

Universidade de São Paulo
Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuárias

Victor Pedrão Ferraz do Amaral

**ANÁLISE DO “INVERNO CRIPTO” INICIADO EM
NOVEMBRO DE 2021 UTILIZANDO MODELO DE
PRECIFICAÇÃO POR ARBITRAGEM DE QUATRO
FATORES**

São Paulo
2022

Victor Pedrão Ferraz do Amaral

**ANÁLISE DO “INVERNO CRIPTO” INICIADO EM
NOVEMBRO DE 2021 UTILIZANDO MODELO DE
PRECIFICAÇÃO POR ARBITRAGEM DE QUATRO
FATORES**

**Monografia apresentada à Faculdade de
Economia, Administração, Contabilidade e
Atuárias como parte dos requisitos para a
conclusão do curso de graduação em
Ciências Econômicas.**

**Orientador: Wilfredo Fernando Leiva
Maldonado**

São Paulo

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

P. F. do Amaral, Victor

Análise do *Meltdown* de novembro de 2021 utilizando o modelo de precificação por arbitragem de quatro fatores – São Paulo, 2022.

Nº de páginas: 39

Área de concentração: Análise de risco e Finanças descentralizadas

Orientador: Prof. Dr. Wilfredo Leiva Maldonado.

Monografia de conclusão de curso – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuárias da Universidade de São Paulo

1. Criptomoedas; 2. *Meltdown*; 3. CAPM; 4. APT

DEDICATÓRIA E AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos, em especial meus pais, Cristina e Jayme, por toda orientação e apoio na trajetória até aqui, à minha irmã, Beatriz, e minha avó, Helena, por todo companheirismo e suporte.

Ao meu professor orientador, Wilfredo, que sempre se colocou à disposição e esteve disponível ao longo do processo, oferecendo um suporte essencial.

Victor Pedrão Ferraz do Amaral

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos por todo suporte e atenção ao longo da graduação.

Ao meu professor orientador, Wilfredo, por toda paciência, atenção e cuidado ao longo do processo de construção desta monografia.

À FEA-USP e ao departamento de economia por toda a qualidade no ensino transmitido e esmero ao longo do processo.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	VI
LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE ABREVIATURAS.....	VIII
RESUMO.....	IX
ABSTRACT.....	X
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3 DADOS E METODOLOGIA	14
3.1 DADOS	14
3.1.1 PORTFÓLIOS E TAXA LIVRE DE RISCO.....	14
3.1.2 FATORES E ÍNDICE DE MERCADO	17
3.1.2.2 BITCOIN MINERS REVENUE.....	17
3.1.2.3 COIN METRICS BLETCHELY INDEX BASIC ATTENTION TOKEN...	18
3.1.2.4 S&P GLOBAL CLEAN ENERGY INDEX (GCE)	18
3.2 MÉTODOLOGIA.....	19
4 RESULTADOS	22
5 DISCUSSÃO	34
6 CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - HISTOGRAMA DO TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS PORTFÓLIO CONVENCIONAL	24
FIGURA 2 - HISTOGRAMA DO TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS DO PORTFÓLIO GREEN	26
FIGURA 3 - HISTOGRAMA TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS PORTFÓLIO MVDASC	28
FIGURA 4 - HISTOGRAMA DO TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS PORTFÓLIO MVDAMC	31
FIGURA 5 - HISTOGRAMA DO TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS PORTFÓLIO MVDALC	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS PORTFÓLIOS E TAXA T-BILLS.....	17
TABELA 2 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS RETORNOS DOS FATORES.....	19
TABELA 3 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DO RETORNO DOS FATORES MENOS TAXA LIVRE DE RISCO	22
TABELA 4 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO CONVENCIONAL E OS FATORES	22
TABELA 5 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO GREEN E OS FATORES	25
TABELA 6 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO MVDASC E OS FATORES	27
TABELA 7 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO MVDAMC E OS FATORES	29
TABELA 8 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO MVDALC E OS FATORES	32

LISTA DE ABREVIATURAS

APT	Arbitrage Pricing Theory
BAT	Basic Attention Token
BMR	Bitcoin Miners Revenue
CAPM	Capital Asset Pricing Model
CMC200	Índice de mercado (200 criptomoedas com maior valor de mercado)
CMBIBAT	Índice do token BAT (Basic Attention Token)
Convencional	Portfólio com criptomoedas convencionais
GCE	S&P Global Clean Energy Index
Green	Portfólio com criptomoedas “limpa”
HML	High-Minus-Low
MQG	Mínimos Quadrados Generalizados
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
MVDA	Índice MVDA
MVDALC	MVDA Large-Cap
MVDAMC	MVDA Medium-Cap
MVDASC	MVDA Short-Cap
NFT	Non-Fungible Token
PoS	Proof-Of-Stake
PoW	Proof-Of-Work
SMB	Small-Minus-Low
S&P	Standard & Poor's
T-Bills	Treasury Bills

RESUMO

ANÁLISE DO “INVERNO CRIPTO” INICIADO EM NOVEMBRO DE 2021 UTILIZANDO MODELO DE PRECIFICAÇÃO POR ARBITRAGEM DE QUATRO FATORES

A queda considerável dos preços das criptomoedas em 2021 e 2022, conhecida também como “Inverno Cripto” ou Meltdown, desperta grande curiosidade para investidores e entusiastas da tecnologia, a falta de explicação empírica estrutural do evento o torna ainda mais interessante. Por conta disso, com o objetivo de avaliar indícios de mercado sobre este evento, foi utilizado o modelo APT (*Arbitragem Pricing Theory*) de quatro fatores para possibilitar a inclusão de variáveis de precificação e macroeconômicas, tanto globais, quanto do universo da blockchain. Fatores como índice de incerteza econômica baseado em tweets, hash-rate do Bitcoin e Ethereum, gasto energético do Bitcoin, índices de energia limpa, de mercado, de metais e outros foram analisados em busca de significância no efeito entre eles e o portfólio para análise do “Inverno Cripto”. Além disso, foram construídos e captados cinco diferentes portfólios de ativos com o objetivo de trazer perspectivas diferentes de análise. Como resultado, o experimento não apresentou evidência sobre um comportamento atípico dos retornos nos três períodos selecionados para análise do “Inverno Cripto”, mas apresentou relações interessantes no comportamento de diferentes portfólios com diferentes fatores, como no portfólio de baixa capitalização de mercado que demonstrou maior suscetibilidade ao prêmio de risco por diferentes fatores.

ABSTRACT

ANALYSIS OF “CRYPTO WINTER” STARTED IN NOVEMBER 2021 USING FOUR-FACTOR ARBITRAGE PRICING MODEL

The considerable drop in cryptocurrency prices in 2021 and 2022, also known as “Crypto Winter” or Meltdown, arouses great curiosity for investors and technology enthusiasts, the lack of structural empirical explanation of the event makes it even more interesting. From this, wishing to find market evaluative evidence about this event is used the four-factor APT (Arbitrage Pricing Theory) model to enable the inclusion of pricing and macroeconomic variables, both global and from the blockchain universe. Factors such as economic uncertainty index based on tweets, Bitcoin and Ethereum hash-rate, Bitcoin energy expenditure, clean energy, market, metals and other indexes were analyzed with the aim of find significance in the effect between them and the portfolios to “Crypto Winter” analysis. In addition, five different asset portfolios were constructed and captured in order to bring different perspectives of analysis. As a result, the experiment did not provide evidence of an atypical behavior in returns on the three periods selected for the “Crypto Winter” analysis, but it did present interesting relationships in the behavior of different portfolios with different factors, such as the low market capitalization portfolio that presented greater susceptibility to the risk premium for different factors.

1 INTRODUÇÃO

A volatilidade no preço das criptomoedas se tornou um tópico de pesquisa importante especialmente com o aumento da presença das criptomoedas como veículo de investimento e classe de ativo. Portanto, entender a volatilidade destes ativos é relevante para o gerenciamento de portfólio e risco (Al Guindy, 2021). Segundo Andrei e Hasler (2015) a volatilidade do retorno das ações e o prêmio de risco aumentam com a atenção. Ou seja, quanto mais atenção dos investidores aos seus investimentos, mais rápido a informação atinge os preços, logo induz retornos de maior volatilidade. Um exemplo descrito por Shahzad (2022) é ao detectar preços explosivos e colapso no Bitcoin após tweets do Elon Musk sobre o mercado de criptomoedas e no Dogecoin com tweets específicos desta moeda. Outro fator importante é em relação a liquidez destes ativos, Wei (2018) realizou um estudo com 456 criptomoedas e conclui que a liquidez tem um papel significativo na eficiência do mercado e em relação a previsibilidade de retorno de novas criptomoedas.

Além disso, por ser um mercado de ativos descentralizados, não existe um órgão regulador, sendo organizado internamente pelo ecossistema da rede (blockchain). Em consequência, governos apresentam interesse na regulamentação deste mercado para obter maior fiscalização e controle, no Brasil existe o Projeto de Lei Nº 4401, de 2021 (nº 2.303/2015, na Câmara dos Deputados)¹ que apresenta diretrizes de observação sobre serviços prestados de ativos virtuais e propõe a necessidade da autorização a prestadores de serviços de ativos virtuais por um órgão público responsável indicado pelo Poder Executivo. Portanto, este é outro fator importante de se acompanhar, já que tem um impacto direto em ativos relacionados ao mercado nacional. Dito isto, em torno do dia 08 de novembro de 2021 iniciou uma queda no preço do Bitcoin de US\$ 67.617,02 para US\$ 35,180,44 que durou até o dia 22 de janeiro de 2022, uma perda de aproximadamente 48% do seu valor. Em sequência, houve mais duas quedas consecutivas, uma no mês de março de 2022, o preço unitário do Bitcoin saiu de US\$ 47.459,26 em 29 de março para US\$ 28.913,39 em 11 de maio, queda de aproximadamente 40%, e outra até US\$ 19.047,42 em 18 de junho de 2022, queda de aproximadamente 35%. Dado obtido em Coinmarketcap².

¹ <https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=9054002&disposition=inline>. Acesso em: 28 de novembro de 2022.

² <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/>. Acesso em: 10 de setembro de 2022.

Estes eventos não ocorreram apenas com o Bitcoin, mas com inúmeros ativos deste mercado, e trouxeram consigo incerteza sobre os preços. Ainda mais para investidores menos experientes que ingressaram pela visibilidade que o mercado teve em 2021, aliado pelo entretenimento que os NFTs trouxeram com jogos, arte e música. Este mercado de NFTs tomou uma proporção considerável, até maio de 2021 já havia alcançado US\$ 34.530.649,86 em volume total de vendas (Wang et al., 2021), em novembro de 2022 é de US\$ 8.390.957.439,16, dado obtido em Coinmarketcap³. Dessa forma, é possível notar um crescimento exponencial do valor de mercado em NFTs no último ano, aproximadamente de 243 vezes.

De fato, houve um crescimento significativo não só nas criptomoedas, mas em ativos como os NFTs. Mesmo com o “Inverno Cripto” ou Meltdown, o preço do Bitcoin se mantém considerável se comparado ao seu preço histórico até novembro de 2020. Portanto, considerando a proporção que este mercado tomou e para propiciar maior entendimento sobre ele, este trabalho tem o objetivo de analisar o evento destacado com base no modelo de precificação por arbitragem (APT) de quatro fatores e captar possíveis sinalizações sobre a queda nos preços nos períodos destacados. Para isso, são utilizados como respaldo artigos e pesquisas desenvolvidas anteriormente que tangem o tema e instrumentam o desenvolvimento da metodologia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Campbell et al. (1997) apresenta em sua obra um capítulo exclusivamente para o modelo de precificação multifatorial. Nele destaca duas principais abordagens para a seleção de fatores: a primeira é a partir do destaque das variáveis macroeconômicas e do mercado financeiro com o objetivo de captar os riscos sistemáticos da economia, enquanto a segunda tem perspectiva das firmas em relação aos portfólios de investimento, com a busca de especificar características das empresas que tendem a explicar a sensibilidade diferencial aos riscos sistemáticos.

Dito isto, Fama e French (1993) realizam a análise de fatores a partir da perspectiva da firma com o objetivo de avaliar cinco principais fatores de risco nos retornos de ações e títulos no mercado tradicional com a perspectiva do mercado de ações e de títulos. O primeiro é contemplado em três fatores: geral de mercado,

³ <https://coinmarketcap.com/nft/>. Acesso em: 13 de setembro de 2022.

tamanho da firma e a equity “livro-à-mercado” (comparação entre o valor comercializado da ação em relação ao seu valor de mercado). Enquanto o segundo por dois: maturidade e risco padrão. Neste trabalho, os autores desenvolvem dois principais fatores de análise: “small-minus-big” (SMB) ou “menor-menos-maior” e o “high-minus-low” (HML) ou “alto-menos-baixo”. Ambos consistem na organização dos portfólios conforme sua capitalização de mercado e retornos. Assim, a partir da adição destes fatores no modelo de desenvolvido por William Sharpe e John Lintner, o CAPM (Fama e French, 2007), surgiu o modelo de três-fatores de Fama e French, sendo amplamente utilizado.

Em Shen et al. (2020) a partir da estruturação de seu paper em mais de 1700 criptomoedas no período entre abril de 2013 e março de 2019 segmentado semanalmente, utilizou o modelo de três-fatores de Fama e French e com ele concluiu que criptomoedas com menor capitalização de mercado tendem a obter maiores retornos e de que os retornos inversos seguem o mesmo padrão. Entretanto, em outro estudo, Jia et. al (2022) destaca que há a existência de momentum effects, ou efeito de impulso em tradução livre, e de que é o fator mais adequado a ser utilizado como fator ao invés dos fatores reversos. Afirmam que este modelo tem maior poder na explicação e supera o modelo apresentado por Shen et al (2020).

Shahzad et. al (2021) estrutura seu paper em uma amostra de 1967 criptomoedas, com período de 1 de janeiro de 2015 até 26 de setembro de 2019, utilizando dados diários. Propõe um modelo de precificação de quatro fatores, tem a mesma composição da apresentada em Shen et. al (2020), entretanto adicionando um fator: “Bad Contagion”, ou mal contágio em tradução livre. Sendo este o risco de contágio que é analisado a partir da diferenciação de movimentos similares de ativos de contágio dentre distúrbios idiossincráticos. O autor conclui que o modelo tem um desempenho de análise melhor do que o CAPM (Li et al., 2020) e que o modelo de três-fatores de Shen et al. (2020).

Enquanto, Fama e French (1993) são referência em relação a perspectiva de análise da firma, Ross (1976) é referência em relação a análise macroeconômica e as variáveis do mercado financeiro, o autor apresenta o seguinte modelo: Arbitrage Pricing Theory (APT) ou Teoria de Precificação por Arbitragem, em tradução livre. Sua funcionalidade e referência se tornou tamanha que é citado por Campbell et al. (1997).

Liu et. al (2022) apresenta seu paper com o objetivo de estudar os retornos de criptomoedas com mais de um milhão de capitalização de mercado em cross-section. Encontram que o mercado de criptoativos, tamanho de mercado e momentum são fatores que captam de maneira mais expressiva as variações nos retornos das criptomoedas quando aplicados pelo APT de três fatores.

Enquanto isso, Ariefianto (2020) realiza seu estudo utilizando o APT com o preço do Bitcoin de setembro de 2014 até março de 2020 como variável dependente e o Goldman Sachs Commodity Index (GSCI), S&P 500 Stock Index, Global Economic Policy Uncertainty (EPU) e US Treasury Bond como fatores. O autor em sua análise se ateve à relação somente com uma criptomoeda, o Bitcoin, neste caso, não encontrou resultados satisfatórios entre os retornos da criptomoeda em relação aos regressores. Entretanto, o modelo foi eficiente.

Dessa forma, notamos que a utilização deste modelo possibilita a abordagem de uma gama mais abrangente de fatores, enquanto em Fama e French (1993) exigem a utilização dos fatores em um molde mais rígido. Portanto, o APT possibilita a inclusão de variáveis um pouco mais abstratas em relação a análise matemática, o que demonstra ser interessante, já que fatores como tweets do Elon Musk influenciam no preço de criptoativos. Por isso, o APT é o modelo escolhido nesta monografia.

3 DADOS E METODOLOGIA

Esta seção está dividida em dois principais tópicos: o 3.1 que apresenta e descreve os dados coletados e o 3.2 que apresenta a metodologia e o modelo utilizado. O primeiro tópico está segmentado em duas partes: portfólios, taxa livre de risco e índice de mercado (3.1.1) e fatores (3.1.2).

3.1 DADOS

3.1.1 PORTFÓLIOS E TAXA LIVRE DE RISCO

Foram adotados cinco portfólios diferentes, dois criados (Green e Convencional) e três já estruturados (MVDASC, MVDAMC e MVDALC). Os dois primeiros foram adotados a partir de Haq et. al (2022) que utiliza os dois portfólios em seu trabalho, um com baixo gasto energético na validação e produção das criptomoedas, denominado como sustentável, e outro com destaque para a grande

capitalização de mercado, mas sem a restrição com o gasto energético da validação e produção, denominado como convencional.

De maneira mais clara, para a validação das transações de algumas criptomoedas, como o Bitcoin, utiliza-se o sistema proof-of-work (PoW), este sistema para ter efetividade e velocidade exige um alto poder de processamento computacional, portanto leva a um gasto energético expressivo durante todo esse processo (King et. al, 2012). São diversos processadores trabalhando incessantemente para decifrar o código do hash (espécie de senha) necessário para validar o bloco de transações. Entretanto, há outros sistemas de validação diferentes do PoW, como o proof-of-stake (PoS), este não exige um poder de processamento tão poderoso e constante, o sistema de validação ocorre com o acúmulo da criptomoeda (ideia do stake) de determinada blockchain, ou seja, a validação ocorre a partir da prova de propriedade desta criptomoeda e proporcionalmente com a quantidade que detém (King et. al, 2012). Portanto, tendo um consumo energético muito menor do que o PoW.

Dessa forma, a construção do portfólio sustentável (denominado como Green nesta monografia) não tem nenhuma criptomoeda que utiliza do sistema de validação PoW, nele estão inclusas as seguintes criptomoedas: Ripple (XRP), Stellar (XLM), Power Ledger (POWR) e Cardano (ADA). O índice convencional é composto por: Bitcoin (BTC), Ethereum (ETH), BNB (BNB) e Theter (USDT) (Haq et. al, 2022). Foram coletados dados diários na plataforma da Coin Gecko⁴ de 1 de janeiro de 2019 até 31 de agosto de 2022. A motivação em utilizar dados até setembro se deu por conta da mudança do sistema de validação da Ethereum que transitou inteiramente para o sistema PoS, como pode ser observado na própria página da criptomoeda na parte de documentação⁵.

Os portfólios foram construídos com base na sua capitalização de mercado, *portanto, cada criptomoeda tem o peso da sua capitalização de mercado diária. Sinteticamente:*

⁴ <https://www.coingecko.com/>. Acesso em: 15 de setembro de 2022.

⁵ <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pow/>. Acesso em: 30 de setembro de 2022.

$$\text{Valor do Portfólio} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{Preço}_i \times \text{CapMerc}_i}{\text{CapMerc}_{total}}$$

Sendo Preço_i o preço de abertura diário da criptomoeda, CapMerc_i o valor de mercado total daquela criptomoeda naquele dia e CapMerc_{total} a soma da capitalização de mercado das moedas que compõe o portfólio naquele dia, assim, é obtido o valor diário do portfólio. Por fim, como forma de normalização o valor inicial do portfólio é definido como 100 e tem suas variações conforme a as variações dos retornos diárias.

Os outros três portfólios, MVDASC, MVDAMC e MVDALC, foram coletados na plataforma da Market Vector⁶ e fazem parte do seguinte índice, MVIS® CryptoCompare Digital Assets 100 Index (MVDA), contando com 100 diferentes componentes (criptomoedas com capitalização de mercado significativas) e com pesos específicos para cada uma delas. Portanto, o índice principal é o MVDA, mas são utilizados seus componentes, o MVDASC (small-cap), MVDAMC (mid-cap) e MVDALC (large-cap). A distinção entre eles se dá por meio da capitalização de mercado: o MVDASC é o índice composto pelas criptomoedas do índice MVDA com menor capitalização de mercado, o MVDAMC de capitalização média e o MVDALC de alta capitalização.

Cada portfólio tem sua estruturação com o objetivo de realizar uma verificação distinta, para o Convencional e o Green há o interesse em avaliar a interação de seus retornos com os fatores em função do seu sistema de validação. Como citado anteriormente, uma principal distinção entre eles é a questão de gasto energético, portanto esta é uma abordagem inclusa nos fatores que serão citados mais adiante. Enquanto, o MVDASC, MVDAMC e o MVDALC tem como objetivo captar três grupos atrelados à capitalização de mercado, por isso a divisão em baixa, média e alta capitalização, distinguindo a força que essas moedas têm dentro do mercado.

⁶ <https://www.marketvector.com/indices/digital-assets/mvis-cryptocompare-digital-assets-100>. Acesso em: 7 de outubro de 2022.

Já a taxa livre de risco considerada foi a taxa de retorno do tesouro americano, as Treasury Bills, ou T-Bills, coletadas página online do Departamento do Tesouro dos Estados Unidos⁷. Os dados escolhidos são com 52 semanas e sem taxa de desconto.

A seguir são apresentadas as estatísticas descritivas dos retornos diários de cada portfólio e da taxa livre de risco (T-Bills):

TABELA 1 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS PORTFÓLIOS E TAXA T-BILLS

Variável	Média	Mediana	D.P.	Mín	Máx
MVDASC	0,00195	0,00483	0,0516	-0,262	0,184
MVDAMC	0,00275	0,00482	0,0498	-0,228	0,209
MVDALC	0,00288	0,00276	0,0469	-0,226	0,304
Green	0,00347	0,000710	0,0650	-0,351	0,492
Convencional	0,00353	0,00196	0,0461	-0,348	0,349
T-Bills	0,00363	0	0,0821	-0,366	0,599

3.1.2 FATORES E ÍNDICE DE MERCADO

Para fazer uma estimacão mais segura, foram coletados e testados diversos fatores com diferentes características. Entretanto, tendo o objetivo de facilitar a visualização e concisão, neste tópico são apresentados os fatores utilizados no modelo final e na conclusão há uma síntese com parte dos fatores testados.

3.1.2.1 CMC200 CRYPTO 200 INDEX BY SOLACTIVE

O índice de mercado utilizado é o CMC Crypto 200 Index by Solactive, ou CMC200, composto pelas 200 moedas com maior capitalização de mercado negociadas. Os dados históricos foram coletados com periodicidade diária através da plataforma do Yahoo Finance⁸, no mesmo intervalo dos outros dados, 1 de janeiro de 2019 até 31 de agosto de 2022. Sendo este fator o que representa a variação do mercado em todo o período analisado.

3.1.2.2 BITCOIN MINERS REVENUE

Ou receita dos mineradores de Bitcoin (BMR), em tradução livre, é um fator que consiste no valor total das recompensas de um novo bloco minerado e das taxas de

⁷ https://home.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/TextView?type=daily_treasury_bill_rates&field_tdr_date_value=2022. Acesso em: 7 de outubro de 2022.

⁸ <https://br.financas.yahoo.com/quote/%5ECMC200/history?p=%5ECMC200>. Acesso em: 5 de setembro de 2022.

transações pagas aos mineradores. Nesta conta devemos considerar que quando atingida uma determinada quantidade de blocos minerados a recompensa em Bitcoin é reduzida pela metade, conhecido como halving (Meynkhard, 2019), e as taxas de transação são contabilizadas e equalizadas conforme os preços de entrada e saída em compra e venda da criptomoeda na rede (Satoshi, 2008). Portanto, este fator é um bom indicativo sobre o prêmio obtido pelos mineradores ao decifrar um hash e do volume de transações na rede. Ou seja, a motivação de emprego computacional na obtenção de mais Bitcoin e seu preço ao longo do tempo, considerando que tem uma redução na recompensa. Os dados foram coletados em Nasdaq Data Link⁹.

3.1.2.3 COIN METRICS BLETCHLEY INDEX BASIC ATTENTION TOKEN

Também conhecido como CMBIBAT é um índice estruturado com base no token BAT (Basic Attention Token) e foi projetado para medir o desempenho que um investidor teria a partir da compra e retenção deste token. O BAT é obtido através do uso de um WEB navegador chamado BRAVE, mas só é possível coletá-lo ao conectar uma carteira digital ao BRAVE e ativar as recompensas (que são obtidas com a exposição a alguns anúncios ao longo da navegação). Portanto, exclui da análise os usuários que usufruem do navegador, mas que não estão inseridos no uso e consumo de produtos relacionados a blockchain. Este índice é um bom indicador de usuários ativos na blockchain, junto com a confluência das variações de mercado. Os dados foram coletados na plataforma da Coin Metrics¹⁰.

3.1.2.4 S&P GLOBAL CLEAN ENERGY INDEX (GCE)

Índice desenvolvido para medir o desempenho de 100 empresas globais relacionadas com energia limpa em mercados desenvolvidos e emergentes. O Dado foi coletado na plataforma da S&P Dow Jones Índices¹¹. Este fator é interessante para avaliar a relação dos portfólios com o aumento da presença da energia limpa, já que como citado anteriormente, parte da validação das moedas utilizam grande poder de processamento e, conseqüentemente, um gasto energético acentuado.

⁹ <https://data.nasdaq.com/data/BCHAIN/MIREV-bitcoin-miners-revenue>. Acesso em: 5 de novembro de 2022.

¹⁰ <https://indexes.coinmetrics.io/cmbibat>. Acesso em: 7 de novembro de 2022.

¹¹ <https://www.spglobal.com/spdji/pt/indices/esg/sp-global-clean-energy-index/#overview>. Acesso em: 28 de outubro de 2022.

A seguir encontramos as estatísticas descritivas dos Retornos dos fatores dos portfólios:

TABELA 2 - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS RETORNOS DOS FATORES

Variável	Média	Mediana	D.P.	Mín	Máx
CMC200	0,00305	0,000	0,0525	-0,266	0,646
MinersRevenBTC	0,00993	-0,00238	0,135	-0,479	0,688
CMBIBAT	0,00340	-0,000672	0,0688	-0,236	0,476
S&PCleanEnergy	0,00135	0,00118	0,0214	-0,117	0,224

3.2 METODOLOGIA

O modelo utilizado é o de precificação multifatorial derivado do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM), o *Arbitrage Pricing Theory* (APT), como citado anteriormente. Para uma melhor perspectiva, a seguir temos a composição do CAPM de Sharpe e Lintner:

$$\bar{R}_i = R_F + \beta_i(\bar{R}_M - R_F)$$

Sendo $\bar{R}_i$ o retorno esperado do investimento, R_F é a taxa livre de risco, β_i é o beta do investimento e $(\bar{R}_M - R_F)$ é o prêmio de risco do mercado. O beta pode ser escrito também da seguinte forma:

$$\beta_i = \frac{\sigma_{iM}}{\sigma_M^2}$$

Onde σ_{iM} é a covariância dos retornos do ativo i e o índice de mercado e σ_M^2 é a variância do retorno do índice de mercado. O β_i neste modelo tem a função de apresentar como o portfólio ou ativo representado pelo retorno esperado em $\bar{R}_i$ se comporta diante de oscilações do mercado. Caso o β_i seja igual a 1, o ativo oscila na mesma proporção do mercado, se menor do que 1, oscila menos e se maior oscila mais. Entretanto, se o ativo tem um beta negativo, segue a mesma lógica do positivo, mas oscila no sentido contrário ao índice de mercado (CAMPBELL, 1997).

Notamos que o CAPM é um recurso interessante quando o objetivo é a análise do retorno com base no prêmio de risco de mercado de um ativo ou portfólio. Entretanto, há certa limitação em realizar a análise estruturada em um único fator, ainda mais em um mercado novo e não tradicional como o de criptoativos. Como o objetivo desta monografia é a prospecção de sinalizações e indícios sobre o “Inverno

Cripto”, a inclusão de outros fatores apresenta ser uma opção interessante, propiciando uma análise mais rica e descritiva. Por isso, a escolha do *Arbitrage Pricing Theory* (APT) que derivado do CAPM, possibilita a inclusão de outros fatores, não se restringindo apenas a análise de retornos com base no prêmio de risco de mercado. Dito isto, segue a composição do APT segundo Reinganum (1981):

$$\bar{R}_i = E_i + \beta_{i1}\bar{\delta}_1 + \dots + \beta_{ik}\bar{\delta}_k + \bar{\epsilon}_i \text{ para } i = 1, \dots, N$$

Onde $\bar{R}_i$ é o retorno do ativo i , E_i é o retorno esperado do ativo i , β_{ik} representa a reação nos retornos do ativo i em relação aos movimentos do fator $\bar{\delta}_k$, sendo $\bar{\delta}_k$ um fator comum de média igual a zero que tem influência no retorno de todos os ativos, ϵ_i é o efeito idiossincrático nos retornos do ativo i (em portfólios grandes é completamente diversificável e tem média igual a 0) e, por fim, N é o número de ativos.

Nesta monografia é utilizado o modelo de precificação por arbitragem de quatro fatores, seguindo o seguinte modelo genérico:

$$\bar{R}_i = E_i + \beta_{i1}\bar{\delta}_1 + \beta_{i2}\bar{\delta}_2 + \beta_{i3}\bar{\delta}_3 + \beta_{i4}\bar{\delta}_4 + \bar{\epsilon}_i$$

Sendo E_i caracterizado como o retorno esperado do ativo i , neste caso, este é descrito como o retorno do ativo livre de risco R_F , ao considerarmos que este é o retorno esperado do ativo sem estar sujeito ao prêmio de risco de mercado. Este é representado pela taxa dos títulos do tesouro americano, também conhecidos como *Treasury Bills*, ou *T-Bills* (R_F). Como fatores são utilizados os retornos diários do CMC200 ($\bar{R}_{CMC}$), *Bitcoin Miners Revenue* ($\bar{R}_{BMR}$), CMBIBAT ($\bar{R}_{BAT}$) e S&P *Global Clean Energy Index* ($\bar{R}_{GCE}$), subtraídos por R_F . Assim, obtemos o modelo final:

$$\bar{R}_i = R_F + \beta_1(\bar{R}_{CMC} - R_F) + \beta_2(\bar{R}_{BMR} - R_F) + \beta_3(\bar{R}_{BAT} - R_F) + \beta_4(\bar{R}_{GCE} - R_F) + \bar{\epsilon}$$

Ou,

$$\bar{R}_i - R_F = \beta_1(\bar{R}_{CMC} - R_F) + \beta_2(\bar{R}_{BMR} - R_F) + \beta_3(\bar{R}_{BAT} - R_F) + \beta_4(\bar{R}_{GCE} - R_F) + \bar{\epsilon}$$

Com o objetivo de avaliar os períodos de quedas drásticas no último ano no mercado de criptomoedas, são utilizadas três variáveis Dummies para essa análise em três períodos de quedas consecutivas. Em adicional outras duas Dummies foram adicionadas para capturar dois grandes acontecimentos recentes, o COVID19 e a guerra entre Rússia e Ucrânia:

$$\bar{R}_i - R_F = \beta_1(\overline{R_{CMC}} - R_F) + \beta_2(\overline{R_{BMR}} - R_F) + \beta_3(\overline{R_{BAT}} - R_F) + \beta_4(\overline{R_{GCE}} - R_F) + \beta_5 D_1 + \beta_6 D_2 + \beta_7 D_3 + \beta_8 D_4 + \beta_9 D_5 + \bar{\epsilon}$$

E D_1 , D_2 , D_3 , D_4 e D_5 são as variáveis dummies, sendo as três primeiras referentes as quedas nos preços dos criptoativos, períodos baseados principalmente nas variações do Bitcoin. A primeira dummy (D_1) contempla o período entre 08 de novembro de 2021 até 22 de janeiro de 2022, enquanto a segunda (D_2) entre 29 de março de 2022 até 11 de maio de 2022 e a terceira (D_3) entre 7 de junho de 2022 e 21 de junho de 2022. Por fim, a dummy do COVID 19 (D_4) está contida entre 31 de dezembro de 2019 e 31 de dezembro de 2021 e a da guerra entre Rússia e Ucrânia (D_5) entre 24 de fevereiro de 2022 e 31 de outubro de 2022. Os intervalos das três primeiras foram definidos com base na análise gráfica das variações nos preços do Bitcoin obtidos na plataforma da Coin Gecko¹². Para o COVID 19 com base na data de início apresentada na página da Organização Pan-Americana de Saúde e estendido por dois anos. Para a guerra entre Rússia e Ucrânia o período considerado foi a partir da data apresentada pela plataforma do Google até o momento presente, por ainda estar ocorrendo.

Agora, com os dados e o modelo descrito possibilita apresentar a sequência de desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente, houve a prospecção de dados para estruturar os portfólios. Em sequência, houve a prospecção dos fatores e, para a validação destes dados, foram realizadas regressões a partir do Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) entre os fatores e os portfólios com o objetivo de checar a relevância estatística entre eles. Apresentado relevantes, os testes de normalidade dos resíduos e o de correlação dos resíduos são aplicados. Neste caso, como a amostra é pequena (aproximadamente 900 observações), testes como o Jarque-Bera apresentaram p-valores baixos, entretanto, a partir da análise do histograma possibilita a checagem da normalidade dos resíduos, tabelas apresentadas na seção 4 (Resultados).

Entretanto, ao realizar o teste de correlação dos erros apresentou correlação positiva a partir do teste de Durbin-Watson, acarretando a mudança no método regressivo para o Método dos Mínimos Quadrados Generalizados (MQG) com o objetivo de correção, este apresentou bons resultados nos testes anteriormente

¹² <https://www.coingecko.com/>. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

apresentados. Então, com os fatores definidos são submetidos à matriz de correlação com o objetivo de checar se são correlacionados, caso não, são selecionados para realizar a regressão final pelo MQG com a adição das variáveis Dummies. Todos os testes são repetidos nesta regressão final com o objetivo de verificar sua validade e eficiência.

4 RESULTADOS

Inicialmente, é necessário checar a correlação entre os fatores e verificar se há ou não correlação significativa entre eles:

TABELA 3 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO DO RETORNO DOS FATORES MENOS TAXA LIVRE DE RISCO

CMC200	BTCMinersRevenue	CMBIBAT	CleanEnergySP	
1,0000	0,2718	0,3773	0,2728	CMC200
	1,0000	0,1383	0,1120	BTCMinersRevenue
		1,0000	0,2421	CMBIBAT
			1,0000	CleanEnergySP

Nota: 5% valor crítico (bicaudal) = 0,0662 para n = 878

O maior coeficiente é entre CMBIBAT e CMC200 de 0,3773, portanto sendo o único que apresenta um mínimo indicativo de correlação, mesmo assim é uma correlação muito fraca, sendo próximo de 0,3. Mas, por se apresentar um fator interessante para a análise, este será mantido. De resto, os valores são inferiores a 0,3, não apresentando correlação significativa. Então, podemos afirmar que não há correlação significativa entre os fatores, permitindo realizar as regressões.

A seguir os parâmetros estimados pelas regressões realizadas pelo Método dos Mínimos Quadrados Generalizados entre cada portfólio e os fatores:

TABELA 4 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO CONVENCIONAL E OS FATORES

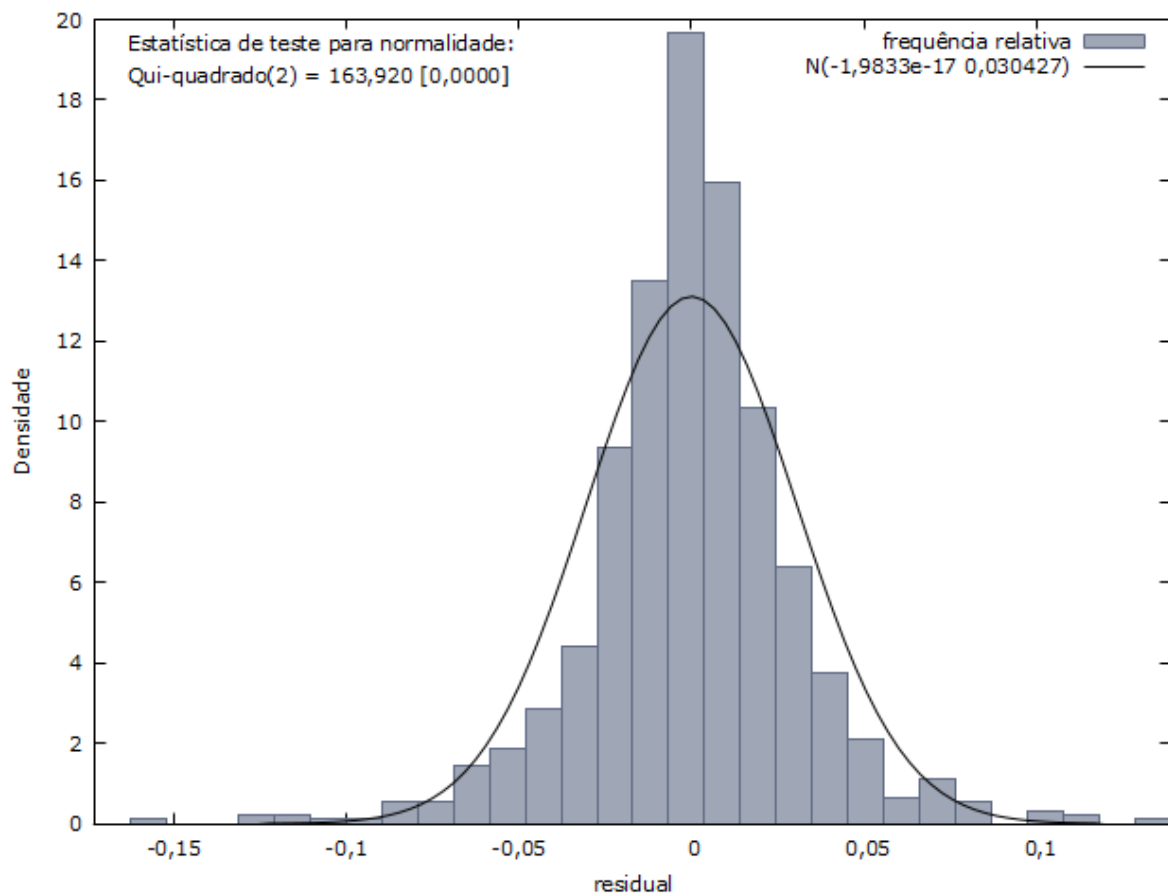
Variáveis Explicativas	Variável Dependente			
	1	2	3	4
	PC	PC	PC	PC
	0,699***	0,6651***	0,6747***	0,6893***
CMC200	(0,0013)	(0,0204)	(0,0212)	(0,023)

MinersRevenueBTC		0,0395***	0,0399***	0,0403***
(BMR)		(0,0087)	(0,0087)	(0,0087)
GlobalCleanEnergyS&P			-0,0831*	-0,0731
(GCE)			(0,0469)	(0,0473)
CMBIBAT				-0,0265*
				(0,0158)
D1 (Primeira Queda)				-0,0028
				(0,0034)
D2 (Segunda Queda)				-0,0022
				(0,0047)
D3 (Terceira Queda)				-0,0107
				(0,0076)
COVID19				0,0008
				(0,0016)
GuerraRússiaUcrânia				-0,0004
				(0,0027)
Constante	0,0014	0,0011	0,0011	0,0011
	(0,0013)	(0,0013)	(0,0013)	(0,0013)
Observações	877	877	877	877
R-quadrado	0,5613	0,5711	0,5724	0,5735
R-quadrado ajustado	0,5583	0,5676	0,5685	0,5691
P-Valor (F)	2,2e-176	4,5e-179	5,4e-178	2,4e-177
Durbin-Watson	2,20	2,20	2,20	2,19

Nota: Erro-padrão entre os parênteses. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Histograma do teste de normalidade dos resíduos (Portfólio Convencional):

FIGURA 1 - HISTOGRAMA DO TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS PORTFÓLIO CONVENCIONAL



Na regressão podemos notar alguns pontos interessantes, em relação aos fatores, os retornos do índice de mercado CMC200 e do BMR apresentam efeitos significativos em relação aos retornos do portfólio, enquanto, o CMBIBAT apresenta um efeito com menor significância, mas ainda presente, e o GCE, a constante e as dummies não apresentaram efeitos significativo na regressão.

Em relação aos parâmetros, observamos que o coeficiente do CMC200 (Retornos CMC200 – Taxa livre de Risco) é de 0,6893, ou seja, com a variação em um ponto percentual no prêmio de mercado, implica em um prêmio de risco de 0,6893. Analogamente, para o BMR (Retornos BMR – Taxa livre de Risco), implica um retorno de 0,0403 pontos percentuais e para o CMBIBAT (Retornos CMBIBAT – Taxa livre de Risco) de -0,0265, para o GCE (Retornos GCE – Taxa livre de Risco) tem um movimento contrário, portanto com a variação em um ponto percentual implica em um recuo de -0,0731 por cento, entretanto este coeficiente não se apresentou relevante na regressão. Portanto, o coeficiente que apresenta maior expressividade do prêmio

portfólio em relação ao portfólio é o do CMC200, mas mesmo sendo menor, o BMR e o CMBIBAT têm certa expressividade na composição.

Por fim, foi obtido um R-quadrado e R-quadrado ajustado de 0,5735 e 0,5691, respectivamente. O P-valor de $2,4e-177$, ou seja, praticamente zero, e o Durbin-Watson de 2,19, se aproximando consideravelmente de 2. Sendo estas estatísticas significantes para a relevância do modelo.

TABELA 5 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO GREEN E OS FATORES

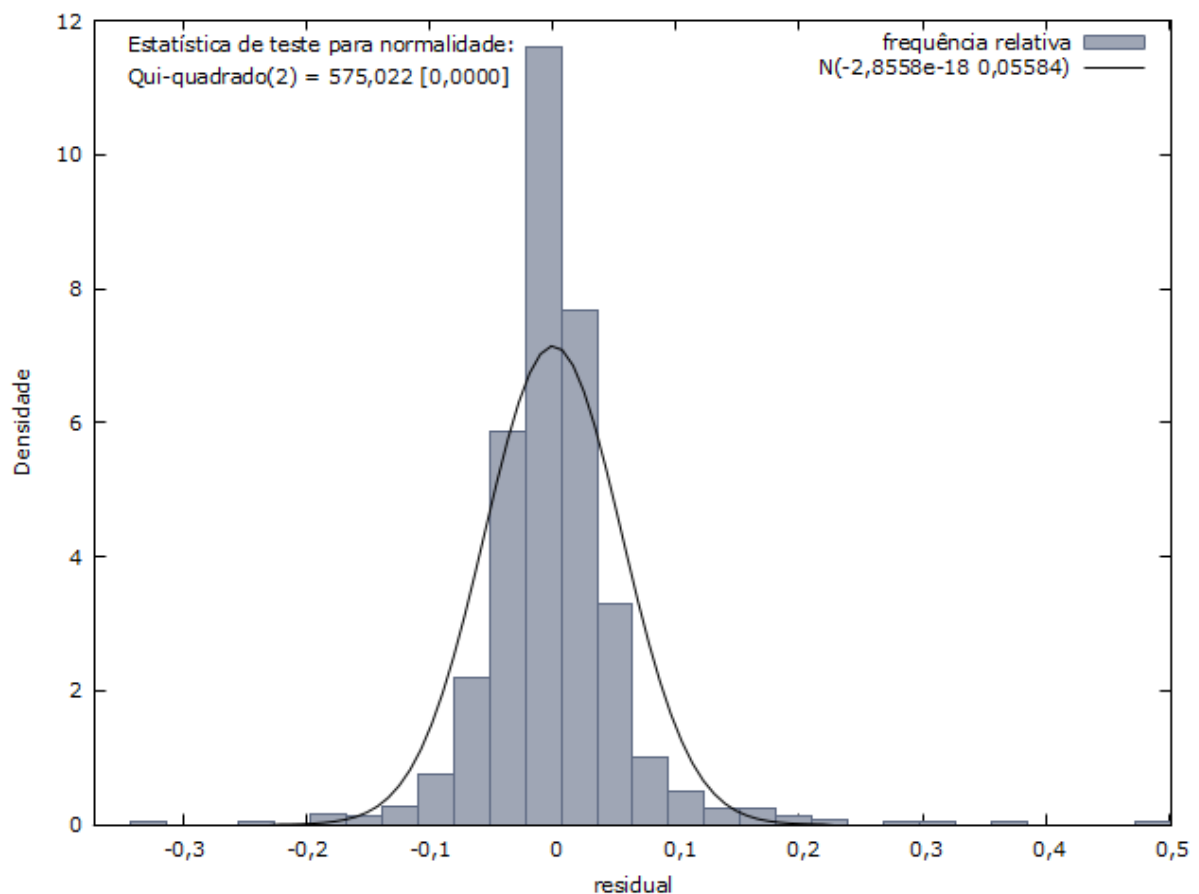
Variáveis Explicativas	Variável Dependente			
	1	2	3	4
	PG	PG	PG	PG
CMC200	0,6329*** (0,036)	0,6167*** (0,0374)	0,6206*** (0,0386)	0,5903*** (0,0411)
MinersRevenueBTC (BMR)		0,0220 (0,0145)	0,0223 (0,0145)	0,0207 (0,0146)
GlobalCleanEnergyS&P (GCE)			-0,0401 (0,0918)	-0,0720 (0,0931)
CMBIBAT				0,0669** (0,0301)
D1 (Primeira Queda)				-0,0084 (0,0084)
D2 (Segunda Queda)				-0,0050 (0,0113)
D3 (Terceira Queda)				0,0056 (0,0182)
COVID19				0,0077* (0,0041)
GuerraRússiaUcrânia				0,0016 (0,0065)
Constante	0,0015 (0,0018)	0,0013 (0,0018)	0,0014 (0,0018)	-0,0024 (0,0032)
Observações	877	877	877	877
R-quadrado	0,2596	0,2615	0,2617	0,2699

R-quadrado ajustado	0,2588	0,2599	0,2592	0,2623
P-Valor (F)	1,82e-59	1,59e-58	2,28e-57	1,04e-54
Durbin-Watson	2	2	2	2

Nota: Erro-padrão entre os parênteses. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Histograma do teste de normalidade dos resíduos (Portfólio Green):

FIGURA 2 - HISTOGRAMA DO TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS DO PORTFÓLIO GREEN



Neste caso, os retornos do índice de mercado CMC200 e do CMBIBAT apresentam efeitos significativos em relação aos retornos do portfólio, enquanto, o BMR, o GCE e a constante não apresentam efeito significativo na regressão. A dummy do COVID19 apresentou uma leve significância no efeito (p -valor $< 0,10$).

Em relação aos parâmetros, observamos que o coeficiente do CMC200 é de 0,5903, ou seja, com a variação em um ponto percentual no prêmio de mercado, implica em um prêmio de 0,5903. Analogamente, para o BMR, implica um prêmio de risco de 0,0207 pontos percentuais e para o CMBIBAT de 0,0669, para o GCE tem

um movimento contrário, portanto com a variação em um ponto percentual implica em um recuo de -0,0720 por cento, entretanto este coeficiente não se apresenta relevante para a regressão. Assim, se mantendo como maior expressividade o coeficiente do CMC200, mas ainda com alguma expressividade no prêmio por parte do CMBIBAT na composição. Neste caso, uma dummy apresentou significância, mesmo que fraca, a do COVID19, seu coeficiente apresenta caso uma variação de 1 ponto percentual do mercado a variação de 0,0077 por cento.

Por fim, foi obtido um R-quadrado e R-quadrado ajustado de 0,2699 e 0,2623, respectivamente. O P-valor de $1,04e-54$, ou seja, praticamente zero, e o Durbin-Watson de 2. Sendo estas estatísticas significantes para a relevância do modelo.

TABELA 6 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO MVDASC E OS FATORES

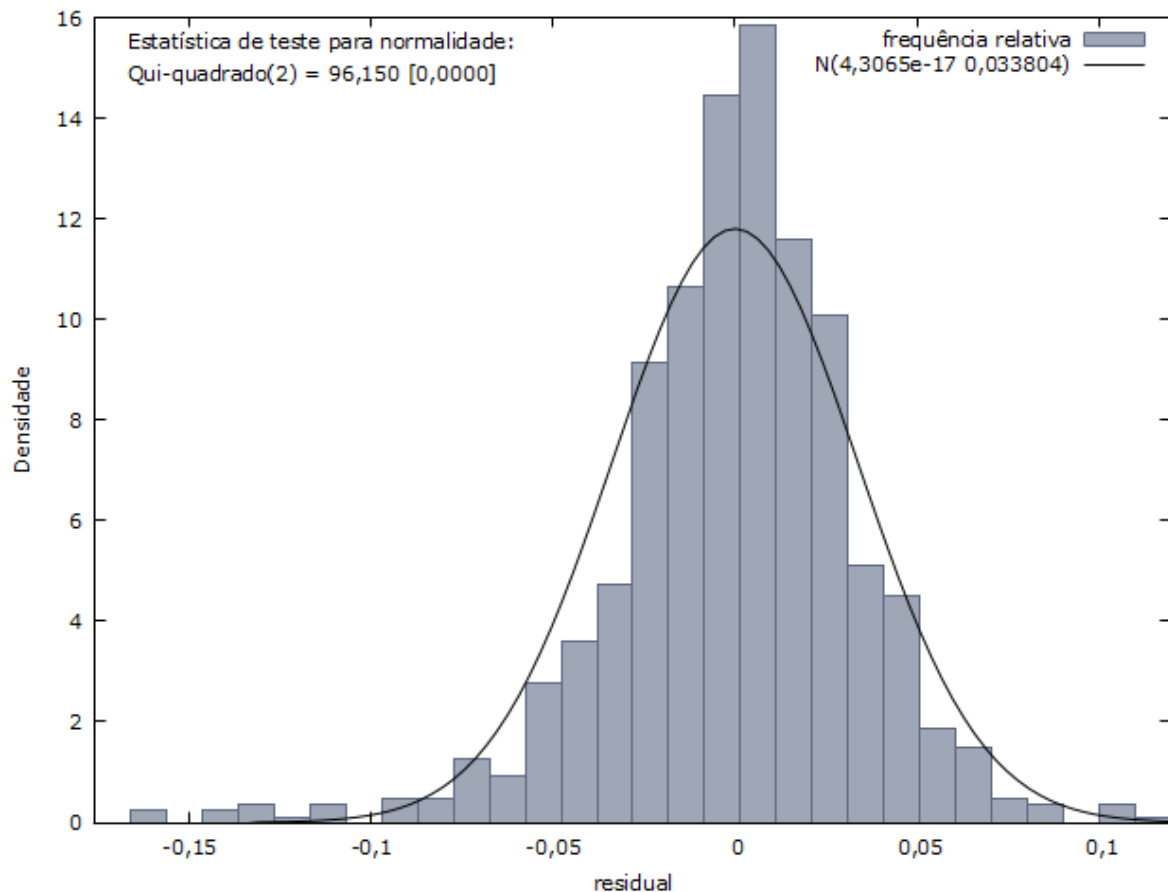
<i>Variáveis Explicativas</i>	<i>Variável Dependente</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
	<i>MVDASC</i>	<i>MVDASC</i>	<i>MVDASC</i>	<i>MVDASC</i>
CMC200	0,6075*** (0,0265)	0,5796*** (0,0281)	0,5370 (0,0290)	0,3349*** (0,0256)
MinersRevenueBTC (BMR)		0,0334*** (0,0119)	0,0316*** (0,0117)	0,0257*** (0,0095)
GlobalCleanEnergyS&P (GCE)			0,3103*** (0,0654)	0,1459*** (0,0543)
CMBIBAT				0,3743*** (0,0180)
D1 (Primeira Queda)				-0,0061 (0,0041)
D2 (Segunda Queda)				-0,0059 (0,0056)
D3 (Terceira Queda)				-0,0093 (0,0091)
COVID19				0,0050** (0,0020)
GuerraRússiaUcrânia				0,0033 (0,0032)

Constante	0,0001 (0,0011)	-0,0001 (0,0011)	-0,0003 (0,0011)	-0,0033** (0,0016)
Observações	877	877	877	877
R-quadrado	0,3355	0,3414	0,3578	0,5752
R-quadrado ajustado	0,3347	0,3399	0,3556	0,5708
P-Valor (F)	2,59e-91	2,14e-91	1,67e-93	1,0e-164
Durbin-Watson	2,03	2,02	2,02	2,01

Nota: Erro-padrão entre os parênteses. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Histograma do teste de normalidade dos resíduos (MVDASC):

FIGURA 3 - HISTOGRAMA TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS PORTFÓLIO MVDASC



Em relação ao portfólio MVDASC há a presença de relevância nos efeitos de todos os fatores em relação ao portfólio, ou seja, o p-valor é suficientemente baixo para rejeitar H_0 . Portanto, o CMC200, BMR, GCE e CMBIBAT são significativos nesta regressão. Entretanto, há a questão de que neste caso a constante se apresentou

significativa, com p-valor menor do que 0,05, sendo este um fator não desejado. A única dummy que expressou significância foi a do COVID19.

Em relação aos parâmetros, observamos que o coeficiente do CMC200 é de 0,3349, ou seja, com a variação em um ponto percentual no prêmio de mercado, implica em um prêmio de 0,3349. Analogamente, para o BMR, implica um retorno de 0,0257 pontos percentuais, para o GCE de 0,1459 e para o CMBIBAT de 0,3743. Neste caso, o CMBIBAT apresentou maior prêmio, mas esta regressão apresentou coeficientes com valores expressivos em relação as regressões anteriores, neste com maior presença do CMBIBAT e GCE. Uma dummy apresentou significância (p-valor > 0,05), a do COVID19, seu coeficiente apresenta caso uma variação de um ponto percentual no prêmio de mercado a variação de 0,0050 por cento. E a constante apresenta um prêmio de -0,0033 com a variação de um ponto percentual no prêmio de mercado.

Por fim, foi obtido um R-quadrado e R-quadrado ajustado de 0,5752 e 0,5708, respectivamente. O P-valor de 1,0e-164, ou seja, praticamente zero, e o Durbin-Watson de 2,01. Sendo estas estatísticas significantes para a relevância do modelo.

TABELA 7 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO MVDAMC E OS FATORES

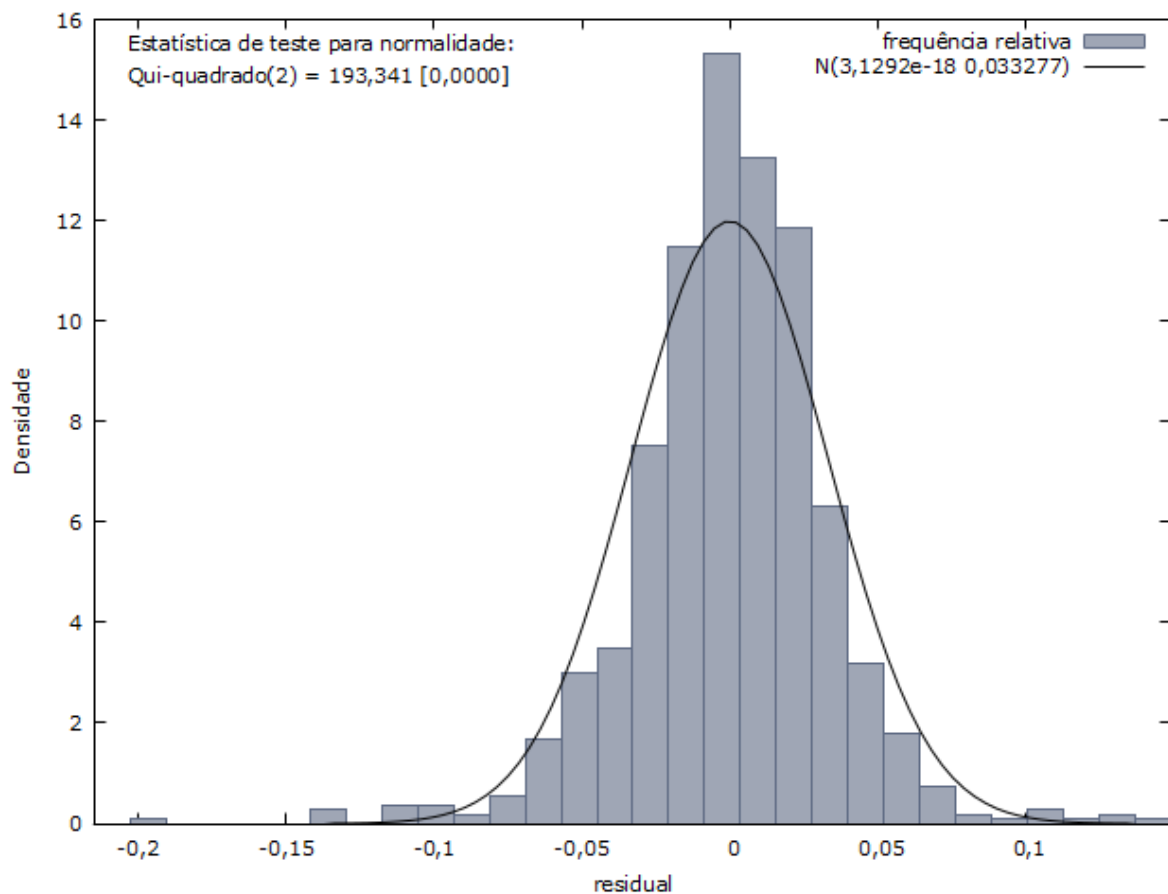
Variáveis Explicativas	Variável Dependente			
	1	2	3	4
	MVDAMC	MVDAMC	MVDAMC	MVDAMC
CMC200	0,5832*** (0,0256)	0,5506*** (0,02719)	0,5134*** (0,0281)	0,3296*** (0,0251)
MinersRevenueBTC (BMR)		0,0389*** (0,0115)	0,0374*** (0,0113)	0,0318*** (0,0094)
GlobalCleanEnergyS&P (GCE)			0,2667*** (0,0632)	0,1257** (0,0531)
CMBIBAT				0,3506*** (0,0177)
D1 (Primeira Queda)				-0,0047 (0,0040)

D2 (Segunda Queda)				-0,0047 (0,0055)
D3 (Terceira Queda)				-0,0080 (0,0089)
COVID19				0,0044** (0,0019)
GuerraRússiaUcrânia				0,0018 (0,0032)
Constante	0,0009 (0,0010)	0,00069 (0,0010)	0,0004 (0,0010)	0,0001 (0,0008)
Observações	877	877	877	877
R-quadrado	0,3327	0,3413	0,3543	0,5542
R-quadrado ajustado	0,3320	0,3398	0,3521	0,5522
P-Valor (F)	2,01e-90	2,86e-91	2,72e-92	7,8e-161
Durbin-Watson	2,04	2,03	2,03	2,02

Nota: Erro-padrão entre os parênteses. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Histograma do teste de normalidade dos resíduos (MVDAMC):

FIGURA 4 - HISTOGRAMA DO TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS PORTFÓLIO MVDAMC



O MVDAMC tem resultados semelhantes ao MVDASC, mas com duas principais diferenças, aqui o GCE apresenta uma significância média ($p\text{-valor} < 0,05$) e o coeficiente não é significativo. Portanto, o CMC200, BMR, GCE e CMBIBAT são significativos nesta regressão. A única dummy que expressou significância foi a do COVID19.

Em relação aos parâmetros, observamos que o coeficiente do CMC200 é de 0,3296, ou seja, com a variação em um ponto percentual no prêmio de mercado, implica em um prêmio de 0,3296. Analogamente, para o BMR, implica um retorno de 0,0318 pontos percentuais, para o GCE de 0,1257 e para o CMBIBAT de 0,3506. O CMBIBAT continuou apresentando maior prêmio de risco junto com a expressividade nos coeficientes do CMC200 e GCE, o BMR se manteve com um coeficiente pequeno. Uma dummy apresentou significância ($p\text{-valor} > 0,05$), a do COVID19, seu coeficiente

apresenta caso uma variação de um ponto percentual no prêmio de mercado a variação de 0,0044 por cento.

Por fim, foi obtido um R-quadrado e R-quadrado ajustado de 0,5542 e 0,5522, respectivamente. O P-valor de $7,8e-161$, ou seja, praticamente zero, e o Durbin-Watson de 2,02. Sendo estas estatísticas significantes para a relevância do modelo.

TABELA 8 - REGRESSÃO ENTRE O PORTFÓLIO MVDALC E OS FATORES

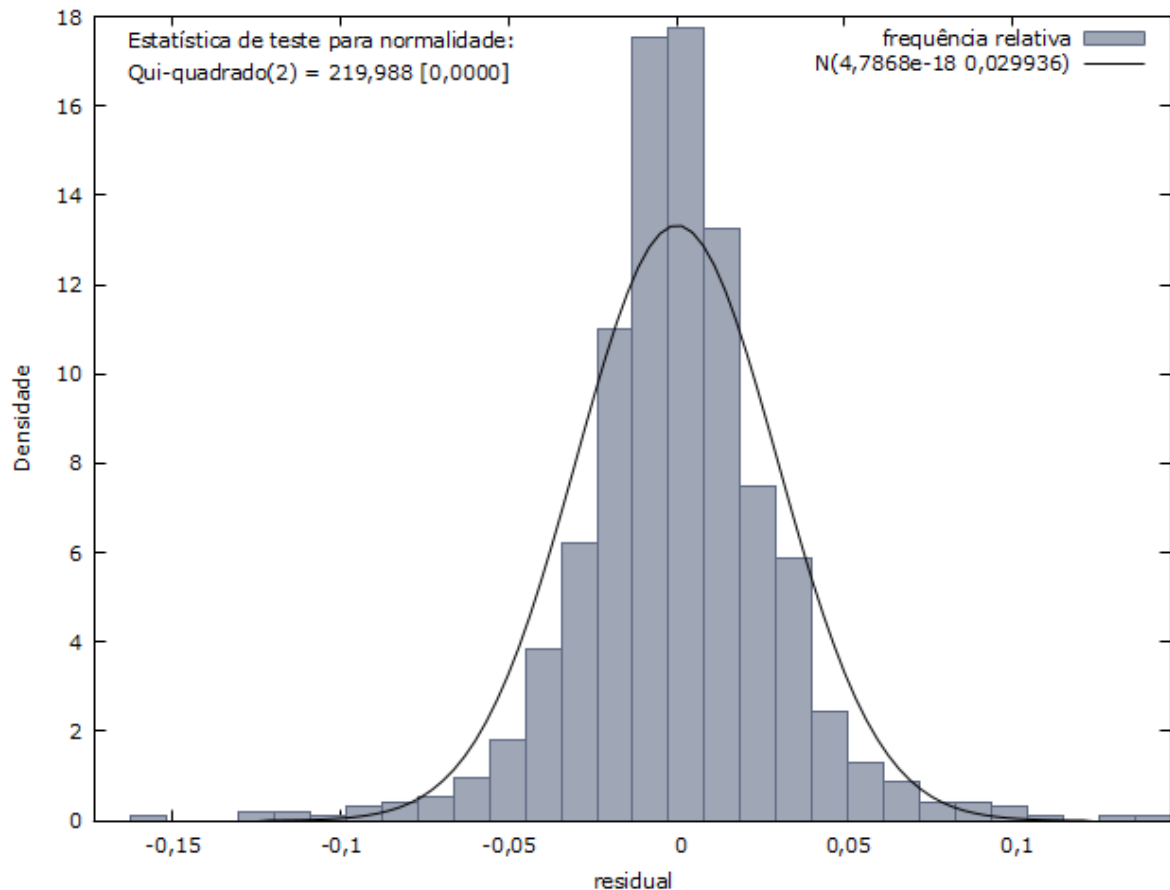
<i>Variáveis Explicativas</i>	<i>Variável Dependente</i>			
	<i>1</i> <i>MVDALC</i>	<i>2</i> <i>MVDALC</i>	<i>3</i> <i>MVDALC</i>	<i>4</i> <i>MVDALC</i>
CMC200	0,6760*** (0,0202)	0,6294*** (0,0217)	0,5953*** (0,0225)	0,4662*** (0,0223)
MinersRevenueBTC (BMR)		0,0523 (0,0096)	0,0512*** (0,0095)	0,0484*** (0,0086)
GlobalCleanEnergyS&P (GCE)			0,2345*** (0,0489)	0,1651*** (0,0454)
CMBIBAT				0,2122*** (0,0153)
D1 (Primeira Queda)				-0,0032 (0,0033)
D2 (Segunda Queda)				0,0022 (0,0044)
D3 (Terceira Queda)				-0,0093 (0,0072)
COVID19				0,0007 (0,0016)
GuerraRússiaUcrânia				-0,0017 (0,0025)
Constante	0,0008 (0,0007)	0,0004 (0,0007)	0,0002 (0,0007)	0,0001 (0,0012)
Observações	877	877	877	877
R-quadrado	0,4774	0,4946	0,5074	0,5969
R-quadrado ajustado	0,4768	0,4934	0,5057	0,5927

P-Valor (F)	8,7e-158	4,1e-162	6,2e-164	2,3e-189
Durbin-Watson	2,20	2,20	2,18	2,12

Nota: Erro-padrão entre os parênteses. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Histograma do teste de normalidade dos resíduos (MVDALC):

FIGURA 5 - HISTOGRAMA DO TESTE DE NORMALIDADE DOS RESÍDUOS PORTFÓLIO MVDALC



Por fim, MVDALC apresenta alta significância para todos os fatores (p -valor $< 0,01$), portanto rejeita a hipótese nula (H_0) de que o fator exerce efeito sobre o portfólio, garantindo que o CMC200, BMR, GCE e CMBIBAT sejam significantes nesta regressão. Neste caso, nenhuma dummy apresentou significância.

Em relação aos parâmetros, observamos que o coeficiente do CMC200 é de 0,4662, ou seja, com a variação em um ponto percentual no prêmio de mercado, implica em um prêmio de 0,4662. Analogamente, para o BMR, implica um retorno de 0,0484 pontos percentuais, para o GCE de 0,1651 e para o CMBIBAT de 0,2122.

Quem apresentou maior expressividade no prêmio de risco neste caso foi o CMC200, se assemelhando ao Portfólio Convencional e o Green.

Por fim, foi obtido um R-quadrado e R-quadrado ajustado de 0,5969 e 0,5927, respectivamente. O P-valor de $2,3e-189$, ou seja, praticamente zero, e o Durbin-Watson de 2,12. Sendo estas estatísticas significantes para a relevância do modelo.

5 DISCUSSÃO

Esta monografia apresentou como objetivo realizar a análise sobre evidências que anunciassem as quedas apresentadas no “Inverno Cripto”, ou *meltdown*, com base em movimentos atípicos nos retornos de ativos selecionados utilizando o modelo derivado do CAPM, o APT. Para isso, foi necessário a prospecção de forma rigorosa e distinta de dois principais conjunto de dados, os portfólios e os fatores, para possibilitar um entendimento distinto do evento. Os portfólios foram escolhidos com um propósito: proporcionar a averiguação e análise em diferentes perspectivas. Por isso, um com um viés ecológico, o Green, outro com uma abordagem sem essa perspectiva, o Convencional, além de outros três com enfoque na capitalização de mercado (volume total de criptomoedas disponíveis em t x preço em t). A prospecção dos fatores teve o mesmo objetivo, encontrar possíveis elementos que possibilitassem a análise e apresentassem resultados antagônicos entre as regressões de cada portfólio.

De fato, é o que podemos notar ao longo dos resultados, alguns esperados, enquanto outros inusitados. Inicialmente, ao avaliar a regressão do portfólio Convencional, notamos fatores característicos importantes, tendo o Bitcoin em sua composição e com um alto peso na ponderação, a significância no efeito da receita da mineração de Bitcoin é esperada, para o CMC200 também, apresentando um coeficiente alto de prêmio de risco. Em relação ao CMBIBAT é interessante, pois tem o coeficiente negativo, ou seja, o stake do token BAT com a oferta dele com base no uso dos usuários segue uma direção contrária aos movimentos dos retornos do portfólio com composição de moedas com altíssima capitalização, ou seja, o CMBIBAT, um possível indicador de usuários ativos no universo da Blockchain somado com a influência de mercado em seu token na variabilidade de preços, leva a caminhos antagônicos. Sobre o GCE é interessante não ter efeito sobre os ativos apresentados, mas como é um portfólio mesclado no quesito processo de validação,

realmente não faz completo sentido seguir ou não um caminho semelhante ao crescimento de empresas no setor de energia limpa.

Já para o portfólio *Green* tem significância no efeito do CMC200 e do CMBIBAT, ambos com movimento positivo. Em relação ao CMBIBAT é interessante seu segmento, quanto mais usuários na rede, maior a demanda por ativos e produtos e, conseqüentemente, maior aumento nos preços, com suas variações muitas vezes orquestradas por eventos comuns do mercado. Entretanto, um fator esperado era ter um resultado expressivo do GCE, ou seja, ter um reflexo nos preços de criptomoedas com viés menos agressivo ao meio ambiente no sistema de validação, mas não apresentou significância de efeito neste caso. Em relação as Dummies, a do COVID 19 apresentou efeito, mesmo que baixo, em função dos ativos inclusos neste portfólio, portanto o impacto global da pandemia teve repercussão nestes ativos. Enquanto, as Dummies dos períodos do meltdown não se mostraram significativas, indicando comportamento padrão dos retornos dos portfólios e os fatores propostos mesmo nesses períodos.

Em relação ao portfólio MVDASC tem uma situação um tanto conflituosa, pois a constante se apresenta significativa, mas ao mesmo tempo este portfólio tem todos os fatores significativos. Apresentando que moedas de baixa capitalização de mercado estão sujeitas a influência de uma pluralidade maior de fatores, inclusive com a significância do efeito positivo da Dummy do COVID 19 torna mais expressivo o impacto de variáveis externas, pois nesta análise tem um efeito de significância considerável, mesmo que o coeficiente seja pequeno. Um fator importante a ser avaliado é a influência do CMBIBAT neste portfólio, apresentando que a presença de mais usuários na rede pode garantir maior acesso a estes ativos. Por fim, este portfólio tem uma perspectiva sobre a intensidade dos coeficientes, o prêmio de risco tende a ser maior com outros fatores além do de mercado que, até então, se apresentou muito intenso nos Portfólios Convencional e Green.

O MVDAMC apresenta uma leitura parecida com a do MVDASC, mas um ponto de destaque é em relação a uma queda na significância do efeito do GCE no portfólio quando comparado ao MVDASC. Neste caso, podemos especular que em criptomoedas com menor capitalização tem maior correlação entre o efeito do mercado de energia limpa, isso também se prova na proporção, já que o coeficiente do MVDASC é 20% maior do que o do MVDAMC. Entretanto, ambos têm um

coeficiente CMBIBAT semelhante, apresentando maior reatividade ao prêmio de risco quando há maior presença de usuários online nas redes. O MVDAMC também apresenta influência positiva da pandemia de COVID 19 ao longo do período.

Nesse sentido, o MVDALC é o portfólio que apresenta resultados mais contundentes em relação aos fatores, todos com efeito significativo, mas nenhuma dummy apresenta significância de efeito. Em contraste com o MVDAMC, podemos concluir que criptomoedas com maior capitalização de mercado também tem maior correlação na relação de efeito com o fator GCE. O MVDALC tem um efeito mais significativo das variações percentuais do mercado junto com outros fatores, entretanto, quando avaliado em função do CMBIBAT, este índice é muito menos reativo em relação ao MVDAMC e MVDASC.

Ao compararmos os portfólios MVDA com o Convencional e o Green, notamos uma diferença considerável em como os coeficientes são distribuídos, sendo os três primeiros mais afetados por diferentes fatores e o prêmio de risco diluído entre eles. Tendo um racional mais aparente, já que são compostos por mais criptomoedas do que os outros dois. Estes dois últimos têm uma concentração do prêmio de risco principalmente nas variações dos retornos de mercado (CMC200), não tendo influência considerável dos outros fatores estudados no quesito da grandeza do prêmio apresentados pelos coeficientes.

6 CONCLUSÃO

Esta monografia teve o estudo direcionado para o entendimento do “Inverno Cripto” a partir do modelo proposto anteriormente, entretanto em todas as regressões, as Dummies (D_1 , D_2 e D_3) que estavam posicionadas para analisar este evento não apresentaram significância. Portanto, é passível de conclusão que não houve uma sinalização prévia, nem mesmo entre os períodos de queda acentuada com base no retorno dos portfólios e nos fatores.

Além dessa análise do Meltdown, outras duas Dummies, do COVID19 e a guerra entre Rússia e Ucrânia, foram implementadas com o objetivo de analisar a relevância destes eventos no mercado de criptoativos. Em duas regressões apresentou a relevância do COVID 19 nos portfólios com baixa e média capitalização de mercado, portanto apresentando maior suscetibilidade destes mercados ao evento global.

Uma contribuição considerável foi em relação a prospecção e coleta de fatores com o objetivo de encontrar dados que evidenciassem os movimentos dos retornos, portanto, além dos fatores utilizados, outros foram testados e descartados por não ter efetividade de encaixe no modelo, seja por não apresentar correlação no efeito ou por apresentar um valor alto na matriz de correlação dos fatores. Alguns dos fatores testados foram: Twitter Economic Uncertainty, Dow Jones Brookfield Communications Infrastructure Index, Dow Jones Banks Titans 30 Index, S&P Carbon Emissions Allowances, Commodity Index All metas capped components, índice de ouro futuro e taxas de gas da Ethereum, hash rate do Bitcoin e alguns outros fatores.

Por fim, uma extensão possível deste trabalho é o uso de um refinamento ainda maior dos fatores ou estruturação de portfólios mais específicos para uma análise ainda mais direcionada. Como exemplificação, a criação de um portfólio somente com criptomoedas com o sistema de validação PoW e utilizar fatores totalmente direcionados para gasto e consumo energético. A partir disso, comparar com eventos de interesse, como o “Inverno Cripto”.

REFERÊNCIAS

- ARIEFIANTO, Moch Doddy. Assessing qualification of crypto currency as a financial assets: A case study on Bitcoin. In: **2020 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)**. IEEE, 2020. p. 934-939.
- AL GUINDY, Mohamed. Cryptocurrency price volatility and investor attention. **International Review of Economics & Finance**, v. 76, p. 556-570, 2021.
- ANDREI, Daniel; HASLER, Michael. Investor attention and stock market volatility. **The review of financial studies**, v. 28, n. 1, p. 33-72, 2015.
- CAMPBELL, John Y.; LO, Andrew W.; MACKINLAY, A. Craig. The Econometrics of Financial Markets. 1 ed. New Jersey: Princeton University Press, 1997.
- FAMA, Eugene F.; FRENCH, Kenneth R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. **Journal of financial economics**, v. 33, n. 1, p. 3-56, 1993.
- FAMA, Eugene F.; FRENCH, Kenneth R. O modelo de precificação de ativos de capital: teoria e evidências. **Revista de Administração de Empresas**, v. 47, p. 103-118, 2007.

HAQ, Inzamam UI; BOURI, Elie. Sustainable versus Conventional Cryptocurrencies in the Face of Cryptocurrency Uncertainty Indices: An Analysis across Time and Scales. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 15, n. 10, p. 442, 2022.

JIA, Boxiang; GOODELL, John W.; SHEN, Dehua. Momentum or reversal: Which is the appropriate third factor for cryptocurrencies?. **Finance Research Letters**, v. 45, p. 102139, 2022.

KING, Sunny; NADAL, Scott. Ppcoin: Peer-to-peer crypto-currency with proof-of-stake. **self-published paper, August**, v. 19, n. 1, 2012.

LI, Yi et al. Does size matter in the cryptocurrency market?. *Applied Economics Letters*, v. 27, n. 14, p. 1141-1149, 2020.

LIU, Yukun; TSYVINSKI, Aleh; WU, Xi. Common risk factors in cryptocurrency. **The Journal of Finance**, v. 77, n. 2, p. 1133-1177, 2022.

MEYNKHARD, Artur. Fair market value of bitcoin: Halving effect. **Investment Management and Financial Innovations**, v. 16, n. 4, p. 72-85, 2019.

REINGANUM, Marc R. The arbitrage pricing theory: Some empirical results. **The journal of finance**, v. 36, n. 2, p. 313-321, 1981.

ROSS, Stephen A. The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. **Journal of Economic Theory**, 341-360, 1976.

ROSS, Stephen A. The current status of the capital asset pricing model (CAPM). **The Journal of Finance**, v. 33, n. 3, p. 885-901, 1978.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin whitepaper. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>-(17.07. 2019), 2008.

SHAHZAD, Syed Jawad Hussain; ANAS, Muhammad; BOURI, Elie. Price explosiveness in cryptocurrencies and Elon Musk's tweets. **Finance Research Letters**, p. 102695, 2022.

SHAHZAD, Syed Jawad Hussain et al. The pricing of bad contagion in cryptocurrencies: a four-factor pricing model. **Finance Research Letters**, v. 41, p. 101797, 2021.

SHEN, Dehua; URQUHART, Andrew; WANG, Pengfei. A three-factor pricing model for cryptocurrencies. **Finance Research Letters**, v. 34, p. 101248, 2020.

WANG, Qin et al. Non-fungible token (NFT): Overview, evaluation, opportunities and challenges. **arXiv preprint arXiv:2105.07447**, 2021.

WEI, Wang Chun. Liquidity and market efficiency in cryptocurrencies. **Economics Letters**, v. 168, p. 21-24, 2018.