



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRRJ**  
**INSTITUTO TRÊS RIOS - ITR**  
**CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**

LARISSA ROBERTA DOS SANTOS FARIA

**COMPARATIVO ENTRE INVESTIMENTOS EM CRIPTOMOEDAS E**  
**MERCADO DE AÇÕES NO BRASIL NO PERÍODO DE 2020 A 2024:**  
**UMA ANÁLISE DO MODELO CAPM NO CONTEXTO DE PANDEMIA**  
**E PÓS-PANDEMIA**

Três Rios - RJ

2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO - UFRRJ**  
**INSTITUTO TRÊS RIOS - ITR**  
**CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**

LARISSA ROBERTA DOS SANTOS FARIA

**COMPARATIVO ENTRE INVESTIMENTOS EM CRIPTOMOEDAS E  
MERCADO DE AÇÕES NO BRASIL NO PERÍODO DE 2020 A 2024:  
UMA ANÁLISE DO MODELO CAPM NO CONTEXTO DE PANDEMIA  
E PÓS-PANDEMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
pela acadêmica Larissa Roberta dos Santos  
Faria como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Administração.

Três Rios - RJ

2024

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dc dos Santos Faria, Larissa Roberta, 2001-  
COMPARATIVO ENTRE INVESTIMENTOS EM CRIPTOMOEDAS E  
MERCADO DE AÇÕES NO BRASIL NO PERÍODO DE 2020 A 2024:  
UMA ANÁLISE DO MODELO CAPM NO CONTEXTO DE PANDEMIA E  
PÓS-PANDEMIA / Larissa Roberta dos Santos Faria. - São  
José dos Campos, 2024.  
38 f.

Orientador: Davi Riani Gotardelo. Trabalho de  
conclusão de curso(Graduação). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Administração, 2024.

1. Criptomoedas. 2. Modelo CAPM. 3. Relação Risco e  
Retorno. 4. Pandemia. I. Riani Gotardelo, Davi, 1981  
, orient. II Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Administração III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM  
ADMINISTRAÇÃO/ITR



CADASTRO Nº 707 / 2024 - CoordCGAdm/ITR (12.28.01.00.00.12)

Nº do Protocolo: 23083.066426/2024-34

Seropédica-RJ, 29 de novembro de 2024.



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE DE TRÊS RIOS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ADMINISTRAÇÃO**  
**Ata de defesa nº 2024.17**  
**(AA632 – Trabalho de Conclusão de Curso II)**

Aos **vinte seis dias de novembro de 2024** foram entregues por meio eletrônico à coordenação do curso de Administração da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Campus Três Rios, os pareceres de avaliação do trabalho de conclusão de curso do(a) graduando(a) em Administração, **LARISSA ROBERTA DOS SANTOS FARIA**, matrícula **2020009513**, como requisito para obtenção do título de bacharel em administração. O trabalho avaliado tem como título "**COMPARATIVO ENTRE INVESTIMENTOS EM CRIPTOMOEDAS E MERCADO DE AÇÕES NO BRASIL NO PERÍODO DE 2020 A 2024: UMA ANÁLISE DO MODELO CAPM NO CONTEXTO DE PANDEMIA E PÓS-PANDEMIA**". A Banca Examinadora foi composta pelos seguintes professores: **Prof<sup>(a)</sup>. Doutor Davi Riani Gotardelo (Orientador)**, **Prof<sup>(a)</sup>. Mestre Reinaldo Ramos Silva e Prof<sup>(a)</sup>. Mestre Márcio De Lima Dusì**, sob a presidência do primeiro. Após avaliação pelos participantes da banca, foram elaborados os pareceres para julgamento e expedição do resultado final, em que foram atribuídas as seguintes avaliações:

Examinador 1 (presidente)	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4	AVALIAÇÃO FINAL
Aprovado	Aprovado	Aprovado	----- ---	Aprovado

Pelas indicações, o(a)aluno (a) foi considerado (a) **APROVADO**. O resultado final foi comunicado por meio eletrônico ao(a) candidato(a) pelo presidente da banca. Nada mais havendo a tratar foi lavrada a presente ATA, que vai assinada pela banca e pelo candidato.

(Assinado digitalmente em 29/11/2024 18:12 )  
DAVI RIANI GOTARDELO  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
CoordCGAdm/ITR (12.28.01.00.00.12)  
Matrícula: 1766609

(Assinado digitalmente em 02/12/2024 19:33 )  
MARCIO DE LIMA DUSI  
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR  
DeptCAdmS (12.28.01.00.00.16)  
Matrícula: 1735014

(Assinado digitalmente em 29/11/2024 17:47 )  
REINALDO RAMOS SILVA  
CHEFE DE DEPARTAMENTO  
DeptCAdmS (12.28.01.00.00.16)  
Matrícula: 1945259

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp>  
informando seu número: **707**, ano: **2024**, tipo: **CADASTRO**, data de emissão: **29/11/2024** e o  
código de verificação: **f5769fb1e7**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço especialmente os meus pais que com muito amor, garra e paciência nunca mediram esforços para investir na minha formação como profissional e pessoal. Sem o apoio incondicional e cuidado de sempre de vocês não seria possível alcançar meus sonhos e objetivos.

Agradeço também a todos que passaram por mim durante minha trajetória acadêmica que de alguma forma me ajudou, seja durante momentos desafiadores ou uma simples troca de ideias e experiências. Cada gesto foi essencial para conclusão do curso e tornou esse ciclo mais leve.

Por fim, também agradeço imensamente a todos os professores do ITR que obtive contato durante minha graduação, em especial ao Davi Riani, pela disponibilidade, atenção e paciência durante a elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

## RESUMO

Este estudo possui como objetivo identificar qual ativo, dentre as criptomoedas e o mercado de ações, teve o melhor desempenho de 2020 a 2022 (período de pandemia) e de 2023 a 2024 (período pós-pandemia), além de verificar a funcionalidade empírica do modelo CAPM para criptomoedas. A pesquisa revelou que, durante a pandemia, o Ibovespa teve alta variabilidade, enquanto as criptomoedas apresentaram melhor relação risco-retorno. Já no período de pós-pandemia, o Ibovespa se tornou mais competitivo, mas ainda inferior às criptomoedas. Ademais, foi constatado que o modelo CAPM não funciona empiricamente para o mercado de criptomoedas, pois estas possuem particularidades não contempladas pelo modelo. Com isso, o estudo sugere que criptomoedas podem ser uma boa alternativa de investimento para diversificação de portfólio, especialmente em crises, onde não são tão afetadas pelo risco sistemático como o mercado de ações, mas destaca a necessidade de novas abordagens de precificação para ativos desse tipo, onde é considerado aspectos além do risco sistemáticos, como fatores emocionais e comportamentais das pessoas.

**Palavras-chave:** Criptomoedas. Modelo CAPM. Relação risco x retorno. Pandemia

## ABSTRACT

This study aims to identify which asset, among cryptocurrencies and the stock market, performed best from 2020 to 2022 (pandemic period) and from 2023 to 2024 (post-pandemic period), in addition to verifying the empirical functionality of the CAPM model for cryptocurrencies. The research revealed that, during the pandemic, the Ibovespa had high variability, while cryptocurrencies had a better risk-return ratio. In the post-pandemic period, Ibovespa became more competitive, but still inferior to cryptocurrencies. Furthermore, it was found that the CAPM model does not work empirically for the cryptocurrency market, as these have particularities not covered by the model. Therefore, the study suggests that cryptocurrencies can be a good investment alternative for portfolio diversification, especially in crises, where they are not as affected by systematic risk as the stock market, but highlights the need for new pricing approaches for assets of this nature. type, where aspects beyond systematic risk are considered, such as people's emotional and behavioral factors.

**Key words:** Cryptocurrencies. CAPM model. Risk x return relationship. Pandemic

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Risco x Retorno e Fronteira Eficiente.....	13
Figura 2 - Linha de Mercado de Capitais CML.....	17
Figura 3 - Blockchain.....	21
Figura 5 - Amostra de Teste x Amostra de Validação.....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da variação na amostra de teste (2020 - 2022).....	28
Tabela 2 - Resultados da variação na amostra de validação (2023-2024).....	28
Tabela 3 - Capital de mercado das criptomoedas.....	30
Tabela 4 - Cálculo do Beta e estimativa do retorno esperado pelo modelo CAPM.....	31
Tabela 5 - Resultados amostra de validação.....	31

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Objetivos gerais e específicos.....	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1 Evolução da teoria moderna de finanças.....	11
3.2 A teoria moderna de portfólio proposta por Markowitz (1952).....	11
3.3 A proposta do modelo CAPM por Sharpe (1964).....	13
3.4 Críticas ao modelo CAPM.....	17
3.5 A hipótese de mercados eficientes proposto por Fama (1970).....	19
3.6 Criptomoedas.....	20
3.7 O surgimento das criptomoedas.....	21
3.8 Bitcoin (BTC).....	22
3.9 Ethereum (ETH).....	22
4.0 Ripple (XRP).....	23
2 METODOLOGIA.....	25
2.1 Método.....	25
2.2 Coleta de dados.....	25
4 ANÁLISES.....	28
4.1 Desempenho dos ativos na pandemia e no pós-pandemia.....	28
4.2 Teste empírico do modelo CAPM.....	30
5 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS.....	36

## 1 INTRODUÇÃO

No primeiro semestre de 2020, o mundo foi impactado pelo coronavírus, vírus causador da doença chamada Covid-19, o qual a dimensão de propagação fez com que o mundo inteiro entrasse em um cenário classificado como pandêmico. O coronavírus se expandiu pelo mundo de forma muito rápida e brusca, o que fez com que houvesse não apenas um grande impacto na questão da saúde da população, mas também na economia dos países, de acordo com o IBGE (2022).

A pandemia do coronavírus fez com que a humanidade passasse por inúmeros desafios, entre eles os decretos de isolamento social, fazendo com que muitas empresas tivessem que fechar suas portas por tempo indeterminado. Com isso, o cenário de pandemia causou uma grande crise sistêmica no mercado, afetando praticamente todos os setores da economia de alguma forma.

Assim, a pandemia desencadeou um cenário totalmente atípico e inesperado, o que refletiu um clima de incertezas que gerou reflexos nas empresas e consequentemente no mercado de ações brasileiro. Podemos inferir isso ao comparar o índice Ibovespa nos meses de janeiro de 2020 e março de 2020, mês em que foi anunciado o início da pandemia. Em 23 de janeiro de 2020 o índice chegou a 119.527 pontos, enquanto em 23 março chegou a 63.569 pontos, uma redução de quase metade de sua pontuação em um curtíssimo espaço de tempo, de acordo com o gráfico de histórico do índice no site InfoMoney (2023).

Em meio à turbulência, a criptomoeda, moeda digital com tecnologia blockchain, sendo a mais conhecida o Bitcoin que possui sistema descentralizado, teve uma crescente significativa. O Bitcoin foi lançado logo após uma grande crise nos Estados Unidos e que, de acordo com especialistas, surgiu justamente como uma resposta à crise na época, por não estar ligado a autoridades governamentais ou instituições financeiras (INFOMONEY, 2023).

Neste sentido, visto que os investidores sempre buscam as melhores opções de investimentos que geram maior retorno e menor risco possível, este trabalho se justifica à medida que é importante para os investidores conhecerem e entenderem a relação risco e retorno dos ativos para investir nas opções ideais de acordo com o momento da economia como um todo. Para tomadas de decisões certas, faz-se necessário compreender a importância da diversificação de investimentos, ao passo de aproveitar as oportunidades de investimentos provenientes das tendências de mercado que podem ser afetadas também por variáveis como a pandemia.

Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar e identificar qual investimento, entre criptomoedas e mercado de ações do Brasil, apresentou a melhor relação risco x retorno, em dois períodos distintos: entre os anos de 2020 e 2022, período pandêmico, e entre os anos de 2023 e 2024, período pós-pandêmico. Ademais, este trabalho também tem como objetivo analisar se o modelo CAPM é aplicável e válido no mercado de criptomoedas, uma vez que este mercado se diverge em muitos aspectos do mercado tradicional, como o mercado de ações, ou seja, se através do modelo CAPM é possível ajustar bem o retorno esperado ao risco incorrido de cada criptomoeda.

### **1.1 Objetivos gerais e específicos**

O presente trabalho tem dois objetivos gerais. O primeiro é avaliar dentre as criptomoedas e o índice Ibovespa, qual apresentou a melhor relação risco e retorno em dois períodos distintos: no período de pandemia da Covid-19 (2020-2022) e no período pós-pandemia (2023-2024). Para isso, os objetivos específicos são:

- a. Analisar a volatilidade dos dois tipos de investimentos, calculando a média de variação e o desvio padrão, em cada um dos períodos;
- b. Calcular o coeficiente de variação para fins comparativos quanto a relação risco e retorno dos 2 tipos de investimentos nos períodos indicados.

O segundo objetivo geral visa analisar também a viabilidade do modelo CAPM de Sharpe quando se trata de criptomoedas, ou seja, avaliar se o modelo CAPM de Sharpe é eficaz e se funciona empiricamente nos mercados de criptomoedas. Para isso, os objetivos específicos são:

- a. Replicar o modelo CAPM em um período de teste (2020-2022), utilizando os dados coletados inicialmente, para calibrar o modelo.
- b. Comparar o retorno esperado do período de teste com o retorno real em um período de validação (2023-2024).

Com isso, foi feita uma pesquisa bibliográfica sobre conceitos e autores que desenvolveram métodos de seleção de carteiras utilizados até os dias atuais para criação de uma carteira eficiente de investimentos, os quais foram utilizados como base para a realização da pesquisa e dos cálculos. Ademais, foi feita uma pesquisa bibliográfica acerca do funcionamento de 3 principais criptomoedas para serem utilizadas como fundamentos nas

análises. Em seguida, foi feita uma pesquisa quantitativa, onde foram coletadas as variações de retorno das criptomoedas, bem como do índice Ibovespa e da taxa Selic.

O presente trabalho de conclusão de curso vem acompanhado de 4 capítulos, sendo o primeiro referente ao referencial teórico onde foi feito o estudo quanto aos métodos de principais autores que abordam sobre relação de risco e retorno de investimentos, além do funcionamento de 3 principais criptomoedas selecionadas para execução do trabalho. Já no segundo capítulo é exposto quanto a metodologia utilizada, trazendo as bases de cálculo utilizadas para realização das análises e posteriormente conclusões. No terceiro capítulo foram feitas as análises fundamentadas no estudo do referencial teórico e no quarto capítulo foi feita a conclusão do trabalho.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Esta seção apresenta de forma resumida a teoria utilizada como base para a pesquisa realizada no presente trabalho. São apresentados conceitos de principais autores com relação à carteira eficiente de investimentos, o que são criptomoedas e exposto brevemente quais são as principais existentes no mercado no momento em que este trabalho foi desenvolvido.

#### **3.1 Evolução da teoria moderna de finanças**

Há várias décadas, o comportamento dos preços das ações, como as suas variações e oscilações, é objeto de curiosidade de muitos pesquisadores e investidores, tornando-se assim um grande objeto de estudo até os dias de hoje.

De acordo com Costa (2017), quando falamos em finanças, a incerteza sempre está presente nas decisões que envolvem, principalmente, investimentos. Isso porque o investidor não tem certeza do retorno de seus investimentos, pois é dependente de uma série de fatores imprevisíveis e muitas vezes incontroláveis. Com isso, surgiram modelos de precificação de ativos cujo objetivo é avaliar de forma eficiente os ativos financeiros presentes no mercado, selecionar os que melhor se encaixam nas necessidades e objetivos do investidor a fim de construir a melhor carteira de investimentos possível.

Da década de 40 até a década de 50, autores que estudaram sobre administração financeira começaram a incluir mais questões de investimentos em seus estudos. Alegavam que o foco das empresas deveria ser em seus investimentos, ou seja, as empresas deveriam dar destaque aos recursos que oferecem mais retorno. No entanto, o foco da administração financeira e das empresas passou a ser na melhor alocação de seus recursos e seleção mais adequada de suas formas de geração de capital (Assaf Neto, 2014). Com isso, posteriormente foram surgindo autores, como Markowitz (1952), Sharpe (1964) e Fama (1970), que apresentaram importantes trabalhos que hoje são vistos como a essência da administração financeira.

#### **3.2 A teoria moderna de portfólio proposta por Markowitz (1952)**

Em 1952, Harry Max Markowitz, em seu artigo clássico chamado Portfolio Selection, apresentou a Teoria Moderna do Portfólio (TMP), o qual podemos dizer que é uma teoria

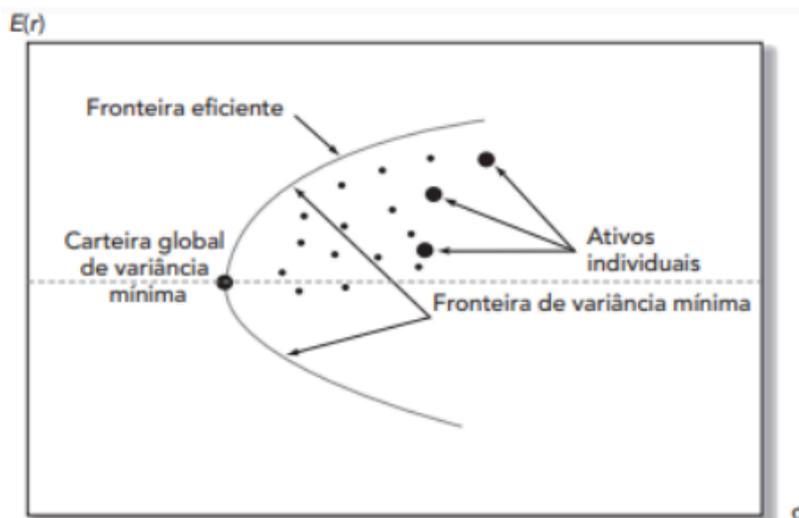
mais normativa, ou seja, que descreve como o investidor deve seguir para construir uma carteira eficiente, do que uma teoria que de fato é seguida nos dias de hoje (Flach et al, 2022).

A TMP é basicamente um modelo de cálculo de risco de ativos financeiros, baseado na volatilidade. A teoria possui basicamente 3 tripés: a aleatoriedade de mercado, a diversificação e a correlação, que juntos tem como objetivo montar a melhor carteira de investimentos, com o máximo de retorno e menor risco possível.

O autor foi um dos primeiros a considerar o fator risco como importante na construção de uma carteira de ativos, de acordo com Bruni e Famá (1999). Com isso, é necessário determinar uma das principais bases de sua teoria, o qual é justamente o fator risco. Portanto, risco, de acordo com Assaf Neto (2014), está relacionado à incerteza dos retornos esperados, ou seja, está relacionado à possibilidade de ocorrer algo diferente do esperado. O risco é a volatilidade do retorno do portfólio do investidor. Ademais, enquanto por um lado o retorno se dá basicamente pelo cálculo da média ponderada dos retornos dos ativos do portfólio, o risco é calculado e analisado de acordo com uma série de fatores em conjunto. Nesse sentido, ainda de acordo com Assaf Neto (2014), o risco pode ser do tipo sistemático (não diversificável), o qual está associado ao risco da economia como um todo, e que não conseguimos eliminá-lo por esforços próprio; e o risco não sistemático (diversificável), o qual está associado a cada ativo de forma individual e que conseguimos controlar com a chamada diversificação e correlação, conceitos esses que também fazem parte da Teoria Moderna de Portfólio.

No entanto, Markowitz (1952) sugere que para que o risco de uma carteira seja reduzido, é necessário diversificá-la, combinando ativos que não sejam correlacionados entre si. Em outras palavras, o risco de uma carteira diversificada é menor do que a soma do risco dos ativos isoladamente. Além disso, a carteira deve ser construída com ativos que são correlacionados de forma negativa, para que um compense a queda de outro, assim tendo menos risco do que se tivéssemos ativos correlacionados de forma positiva entre si, o qual no caso um não compensaria a queda do outro, mas sim, somariam para que o risco seja maior.

Figura 1 - Risco x Retorno e Fronteira Eficiente



Fonte: Bodie, Kane e Marcus (2010)

Contudo, é possível observar que ao colocar os ativos em uma dimensão de risco versus retorno e como exposto por Markowitz (1971) que entre dois ativos com o mesmo retorno é preferível aquele de menor risco, é encontrada uma chamada “fronteira eficiente”.

É possível realizar inúmeras combinações de ativos, gerando portfólios com diferentes níveis de risco e retorno, portanto, a fronteira eficiente de Markowitz sugere que ao agrupar todas as possibilidades de combinações, é encontrado uma curva, denominada de fronteira, onde estão alocados os portfólios eficientes, os quais possuem a melhor relação risco versus retorno possível, demonstrando quais ativos seriam os melhores a se investir naquele dado momento (Costa, 2017). Em suma, para que a carteira seja diversificada de maneira que ela possa ter o maior retorno possível e com menor risco possível, deve-se alocar os ativos de acordo com a fronteira eficiente.

### 3.3 A proposta do modelo CAPM por Sharpe (1964)

O modelo de precificação de ativos de capital, mais conhecido como modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model), foi inicialmente elaborado por três autores: William Sharpe (1964), John Lintnet (1965) e Jan Mossin (1966). Portanto, apesar de ter sido desenvolvido pelos três autores, os quais desenvolveram seus modelos de forma independente e posteriormente percebendo que os três eram totalmente compatíveis e que chegavam às mesmas conclusões, Sharpe é considerado o pioneiro para a formulação do CAPM.

O modelo, apesar de ter sido criado sob a visão de um mercado eficiente, ou seja, criado a partir da premissa de que os preços dos ativos refletem todas as informações disponíveis no mercado - realidade pouco vivenciada - é ainda um modelo muito utilizado até os dias de hoje para fins de investimento. O modelo é considerado uma das ferramentas mais importantes do mercado financeiro, sendo muito utilizado para avaliação de ativos e tomada de decisões.

Para entender o modelo CAPM, é importante iniciar os estudos por Markowitz, o qual apresentou a Teoria Moderna de Portfólio. Isso porque o modelo CAPM tem como base as teorias de Markowitz. Este autor traz que as melhores carteiras de investimentos estão situadas na denominada fronteira eficiente, onde se encontram os melhores portfólios e explica a importância da diversificação da carteira de investimentos para a otimização da mesma. Contudo, o modelo CAPM veio expandindo o trabalho de Markowitz para melhor tomada de decisões de investimentos, trazendo conceitos como retorno esperado, taxa livre de risco, prêmio pelo risco e o índice beta. Contudo, o principal objetivo é encontrar o “verdadeiro” retorno de um ativo por meio da comparação entre seu risco e retorno em uma dimensão mais ampla do que Markowitz nos traz.

Os investidores sempre buscam construir portfólios com maior retorno possível, porém, a grande maioria dos investidores são indivíduos avessos ao risco, ou seja, são avessos às incertezas quanto ao retorno (SÁ; MORAES, 2013). Portanto, investir em bons ativos que trazem boas taxas de retorno traz um certo risco para o investidor. Neste sentido, Sharpe apresenta a existência da Taxa Livre de Risco (TLR) que teoricamente são ativos com risco igual a zero, a qual, de acordo com Assaf Neto (2014), no Brasil é referente a taxa Selic:

A Selic [...] pela sua importância e alta liquidez, repercutem intensamente em todo o ambiente financeiro nacional. Pela natureza dos papéis negociados (títulos públicos), a taxa Selic é aceita na economia brasileira como uma taxa livre de risco (risk free), sendo importante referência ainda para a formação das taxas de juros do mercado.

Com isso, ao existir ativos com risco igual a zero, o investidor ao investir em ativos com risco do que em ativos mais seguros, as quais são os títulos públicos, é exigido um chamado Prêmio pelo Risco, o qual segundo Fama e French (2007) é o retorno adicional a um TLR (taxa livre de risco), ou seja, assumindo risco ao investir em ações do mercado, o retorno terá que ser maior, pois além do retorno de Taxa Livre de Risco será acrescentado um retorno “extra” referente ao prêmio por assumir um determinado risco.

Portanto, quanto mais arriscado o investimento escolhido, maior será o prêmio pelo risco, ou seja, o investidor tende a obter um retorno sobre o investimento maior. Desta forma, para calcular e comparar o prêmio pelo risco de ativos distintos, considera-se como referência um mercado de risco mínimo ou avaliando o histórico da relação das TLR com as taxas de risco (ARAÚJO, Maiara et al. 2016)

Ademais, o modelo CAPM também apresenta o Índice Beta que todo ativo tem, o qual segundo Fama e French (2007) é “a inclinação da regressão de seu retorno sobre o retorno do mercado”, ou seja, é o quanto o retorno do ativo diminui ou aumenta com relação ao risco retorno de mercado, sendo o retorno de mercado, de acordo com Assaf Neto (2014), um índice que no Brasil é representado pelo índice Ibovespa, índice que informa uma média do retorno das ações listadas na bolsa de valores. Em outras palavras, quando é feito a diversificação de ativos na carteira, o seu risco geral tende a diminuir, porém o risco sistemático, ou seja, o risco da economia como um todo, se mantém por ser um risco relacionado a fatores macroeconômicos que vão afetar de uma forma ou outra todos os setores de empresas.

No entanto, é assumido que esses fatores vão afetar de forma geral toda a nossa carteira. Com isso, o beta é uma medida que indica o comportamento de variação de cada ativo isolado em resposta à variação do retorno de mercado, o que também mostra, portanto, como cada ativo isolado vai ser afetado pelo risco sistemático e com relação a nossa carteira de investimentos toda. Com isso, a equação para encontrar o beta de um ativo é:

$$\beta_i = \frac{\text{Covariância}(R_i, R_m)}{\text{Variância}(R_m)}$$

Onde:

$\beta_i$  - índice beta relativo a um ativo i qualquer

$R_i$  - retorno desse ativo i qualquer

$R_m$  - retorno de mercado

Cada ativo vai ter um beta diferente, pois cada ativo vai se comportar de forma diferente com relação ao mercado. Em termos numéricos, quando o beta é exatamente igual a 1,0 (um), significa que se o retorno de mercado variar 1%, o ativo também irá variar 1% . Portanto, o ativo tem a mesma sensibilidade em relação ao risco sistemático que o Ibovespa (retorno de mercado) tem.

Seguindo esta regra de cálculo, quando o beta for maior que um, significa que o ativo é mais volátil do que o mercado, portanto, implica um retorno esperado maior, pois o investidor está correndo um maior risco. Ademais, quando o beta for menor que 1,0, significa que o ativo é menos volátil que o mercado e implica em um retorno esperado menor, pois o investidor estará correndo menos risco do que a média do mercado (SÁ; MORAES, 2013).

Em resumo, o beta é uma mensuração da sensibilidade do ativo com relação ao risco sistemático, ou seja, a sensibilidade em relação às oscilações do retorno do mercado (Fama e French, 2007). Ademais, é um importante indicador que tem como objetivo relacionar a volatilidade e oscilações do mercado financeiro como um todo. Ele é capaz de fornecer uma estimativa do quanto investir em determinado ativo irá dar de prejuízo em virtude a fatores macroeconômicos, ou seja, em virtude do risco sistemático.

Assim, a partir dos conceitos estabelecidos pelo modelo CAPM, é possível derivar uma equação que calcula o retorno esperado de um determinado ativo, permitindo avaliar a sua relação risco e retorno. A equação que expressa essa relação é dada por:

$$(E)R_i = R_f + \beta_i * (R_m - R_f)$$

Onde:

$(E)R_i$  - retorno esperado de um ativo  $i$  qualquer

$R_f$  - retorno do ativo livre de risco

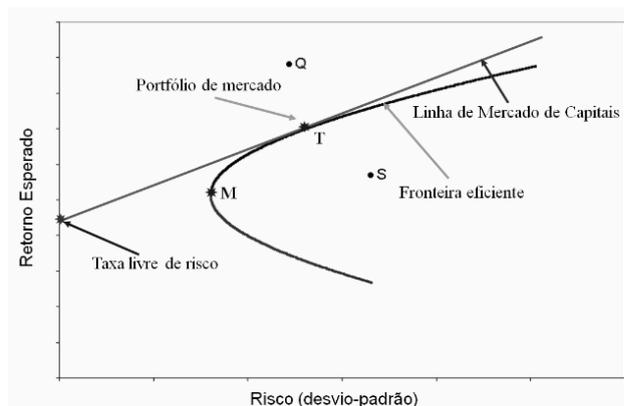
$\beta_i$  - índice beta relativo a esse ativo  $i$  qualquer

$R_m$  - retorno de mercado

$(R_m - R_f)$  - prêmio pelo risco deste ativo  $i$  qualquer

Sharpe também traz o conceito da “Linha de mercado de capitais”, a qual é derivada da fronteira eficiente, proposta por Markowitz, considerando a taxa livre de risco, o que faz com que a curva se torne uma linha reta que tangencia a fronteira eficiente de Markowitz, como demonstrado na figura abaixo:

Figura 2 - Linha de Mercado de Capitais CML



Fonte: Reis (2010)

Para Sharpe, a inclusão da taxa livre de risco na fronteira eficiente faz com que aumente o conjunto de oportunidades para criação de carteiras de investimento melhores. No entanto, de acordo com Assaf Neto (2014), a Linha de Mercado de capitais possui as carteiras mais bem diversificadas que incluem ativos com risco e livres de risco, ou seja, que em conjunto possuem somente risco sistemático. A porção da linha que parte da Taxa Livre de Risco e vai até o ponto denominado Portfólio de mercado, representa investimentos compostos por ativos livre de risco e ativos da carteira de mercado. Portanto, o investidor combinaria os ativos em sua carteira dependendo de seu grau de aversão ao risco, decidindo qual a proporção de ativos livres de risco e de risco devem compor sua carteira de investimentos de forma que melhor atenda suas expectativas de risco e retorno. O ponto “Portfólio de mercado”, que tangencia a fronteira eficiente, é considerado o portfólio ideal que inclui ativos arriscados.

Contudo, uma das mais importantes contribuições do modelo CAPM a Teoria Moderna de Portfólio de Markowitz é a inclusão dos ativos livre de risco na construção de uma carteira de investimentos, pois essa inclusão faz com que o conjunto de oportunidades disponíveis aumente e permite que seja criado carteiras diversificadas melhores e mais eficientes. No entanto, carteiras de investimentos contendo ativos livres de risco serão superiores àquelas carteiras contendo apenas ativos com risco (Fama; French, 2007).

### 3.4 Críticas ao modelo CAPM

Mesmo que o modelo CAPM seja um dos modelos mais conhecido e amplamente utilizado para calcular o retorno esperado de um ativo, o modelo foi alvo de muitos estudos

por possuir um teor empírico distante da realidade. Com isso, com o decorrer dos anos, foram identificadas algumas falhas e inaplicações, fazendo com que surgissem críticas válidas e propostas de melhorias.

Um dos críticos mais famosos do modelo CAPM foi Richard Roll, o qual seu questionamento central foi quanto ao índice de mercado representativo único considerado no modelo. O autor enfoca que não existe um único índice de mercado verdadeiro que possibilita ter resultados precisos (Roll, 1977). Considerar apenas um índice de mercado representativo é estar sujeito a distorções de resultados. Para o autor este fato torna o modelo CAPM questionável, pois não há uma maneira definitiva de saber se o modelo está sendo testado corretamente. Na visão de Roll, o modelo CAPM não se torna necessariamente inviável, mas não se pode realizar testes que provêm de forma definitiva suas previsões, considerando um índice de mercado único.

Outros dois principais autores que levantaram críticas ao modelo CAPM, foram Eugene Fama e Kenneth French, os quais perceberam que não apenas o índice beta explicaria a variabilidade no retorno dos ativos. Com isso, Fama e French a partir do modelo CAPM de Sharpe, desenvolveram seus estudos voltados para os fatores que afetam o retorno esperado de um ativo, desenvolvendo o modelo de três fatores. Fatores esses que vão além do risco de mercado, fatores que não conseguem ser explicados pelo índice Beta do modelo de Sharpe (Assaf Neto, 2014). Portanto, para explicar a oscilação dos retornos dos ativos, os autores chegaram à conclusão que havia mais 2 fatores além do fator Beta para explicar as oscilações dos retornos, as quais são o tamanho da capitalização (SMB) e a razão entre valor contábil e valor de mercado (HML).

O primeiro fator que Fama e French perceberam ser válido, além do fator beta, diz respeito ao tamanho da capitalização de mercado, ou seja, concluíram que uma ação pertencente a uma pequena ou grande empresa tem impacto no retorno de seu investimento. No entanto, conhecido pelo nome Small Minus Big (SMB), o fator indica a diferença existente entre o retorno de um ativo de uma empresa de capital pequeno e o retorno de um ativo de uma empresa de capital maior (Fama; French, 2007). Já o segundo fator, conhecido como High Minus Low (HML), está relacionado à relação entre o valor contábil e valor de mercado das empresas (Fama; French, 2007), sendo que ações que apresentem maior valor contábil que o valor de mercado são subvalorizadas. O fator mede a diferença entre um ativo de uma empresa de menor valor e um ativo de uma empresa de maior valor. Contudo, considerando os três fatores juntos, é possível entender melhor a variabilidade no retorno dos ativos.

### **3.5 A hipótese de mercados eficientes proposto por Fama (1970)**

Eugene Fama, em 1970, publicou o seu trabalho sobre eficiência de mercados (Efficient Capital Markets: a Review of Theory and Empirical Work - The Journal of Finance), o qual apresenta que os preços dos ativos estão com toda e qualquer nova informação incorporadas, não havendo espaço para vantagens para nenhum investidor haver ganhos acima da média. Com isso, as oscilações dos preços dos ativos estão diretamente ligadas às novas informações que imediatamente são incorporadas a eles (Assaf Neto, 2014). Ademais, a proposta de Fama também parte do pressuposto de que todos os investidores são racionais, ou seja, avaliam e constroem seus portfólios sempre buscando as melhores combinações entre risco e retorno.

Segundo Fama (1970), sua Hipótese de Mercados Eficientes é dividida em 3 formas graduais, sendo elas denominadas de fraca, semiforte e forte. Em sua divisão, é considerado o nível de informações que está refletido sobre os preços dos ativos, seja informações públicas, privadas ou privilegiadas.

Na hipótese de mercado com eficiência fraca, os preços atuais refletem apenas informações relativas aos preços dos ativos, ou seja, ao histórico de variações de retornos passados dos ativos. Na hipótese de mercado com eficiência semiforte, os preços refletem toda e qualquer informação pública já divulgada no passado e novas informações, junto com o histórico de variações de retorno como a forma de eficiência fraca. Já na hipótese de mercado com eficiência forte, além dos preços refletirem toda e qualquer informação pública do passado, novas informações e histórico de variação de retornos, os preços também são interferidos pelas informações privadas, ou seja, informações privilegiadas não seria auxílio para que o investidor conseguisse obter ganhos acima da média, considerado anormal, pois elas já estariam inseridas nos preços. No entanto, a diferença entre a forma semiforte e forte de eficiência está no acréscimo de informações privadas, que vão além das informações públicas.

Ademais, de acordo com Fama (1970), para que o mercado seja de fato eficiente, o mercado deve seguir 3 condições gerais, as quais são, a inexistência de custos de transação, a disponibilidade de todas as informações a custo zero aos participantes do mercado e a concordância de todos com relação aos efeitos que as informações geram nos preços atuais e preços futuros dos ativos. Portanto, de acordo com o autor, essas condições seriam suficientes, porém não necessárias.

Contudo, os três níveis de eficiência de mercado não são mutuamente excludentes, elas apenas representam três níveis de mercado eficiente existentes. Portanto, quanto maior for a disseminação de informação, mais eficiente o mercado será (Assaf Neto, 2014).

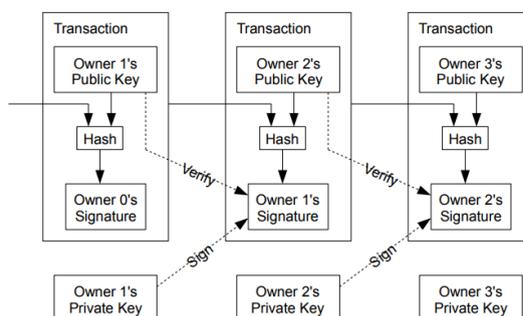
### **3.6 Criptomoedas**

Uma criptomoeda é uma moeda exclusivamente digital com emissão e transações não dependente de órgãos governamentais, sendo sua própria rede peer-to-peer um intermediário para as transações serem realizadas entre duas partes (Ulrich, 2014). A criptomoeda tem acesso global e é baseada em tecnologias de criptografia que funciona através do sistema blockchain, o qual faz ser possível realizar transações financeiras de forma descentralizada e segura.

O funcionamento das criptomoedas se faz possível pela tecnologia blockchain, a qual é uma espécie de registro público descentralizado e imutável que contém todo o histórico de transações realizadas, o que faz com que elimine o problema de “gasto duplo” (Ulrich, 2014). O blockchain é um sistema descentralizado uma vez que ele opera em uma rede descentralizada de computadores, não havendo intermediários para validar as transações. Algumas de suas principais características são a transparência, imutabilidade e segurança. Na rede é registrada todas as transações realizadas, sendo atualizada cada vez que uma nova transação é efetuada, as quais são irreversíveis, o que faz com que seja resistente a ataques, falsificação, manipulação e “gasto duplo”, garantindo segurança.

De acordo com DE ARAÚJO e EDDINE (2019, p. 2), “A organização dos dados dentro do Blockchain é igual ao conceito de pilha. Pilha é uma estrutura de dados em que cada dado novo aponta para o seu antecessor.” Em outras palavras, o processo de ataques e fraudes no sistema blockchain se faz difícil pelo fato de os blocos, com registro das transações, estarem ligados a outros blocos sucessivos. Ademais, são salvos em computadores de diversos usuários voluntários ao redor do mundo e protegidos por um sistema de criptografia que envolve chaves públicas e privadas, formando uma espécie de corrente (TAPSCOTT e TAPSCOTT, 2018), como podemos observar na figura abaixo:

Figura 3 - Blockchain



Fonte: Satoshi Nakamoto, 2008

### 3.7 O surgimento das criptomoedas

Embora a popularidade das criptomoedas seja relativamente recente, o sistema de moedas digitais começou a ser abordado em meados dos anos 80, onde houve muitos estudos e pesquisas sobre privacidade, segurança e criptografia (TAPSCOTT e TAPSCOTT, 2018), conceitos que serviram como base referencial para ser criado o que conhecemos hoje de fato sobre o universo das criptomoedas.

David Lee Chaum, cientista computacional por uma das universidades mais renomadas dos EUA na área da tecnologia, foi um dos primeiros a abordar sobre o assunto das moedas digitais. Em sua tese de doutorado cujo título em tradução livre significa “Sistemas de computação estabelecidos, mantidos e confiados por grupos mutuamente suspeitos” é, até os dias de hoje, considerada a primeira proposta conhecida para o sistema Blockchain.

Em 1993, David Lee Chaum lançou o chamado “E-cash”, o qual foi a primeira implantação de um sistema de moeda eletrônica, onde se fazia possível realizar pagamentos pela internet de forma segura e anônima (TAPSCOTT e TAPSCOTT, 2018). No entanto, por questões contextuais da época, a empresa “DigiCash” de David Lee Chaum faliu em 1998.

Em 2008, foi fundado o Bitcoin, uma moeda digital mais robusta. Em 2008, Satoshi Nakamoto publicou um *white paper* chamado “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system”, que traduzido em português era basicamente um manual do Bitcoin, onde é explicado todo o funcionamento das transações e da criptografia até as probabilidades de hackeamento e segurança do sistema. Contudo, com a aceitação e a ascensão da popularidade do Bitcoin, começaram a surgir novas moedas digitais, cada uma com suas características específicas e propósitos diferentes. De acordo com o site Infomoney (2023) existem mais de

23.000 criptomoedas em circulação. Dentre elas, as mais famosas são o próprio Bitcoin, Ethereum e XRP.

### **3.8 Bitcoin (BTC)**

O Bitcoin surgiu em 31 de outubro de 2008, quando, sob o pseudônimo de Satoshi Nakamoto, uma pessoa ou um grupo de pessoas, enviou um e-mail para uma lista de pessoas interessadas em criptografia, um manual de nove páginas onde descreve o funcionamento e os fundamentos de um novo sistema de dinheiro eletrônico, chamado Bitcoin, a qual foi a primeira moeda digital de fato aceita mundialmente (InfoMoney, 2022).

A criação de um bitcoin é feita através da tecnologia proof-of-work (prova de trabalho), onde consiste em voluntários, com certo poder computacional, resolverem problemas matemáticos complexos, para adicionar novos blocos de transações ao blockchain, e que ao ser resolvido, o mesmo receba bitcoins como recompensa.

No próprio manual de Satoshi Nakamoto, o autor revela que o Bitcoin possui uma oferta finita, tendo sido programado que até o ano de 2140 seriam criadas uma quantidade máxima de 21 milhões de unidades de bitcoin. No entanto, de acordo com o site CoinGecko (2023), já foram criados mais de 90% da oferta máxima da moeda.

De acordo com o site CoinGecko (2023), o Bitcoin surgiu como uma nova forma de meio de trocas independente de qualquer intermediário, sendo uma moeda deflacionária, diferente da moeda fiduciária. Muitos estudiosos e entusiastas do mercado de criptomoeda alegam que, por conta de sua quase simultaneidade de ocorrência, o Bitcoin surgiu como uma resposta a uma das piores crises econômicas da história, a qual foi resultado da declaração de falência do quarto maior banco de investimentos dos Estados Unidos. Enquanto outros, como Fernando Ulrich, autor do famoso livro “Bitcoin - A Moeda na Era Digital” acredita ser apenas uma coincidência, alegando que Satoshi Nakamoto apenas criou uma forma de pagamento seguro e fora do controle de autoridades governamentais, sendo apenas mais um meio de troca (InfoMoney, 2022).

### **3.9 Ethereum (ETH)**

O Ethereum foi proposto em 2013 por Vitalik Buterin, um programador e pesquisador russo-canadense de criptomoedas. O Ether (ETH), criptomoeda nativa do protocolo Ethereum, é a segunda criptomoeda mais confiada depois do Bitcoin, o qual possui algumas

características básicas em comum. Ambos são criptomoedas que funcionam de forma descentralizada e *peer-to-peer*, ou seja, é transacionada de pessoa para pessoa, podendo estar em qualquer lugar do mundo e sem depender de intermediários.

O mecanismo de mineração do Ethereum iniciou com a tecnologia proof-of-work como é o caso do Bitcoin. Portanto, de acordo com o próprio site oficial da criptomoeda, Ethereum Org (2023), a partir de setembro de 2022, o Ethereum passou por alterações que substituíram o proof-of-work por proof-of-stake (prova de participação), o qual ao invés dos usuários precisarem investir em poder computacional e energia, precisam colocar seus ETH em contrato específico do sistema, para poder participar como minerador. Com isso, irão receber seus ETH de volta adicionadas a uma certa taxa a depender da quantidade depositada, como se fosse uma espécie de renda fixa.

No entanto, além de sua mineração ser diferente, o Ethereum possui algumas outras características que o diferencia. Enquanto o Bitcoin nasceu com a finalidade de descentralizar a moeda, funcionando apenas como um meio de troca, o Ethereum, além de funcionar como moeda de troca, nasceu com a finalidade de descentralizar a internet, descentralizando diversos outros segmentos, sendo mais do que uma moeda digital.

O Ethereum trata-se de um blockchain que permite, além de usar a moeda como meio de troca, usuários criarem e executarem contratos inteligentes, o que na prática são programas de computadores autoexecutáveis que possibilitam automatizar acordos e transações, realizando ações com regras pré-estabelecidas (MASCARENHAS et al, 2018). Esses programas possibilitam o desenvolvimento de aplicativos descentralizados chamados de “DApps” (Ethereum Org, 2023).

Outra característica particular dessa criptomoeda é a sua não limitação de criação. Enquanto a mineração do Bitcoin é limitada a alguns milhões de unidades, a mineração do Ethereum é ilimitada.

#### **4.0 Ripple (XRP)**

O protocolo Ripple, cuja criptomoeda nativa é a XRP, foi criado em 2012 pela empresa Ripple Labs. O protocolo é um sistema de pagamento distribuído com código aberto com a finalidade de facilitar transações de valores em nível global e de diferentes tipos de moedas, ou seja, não necessariamente transação de XRP. Em outras palavras, ela tem objetivo de facilitar e tornar mais eficiente e rápida as transações transfronteiriças, aumentando a velocidade e diminuindo os custos. De acordo com o site XP Educação (2023), a moeda pode

ser usada como uma forma de investimento, como moeda de troca para outras criptomoedas ou como pagamentos.

A XRP é uma criptomoeda que ocupa um lugar entre as mais populares, ao lado do Bitcoin e do Ethereum, porém possui características que a diferencia totalmente. Suas únicas semelhanças é que possui unidades limitadas (como o Bitcoin), é uma criptomoeda *peer-to-peer* e usa tecnologia blockchain.

Suas unidades foram limitadas a 100 bilhões, as quais já foram criadas e distribuídas no momento de seu lançamento. No entanto, por mais que já tenham sido criadas todas as unidades, apenas por volta de 43 bilhões de unidades de XRP estão em circulação, sendo que a empresa possui uma reserva para liberar posteriormente para venda. Ademais, apesar da Ripple ser uma rede de código aberto, é utilizado um protocolo próprio chamado de *Ripple Protocol Consensus Algorithm* (RPCA), onde apenas usuários selecionados pela empresa fundadora podem contribuir e validar as transações de forma consensual, com pelo menos 80% dos usuários a favor. Portanto, a Ripple é gerenciada exclusivamente pela Ripple Labs, tornando-se uma criptomoeda mais centralizada e não sendo possível a sua mineração (PISANI; MATARAZZO, 2020).

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Método

O tipo de metodologia utilizado no presente trabalho é classificado como quantitativo uma vez que se foca em análises numéricas e em dados objetivos.

De acordo com Fonseca (2002) a pesquisa quantitativa se preocupa com os dados que podem ser quantificados. Com isso, visto que os objetivos do trabalho são a comparação da relação risco e retorno das criptomoedas e do mercado de ações brasileiro, bem como verificar a funcionalidade do modelo CAPM com criptomoedas, o estudo foi feito através de um método quantitativo. Este tipo de pesquisa permite um estudo mais focado na objetividade, ou seja, a pesquisa é feita por instrumentos padronizados e presumidamente neutros (Minayo, 1997).

De acordo com Gil (2002), quase todos os estudos exigem uma revisão bibliográfica. No entanto, a revisão bibliográfica na pesquisa quantitativa é importante para construção de bases para a coleta e análise de dados. A análise dos dados e resultados dependeu de um estudo teórico prévio, especialmente sobre a teoria moderna das finanças e os modelos de precificação de ativos. A pesquisa bibliográfica foi essencial para compreender a evolução da teoria e as contribuições de autores importantes, além de possibilitar o estudo aprofundado das criptomoedas selecionadas. Portanto, a revisão bibliográfica da pesquisa ajudou a embasar as análises quantitativas.

Contudo, após o estudo quanto à revisão bibliográfica, a pesquisa quantitativa realizada foi o levantamento de dados dos retornos das criptomoedas e do índice Ibovespa, os dados da Taxa Selic, os cálculos feitos com as informações levantadas, como os proposto no modelo CAPM de Sharpe e as devidas análises.

### 2.2 Coleta de dados

Para sistematizar a coleta de dados, foi criada uma planilha de Excel para concentração dos dados coletados do site Investing<sup>1</sup> quanto às variações do retorno diário das 3 principais criptomoedas do mercado, - Bitcoin, Ethereum e XRP -, bem como as variações de retorno do índice Ibovespa e da taxa Selic entre os anos de 2020 e 2024.

---

<sup>1</sup> INVESTING. Todas as criptomoedas. Disponível em: <<https://br.investing.com/crypto/currencies>> Acesso em: 13 out. 2024

2.2.1 Coeficiente de Variação: O coeficiente de variação fornece uma medida relativa útil para comparação de variabilidade de retornos de ativos diferentes, o que permite os investidores a tomarem melhores decisões baseadas na relação risco e retorno.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu}$$

Onde:

$\sigma$  - desvio padrão da amostra

$\mu$  - média da amostra

2.2.2 Dados para a utilização do Modelo CAPM: o modelo CAPM é utilizado para calcular o retorno esperado de ativos, levando em consideração o retorno de mercado e o risco sistemático.

$$(E)R_i = R_f + \beta_i * (R_m - R_f)$$

- a) *R<sub>f</sub>* - *Risk Free* (Taxa Livre de Risco): para se calcular a taxa livre de risco, foi feita a descapitalização da taxa Selic, onde 252 foi considerado como a quantidade de dias úteis no ano.

$$Selic \text{ a. d} = (1 + Selic \text{ a. a})^{1/252} - 1$$

- b)  $\beta_i$  - Coeficiente Beta: o coeficiente beta é uma medida que indica o quanto um ativo tende a se mover em resposta ao risco sistemático do mercado.

$$\beta_i = \frac{Covariância(R_i, R_m)}{Variância(R_m)}$$

Onde:

$\beta_i$  - índice beta relativo a um ativo i qualquer

$R_i$  - retorno desse ativo i qualquer

$R_m$  - retorno de mercado

No entanto, o índice beta só é possível ser calculado quando se tem a estimativa de retorno de mercado, o qual no caso das ações brasileiras, este parâmetro é considerado sendo o índice Ibovespa, o qual reflete o desempenho das ações mais negociadas e de maior

relevância do mercado de ações brasileiro. No caso das criptomoedas, há a necessidade de se criar uma carteira teórica de mercado a partir da ponderação das criptomoedas individuais para que se tenha um índice de mercado e que seja possível realizar o cálculo do beta das criptomoedas isoladamente.

- c) *R<sub>m</sub>* - Retorno de Mercado (Carteira Teórica Criptomoeda): O retorno de mercado é o retorno esperado utilizado como referência para avaliar o retorno de ativos individuais, o qual é representado por um índice amplo, como o índice Ibovespa no Brasil.

No caso das criptomoedas foi necessário criar uma carteira teórica para que fosse possível ter uma referência para avaliar o retorno das criptomoedas individuais. Para que o cálculo fosse possível foi necessário somar o capital de mercado de todas e ponderar cada uma pelo total de capital de mercado para encontrar a porcentagem do quanto cada uma representa do total. Feito isso, para encontrar o retorno de mercado da carteira teórica foi preciso fazer o cálculo demonstrado abaixo.

$$Tx \text{ carteira teórica} = (Tx \text{ BTC} * \%cap. \text{ total BTC}) + (Tx \text{ ETH} * \%cap. \text{ total ETH}) + (T$$

Onde:

Taxa cripto - variação diária do dia da respectiva criptomoeda

BTC - Bitcoin

ETH - Ethereum

% capital total - porcentagem que a criptomoeda representa do capital de mercado total

Obtidos todos os dados necessários, foram feitos os cálculos do total de variação, da média de variação, do desvio padrão e do coeficiente de variação das criptomoedas e do índice Ibovespa para comparação. Após, foi criada uma carteira teórica com as 3 principais criptomoedas estudadas neste trabalho, onde o cálculo da variação de retorno da carteira ao dia foi feito com base na porcentagem que cada criptomoeda representa com relação ao capital de mercado total, o que foi a soma do capital de mercado das 3 criptomoedas. Por fim foram realizados os cálculos dos betas e os cálculos do retorno esperado das criptomoedas através do modelo CAPM de Sharpe.

## 4 ANÁLISES

As análises realizadas foram a etapa central no presente trabalho, pois por meio delas foi possível desenvolver as conclusões do estudo realizado.

### 4.1 Desempenho dos ativos na pandemia e no pós-pandemia

Inicialmente foram coletados do site Investing os dados quanto à variação de retorno de 3 principais criptomoedas existentes, do índice Ibovespa e da taxa Selic anual. Com as informações coletadas, foi feita a separação de dois períodos para realização do estudo. O primeiro período, chamado de amostra de teste, foi de janeiro de 2020 até dezembro de 2022, o qual foi um período pandêmico, e o segundo período, chamado de amostra de validação, foi de janeiro de 2023 até agosto de 2024, um período pós-pandêmico.

Com isso, foi feito o cálculo da média de variação e o desvio padrão, onde realizando sua divisão foi possível encontrar o coeficiente de variação em cada um dos períodos, das 3 criptomoedas e do índice Ibovespa, para ser possível a análise e comparação. O coeficiente de variação é uma medida relativa útil para comparar variabilidade entre conjuntos de dados diferentes, sendo a menor numeração a melhor, pois indica que a dispersão em relação à média é pequena, ou seja, menos variabilidade significa menos risco.

Tabela 1 - Resultados da variação na amostra de teste (2020 - 2022)

	<b>Bitcoin</b>	<b>Ethereum</b>	<b>XRP</b>	<b>Ibovespa</b>
<b>Média Variação</b>	0,15%	0,34%	0,25%	0,01%
<b>Desvio Padrão</b>	3,86%	5,15%	6,42%	1,61%
<b>Coeficiente de variação</b>	<b>25,25</b>	<b>15,16</b>	<b>25,51</b>	<b>193,04</b>

Fonte: Elaboração própria

Tabela 2 - Resultados da variação na amostra de validação (2023-2024)

	<b>Bitcoin</b>	<b>Ethereum</b>	<b>XRP</b>	<b>Ibovespa</b>
<b>Média Variação</b>	0,25%	0,17%	0,17%	0,04%
<b>Desvio Padrão</b>	2,57%	2,88%	4,42%	0,80%
<b>Coeficiente de variação</b>	<b>10,11</b>	<b>16,49</b>	<b>26,27</b>	<b>20,06</b>

Fonte: Elaboração própria

Podemos observar no período de pandemia que o Índice Ibovespa teve uma dispersão em relação à média neste período significativamente alta em comparação com as criptomoedas. Ao analisar o resultado pós pandemia, é observado que a dispersão do índice reduziu muito em comparação com o período pandêmico visto anteriormente, sendo mais pareável com o coeficiente de variação das criptomoedas.

Estes dados se justificam em razão da pandemia do coronavírus, o qual iniciou e seguiu por um tempo de forma brusca e crescente, fazendo com que as pessoas permanecessem em quarentena e isolamento social. Por este fato, empresas precisaram desacelerar suas atividades, pois houve uma desaceleração no consumo da população como um todo, o que trouxe consequências para o mercado de ações (FIA, 2020). De acordo com a FIA (2020), o clima de incertezas e inseguranças rapidamente se transformaram em volatilidade para a economia, o que explica os dados observados na tabela 1.

Em paralelo, observa-se que o coeficiente de variação das criptomoedas houve alterações nos dois períodos selecionados, mas não foram alterações tão significativas quanto ocorreu com o índice Ibovespa. Este fato ocorre por conta da forma que este tipo de investimento funciona. As criptomoedas não estão diretamente atreladas à economia real, elas são relacionadas ao sentimento de adoção e risco dos investidores. Durante a pandemia e a volatilidade do mercado de ações diante do cenário exposto, as criptomoedas funcionaram como um ativo alternativo ao “tradicional”, como o mercado de ações. Podemos inferir isso, por exemplo, observando que o Bitcoin na pandemia atingiu seu valor recorde. De acordo com o jornal BBC News Brasil (2020), isto ocorreu visto que, de acordo com alguns investidores, o Bitcoin é um ativo interessante para diversificação diante da volatilidade do mercado de ações.

Desta forma, verifica-se que em períodos pandêmicos incluir na carteira de investimento as criptomoedas podem ser interessante para o investidor, pois podemos observar que sua variação não é tão afetada pelo risco sistêmico quanto investimentos tradicionais como o mercado de ações, podendo ser uma boa opção para diversificação da carteira e proteção contra o risco sistêmico.

Contudo, é importante destacar que ao analisar o desempenho das criptomoedas, não foi a mesma que melhor performou em ambos os períodos. Na primeira amostra, período pandêmico, a criptomoeda que teve a melhor performance foi o Ethereum, visto que houve uma crescente popularidade de DeFi e NTFs, além de grandes expectativas em torno da

transição para o Ethereum 2.0, o que ajudou a impulsionar seu preço, de acordo com site Olhar Digital (2021). Já no segundo período, o Bitcoin foi o ativo que apresentou a melhor performance dentre as criptomoedas. Considerada a criptomoeda mais confiada e amplamente reconhecida, o Bitcoin teve uma performance saudável, apesar de sua natureza altamente especulativa, que faz com que sua variabilidade tende a ser maior. No final de 2022 a criptomoeda enfrentou o seu pior desempenho, mas logo seguiu em um crescimento acentuado que permanece até hoje. No entanto, com relação ao XRP, a terceira criptomoeda considerada para realizar a carteira teórica, não houve uma considerável alteração no seu retorno ao comparar os dois períodos.

#### 4.2 Teste empírico do modelo CAPM

Seguindo a conclusão das primeiras análises quanto a comparação de retorno das criptomoedas e do índice Ibovespa, neste momento do trabalho foi feita a análise se o modelo CAPM é válido quando se trata de criptomoedas, ou seja, se o modelo é praticável para averiguarmos o retorno esperado das criptomoedas.

Para que as análises sejam possíveis, foi necessário criar uma carteira teórica de criptomoedas para simularmos um índice de mercado do de criptomoedas. Para termos os dados de variação da carteira teórica de criptomoeda por dia, foi feita a soma da ponderação da variação de cada criptomoeda pela sua porcentagem do total do capital do mercado das 3 criptomoedas somadas.

Tabela 3 - Capital de mercado das criptomoedas

	Bitcoin	Ethereum	XRP	<b>Total</b>
<b>Capital de Mercado</b>	6.293.540.900.213,00	1.514.288.980.255,00	180.467.781.385,00	7.988.297.661.853,00
<b>% do total</b>	78,78%	18,96%	2,26%	100,00%

Fonte: Elaboração própria

Para esta análise, foram utilizadas as mesmas amostras de tempo utilizados anteriormente, os anos de 2020 a 2022 como período de teste e os anos de 2023 a 2024 como período de validação. Com isso, utilizando as variações do retorno da carteira teórica de criptomoedas, foi possível obter o valor da variância da carteira teórica e a estimativa do índice beta de cada criptomoeda da amostra teste, que posteriormente foi testado no cálculo do retorno esperado pelo modelo CAPM de Sharpe.

Tabela 4 - Cálculo do Beta e estimativa do retorno esperado pelo modelo CAPM

	<b>Bitcoin</b>	<b>Ethereum</b>	<b>XRP</b>
Índice Beta	0,96	1,16	1,03
Retorno Esperado	<b>0,18%</b>	<b>0,22%</b>	<b>0,20%</b>

Fonte: Elaboração própria

Através do modelo CAPM de Sharpe foi possível estimar os retornos esperado, que reflete a expectativa de retorno considerando o risco sistemático associado a cada criptomoeda analisada. O Bitcoin apresentou um retorno esperado de 0,18% e seu índice Beta foi 0,96, o que sugere que ele tem uma volatilidade menor do que o mercado, o que implica em um retorno ligeiramente menor. O Ethereum apresentou um retorno esperado de 0,22% e seu índice Beta foi 1,16, o que explica o seu maior retorno esperado dentre as 3 criptomoedas, pois sua volatilidade é maior que o mercado e das 3 analisadas. Já o XRP apresentou um retorno esperado de 1,03 e seu índice Beta foi 1,03, apresentando uma volatilidade mais próxima ao mercado, o que resulta em um retorno esperado intermediário dentre as 3 criptomoedas analisadas.

Na tabela 5 é apresentado a média de variação do período de validação, a qual é utilizada para comparação com os resultados obtidos pelo modelo CAPM na amostra teste. Através dela, foi possível verificar se o modelo CAPM funciona empiricamente para ativos como criptomoedas.

Tabela 5 - Resultados amostra de validação

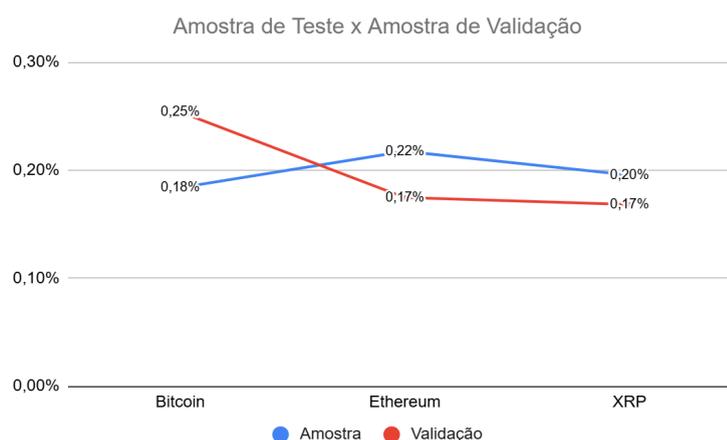
	<b>Bitcoin</b>	<b>Ethereum</b>	<b>XRP</b>
Média Variação	<b>0,25%</b>	<b>0,17%</b>	<b>0,17%</b>

Fonte: Elaboração própria

Com os resultados obtidos, podemos observar que o modelo CAPM pode não funcionar empiricamente no mercado de criptomoedas, visto que observando os resultados da média de variação da amostra de validação não é condizente com o retorno esperado obtido pelo modelo CAPM na amostra de teste, demonstrando uma certa variação no retorno. Portanto, enquanto na amostra de estimação a melhor relação risco x retorno estimado era do Ethereum com 0,22% de retorno esperado, na amostra de validação o que apresentou melhor relação risco x retorno foi o Bitcoin com 0,25% de retorno enquanto o Ethereum e XRP

tiveram 0,17%. Esta distorção é claramente ilustrada no gráfico da figura 5 onde mostra os resultados do modelo CAPM em comparação com os dados do mercado de criptomoedas no período de validação.

Figura 5 - Amostra de Teste x Amostra de Validação



Fonte: Elaboração própria

Este resultado levanta questões importantes, principalmente no que diz respeito às limitações do modelo CAPM quando se é tratado investimentos complexos e dinâmicos como ocorre com as criptomoedas. Podemos perceber que os resultados obtidos, corroboram com as críticas ao modelo CAPM de Richard Roll (1977), pois na presente pesquisa foi utilizado um índice de mercado diferente. Foi utilizado um índice de mercado oriunda de uma carteira teórica de criptomoeda criada. Como Roll argumenta, considerar um índice único representativo pode não levar em consideração fatores que não são medidos por ele. Dessa forma, aplicar o modelo com um índice diferente, como o realizado no presente trabalho, é problemático pois não refletiu todo o funcionamento e particularidades que influenciam diretamente no comportamento das criptomoedas.

Outra questão problemática do modelo CAPM é quanto ao fator beta como único fator de risco considerado no modelo CAPM, pois ele não considera questões que a dinâmica e o funcionamento das criptomoedas possuem. Conforme sugerido por Fama e French (2007), o índice beta não é suficiente para medir todos os fatores relacionados ao risco do ativo. As criptomoedas, com suas particularidades, divergem seus fatores que volatilizam seus retornos, pois consideram questões como o sentimento de mercado pelo investimento e sua adoção, fatores esses que o índice beta não contempla. Sendo dessa forma, uma questão problemática

do modelo CAPM com o que diz respeito a investimentos como criptomoedas, dinâmicos e com particularidades.

## 5 CONCLUSÕES

No decorrer deste trabalho de conclusão de curso, foi feito um estudo quanto à evolução da teoria moderna de finanças, abordando principais autores que estudaram quanto a modelos de precificação de ativos e análise de seus retornos. A pesquisa teve dois objetivos principais. O primeiro foi verificar como as criptomoedas, ativo financeiro que diverge de ativos mais tradicionais, por suas particularidades e funcionamento, se comportam em dois períodos distintos, no caso em tempo de pandemia e pós-pandemia. O segundo objetivo foi avaliar a aplicabilidade do modelo CAPM de Sharpe, um dos modelos mais renomados e utilizados até os dias de hoje, em um contexto de investimentos com tantas particularidades como as criptomoedas.

Com isso, ao longo da pesquisa, foi feito inicialmente um levantamento de informações quanto aos estudos dos autores que discutem acerca do tema e levantado os dados quanto ao retorno de 3 principais criptomoedas e do índice Ibovespa.

Nesse sentido, a pesquisa revelou que as criptomoedas, apesar de sua volatilidade e riscos, elas podem ser uma boa alternativa viável de investimento para diversificação de portfólio, mesmo em tempos de pandemias, onde o risco sistemático, ou seja, o risco de mercado que não podemos controlar, tem uma grande relevância na volatilidade dos ativos.

No entanto, ao abordar a aplicabilidade das criptomoedas no modelo CAPM constatou-se que o modelo possui algumas problemáticas, pois não foi possível capturar o comportamento exato das criptomoedas. O modelo CAPM, conforme apresentado por alguns autores críticos ao modelo, não consegue capturar adequadamente todos os fatores que influenciam no retorno de ativos. No caso das criptomoedas, fatores esses que são, por exemplo, a especulação de mercado e os sentimentos e a adesão a esse tipo de investimento. Além do modelo considerar um retorno de mercado representativo único, onde no Brasil é representado pelo Índice Ibovespa, cujas particularidades são diferentes de ativos como criptomoedas.

Conclui-se, portanto, que diversificar a carteira de investimentos incluindo ativos que geralmente apenas investidores com perfis mais arriscados apostam, pode ser interessante, pois podem ser consideradas uma proteção contra riscos sistemáticos. Por outro lado, a pesquisa conclui que o modelo CAPM, embora amplamente utilizado e aceito, não é a ferramenta mais adequada para calcular o retorno esperado de ativos como as criptomoedas. Desta forma, outros modelos que consideram mais fatores que expliquem a variabilidade além do beta, pode ser mais interessante quando é tratado de ativos com características como as criptomoedas.

Contudo, espera-se que este estudo contribua e tenha um impacto positivo para a tomada de decisão de investidores na construção de seus portfólios, oferecendo um olhar crítico quanto às abordagens tradicionais e ampliando a visão quanto a novas metodologias de precificação de ativos e análise de seus retornos. Além disso, acredita-se que este presente trabalho influencie estudos futuros sobre modelos de precificação de ativos que levem em consideração particularidades do mundo atual, como ativos digitais como as criptomoedas.

Por fim, considerando as limitações do modelo CAPM, faz-se interessante considerar novas abordagens de precificação para criptomoedas para capturar de forma mais eficaz suas particularidades. O modelo CAPM considera basicamente apenas os dados históricos de retorno e o risco sistemático, fatores esses que não são suficientes para estimar o retorno esperado das criptomoedas. Além disso, é necessário também considerar fatores emocionais, como o medo e entusiasmo, pois a volatilidade das criptomoedas é muito baseada nos comportamentos das pessoas quanto a elas. Nesse sentido, é importante considerar fatores comportamentais, pois nesse tipo de investimento a adoção social e a confiança, por exemplo, tem grande influência, pois ocorrem muitas especulações que desempenham um papel importante na formação de preço das criptomoedas.

## REFERÊNCIAS

BBC NEWS BRASIL. **Como o Bitcoin atingiu valor recorde em meio à pandemia.** Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-55349371>> Acesso em: 10 nov. 2024.

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens. Moderna teoria de portfólios: É possível captar, na prática, os benefícios decorrentes de sua utilização?. 1999.

COIN GECKO. **Preço de Bitcoin. 2023.** Disponível em: <<https://www.coingecko.com/pt/moedas/bitcoin>> Acesso em: 19 set. 2023.

COSTA, Danilo de Melo. Revisitando os clássicos da moderna teoria de finanças: uma análise. **Revista Brasileira de Administração Científica**, v. 8, n. 2, p. 16-41, 2017.

DA FONSECA, João José Saraiva. **Apostila de metodologia da pesquisa científica.** Universidade Estadual do Ceará, 2002.

DE ARAÚJO, Patrick Anderson Matias; EDDINE, Eder Ahmad Charaf. As abordagens da bitcoin e blockchain em artigos acadêmicos. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 7669-7675, jul. 2019.

ETHEREUM ORG. Disponível em: <<https://ethereum.org/pt-br/what-is-ethereum/>> Acesso em: 19 set. 2023.

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.

FIA BUSINESS SCHOOL. **Mercado financeiro e o coronavírus: histórico, impactos e projeções.** Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/mercado-financeiro-e-o-coronavirus/>> Acesso em: 19 set. 2023.

FORSTER, Gilmar. Modelo de Precificação de Ativos–CAPM. **CAP Accounting and Management-B4**, v. 3, n. 3, p. 72-78, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** Editora Atlas, 2002.

Gil, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. Editora Atlas, 2008.

GOMES, Irene. Com serviços afetados pela pandemia, PIB de 2020 cai 3,3%. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/35349-com-servicos-afetados-pela-pandemia-pib-de-2020-cai-3-3>> Acesso em: 02 dez. 2024.

INFOMONEY. **Bitcoin – BTC/USD Cotação em tempo real.** Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/guias/criptomoedas/>> Acesso em: 19 set. 2023.

INFOMONEY. **Guia sobre Bitcoin: conheça a origem da primeira criptomoeda do mundo.** Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/guias/o-que-e-bitcoin/>> Acesso em: 19 set. 2023.

INFOMONEY. **Ibovespa (IBOV).** Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/guias/criptomoedas/https://www.infomoney.com.br/cotacoes/b3/indicador/ibovespa/grafico/>> Acesso em: 19 set. 2023.

INFOMONEY. **Por que o Bitcoin pode se beneficiar de quebra de bancos como o SVB, segundo analistas.** Disponível em:

<<https://www.infomoney.com.br/mercados/por-que-o-bitcoin-pode-se-beneficiar-de-quebradeira-de-bancos-como-o-svb-segundo-analistas/>> Acesso em: 11 set. 2024

INFOMONEY. **Preço do Ethereum quadruplica em 2021 e supera os US\$ 3 mil pela primeira vez após novo rali.** Disponível em:

<<https://www.infomoney.com.br/mercados/preco-do-ethereum-quadruplica-em-2021-e-supera-os-us-3-mil-pela-primeira-vez-apos-novo-rali/>> Acesso em: 13 nov. 2024.

INVESTING. **Criptomoedas: Um guia para dar os primeiros passos com as moedas digitais.**

Disponível em: <<https://br.investing.com/crypto/bitcoin>> Acesso em: 19 set. 2023.

LEHMKUHL, Rafael Francisco de Avila; SCHNORRENBURGER, Darci; FLACH, Leonardo. Teoria Moderna do Portfólio: a busca por uma carteira de investimentos adequada. **Revista Controladoria e Gestão**, v. 3, n. 1, p. 578-594, 2022.

MARINS, Lucas Gabriel. **Mil novas criptomoedas já surgiram em 2023; saiba como não cair no conto das “shitcoins”.** InfoMoney, 2023. Disponível em:

<<https://www.infomoney.com.br/onde-investir/mil-novas-criptomoedas-ja-surgiram-em-2023-saiba-como-nao-cair-no-conto-das-shitcoins/>> Acesso em: 19 set. 2023.

MARKOWITZ, Harry Markowitz. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

MASCARENHAS, Juliana Z. G.; VIEIRA, Alex B.; ZIVIANI, Artur. Análise da rede de transações do ethereum. In: **Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologias e Aplicações**, 2018.

MATTOS, Olívia Bullio; ABOUCHEDID, Saulo; SILVA, Laís Araújo. As criptomoedas e os novos desafios ao sistema monetário: uma abordagem pós-keynesiana. **Economia e Sociedade**, v. 29, p. 761-778, 2020.

MINAYO, Maria Cecília de Souza et al. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 21. ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2002.

NAKAMOTO, Satoshi. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. **Satoshi Nakamoto**, 2008.

NETO, Alexandre Assaf. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

NETO, Angelo Pisani; MATARAZZO, Gustavo. Bitcoin, Ethereum e XRP: Uma análise histórica das criptomoedas e suas tecnologias. **Revista Ciência em Evidência**, v. 1, n. 1, p. 27-41, 2020.

OLHAR DIGITAL. **Novo recorde: ether ultrapassa a marca dos US\$3 mil de forma inédita.**

Disponível em:

<<https://olhardigital.com.br/2021/05/03/pro/ether-ultrapassa-a-marca-dos-tres-mil-dolares-de-forma-inedita/>> Acesso em: 13 nov. 2024

REDAÇÃO XP EDUCAÇÃO. **Ripple XRP: aprenda como funciona essa criptomoeda**. 2022.

Disponível em: <<https://blog.xpeducacao.com.br/ripple-xrp/>> Acesso em: 19 set. 2023.

REIS, Tiago. **Fronteira eficiente: conheça a teoria de risco de Harry Markowitz**. Disponível em:

<<https://www.suno.com.br/artigos/fronteira-eficiente/>> Acesso em: 19 set. 2023.

ROCHA, Luciano. **eCash: como a criação de David Chaum deu início ao sonho cypherpunk**.

Disponível em:

<<https://www.criptofacil.com/ecash-como-a-criacao-de-david-chaum-deu-inicio-ao-sonho-cypherpunk/>> Acesso em: 19 set. 2023.

ROLL, Richard. A critique of the asset pricing theory's tests Part I: On past and potential testability of the theory. **Journal of financial economics**, v. 4, n. 2, p. 129-176, 1977.

SÁ, Carlos Alexandre; MORAES, R. De. O modelo CAPM. mar. 2013.

SILVA, Susi Castro; MONTEIRO, Vitor Borges. Criptomoedas (ou criptoativos?) como meio de pagamento no Brasil e a lógica do Cisne Negro: da ausência de regulamentação específica ao desempenho da criptoeconomia durante a pandemia de Covid-19. **Economic Analysis of Law Review**, 2021.

TAPSCOTT, Don; TAPSCOTT, Alex. Blockchain revolution. Senai-SP Editora, 2018.

ULRICH, Fernando. Bitcoin-a moeda na era digital. 1. ed. 2014.

YIN, Robert K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. Penso Editora, 2016.