercado brasileiro. Isso ficou evidente em 16 de março de 2020, quando o índice caiu 13,92% devido ao pânico do mercado em relação à pandemia. O gráfico acima mostra as quedas no índice Ibovespa provocadas pelo início da pandemia e da segunda onda de covid.

Em resumo, observa-se que a pandemia afetou o mercado de capitais de várias formas, influenciando diferentes setores de atuação. Além das quedas nos índices,

houve variações significativas nos volumes de negociação, alterações nos padrões de investimento e mudanças na percepção de risco por parte dos investidores.

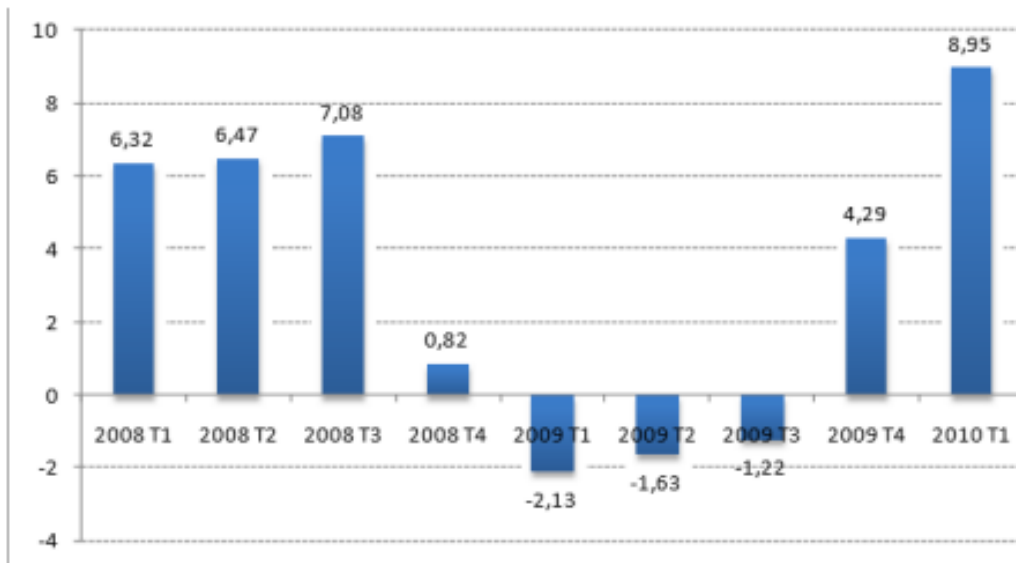
2.4 IMPACTOS DA CRISE FINANCEIRA DE 2008 E COMPARAÇÃO COM A PANDEMIA DE COVID-19 NA ECONOMIA BRASILEIRA

A crise financeira global de 2008, desencadeada pelo colapso do mercado imobiliário dos Estados Unidos e pela falência do banco Lehman Brothers, resultou em uma recessão global e na mais grave crise financeira desde a Grande Depressão. De acordo com dados do FMI, as economias desenvolvidas chegaram a apresentar queda no produto de 7,2% e 8,3% no quarto trimestre de 2008 e primeiro de 2009, respectivamente (Santos, 2012).

O estudo de Gonçalves (2008) analisa os efeitos da crise econômica global sobre os países da América Latina, com foco particular na economia brasileira. A análise conclui que o Brasil está entre os países latino-americanos mais impactados pela crise econômica internacional que se intensificou em 2008.

De acordo com Nozaki (2011), após o terceiro trimestre de 2008, o PIB nacional caiu abruptamente, registrando uma queda superior a 6% e alcançando percentuais negativos no primeiro trimestre de 2009 (conforme ilustrado no gráfico 6). No entanto, a economia brasileira mostrou uma rápida recuperação, com uma retomada significativa já no último trimestre de 2009.

Gráfico 6 - Evolução Trimestral do PIB Brasileiro 2008-2010 (em % a.a.).



Fonte: Nozaki (2011, p.44).

O crescimento do PIB voltou a níveis superiores aos anteriores à crise, alcançando 4,3% no quarto trimestre de 2009 e atingindo 9% no primeiro trimestre de 2010. Esse crescimento foi resultado do sucesso das medidas adotadas pelo governo brasileiro, do padrão de desenvolvimento implementado desde 2004 e da recuperação do crescimento econômico externo. Segundo Santos (2012), no período de eclosão da crise financeira mundial o Banco Central do Brasil adotou uma série de medidas políticas com o intuito de garantir a blindagem de nossa economia com relação à dos demais países atingidos.

Durante a crise financeira de 2008, diversos setores da economia brasileira enfrentaram dificuldades, similares às observadas durante a pandemia. Os setores financeiro, de commodities e consumo foram particularmente afetados. A crise provocou uma retração no crédito e uma queda na demanda global por commodities, impactando negativamente as empresas desses setores.

Gráfico 7 - Desempenho do Ibovespa em 2008 e 2020 - Índices base = 100.



Fonte: Valor Econômico (2020).

No Gráfico 7, observa-se uma semelhança no desempenho do Ibovespa durante a crise de 2008 e a crise pandêmica de 2020, ambas com quedas vertiginosas dentro do mesmo curto espaço de tempo. Embora estas crises tenham ocorrido em contextos e com causas distintas: uma crise econômica e outra sanitária. Entretanto, o impacto nos setores econômicos e a resposta dos mercados foram similares.

Com deflação de aproximadamente 59,96% em apenas cinco meses do principal índice de desempenho do mercado acionário do país, o Ibovespa atingiu o patamar de 29.435 pontos no dia 27 de outubro de 2008. Essa queda pode ser entendida por quatro principais fatores: A fuga de capitais, perdas das empresas nacionais com derivativos cambiais, queda no preço das commodities, e a retração dos investimentos em cenários negativos, como o da crise (Motta, 2016).

A recuperação do Ibovespa após ambas as crises demonstrou um padrão de resposta semelhante. Após a crise de 2008, o índice iniciou um processo de recuperação impulsionado por políticas monetárias e fiscais expansivas adotadas pelo governo e pelo banco central. O estímulo econômico, aliado à recuperação do comércio internacional e à restauração da confiança dos investidores, ajudou o Ibovespa a recuperar seu valor e alcançar novos patamares em 2009 e 2010. Da mesma forma,

após a crise da COVID-19, o índice se beneficiou das políticas de estímulo rápido, incluindo a redução da Selic e pacotes de estímulo fiscal, que sustentaram a economia e incentivaram a recuperação do mercado.

As políticas fiscais adotadas destacaram-se, sendo responsáveis por controlar a crise de modo a não impactar de maneira significativa a economia do país, o que ocorreu a partir da compensação dos efeitos negativos, principalmente, a elevação dos juros e a desvalorização do câmbio (Fonseca 2013).

Na pandemia, as mudanças legislativas de flexibilização do regime fiscal foram aprovadas, um orçamento paralelo livre de amarras fiscais foi instituído, e ações com alto grau de complexidade administrativa foram operacionalizadas em um breve período de tempo (Orair 2021).

3 MODELAGEM DE VOLATILIDADE COM GARCH

Conforme exposto, o objetivo desta monografia envolve analisar as ações já pré-definidas anteriormente, verificar os maiores índices de volatilidade e os fundamentos correspondentes ao cenário, o estudo é o período durante a pandemia COVID-19 entre 03 de fevereiro de 2020 e 31 de janeiro de 2022. As ações selecionadas são constituídas por papéis consolidados no mercado acionário, com o objetivo de diversificar os segmentos analisados.

3.1 PREVISÃO DE SÉRIES TEMPORAIS

O levantamento dos dados inclui 495 eventos para cada uma das ações, entre 02/2020 a 01/2022. Para o presente estudo foram consideradas apenas as ações listadas na B3, são elas VALE3 ON (Vale S.A. ações ordinárias), ABEV3 ON (Ambev S.A. ações ordinárias) e ITUB3 ON (Itaú Unibanco Holding S.A. ações ordinárias). As amostras foram retiradas do banco de dados de séries históricas da B3 e foram utilizados os valores de fechamento de cada pregão referente a cada dia do período pré-definido. Na posse destes valores, foram realizadas análises para observar padrões e previsões, através das séries temporais com modelagem GARCH. Segundo Albuquerque (2015), uma modelagem estatística capaz de quantificar e prever um determinado atributo ao longo do tempo são as análises de Séries Temporais.

Para Davila (2020), séries temporais podem ser observadas quando os dados são contabilizados em diferentes instantes do tempo, seja diariamente (preço de ações, relatórios meteorológicos), como mensalmente (taxa de desemprego, Índice de Preço ao Consumidor), trimestralmente (Produto Interno Bruto) e etc.

Tendo em vista o interesse de modelar apenas a volatilidade, uma alternativa muito utilizada é aplicar inicialmente um modelo ARMA para remover a dependência serial, para, então, aplicar o modelo GARCH nos resíduos, de maneira a estimar a volatilidade de forma mais consistente (Morettin, 2011).

3.1.1 Previsão com modelo GARCH

O modelo GARCH foi escolhido devido à sua capacidade de capturar a volatilidade condicional, que é essencial para refletir as mudanças dinâmicas na volatilidade dos preços das ações durante períodos de crise, como a pandemia de COVID-19.

Segundo Menezes (2020), uma mudança na variância ou volatilidade ao longo do tempo pode causar problemas na modelagem de séries temporais com métodos clássicos. Pois, um aspecto de uma série temporal que esses modelos não captam é uma alteração na variância ao longo do tempo, devido ao fato de que nesses modelos as observações recentes receberam o mesmo peso que observações mais antigas, que claramente podem não possuir o mesmo impacto ao longo do tempo que uma vez tiveram. Os modelos mais empregados para a modelagem da volatilidade são os modelos de heterocedasticidade condicional (Thomaz 2020). Estes, são modelos econométricos de séries univariadas, e visam estimar o retorno esperado de uma série financeira, preocupando-se apenas com o primeiro momento condicional da série.

Outro ponto importante é que a volatilidade não é diretamente observável; portanto, é necessário estimá-la através de seus preços.

O modelo GARCH, proposto por Bollerslev (1986), trata-se de uma extensão do modelo ARCH. Permitindo capturar não apenas a dependência nos quadrados dos resíduos, mas também nas próprias variâncias condicionais passadas.

Modelo GARCH, conforme apresentado abaixo:

$$r_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i r_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j}$$

em que ϕ_i , θ_j são coeficientes dos termos, c é uma constante, p é a ordem do modelo autorregressivo e q é a ordem do modelo de média móvel.

Atualmente, existem diversas variantes do modelo GARCH, embora muitas delas ofereçam apenas melhorias incrementais em relação ao modelo original. Entre essas

extensões estão o Integrated GARCH, o Exponential GARCH (EGARCH), o GJR-GARCH, entre outros. A família de modelos GARCH é amplamente aplicada na prática para prever a volatilidade e os retornos no mercado financeiro (Menezes, 2020). Para a maioria das séries financeiras, a utilização do modelo GARCH(1,1) já é suficiente para explicar sua volatilidade e, para explicar o modelo, inicialmente consideramos r_t como uma série de retornos.

Modelo GARCH (1,1), conforme apresentada abaixo:

$$r_t = \epsilon_t \sigma_t$$

$$r_t = \epsilon_t \sqrt{\omega + \alpha r_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2}$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha r_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2$$

onde, r_t representa a série de retornos, ϵ_t é um termo de erro (geralmente assumido como uma variável aleatória independente e identicamente distribuída com média zero e variância um), σ_t é a volatilidade condicional, ω , α e β são parâmetros do modelo, onde $\omega > 0$, $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$ e $\alpha + \beta < 1$ para garantir a estacionariedade.

A principal razão para a modelagem da volatilidade é a mensuração do risco associado a uma carteira de ativos. Investidores estão mais interessados nos ganhos e perdas potenciais de um investimento, e o modelo GARCH, ao fornecer previsões mais precisas da volatilidade futura, ajuda a avaliar melhor o risco envolvido. Isso é crucial em períodos de alta incerteza como o da COVID-19, proporcionando uma análise aprofundada e confiável do impacto da pandemia no mercado de capitais brasileiro.

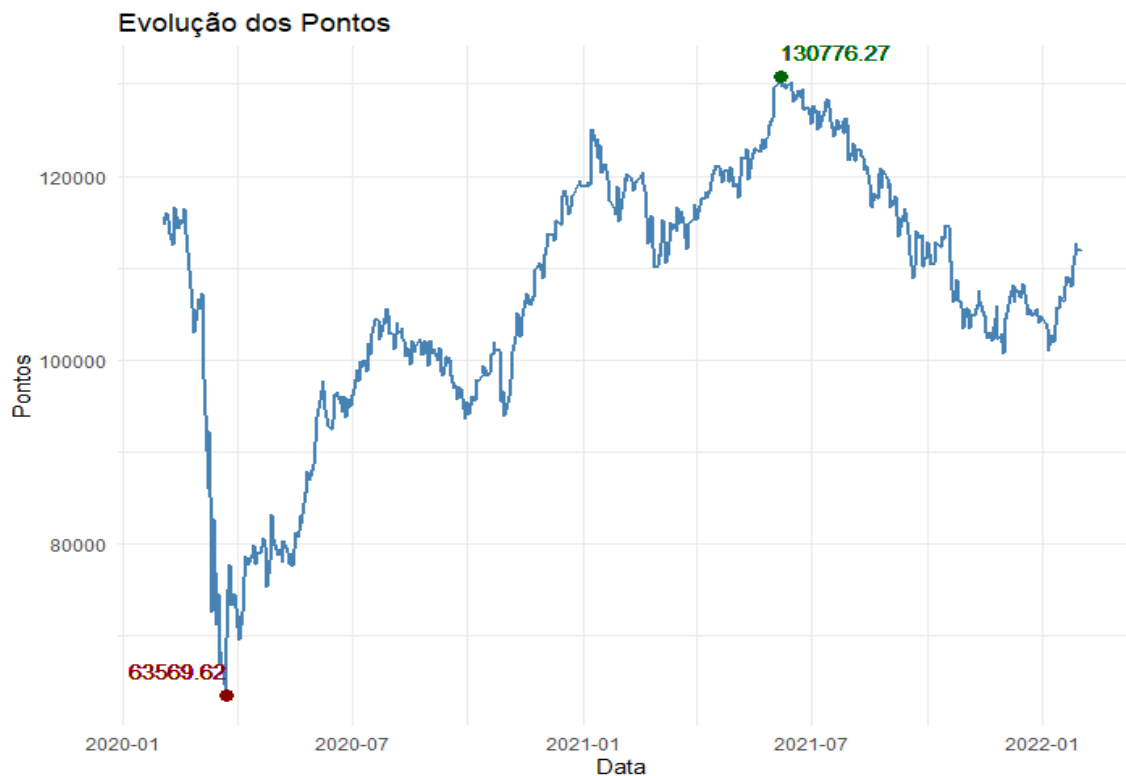
3.1.2 Amostra de dados

Nesta seção, serão demonstrados os preços das ações da VALE3 ON, ABEV3 ON e ITUB3 ON, dos quais foram coletados do banco de dados da B3 no período de fevereiro de 2020 até janeiro de 2022. A escolha destas ações foi estratégica, pois representam empresas já consolidadas na economia brasileira.

Para fornecer uma base sólida para a análise da volatilidade das três ações selecionadas, é fundamental utilizar o índice Ibovespa como referência. O Ibovespa, sendo o principal indicador do desempenho do mercado de ações brasileiro, reflete a evolução das cotações das ações mais negociadas e representativas na B3.

No gráfico 8 nota-se o desempenho do índice Ibovespa e nos gráficos 9, 10 e 11, visualiza-se as oscilações dos preços das ações VALE3, ABEV3, ITUB3 durante o período pandêmico da Covid-19. Estes dados são importantes para modelar e prever a volatilidade de séries temporais financeiras, como preços de ações e retornos de ativos.

Gráfico 8 - Evolução de pontos índice Ibovespa durante 2020 a 2022.



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022.

No Brasil, o Ibovespa acompanha os mercados internacionais, apresentando uma retração mais intensa do que o restante do mercado de ações, com uma variação negativa de 43% (Silva, 2021). Além disso, destaca-se que a desvalorização das ações

brasileiras, refletida no retorno negativo do Ibovespa, decorre em grande parte de expectativas futuras pessimistas, especialmente no cenário macroeconômico.

Segundo Bomfim (2021), após atingir seu ponto mais baixo próximo aos 63 mil pontos, o Ibovespa subiu de forma consistente até alcançar os 100 mil pontos em 10 de julho, quando fechou em 100.031 pontos. Essa recuperação foi impulsionada por estímulos monetários e fiscais globais, além das expectativas de desenvolvimento de uma vacina contra a COVID-19.

Gráfico 9 - Evolução de preços VALE3 durante 2020 a 2022.



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022.

Conforme Machado (2021), o grande destaque foi o minério de ferro, insumo da indústria do aço. O produto de referência no mercado chinês, com 62% de teor de ferro, encerrou 2020 a US\$ 160,47 a tonelada. Os preços do minério de ferro atingiram níveis recordes durante a pandemia devido ao desequilíbrio entre oferta e demanda. A redução na oferta de outras regiões e a manutenção da produção pela Vale contribuíram para essa alta.

A commodity alcançou expressiva alta de 74% no ano. Na mesma linha, as ações da Vale (VALE3) também tiveram ganhos de mais de 100%, sustentadas pela forte alta do minério de ferro. A Vale beneficiou-se de contratos de longo prazo com preços atrelados ao mercado, permitindo que capturasse os ganhos dessa alta nos preços.

Gráfico 10 - Evolução de preços ABEV3 durante 2020 a 2022.



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022

Alencar e Perez (2020) explicam que enquanto o consumo de álcool vem crescendo no mundo todo, a cerveja perdeu espaço como principal opção. Essa tendência provavelmente foi mais forte durante os primeiros meses da pandemia, uma vez que a cerveja está ligada a encontros sociais, algo que não poderia acontecer. A mesma tendência pôde ser observada no Brasil, país de forte cultura cervejeira.

Durante a pandemia, as medidas de distanciamento social e as quarentenas levaram a um aumento significativo na demanda por entregas em domicílio, incluindo bebidas alcoólicas. As pessoas passaram a consumir mais em casa, evitando bares e restaurantes fechados ou com restrições de funcionamento.

Outro fator determinante para isto, foi a startup Zé Delivery, em que o número de pedidos aumentou de 1,6 milhão em 2019 para 27 milhões em 2020: um crescimento interanual de 1.688% (AWS, 2021).

Gráfico 11 - Evolução de preços ITUB3 durante 2020 a 2022.



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022

De acordo com Fernandez (2021), as ações do Itaú (ITUB3) foram afetadas pela crise do coronavírus, que impactou mais negativamente os grandes bancos em comparação aos menores. Estes se beneficiaram com a migração de clientes e a expansão das *fintechs*, enquanto os grandes enfrentaram maiores provisões para inadimplência, descumprimento de contratos e desvalorização de filiais.

Observa-se nos gráficos que, durante o período proposto e amostras coletadas, as ações da VALE3 ON experimentaram sua maior alta no pregão do dia 11 de maio de 2021, chegando a R\$118,72 e seu menor preço no pregão do dia 23 de março de 2020, precificado em R\$34,10. Na ABEV3 ON, sua maior alta foi identificada no dia 07 de junho de 2021, em R\$19,60 e seu menor preço em 16 de março de 2020, por R\$11,03. Já no ITUB3 ON, notou-se seu maior valor em 12 de fevereiro de 2020, em R\$31,47 e sua menor cotação no dia 21 de dezembro de 2021, por R\$19,01.

4 RESULTADOS

Com base nos resultados dos gráficos 12, 13, 14 e 15, foi utilizado o modelo de GARCH (1,1) para a análise de estimativas de previsões com maior praticidade e rapidez. Através do modelo, foi possível observar a volatilidade do índice Ibovespa e das ações definidas e entender o contexto econômico de cada uma delas. O software utilizado foi o R, que possibilitou modelar a volatilidade anualizada dos preços das ações e do índice Ibovespa.

A volatilidade do Ibovespa serve, assim, como uma medida de referência para entender como as ações individuais se comportam em relação ao mercado como um todo, oferecendo perspectivas relevantes sobre o desempenho relativo e a exposição ao risco das ações analisadas.

A linha azul nos gráficos representou a volatilidade condicional estimada pelo modelo GARCH, enquanto a linha vermelha foi usada para indicar a volatilidade de longo prazo anualizada.

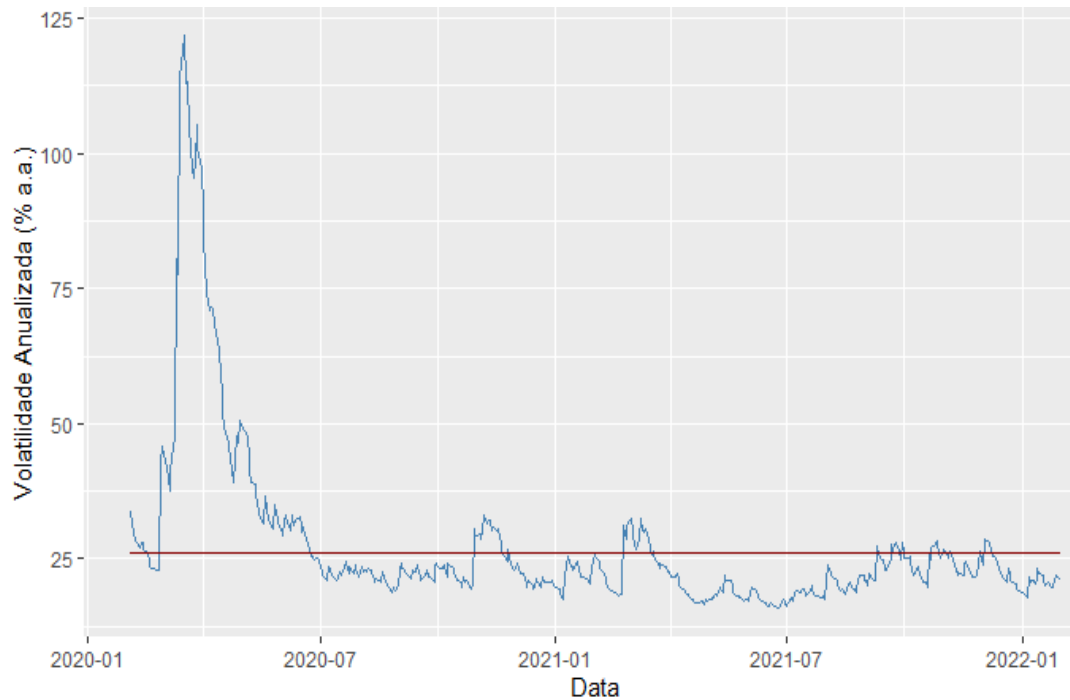
Na sequência, calcula-se a volatilidade de longo prazo usando a fórmula:

$$VL = \frac{\omega}{1-\alpha-\beta}.$$

onde, ω é uma média baixa da variância incondicional, α (responsável pela média da volatilidade passada, sugerindo alta sensibilidade a choques recentes no mercado) e β (reflete a persistência dos efeitos desses choques no tempo).

A volatilidade do Ibovespa, apresentada abaixo, no gráfico 12, é amplamente utilizada como referência para o mercado acionário brasileiro, sendo essencial na análise do desempenho de ações individuais listadas na B3. Por representar uma média ponderada das principais ações negociadas na bolsa, o Ibovespa oferece um parâmetro de comparação robusto, permitindo que se avalie a performance relativa de outros ativos em relação ao comportamento geral do mercado.

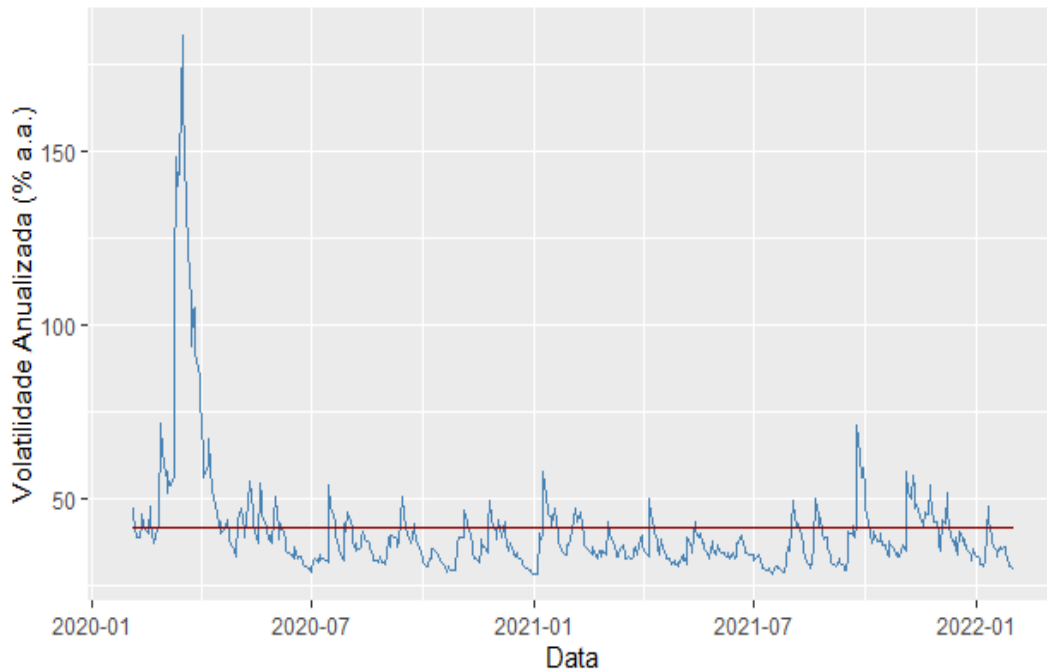
Gráfico 12 - Volatilidade Anualizada índice Ibovespa - 2020 a 2022.



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022.

No índice Ibovespa, os coeficientes estimados do modelo foram $\alpha_1 = 0.1060722$ e $\beta_1 = 0.8568861$. A volatilidade de longo prazo anualizada foi calculada como 0.261, ou 26,1% ao ano. Essa volatilidade de longo prazo é moderada, refletindo uma incerteza e variabilidade nos retornos do Ibovespa, porém menos intensa que a observada em ações individuais como a VALE3. O Ibovespa é composto por uma ampla gama de ações de diferentes setores da economia, o que tende a reduzir a volatilidade agregada do índice em comparação com ações individuais. A diversificação ajuda a suavizar os impactos de eventos específicos de empresas ou setores, proporcionando uma estabilidade relativa nos retornos do índice.

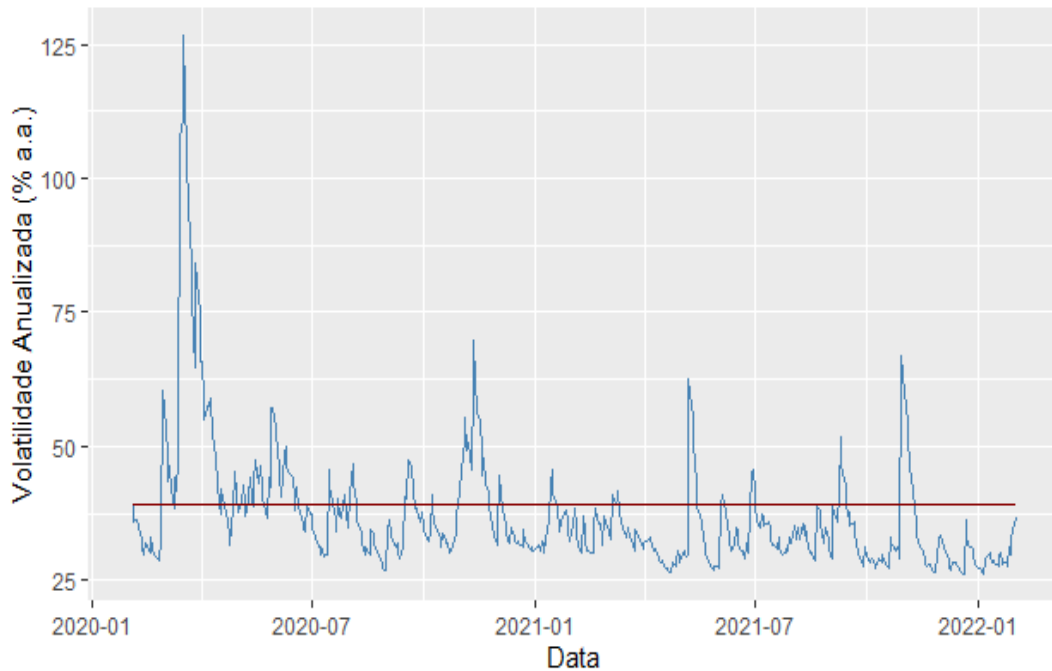
Gráfico 13 - Volatilidade Anualizada VALE3 ON - 2020 a 2022.



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022.

Em VALE3, os coeficientes estimados do modelo foram $\alpha_1 = 1.77791$ e $\beta_1 = 0.7277896$. A volatilidade de longo prazo anualizada foi calculada como 0.412, ou 41.2% ao ano. A volatilidade de longo prazo de 41.2% ao ano é relativamente elevada, indicando um alto grau de incerteza e variabilidade nos retornos das ações da VALE3. Esse nível de volatilidade pode ser atribuído a diversos fatores, incluindo a exposição da empresa a variações nos preços das commodities, mudanças nas políticas econômicas internas e externas, bem como outros eventos macroeconômicos e geopolíticos que podem impactar a indústria de mineração. Além disso, é importante considerar que altos níveis de volatilidade podem atrair investidores de perfil mais agressivo, que buscam oportunidades de ganhos rápidos com a flutuação dos preços, mas também pode afastar investidores mais conservadores que preferem ativos de menor risco.

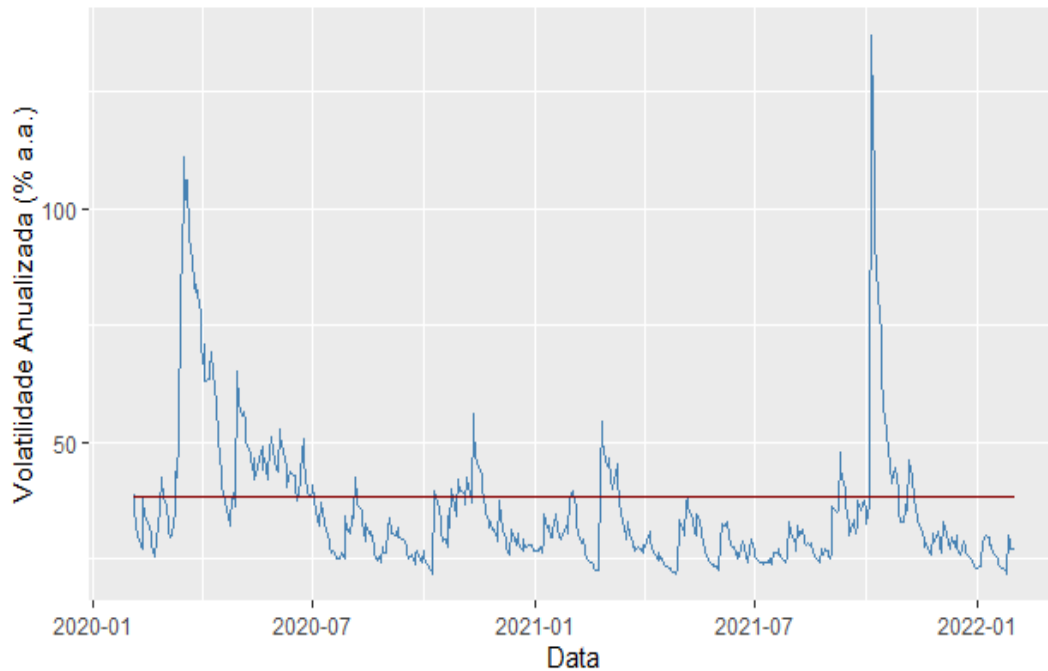
Gráfico 14 - Volatilidade Anualizada ABEV3 ON - 2020 a 2022.



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022.

Em ABEV3, os coeficientes estimados do modelo foram $\alpha_1=0.1548725$ e $\beta_1=0.7395868$. A volatilidade de longo prazo anualizada foi calculada como 0.392, ou 39.2% ao ano. Isso pode refletir a natureza diferente das operações da Ambev, que, apesar de estar exposta a fatores macroeconômicos e de mercado, pode apresentar uma volatilidade mais controlada devido à estabilidade e previsibilidade de suas receitas no setor de bebidas. Esse risco pode ser influenciado por fatores como mudanças nos hábitos de consumo, variáveis econômicas, concorrência no setor de bebidas, bem como questões regulatórias e fiscais.

Gráfico 15 - Volatilidade Anualizada ITUB3 ON - 2020 a 2022.



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022.

Já em ITUB3, os coeficientes estimados do modelo foram $\alpha_1=0.174032$ e $\beta_1=0.7616479$. Utilizando esses coeficientes, calculamos a volatilidade de longo prazo anualizada, que resultou em 0.384, ou seja, 38.4% ao ano. A volatilidade de longo prazo de 38.4% ao ano é significativa, mas ligeiramente inferior à volatilidade observada em VALE3 e ABEV3. Este nível de volatilidade reflete a estabilidade relativa do setor bancário, onde o Itaú opera. Embora os bancos estejam expostos a riscos macroeconômicos e de mercado, a natureza das operações bancárias, incluindo a diversificação das fontes de receita e a regulamentação rigorosa, pode contribuir para uma volatilidade mais controlada. Apesar disso, uma volatilidade anualizada de 38.4% ainda indica uma quantidade considerável de risco associado aos investimentos em ITUB3. Fatores como mudanças nas taxas de juros, políticas monetárias, regulação bancária, e a saúde econômica geral podem influenciar significativamente a volatilidade das ações do Itaú.

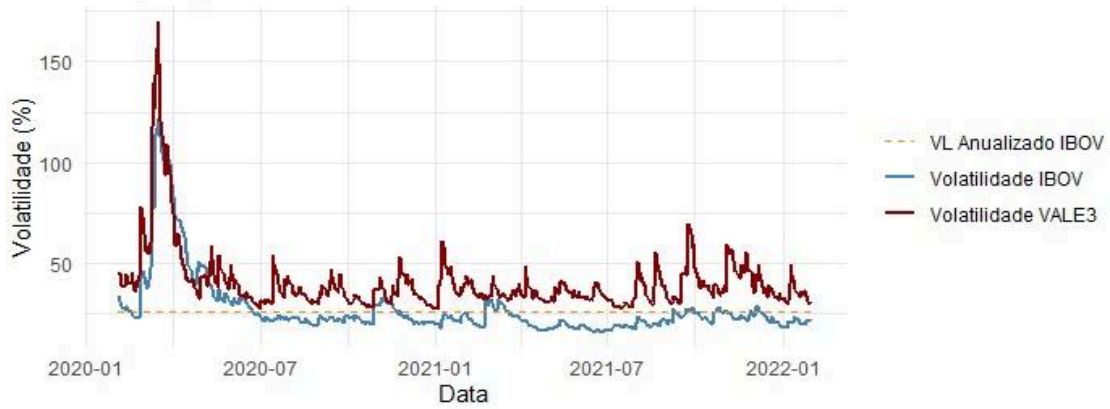
Esses resultados proporcionam uma visão detalhada da dinâmica da volatilidade dos retornos das ações analisadas, fundamental para análises de risco e decisões de

investimento. Percebe-se que nos gráficos 13 e 14 ocorreram seus maiores picos no início da pandemia COVID-19, enquanto no gráfico 15 existiram dois picos mais acentuados.

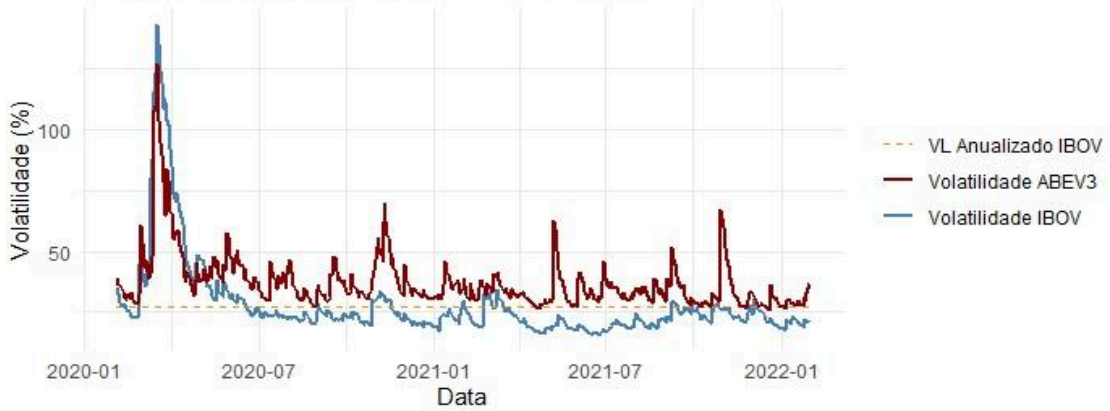
Verificadas as volatilidades individualmente, conforme o gráfico abaixo, foi realizada uma análise comparativa entre a volatilidade do índice Ibovespa e cada uma das ações. Ao comparar a volatilidade das ações com a do índice, foi possível identificar como cada uma delas se comportou em termos de variação de preços e riscos associados, além de avaliar a sensibilidade das ações em relação às flutuações do mercado. A análise revela que, enquanto o Ibovespa proporciona uma visão agregada e mais estável do mercado, as ações individuais podem apresentar comportamentos mais voláteis devido a fatores específicos de cada empresa e setor.

Gráfico 16 - Comparação da volatilidade do Ibovespa vs Ações - 2020 a 2022.

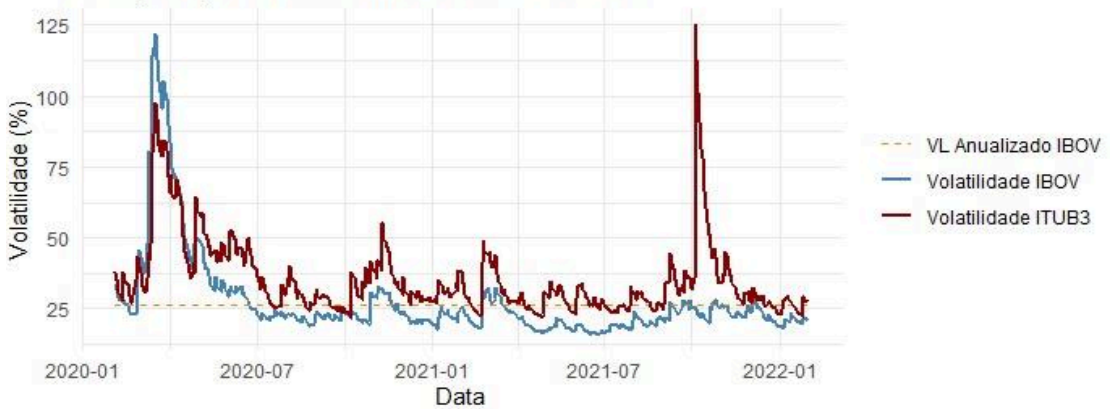
Comparação da Volatilidade: IBOV vs VALE3



Comparação da Volatilidade: IBOV vs ABEV3



Comparação da Volatilidade: IBOV vs ITUB3



Fonte: Elaboração própria, com dados coletados em B3, 2020 a 2022.

Dentre as três ações analisadas, a Vale (VALE3) foi a que mais se destacou positivamente. Apesar das interrupções iniciais nas operações e da incerteza econômica global, a demanda robusta da China por minério de ferro e o aumento nos preços das commodities permitiram à Vale se recuperar rapidamente, resultando em uma volatilidade de longo prazo anualizada de 41.2%.

A Ambev (ABEV3) teve um impacto significativo especialmente devido ao fechamento de bares e restaurantes. No entanto, a empresa se adaptou e manteve-se estável durante o restante do período, apoiada pelo auxílio emergencial e pela startup Zé Delivery, que registrou um aumento substancial de pedidos de entrega em meio ao isolamento social, resultando em uma volatilidade de longo prazo anualizada de 39.2%.

Para o banco Itaú (ITUB3), sendo um dos maiores bancos do Brasil, a redução nas atividades econômicas resultou em uma queda na demanda por empréstimos e outros serviços financeiros, impactando negativamente os lucros do banco. Inicialmente, houve uma queda acentuada devido à incerteza e ao aumento da inadimplência. No entanto, as ações se recuperaram com a adaptação do banco às novas condições, a aceleração da digitalização e a recuperação econômica global, resultando em uma volatilidade de longo prazo anualizada de 38.4%.

Em comparativo com os impactos da crise financeira de 2008, o mercado financeiro brasileiro reagiu de forma muito semelhante ao que já havia acontecido anteriormente, tanto na acentuada queda dos índices quanto na recuperação subsequente. Em ambos os casos, as políticas fiscais implementadas pelo Brasil desempenharam um papel crucial, ajudando a mitigar os efeitos negativos e a impulsionar a retomada econômica. Durante a crise de 2008, o mercado de capitais no Brasil enfrentou uma queda acentuada, com uma volatilidade elevada e uma significativa saída de capital estrangeiro, resultando em uma desvalorização substancial das ações listadas na B3. Analogamente, a pandemia de COVID-19 em 2020 provocou uma reação comparável, com uma intensa volatilidade nos preços das ações e um impacto negativo nos índices financeiros. Em ambos os eventos, as incertezas globais e a percepção de risco elevado levaram investidores a buscar segurança em ativos menos arriscados, resultando em uma pressão vendedora acentuada no mercado de capitais brasileiro.

5 CONCLUSÃO

Os efeitos da pandemia de COVID-19 causaram uma redução nas expectativas dos investidores, o que resultou em impactos diretos no mercado de capitais brasileiro, além de afetar significativamente o PIB do país. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho do modelo GARCH na estimativa e previsão da volatilidade de ações listadas na B3 durante a pandemia de COVID-19 no Brasil, no período de 2020 a 2022.

Os resultados da análise, baseados nos gráficos 11, 12 e 13, destacam a volatilidade das ações da VALE3 ON, ABEV3 ON e ITUB3 ON durante o período de 2020 a 2022, utilizando o modelo GARCH (1,1). A volatilidade de longo prazo anualizada foi de 41.2% para VALE3 ON, 39.2% para ABEV3 ON e 38.4% para ITUB3 ON. Esses níveis elevados de volatilidade refletem a alta incerteza e variabilidade nos retornos das ações, evidenciando a influência significativa de fatores macroeconômicos, geopolíticos e específicos de cada setor. Em comparação com os impactos da crise financeira de 2008, o mercado financeiro brasileiro reagiu de maneira muito semelhante ao que já havia acontecido anteriormente, mostrando tanto a resiliência quanto a vulnerabilidade a choques econômicos globais.

A importância deste estudo reside na compreensão detalhada da dinâmica da volatilidade em momentos de crise, como a pandemia de COVID-19. Conhecer a volatilidade de longo prazo permite aos investidores e gestores de risco melhorarem suas estratégias de investimento e gestão de portfólios, preparando-se para futuras incertezas. As ações da VALE3, por exemplo, apresentaram uma volatilidade de longo prazo de 41.2% ao ano, destacando a alta exposição da empresa a variações nos preços das commodities e políticas econômicas. Já as ações da ABEV3, com volatilidade de 39.2%, e da ITUB3, com 38.4%, mostraram respostas distintas devido às características próprias de seus setores, como a estabilidade das receitas no setor de bebidas e a diversificação de fontes de receita no setor bancário.

Diante de uma nova pandemia ou crise global, o aprendizado adquirido pode ser crucial para mitigar os impactos no mercado de capitais. Investidores devem considerar a diversificação de seus portfólios para incluir ativos de setores menos impactados por

crises globais, que podem oferecer maior estabilidade. Manter um monitoramento contínuo dos mercados e dos indicadores econômicos pode proporcionar uma reação mais rápida a mudanças nas condições de mercado, permitindo ajustes oportunos nas estratégias de investimento. Esse estudo fornece uma visão abrangente da volatilidade das ações durante a pandemia de COVID-19, comparando-a com a crise de 2008, e sugere que a aplicação de estratégias eficazes pode ajudar a minimizar os impactos futuros, promovendo um mercado financeiro mais resiliente e preparado para enfrentar incertezas globais.

REFERÊNCIAS

- ABRITA, M. B. **COVID-19 Impactos da pandemia na economia brasileira**. Jundiaí-SP: Paco Editorial, 2020.
- ALBUQUERQUE, R. C. De. **Modelagem em séries temporais aplicados a dados climatológicos no sertão paraibano**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Estatística) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015
- ALENCAR, L.; PEREZ, L. **AmBev: reiniciamos cobertura com recomendação de Compra**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://conteudos.xpi.com.br/acoes/relatorios/ambbev-reiniciamos-cobertura-com-recomendacao-de-compra/>. Acesso em: 18 jul. 2024.
- ALVES, L. H. P.; FERREIRA, D. M.; MELO, E. S. **Covid-19 e seus Reflexos sobre a Volatilidade dos Índices de Ações do Mercado Brasileiro**. Minas Gerais, 2022.
- ANBIMA. **Mercado de Capitais: Caminho para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro, [202-] Disponível em: <https://www.anbima.com.br/data/files/0A/D6/9F/C5/D9A956105B26D856A9A80AC2/Relatorio-Agenda-Mercado-de-Capitais-ANBIMA-B3-Digital.pdf> Acesso em: 28 abr. 2024.
- ANBIMA. **Boletim de Mercado de Capitais: Debêntures têm maior captação para um primeiro trimestre desde 2012**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: https://www.anbima.com.br/pt_br/informar/relatorios/mercado-de-capitais/boletim-de-mercado-de-capitais/debentures-tem-maior-captacao-para-um-primeiro-trimestre-desde-2012.htm. Acesso em 26 jul. 2024.
- ARAÚJO, M. A. R. **Análise de clusters e volatilidade de índices de ações**. 80 p. 2010. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, p. 80, 2010.
- AWS. **Zé Delivery cria serviço de entrega de bebidas na AWS e sustenta seu crescimento exponencial**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/solutions/case-studies/ze-delivery/#:~:text=%E2%80%9CTivemos%20um%20crescimento%20enorme.,um%20crescimento%20interanual%20de%201.688%25>. Acesso em: 20 jul. 2024.
- B3. **Ações**. São Paulo, 2020. https://bvmf.bmfbovespa.com.br/sig/FormConsultaNegociacoes.asp?strTipoResumo=RES_NEGOCIACOES&strSocEmissora=VALE&strDtReferencia=02-2020&strIdioma=P&intCodNivel=1&intCodCtrl=100 Acesso em: 20 de fev. 2024
- B3. **Ações**. São Paulo, 2021. <https://bvmf.bmfbovespa.com.br/sig/FormConsultaNegociacoes.asp?strTipoResumo=R>

ES_NEGOCIACOES&strSocEmissora=VALE&strDtReferencia=01-2021&strIdioma=P&intCodNivel=1&intCodCtrl=100 Acesso em: 20 de fev. 2024

B3. **Ações.** São Paulo, 2022.

https://bvmf.bmfbovespa.com.br/sig/FormConsultaNegociacoes.asp?strTipoResumo=R ES_NEGOCIACOES&strSocEmissora=VALE&strDtReferencia=01-2022&strIdioma=P&intCodNivel=1&intCodCtrl=100 Acesso em: 20 de fev. 2024

B3. **5 milhões de contas de investidores.** B3 atinge 5 milhões de contas de investidores em renda variável em janeiro. São Paulo, 2022. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/5-milhoes-de-contas-de-investidores.htm Acesso em: 26 jul. 2024.

BOMFIM, R. **Um ano dos 63 mil pontos:** a trajetória do Ibovespa desde a mínima durante a pandemia e o que esperar daqui para frente. São Paulo, 23 de março de 2021. Disponível em:

<https://www.infomoney.com.br/mercados/um-ano-dos-63-mil-pontos-a-trajetoria-do-ibovespa-desde-a-minima-durante-a-pandemia-e-o-que-esperar-daqui-para-frente/> Acesso em: 14 de jul. 2024.

BOWERMAN, B. L.; O'CONNELL, R. T. **Séries temporais e previsão**. North Scituate, MA: Duxbury Press, 1979.

BRASIL. SENADO FEDERAL. **IGP-DI.** Brasília, s.d. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/noticias/glossario-legislativo/igp-di#:~:text=%C3%8Dndice%20Geral%20de%20Pre%C3%A7os%2FDisponibilidade,a%20infla%C3%A7%C3%A3o%20oficial%20no%20Brasil.> Acesso em: 20 fev. 2024.

COSTA, F.J.M. **Forecasting volatility using GARCH models.** 2017. 55 f. Thesis (Masters in Finance). School of Economics and Management, University of Minho, Portugal, 2017.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Central de sistemas.** Brasília, 2023. Disponível em: <https://sistemas.cvm.gov.br/> Acesso em: 28 mar. 2024

COMISSÃO DE VALORES. **História do Mercado de Capitais.** Brasília, 2022.

Disponível em:

<https://www.gov.br/investidor/pt-br/investir/como-investir/conheca-o-mercado-de-capitais/historia-do-mercado-de-capitais>. Acesso em 07 jul. 2024.

CRUZ NETO, D. S.; FERREIRA, A. S.; MASCARENHAS, C. C.; MAY, A. M.; VASSÃO, T. C.; RÃO, E. M. A Bolsa de Valores e os Novos Investidores nos tempos atuais. **Revista Gestão em Foco**, (S.l.), v. 14, p. 310–321, 2022

DAVILA, V. H. L. **Introdução a séries temporais.** Notas de Aula. Disponível em:

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/176835/mod_resource/content/1/Slides%20-%2

0Introdu%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0s%20series%20temporais.pdf Acesso em: 23 nov. 2023

ELIAS, J. Ibovespa tem 9 ações valendo mais agora que antes da crise. **CNN Brasil**, São Paulo, 03 de junho de 2020. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/ibovespa-ja-tem-9-acoes-valendo-mais-agora-que-antes-da-crise-veja-a-lista/> Acesso em: 01 fev. 2024.

FERNANDES, M. M. A. A. **Como a Crise Causada pelo Coronavírus impactou a Rentabilidade dos Bancos Brasileiros**. São Paulo: Insper, 2021.
FIA. **Mercado financeiro e o coronavírus: histórico, impactos e projeções**. 2020. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/mercado-financeiro-e-o-coronavirus/>. Acesso em: 27 jul. 2024.

FONSECA, N. **A Crise de 2008: Políticas Monetárias e Fiscais para a Recuperação Econômica**. Rio de Janeiro, 2013.

GODOY, T.; **Semana Mundial do Investidor reforça a importância da verdadeira educação financeira**. São Paulo, 05 de outubro de 2020. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/colunistas/thiago-godoy/semana-mundial-do-investidor-reforca-a-importancia-da-verdadeira-educacao-financeira/>. Acesso em: 26 jul. 2024.

GONÇALVES, R. **A crise internacional e a América Latina**. Com referência especial ao caso do Brasil. [S.l.] 06 de outubro de 2008.

IBGE. **PIB cresce 3,2% no 4º tri, mas fecha 2020 com queda de 4,1%, a maior em 25 anos**. 2021. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/30166-pib-cresce-3-2-no-4-tri-mas-fecha-2020-com-queda-de-4-1-a-maior-em-25-anos>. Acesso em 27 jul. 2024.

LIRA, M. C.; ALMEIDA, S. A. **A volatilidade no mercado financeiro em tempos da pandemia do (novo) coronavírus e da covid-19: impactos e projeções**. *Facit Business and Technology Journal*, v. 1, n. 19, p.140–147, 2020.

MACHADO, A. P. **Minério de ferro surpreende e encerra 2020 com alta de 74%**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://valorinveste.globo.com/mercados/internacional-e-commodities/noticia/2021/01/04/minerio-de-ferro-surpreende-e-encerra-2020-com-alta-de-74percent.ghtml>. Acesso em 18 jul. 2024

MATUCHESKI, S.; CLEMENTE, A.; JACKSON, C. S. Governança corporativa e volatilidade das ações negociadas na Bovespa na crise financeira de 2008. **Revista Brasileira de Estratégia**. Curitiba: v. 2, n. 2, p. 171, 2009.

MENEZES, A. **Utilização do Modelo GARCH(1,1) na Previsão de Volatilidade**. 2020. Disponível em: <http://clubedefinancas.com.br/materias/garch11volatilidade/>. Acesso em: 1 abr. 2024.

MORETTIN, P. A. **Econometria financeira: um curso em séries temporais financeiras**. São Paulo: Editora Blucher, 2017.

MOTA, J. A. **Impacto da Covid-19 nas exportações das principais commodities brasileiras**. Brasília: Radar, 2021.

MOTTA, S.S.F. **Os Efeitos da Crise Financeira Sobre o Brasil**. Rio de Janeiro, 2016.

NASCIMENTO, J. R. C. **O comportamento da volatilidade nas ações das empresas da B3 não listadas no Ibovespa pós COVID-19**. Sergipe, 2022.

NOZAKI, W.V. **A crise financeira internacional e a atuação do Estado nacional: a originalidade do caso brasileiro**. OIKOS, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p.38-57. 2011.

ORAIR, R. O. Política Fiscal E Resposta Emergencial Do Brasil À Pandemia. **Políticas Sociais: acompanhamento e análise**. [S.], BPS, n. 28, 2021.

REIS, C. D.; VITAL, J. F.; MIRANDA, B. P. Análise dos Efeitos da Covid-19 Sobre o Preço das Ações de Diferentes Setores do Mercado Brasileiro. **Revista Evidenciação Contábil; Finanças**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 22–41, 2022. DOI: 10.22478/ufpb.2318-1001.2022v10n2.59934. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/recfin/article/view/59934>. Acesso em: 1 maio 2024.

REDAÇÃO WARREN. **Circuit Breaker na Bolsa: o que é e como funciona**. 23 jun. 2020. Disponível em: <https://warren.com.br/magazine/circuit-breaker-na-bolsa/>. Acesso em: 26 jul. 2024.

RIGHI, M. B.; CERETTA, P. S. Efeito da crise de 2007/2008 na transmissão internacional de volatilidade no mercado de capitais brasileiro. **Revista Eletrônica de Administração**. Porto Alegre: v. 19, p. 384–400, 2013.

ROCCA, C. A. **Revolução no mercado de capitais do Brasil: o crescimento recente é sustentável?**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2008.

RODRIGUES, A. C. A evolução do mercado de capitais brasileiro e o perfil do acionista minoritário no Brasil. **Revista Jurídica da Presidência**. Brasília: v. 14, n.103 p. 405–427, 2012.

RUDGE, L. F.; CAVALCANTE, F. **Mercado de Capitais: Comissão Nacional de Bolsas de Valores**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

- SANCHES, M. O. **Impacto da pandemia de covid-19 na volatilidade de indicadores financeiros**: análise dos setores econômicos brasileiros. Minas Gerais, 2022.
- SANTOS, A.R. **Crise financeira mundial de 2008 e seus impactos na economia brasileira**. Fortaleza, 2012.
- SANTOS, J. V.; OLIVEIRA, E. J. B.; SILVA, N. E. F. Desempenho econômico e financeiro na pandemia da covid-19 de empresas do setor de varejo listadas na b3. **Revista Conhecimento Contábil**, [S.l.] v. 12, n. 2, 2022.
- SARDENBERG, A. P. (org). **Desenvolvimento do mercado de capitais no brasil**: temas para reflexão. São Paulo: Sociologia e Política, p. 434 2015.
- SILVA, C. A. G. **A influência da pandemia COVID-19 na volatilidade dos índices de mercado de ações (Ibovespa)**: Aplicação do modelo Markov Switching Autoregressivo. Rio de Janeiro, 2021.
- SILVA, J. Impacto da Pandemia de COVID-19 no Mercado de Capitais. **Revista Financeira**, (S.l.), v. 15, n. 2, p. 45-56, 2020.
- SILVA, M. L.; SILVA, R. A. **Economia brasileira pré, durante e pós-pandemia do covid-19**: impactos e reflexões. Santa Maria-RS, 2020.
- SOUSA, M. Evolução do Mercado de Capitais no Brasil. **Editores Brasileira**. São Paulo: p. 103–120 2005.
- TEIXEIRA, J.C. **Mercado de Capitais**: O que é e como funciona? [S.l.] : FIA, 15 de abril 2019. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/mercado-de-capitais/>. Acesso em: 1 jan. 2024.
- THOMAZ, P. S. **Modelos GARCH em ações financeiras: um estudo de caso**. Rio Grande-RS: Exacta, v. 18, n. 3, p. 626-648, 2020.
- WILSON, J. **The economic impact of coronavirus: analysis from Imperial experts**. Imperial College London News, 13 May 2020. Disponível em: <https://www.imperial.ac.uk/news/196514/the-economic-impact-coronavirus-analysis-from/> . Acesso em: 24 mar. de 2024.

APÊNDICE - Rotina utilizada para aplicação do modelo GARCH (1,1) no software R

Os textos precedidos de “#” indicam a explicação do código e não são comandos. Como a rotina para todas as séries são praticamente idênticas, com poucos ajustes, será apresentada apenas a rotina para aplicar o modelo GARCH referente à série VALE3 .

Carregando pacotes

library(readxl) # para ler Excel

library(rugarch) # rodar GARCH

library(ggplot2) # fazer Gráfico

library(xts) # para converter o data frame em xts

ler os dados da planilha Excel

df = read_xlsx('C:/Users/Andrei/Downloads/VALE3C.xlsx')

calcular os retornos simples e criar variável de série de tempo xts

df2 = as.data.frame(df\$DATA[2:length(df\$DATA)])

df2 tem as DATAS defasadas de 1 observação, e df3 tem os retornos simples

df3 =

as.data.frame((df\$COTACAO[2:length(df\$COTACAO)]/df\$COTACAO[1:(length(df\$COTACAO)-1)]-1)

juntar os 2 dataframes no df2

df2=cbind(df2,df3)

colnames(df2)=c('Data','Retornos')

criar variável xts com retornos

rets = xts(df2[,-1], order.by = df2[,1])

colnames(rets)='Retornos'

Ajustar um modelo ARMA para remover a dependência serial

arma.model = arima(rets, order = c(1, 0, 1)) # Exemplo com ARMA(1,1), ajuste conforme necessário

residuals = residuals(arma.model)

```
# Testar os resíduos para dependência serial
```

```
Box.test(residuals, lag = 12, type = "Ljung-Box")
```

```
# rodar o GARCH nos resíduos
```

```
garch.model = ugarchspec(variance.model = list(model = 'sGARCH', garchOrder =
c(1,1)),
```

```
                    mean.model = list(armaOrder = c(0,0), include.mean = FALSE),
```

```
                    distribution.model = "std")
```

```
fit.garch = ugarchfit(spec = garch.model, data = rets)
```

```
omega = fit.garch@fit$coef['omega']
```

```
alfa = fit.garch@fit$coef['alpha1']
```

```
beta = fit.garch@fit$coef['beta1']
```

```
gama = 1 - alfa - beta
```

```
VL = omega/gama
```

```
VLanualizado = sqrt(VL*252)
```

```
# fazer o gráfico
```

```
dev.off()
```

```
ggplot(rets,aes(x = df2$Data)) +
```

```
  geom_line(aes(y = (fit.garch@fit[["sigma"]]*sqrt(252)*100)),
```

```
            color = "steelblue") +
```

```
  geom_line(aes(y = VLanualizado*100), color = "darkred") +
```

```
  labs(y = "Volatilidade Anualizada (% a.a.)", x = "Data")
```

APÊNDICE - Rotina utilizada para comparação de volatilidades no software

R

```

# Carregar as bibliotecas necessárias
library(readxl) # para ler Excel
library(rugarch) # rodar GARCH
library(ggplot2) # fazer Gráfico
library(xts) # para converter o dataframe em xts
library(dplyr) # para manipulação de dados
# Função para calcular volatilidade usando GARCH(1,1)
calculate_volatility <- function(df, col_name) {
# Calcular os retornos simples e criar variável de série de tempo xts
  df2 = as.data.frame(df$DATA[2:length(df$DATA)])
  df3 = as.data.frame((df[[col_name]][2:length(df[[col_name]])] /
df[[col_name]][1:(length(df[[col_name]]) - 1)] - 1)
  df2 = cbind(df2, df3)
  colnames(df2) = c('Data', 'Retornos')
# Criar variável xts com retornos
  rets = xts(df2[,-1], order.by = df2[,1])
  colnames(rets) = 'Retornos'
# Rodar o GARCH diretamente nos retornos
  garch.model = ugarchspec(variance.model = list(model = 'sGARCH', garchOrder = c(1,
1)),
  mean.model = list(armaOrder = c(0, 0), include.mean = FALSE),
  distribution.model = "std")
  fit.garch = ugarchfit(spec = garch.model, data = rets)
  omega = fit.garch@fit$coef['omega']
  alfa = fit.garch@fit$coef['alpha1']
  beta = fit.garch@fit$coef['beta1']
  gama = 1 - alfa - beta
  VL = omega / gama

```

```

Vlanualizado = sqrt(VL * 252)
list(
  Data = df2$Data,
  Volatilidade = fit.garch@fit[["sigma"]] * sqrt(252) * 100,
  Vlanualizado = Vlanualizado * 100
)
}
# Ler os dados da planilha Excel para IBOVESPA
df_ibov = read_xlsx('C:/Users/Andrei/Downloads/IBOVC.xlsx')
# Calcular a volatilidade para o IBOVESPA
vol_ibov = calculate_volatility(df_ibov, "PONTOS")
# Ler os dados da planilha Excel para ABEV3
df_abev = read_xlsx('C:/Users/Andrei/Downloads/ABEV3C.xlsx')
# Calcular a volatilidade para a ABEV3
vol_abev = calculate_volatility(df_abev, "COTACAO")
# Criar dataframes para ambos os conjuntos de dados
df_ibov_long = data.frame(Data = vol_ibov$Data,
                          Volatilidade = vol_ibov$Volatilidade,
                          Vlanualizado = vol_ibov$Vlanualizado,
                          Grupo = "IBOV")
df_abev_long = data.frame(Data = vol_abev$Data,
                          Volatilidade = vol_abev$Volatilidade,
                          Grupo = "ABEV3")
# Combinar os dataframes em um único dataframe
df_combined = bind_rows(df_ibov_long, df_abev_long)
# Plotar o gráfico comparativo
ggplot() +
  geom_line(data = df_ibov_long, aes(x = Data, y = Volatilidade, color = "Volatilidade
IBOV"), size = 1) +
  geom_line(data = df_ibov_long, aes(x = Data, y = Vlanualizado, color = "VL
Anualizado IBOV"), linetype = "dashed", size = 0) +

```

```
geom_line(data = df_abev_long, aes(x = Data, y = Volatilidade, color = "Volatilidade
ABEV3"), size = 1) +
labs(y = "Volatilidade (%)", x = "Data",
      title = "Comparação da Volatilidade: IBOV vs ABEV3") +
scale_color_manual(name = "Legenda", values = c("Volatilidade IBOV" = "steelblue",
                                                "VL Anualizado IBOV" = "darkorange",
                                                "Volatilidade ABEV3" = "darkred")) +
theme_minimal() +
theme(legend.title = element_blank())
```