

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CAMPUS DARCY RIBEIRO
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Tiago Rosaes Barboza

Teste empírico do modelo de Fama French: uma aplicação ao bitcoin

Brasília DF

2021

Tiago Rosaes Barboza

Teste empírico do modelo de Fama French: uma aplicação ao bitcoin

Trabalho monografia do Curso de Graduação em Ciências Econômicas do Universidade de Brasília como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas
Orientador: Prof. José Guilherme Lara Resende

Brasília

2021

Este trabalho é dedicado à minha família e aos profissionais que atuaram no processo de reconstrução e reabilitação da minha mão direita.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família, ao meu orientador José Guilherme Lara Resende e a professora Daniela Freddo. Agradeço também, de maneira especial, aos médicos Dr. Gabriel Lima e Dr. Ana Carolina, que foram responsáveis pelas cirurgias de reimplante e reconstrução da minha mão direita. Não menos importante, agradeço também à toda equipe médica, de enfermagem e fisioterapia que atuou no meu processo de recuperação .

RESUMO

Neste trabalho de monografia é feito uma aplicação do modelo de Fama French ao bitcoin, além de uma revisão teórica sobre a análise do bitcoin como moeda. Os dados utilizados foram coletados no Yahoo! Finance e também o site de French. Para a obtenção dos resultados foi utilizado o método de regressão linear.

Palavras-chave: Bitcoin, Fama-French, Finanças, Investimentos.

ABSTRACT

In this undergraduate thesis an application of the Fama French model to bitcoin is done, as well as a theoretical review on the analysis of bitcoin as currency. The data used was collected from Yahoo! Finance and also French's website. To obtain the results, the linear regression method was used.

Keywords: Bitcoin, Fama-French, Investments

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 - Gráfico do retorno do bitcoin

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados sobre o retorno do bitcoin

Tabela 2 - Estatística descritiva do retorno do bitcoin

Tabela 3 - Fatores de French

Tabela 4 - Correlação entre os 3 fatores de Fama French

Tabela 5 - Correlação entre os 5 fatores de Fama French

Tabela 6 - Resultado da regressão do modelo de 3 fatores de Fama French

Tabela 7 - Resultado da regressão do modelo de 5 fatores de Fama French

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	23
REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1 Uma breve história do dinheiro	24
2.2 O surgimento do Bitcoin	26
2.3 Análise do Bitcoin como moeda	27
2.4 Capital Asset Pricing Model (CAPM)	28
2.5 Modelo de Três Fatores de Fama-French	30
2.6 O modelo de Cinco Fatores de Fama-French	31
METODOLOGIA	33
3.1 Obtenção dos dados do Bitcoin	34
3.2 Obtenção dos fatores de French	36
RESULTADOS	38
4.1 Análises preliminares	38
4.2 Regressão do modelo de 3 fatores de Fama French	39
4.3 Regressão do modelo de 5 fatores de Fama French	40
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Os ciclos econômicos é um dos fenômenos de maior estudo nas ciências econômicas. Nas últimas duas décadas, o mundo enfrentou duas crises de enorme impacto: a crise de 2008 e a crise do coronavírus. Diferentemente das crises anteriores, a pandemia do coronavírus se estendeu além da esfera econômica. Tendo impactos nos setores da saúde, da educação e também da geopolítica. Além disso, no período de pandemia foi perceptível mudanças nas preferências dos investidores, motivadas principalmente por uma alteração nas expectativas relacionada ao futuro da economia global.

Durante a crise do coronavírus, um dos ativos que chamou mais atenção dos analistas e investidores foi o bitcoin. Não só pelo seu retorno exponencial, que chegou a acumular uma valorização de 419% em 2020, como também por suas características, por ser um ativo sem nenhum lastro e totalmente descentralizado. Como se trata de um ativo novo, poucos estudos foram feitos para analisar o retorno do bitcoin, uma vez que este surgiu em 2009, um ano após a crise de subprime americana .

Atualmente existem diversos modelos para explicar as oscilações no mercado financeiro e no preço dos ativos de renda variável. Entre os modelos existentes, se destacam o modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model) e os modelos de Fama e French. Contudo, será que os modelos disponíveis possuem um poder explicativo satisfatório sobre o bitcoin?

O trabalho a seguir apresentado irá realizar um teste empírico do modelo de Fama e French aplicado ao bitcoin. A escolha desse modelo se deve ao fato de ser um dos modelos mais modernos existentes na teoria, capaz de explicar satisfatoriamente o retorno das ações no mercado financeiro americano. Além disso, será feito também uma revisão teórica sobre a análise do bitcoin como moeda.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Uma breve história do dinheiro

Antes da existência de moeda, as primeiras sociedades utilizavam o sistema de escambo para realizarem trocas de produtos. O escambo impulsionou o processo de divisão de trabalho, já que permitia cada produtor se especializar na produção de uma única mercadoria, e assim realizar trocas por outras mercadorias que não produzissem. Como havia uma pequena variedade de produtos, o sistema de escambo era viável naquele contexto.

O processo de divisão do trabalho impulsionou as primeiras atividades comerciais e produtivas nas sociedades antigas. Aos poucos, com o crescimento da variedade de produtos, o sistema de escambo atingiu algumas limitações. Uma vez que o escambo dependia da existência de demandas coincidentemente inversas para acontecer. Isso é, o indivíduo que possuísse a mercadoria A e quisesse trocar por a mercadoria B, dependeria que existisse um indivíduo com a mercadoria B, e que também desejasse a mercadoria A.

Para resolver esse problema, algumas mercadorias começaram a ser utilizadas como intermediárias no processo de troca. Essas mercadorias são chamadas de moeda-mercadorias. No geral, as moedas mercadorias possuíam algumas características especiais, como por exemplo, tinham valor de uso, eram escassas e tinham uma boa aceitação geral.

As moedas mercadorias representam um dos primeiros sistemas monetários conhecidos. Existe uma vasta literatura que fala os diferentes padrões de moedas-mercadorias utilizadas em várias partes do mundo. Entre elas, temos como exemplo o sal, a carne, as peles de animais, os metais e diversos outros.

Com o desenvolvimento progressivo das atividades comerciais, os metais começaram a se destacar como moeda-mercadoria. Pois possuíam algumas vantagens quando comparada a outras mercadorias:

- Tinham uma boa aceitação geral, já que possuíam grande valor de uso.
- Eram mercadorias homogêneas entre si.
- Não perdia seu valor de uso com o tempo.
- Eram divisíveis em partes fracionárias sem grande custo.
- Relativamente fácil de transportar e armazenar.

Os primeiros metais utilizados como moeda eram o cobre, o bronze e o ferro. Entretanto, como ainda eram muito abundantes, eles não conseguiam servir como uma boa reserva de valor. Dessa maneira, os metais preciosos começaram a ser preferíveis nas atividades de comércio. Não demorou muito para que o ouro e a prata comessem a ser os mais utilizados.

A etapa de adoção dos metais como o principal meio de troca para transações marcou um período importante da histórica econômica, o Metalismo. Os metais preciosos conseguiram solucionar alguns problemas do sistema de moedas-mercadoria. Contudo, os metais tinham como inconveniente o processo de pesagem em cada transação. Pois para cada transação, era necessário pesar a quantia de metais preciosos para mensurar o valor de cada pagamento.

A solução foi a adoção dos primeiros processos de cunhagem, que consistia em padronizar em tamanho dos metais e imprimir o seu valor neles, originando assim as primeiras moedas metálicas. Muitas vezes, o soberano era o responsável pelo processo de cunhagem das moedas. Inclusive, a cunhagem de moeda foi um dos principais instrumentos utilizados no financiamento de despesas dos governos antigos: Os soberanos recolhiam moedas em circulação nos pagamentos de impostos, fundiam com outros metais de menor valor, e então cunhava-as novamente com a figura do soberano. Esse processo de falsificação das moedas é um dos mais antigos exemplos de política monetária expansionista. Essa prática foi muito utilizada pelo Império Romano no financiamento de despesas militares, que posteriormente desencadeou o processo de hiperinflação romana entre os anos 324 e 337 d.C.

O desenvolvimento dos sistemas monetários de metais preciosos demandou a necessidade de um novo tipo de moeda para facilitar as transações: a moeda-papel. Como as moedas metálicas ofereciam uma certa dificuldade de transporte e armazenagem quando em grandes quantidades, além de serem suscetíveis a roubos, as primeiras casas de custódia começaram a surgir. Elas funcionavam por meio de certificados de depósitos, o indivíduo depositava sua riqueza e recebia um papel que garantia o direito de retirar sua riqueza quando desejasse. Vale destacar que as moedas-papel são totalmente lastreadas nos metais depositados, e com isso trazia uma segurança para o portador desse papel. Aos poucos os certificados das casas de custódia começaram a ser amplamente aceitos nas negociações comerciais, chegando a inclusive circularem mais que os próprios metais preciosos.

Não demorou muito para que as casas de custódia comessem a perceber que o pedido reconversão da moeda-papel em metais preciosos por seus detentores não era solicitada por todos os seus clientes ao mesmo tempo. Isso favoreceu o surgimento do papel moeda ou moeda fiduciária, que se trata de um certificado de depósito não lastrado totalmente. A passagem da moeda-papel para o papel-moeda é tida como “uma das mais importantes e revolucionárias etapas da evolução histórica da moeda” (LOPES e ROSSETTI, 1991: 32).

As moedas fiduciárias foram criadas ao acaso por meio dos depósitos bancários, uma vez que se tratavam de um título de crédito sem lastro metálico. A moeda fiduciária ajudou a expandir os meios de pagamento, por meio do efeito multiplicador do crédito. Contudo, a moeda fiduciária apresentava riscos ao sistema econômico daquela época, por razões óbvias. Se as casas bancárias não agissem com prudência e aumentassem a sua emissão de créditos muito acima do volume de depósitos, o sistema financeiro poderia desmoronar.

Os riscos evidentes conduziram os poderes públicos a um processo de regulamentação das emissões de notas bancárias. Assim, o direito de emissão de notas, em cada país, passou a ser confiado a uma única instituição bancária, os Bancos Centrais. Essas instituições têm a função de garantir o bom funcionamento do sistema financeiro, assegurando a sua liquidez e credibilidade da moeda por meio do regime de metas de inflação. Atualmente, as moedas fiduciárias representam o principal meio de pagamento existente atualmente.

2.2 O surgimento do Bitcoin

O termo bitcoin foi primeiramente usado em 2008, por meio de um artigo chamado de White Paper, escrito por um autor anônimo com pseudônimo de Satoshi Nakamoto. O artigo propôs um sistema de transações eletrônicas sem a necessidade de um intermediário, por meio de uma tecnologia de peer-to-peer.

Atualmente, as redes peer-to-peers são um formato de rede utilizado em vários segmentos da internet. De forma sintética, as redes de arquitetura peer-to-peers tem como característica principal a dispensa da necessidade de um servidor central. Nessa rede, os usuários atuam tanto como servidores, como também como clientes. Ou seja, enquanto um usuário está fazendo o download de um determinado dado, ao mesmo tempo ele está enviando esses dados para outros usuários também. Isso permite com que não seja necessário um servidor central para armazenar as informações e garantir a integridade desses dados, pois os próprios usuários fazem o papel de manter esses dados íntegros por meio de sistemas de checagens de criptografias. A arquitetura de redes peer-to-peers ganhou muito destaque no início dos anos 2000, dando origem a muitos programas de computador que utilizavam esse tipo de rede para fazer transferência de dados entre os usuários.

A proposta da utilização de uma arquitetura de rede em peer-to-peer para o desenvolvimento de um sistema de transações financeiras foi uma inovação introduzida pelo artigo de Satoshi Nakamoto. A ideia apresentou um conceito de moeda baseada em uma tecnologia de uma série de assinaturas digitais criptografadas, que formam um tipo de livro-razão, com o histórico de todas as transações da rede, validadas entre os usuários por meio de cálculos computacionais complexos. Permitindo assim, uma rede descentralizada e segura, em que cada uma das frações da moeda contenha o registro de todas as transações realizadas na rede. Essa tecnologia de registros das transações da rede por meio de criptografia é chamada de blockchain (ULRICH, 2014).

Para se criar um bitcoin, é necessário que seja feito um processo chamado de mineração, que consiste na resolução de um cálculo matemático complexo de criptografia. Para explicar de forma detalhada o processo de mineração, imagine que na rede do bitcoin existem diversos computadores tentando criar bitcoins. Contudo, para obterem sucesso na criação dessa criptomoeda, é necessário que seja resolvido uma equação. Como vários usuários desejam criar um bitcoin, o primeiro computador que chegar ao resultado dessa equação poderá registrar de forma criptografada um novo bloco à corrente do blockchain. A criação de um novo bloco é o nascimento de um novo bitcoin.

É graças a esse processo de mineração que a tecnologia de blockchain se torna possível. Pois permite que esse conjunto de registros de transações que compõem o blockchain seja inviolável e seguro. Devido aos diversos processos de criptografia e checagens, acredita-se que a tecnologia de blockchain dos bitcoin é mais segura do que a tecnologia utilizada atualmente pelas instituições financeiras e bancos centrais do mundo. Além disso, essa tecnologia permite o funcionamento de uma rede de transações complexas sem a necessidade de um intermediador ou terceiro (ULRICH, 2014).

Vale ressaltar que o processo de mineração de novos bitcoins não ocorrerá de forma contínua. A recompensa dos moradores reduz aproximadamente pela metade a cada 4 anos, até se tornar nula. Estima-se que até 2140 será alcançado o volume máximo de bitcoins permitidos pela rede, que é 21 vinte e um milhões de bitcoins. Por conta disso, existe a

especulação que o bitcoin seja pouco vulnerável a efeitos inflacionários. Contudo, por se tratar de um ativo novo, pouco pode ser afirmado sobre seu futuro.

2.3 Análise do Bitcoin como moeda

Como vimos na história da moeda, podemos perceber que as evoluções dos padrões monetários, em geral, consistia na busca de instrumentos e instituições que pudessem plenamente satisfazer três funções básicas exigidas pela moeda:

1. Instrumento de Troca
2. Instrumento de denominação comum de valores
3. Instrumento para reserva de valor

Se considerarmos as teorias econômicas, a ortodoxia considera que a principal função da moeda é o meio de troca. Enquanto que, a corrente keynesiana destaca a liquidez da moeda como característica mais importante dela, ou seja, a possibilidade de ela ser entesourada. Já os marxistas vêem a moeda como uma relação social, muito mais que uma unidade de conta ou meio de troca, como afirmam os keynesianos e ortodoxos (MARTINS, 2016).

Segundo Mollo (1993), na corrente marxista a moeda possui seis funções principais: medida de valor, padrão de preços, meio de circulação, meio de entesouramento, meio de pagamento e dinheiro universal. Para esse autor, a moeda é uma relação social por resolver a contradição privado-social. Nas concepções de Marx, podemos perceber que o Bitcoin não poderia ser considerado como moeda para a corrente marxista, por não cumprir os requisitos de meio de entesouramento, medida de valor, padrão de preços e dinheiro universal.

Para Keynes, a moeda tem o importante papel de reduzir as incertezas dos agentes econômicos perante ao futuro. Como sabemos, o bitcoin é considerado um dos ativos de maior volatilidade de risco na economia. Logo, não é possível considerarmos o bitcoin moeda nas concepções keynesianas (MOLLO, 1993).

Podemos concluir que, apesar do Bitcoin ser um ativo que tem ganhado popularidade entre os investidores como reserva de valor, o mesmo não pode ser considerado moeda de acordo com a teoria econômica. Contudo, se faz relevante analisar esse ativo como reserva de valor e opção de investimento. Uma vez que o surgimento desse ativo é uma grande inovação para o sistema financeiro mundial (MARTINS, 2016).

2.4 Capital Asset Pricing Model (CAPM)

O modelo CAPM (“Capital Asset Pricing Model” ou Modelo de Apreçamento do Mercado de Capitais) é um modelo que expressa a relação de risco e retorno de um determinado ativo. A derivação da equação do CAPM depende da aceitação de algumas hipóteses, como por exemplo, a de mercado equilibrado. Entretanto, algumas outras hipóteses são divergentes entre os autores, por conta disso, há diferentes formas de derivação da equação fundamental do CAPM.

Em uma versão simplificada, podemos escrever a equação do CAPM pela expressão:

$$Er_i = r_f + \beta_i (Er_m - r_f)$$

Onde r_i é o retorno do ativo em análise, r_m é o retorno do mercado, r_f é o retorno do ativo livre de risco e o β_i é o beta do ativo, definido pela expressão:

$$\beta_i = \frac{Cov(r_i, r_m)}{Var(R_m)}$$

O termo expresso por $Er_m - r_f$ representa o excesso de retorno do mercado, isto é, a taxa de retorno esperado pelo mercado que excede a taxa de juros livre de risco. Quando dividimos a taxa de excesso de retorno ($Er_m - r_f$), pelo desvio padrão, $(Er_m - r_f) / \sigma_m$, obtém-se o “preço do risco”, também conhecido como taxa Sharpe. O coeficiente de $Cov(r_i, r_m) / \sigma_m$ expressa a quantidade de risco de mercado do ativo i . Logo, a equação do CAPM representa:

$$\text{Ret. Esp.} = \text{Preço do Tempo} + \text{Preço do Risco} \times \text{Quant de Risco}$$

O modelo CAPM tradicional tem como uma das suas principais hipóteses a de que os investidores são agentes racionais e buscam maximizar o ganho de suas carteiras, sujeito à restrição do risco. Como consequência, o modelo prevê que todos os investidores irão investir na mesma carteira de ativos. Logo, essa carteira deverá ser igual à carteira de mercado.

O CAPM busca investigar o equilíbrio do mercado financeiro por meio das tomadas de decisões dos agentes econômicos. A equação fundamental desse modelo mostra como os preços e risco de diferentes ativos estão relacionados. Os quatro principais autores que desenvolveram a teoria do CAPM foram: Taylor (1961, 1962), Sharpe (1964), Lintner (1965) e Mossin (1966).

O Capital Asset Pricing Model (CAPM) foi desenvolvido por Sharpe, Lintner e Mossin a partir do modelo de Markowitz, e apresenta uma fórmula de cálculo da rentabilidade e risco de um investimento. O modelo é expresso na equação 3: (SAMANEZ, 2007):

$$\bar{R}_i = \bar{R}_f + \beta_i [\bar{R}_m - \bar{R}_f] \quad (3)$$

Onde:

- \bar{R}_i = retorno esperado do ativo i ;
- \bar{R}_f = rentabilidade dos ativos sem risco;
- β_i = beta do ativo i (volatilidade do retorno do ativo em relação ao índice de mercado);

- \bar{R}_m = rentabilidade esperada da carteira de mercado;
- $\beta_i[\bar{R}_m - \bar{R}_f]$ = prêmio de risco do ativo i;

O beta mensura o risco sistemático, ou seja, o risco impossível de ser eliminado através da diversificação de uma carteira. Contudo, o beta também está associado com o risco não sistemático, que é o risco capaz de ser eliminado pela diversificação da carteira. O risco total de uma carteira está sujeita seria a soma do risco sistemático, mais o risco não sistemático (ARAÚJO et al., 2012).

$$\text{Risco total} = \text{Risco sistemático} + \text{Risco não sistemático} \quad (4)$$

O beta é calculado usualmente de uma regressão linear, que relaciona a rentabilidade de um ativo com a rentabilidade de mercado, por exemplo o Ibovespa. Como resultado dessa regressão, o beta é calculado com a covariância entre a rentabilidade do ativo e a rentabilidade do mercado, dividida pela variância de mercado (ROGERS et al., 2004),.

$$\beta_i = \frac{\text{Cov}(R_i, R_m)}{\text{Var}(R_m)} \quad (5)$$

Os valores do coeficiente beta podem ser interpretados da seguinte forma:

- $\beta = 1$ Exatamente tão volátil quanto o mercado
- $\beta > 1$ Mais volátil que o mercado
- $\beta = 0$ Sem correlação com o mercado
- $\beta < 0$ Negativamente correlacionado com o mercado

2.5 Modelo de Três Fatores de Fama-French

Apesar de ter oferecido contribuições importantes, o modelo CAPM possui algumas limitações. Como por exemplo a existência de apenas uma variável explicativa. Alguns autores, como Eugene Fama (1992) e Kenneth French (1993), contestaram a relação risco e retorno que é apresentada no modelo CAPM, demonstrando que tal relação não é válida em todos os casos. Essa crítica fez com que alguns autores sugerissem outras variáveis para explicar o retorno exponencial das ações. Dentre as principais variáveis sugeridas, alguns autores apresentaram as seguintes:

Os economistas Stattman (1980) e Rosenberg, Reid e Lanstein (1985) realizaram estudos para encontrar outras variáveis capazes de explicar o retorno das ações norte-americanas. Nesses estudos, puderam perceber que os retornos das ações são positivamente relacionados com o índice entre o valor contábil das ações e seu valor de mercado, também conhecido como índice Preço sobre Valor Patrimonial. Posteriormente, Chan, Hamao e Lakonishok (1991) encontraram um outro índice com forte poder explicativo para os retornos médios das ações japonesas, o book-to-market equity, BE/ME.

O Market Equity (capitalização de mercado) foi mais um índice encontrado por Banz (1981), e se mostrou capaz de elevar o poder de explicação da média do retorno das ações. O Market Equity, ou valor de mercado, é dado pelo produto do preço da ação e números de ações.

As diversas críticas e contribuições ao modelo CAPM encontradas por outros pesquisadores, fizeram Fama e French (1992) avaliarem a inclusão de mais variáveis com poder explicativo para descrever o retorno na bolsa de valores. Além também de rever eventuais redundâncias sobre os modelos anteriores.

Os estudos iniciais de Fama e French concluíram que dois tipos de ações tendem a ter um desempenho melhor do que a média do mercado: as ações de empresas “Small Caps”, e ações com o índice BE/ME alto.

Com base nesses estudos iniciais, Fama e French (1993) elaboraram um novo modelo para explicar o retorno das ações. Esse modelo é composto por três fatores: o primeiro fator relacionado ao desempenho do mercado como um todo, o segundo relacionado ao índice de tamanho da empresa ME e o terceiro fator relacionado ao índice BE/ME.

A regressão usada pelo modelo de Fama French para explicar o retorno das ações no mercado financeiro, utilizando os fatores definidos pelos autores, é dada pela seguinte:

$$r = R_f + \beta(R_m - R_f) + b_s(\text{SMB}) + b_v(\text{HML}) + \alpha \quad (6)$$

Sendo que:

- r é o retorno esperado do ativo ou portfólio. O valor do retorno esperado será a taxa livre de risco (R_f) mais um prêmio.
- R_f é a taxa de retorno livre de risco.
- β é o coeficiente beta, que representa a sensibilidade do retorno do ativo em relação ao retorno dos outros ativos do mercado.
- (R_m) é o retorno esperado do mercado.
- $E(R_m) - R_f$ é chamado de prêmio de risco, e representa a diferença da taxa de retorno esperada do mercado e a taxa de retorno do ativo livre de risco.
- B_s é o coeficiente que representa a sensibilidade dos retornos do ativo em relação ao fator SMB.
- O SMB, “Small Minus Big”, é o fato do modelo de Fama French que captura a diferença do retorno em função do tamanho da empresa.
- b_v é o coeficiente de sensibilidade dos retornos do ativo em relação à HML
- HML, High Minus Low, é o fator que capta a diferença de retorno em relação ao índice BE/ME

Os fatores SMB e HML são calculados com a combinação de carteiras compostas por ações classificadas (ranking Cap, Ranking Btm) e dados históricos de mercado disponíveis. Os valores históricos podem ser acessados no website de Kenneth French. Além disso, uma vez que SMB e HML são definidos, os coeficientes correspondentes b_s e b_v são determinados por regressões lineares e podem assumir valores negativos bem como valores positivos.

O modelo de três fatores de Fama French se mostrou satisfatório para explicar o retorno médio no mercado de ações.

2.6 O modelo de Cinco Fatores de Fama-French

O modelo de três fatores de Fama French (1993) foi elaborado para capturar a relação entre: (i) o retorno médio e tamanho (medido pela capitalização de mercado) e (ii) retorno médio e indicadores de preço, como BE/ME. Até então, estes eram dois padrões bem conhecidos e relacionados ao retorno médio dos ativos e não explicados pelo CAPM.

Estudos posteriores indicaram que o modelo Fama-French de três fatores era incompleto, pois não capturava a variação do retorno médio relacionada à rentabilidade e investimentos das companhias. Motivado por estas evidências, adicionaram os dois novos fatores ao modelo original, conforme posicionamento dos autores:

A evidência de Novy-Marx (2013), Titman, Wei e Xie (2004), e outros dizem que “ $R_i - R_f = \beta (R_m - R_f) + b_s (SMB) + b_v (HML) + \alpha$ ” é um incompleto modelo para retornos esperados porque seus três fatores perdem grande parte da variação nos retornos médios relacionados à lucratividade e ao investimento. Motivados por esta evidência e a avaliação, adicionamos fatores de lucratividade e investimento ao modelo de três fatores. (Fama e French, 2014)

Muitas anomalias são conhecidas por causar problemas ao modelo de três fatores, portanto a escolha de rentabilidade e investimento foi ancorada pelo modelo de desconto de dividendos e Miller e Modigliani (1961).

A partir de conclusões importantes do modelo Fama French de três fatores, os autores deram continuidade ao modelo incluindo mais dois fatores. A principal premissa do modelo de cinco fatores é que o valor presente de determinada ação é calculado a partir dos dividendos esperados em exercícios anteriores.

Nesse contexto, motivados pelos trabalhos de Novy-Marx (2012) e Aharoni, Grudy e Zeng (2013), que encontram evidências favoráveis para a relação retornos médios e lucratividade, e para a relação retornos médios e investimento, respectivamente, Fama e French (2015) adicionaram dois novos fatores ao modelo original de três fatores:

$$r = R_f + \beta(R_m - R_f) + b_s(SMB) + b_v(HML) + b_r(RMW) + b_i(CMA) + \alpha \quad (7)$$

Sendo que:

- A variável r representa o retorno esperado de um certo ativo ou portfólio. Significa que o retorno esperado de um ativo será a taxa livre de risco (R_f) mais o prêmio;
- R_f é a taxa de juros livre de risco;
- β é o coeficiente beta, que representa a sensibilidade dos retornos do ativo em relação ao retorno de mercado;
- (R_m) é o retorno esperado do mercado;

- $E(R_m) - R_f$ é por vezes chamado de "prêmio de mercado" ou "prêmio de risco", e representa a diferença entre a taxa de retorno esperada do mercado e a taxa de retorno livre de riscos;
- b_s é o coeficiente que representa a sensibilidade dos retornos do ativo em relação ao fator SMB;
- SMB é o fator relacionado entre a diferença de retorno em função ao tamanho da empresa;
- b_v é o coeficiente que representa a sensibilidade dos retornos do ativo em relação ao fator HML;
- HML é o fator relacionado entre a diferença de retorno em função ao índice BE/ME;
- b_r é o coeficiente que representa a sensibilidade dos retornos do ativo em relação ao fator RMW;
- RMW é o fator relacionado entre a diferença de retorno em função da rentabilidade;
- b_i é o coeficiente que representa a sensibilidade dos retornos do ativo em relação ao fator CMA;
- CMA é o fator relacionado entre a diferença de retorno em função dos investimentos das empresas;

Os dois novos fatores adicionados ao modelo de Fama-French (1993) são: (i) RMW, diferença entre o retorno da rentabilidade de empresas de portfólios diversificados e classificadas como *robust* e *weak* e (ii) CMA, composto pela diferença entre empresas com baixo e elevado investimento, chamadas de *conservative* e *aggressive*.

A inclusão destes novos fatores trouxe uma nova dinâmica e possibilidade para formação das carteiras. A construção natural poderia resultar em 25 carteiras dadas as possibilidades de combinações dos fatores (5×5) ou até 81 carteiras ($3 \times 3 \times 3 \times 3$) resultado da divisão por três de cada um dos fatores, com exceção do retorno excessivo de mercado. Outra alternativa avaliada pelos escritores foi divisão das carteiras por grupos pelo valor de mercado (*small* e *big*s), resultando na combinação de 32 portfólios ($2 \times 4 \times 4$), ou até opções com menor quantidade de carteiras a depender das combinações possíveis. (SILVA, 2019).

A conclusão dos autores foi de que o método de construção das carteiras poderia influenciar os resultados e principalmente o comportamento e interpretação dos fatores. Para exemplificar os desafios encontrados pelos autores, seguem alguns resultados e ponderações: O método resultante em 81 carteiras pouco diversificado e com baixo poder de teste em um modelo de precificação de ativos. No método resultante em 32 carteiras, a correlação entre algumas características gerou uma alocação desigual das ações. A escolha dos autores recaiu no método 2×3 ordenado por Tamanho, índice BE/ME, Rentabilidade e Investimento, resultando em 18 carteiras. (SILVA, 2019).

3 METODOLOGIA

Para a elaboração do trabalho, a primeira etapa foi a coleta de dados. Como se deseja fazer uma aplicação do modelo, é necessário obter alguns dados para a variável dependente, que no caso é o retorno do bitcoin. Além também das variáveis independentes previstas no modelo, que são os fatores previstos no modelo de Fama French.

Os resultados serão obtidos por meio do método de estimação por regressão linear. A escolha desse método se deve ao fato de ter sido a maneira como Fama e French utilizaram para explicar o retorno das ações no artigo "A Five-Factor Asset Pricing Model", publicado em 1993 no Journal of Financial Economics. O software Excel nos fornece ferramentas práticas para a estimação por regressão linear, por conta disso, será utilizado essa ferramenta para a elaboração deste trabalho. A seguir, serão apresentados os dados obtidos para as regressões.

3.1 Obtenção dos dados do Bitcoin

Para delimitar o escopo da pesquisa, foi definido como intervalo para coleta de dados o período compreendido entre o início da pandemia do Covid 19, até o fim do primeiro semestre de 2021. De acordo com a OMS, o início da pandemia se deu à partir do dia 11 de março de 2020. Após a escolha do escopo temporal da pesquisa, foi utilizada a plataforma Yahoo! Finance para a coleta de dados. Os dados sobre o retorno do bitcoin são apresentados na tabela abaixo.

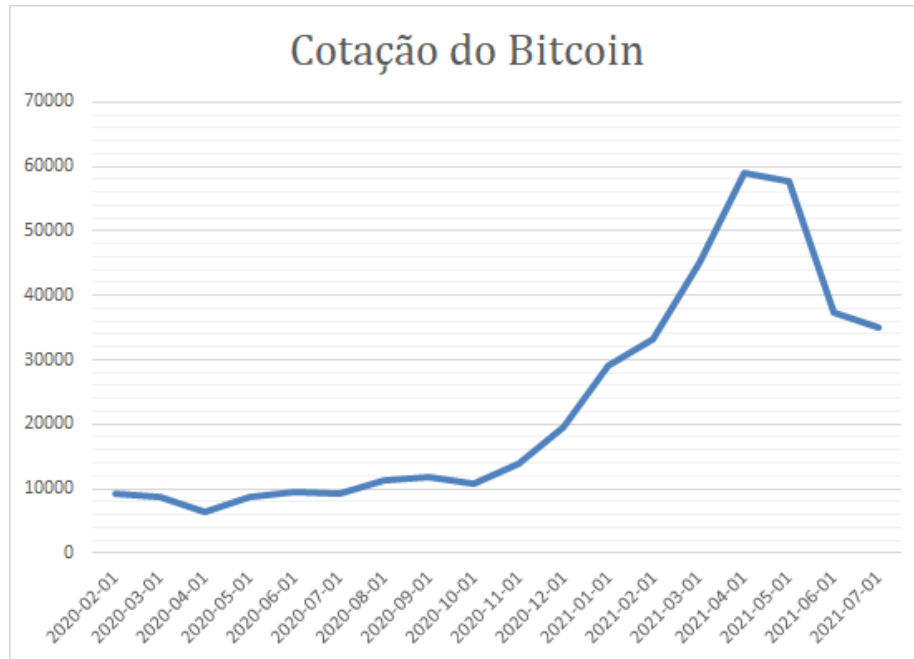
Tabela 1 - Dados sobre o retorno do bitcoin

Mês	Open	High	Low	Close	Adj Close	Volume	Retorno mensal	Excesso de retorno
2020-02-01	9346,357	10457,63	8492,933	8599,50879	8599,509	1,16E+12	-0,080318502	-0,200318502
2020-03-01	8599,759	9167,695	4106,981	6438,64453	6438,645	1,29E+12	-0,251277638	-0,371277638
2020-04-01	6437,319	9440,65	6202,374	8658,55371	8658,554	1,12E+12	0,344778962	0,344778962
2020-05-01	8672,782	9996,743	8374,323	9461,05859	9461,059	1,29E+12	0,092683479	0,082683479
2020-06-01	9463,605	10199,57	8975,525	9137,99316	9137,993	6,51E+11	-0,034146859	-0,044146859
2020-07-01	9145,985	11415,86	8977,016	11323,4668	11323,47	5,46E+11	0,239163413	0,229163413
2020-08-01	11322,57	12359,06	11012,42	11680,8203	11680,82	7,08E+11	0,031558667	0,021558667
2020-09-01	11679,32	12067,08	9916,493	10787,6182	10787,62	8,94E+11	-0,076467416	-0,086467416
2020-10-01	10785,01	14028,21	10440,31	13780,9951	13781	7,48E+11	0,277482657	0,267482657
2020-11-01	13781	19749,26	13243,16	19625,8359	19625,84	1,09E+12	0,424123278	0,414123278
2020-12-01	19633,77	29244,88	17619,53	29001,7207	29001,72	1,21E+12	0,477731741	0,467731741
2021-01-01	28994,01	41946,74	28722,76	33114,3594	33114,36	2,16E+12	0,141806713	0,141806713
2021-02-01	33114,58	58330,57	32384,23	45137,7695	45137,77	2,27E+12	0,363087506	0,363087506
2021-03-01	45159,5	61683,86	45115,09	58918,832	58918,83	1,68E+12	0,30531111	0,30531111
2021-04-01	58926,56	64863,1	47159,48	57750,1758	57750,18	1,84E+12	-0,019835021	-0,019835021
2021-05-01	57714,66	59519,36	30681,5	37332,8555	37332,86	1,98E+12	-0,353545596	-0,353545596
2021-06-01	37293,79	41295,27	28893,62	35040,8359	35040,84	1,19E+12	-0,061394166	-0,061394166
2021-07-01	35035,98	42235,55	29360,96	41626,1953	41626,2	8,19E+11	0,187933855	0,187933855

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados de Yahoo! Finance

Abaixo foi apresentado uma representação visual dos retornos encontrados do cripto ativo. Além disso, foi realizada uma estatística descritiva dos dados. Vale destacar que o desvio padrão encontrado, que é igual a 0.2342, indica que se trata de um ativo com um grau de risco relativamente alto.

Imagem 1 - Gráfico do retorno do bitcoin



Fonte: Elaboração própria, com base nos dados de Yahoo! Finance

Tabela 2 - Estatística descritiva do retorno do bitcoin

*Estatística descritiva do retorno mensal do
bitcoin*

Média	0,12288204
Erro padrão	0,05732548
Mediana	0,141806713
Desvio padrão	0,236359008
Variância da amostra	0,055865581
Curtose	-0,544470933
Assimetria	-0,396133567
Intervalo	0,831277337
Mínimo	-0,353545596
Máximo	0,477731741
Soma	2,088994684
Contagem	17
Maior(1)	0,477731741
Menor(1)	-0,353545596
Nível de confiança(95,0%)	0,121524588

Fonte: Elaboração própria

3.2 Obtenção dos fatores de French

Para a construção dos fatores no modelo de Fama French, serão utilizados os fatores calculados pelo próprio Kenneth French. Os valores dos respectivos fatores estão disponíveis no site do autor em: <https://www.mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/> . A utilização dos fatores já calculados nos ajuda a analisar melhor o modelo proposto pelos autores, uma vez que são calculados de acordo com a metodologia apresentada nos artigos: "Common Risk Factors in the Returns on Stocks and Bonds" e "A Five-Factor Asset Pricing Model", ambos publicados no Journal of Financial Economics, em 1993 e 2014, respectivamente. Na tabela a seguir são apresentados os valores dos fatores calculados por French.

Tabela 3 - Fatores de French

	Mkt-RF	SMB (3 FATORES)	SMB (5 FATORES)	HML	RMW	CMA	RF
03/2020	-13.38	-4.89	-8.32	-14.02	-1.53	1.26	0.12
04/2020	13.65	2.47	2.58	-1.18	2.69	-1.01	0.00
05/2020	5.58	2.45	1.97	-4.80	0.94	-3.25	0.01
06/2020	2.46	2.69	1.97	-2.04	0.09	0.53	0.01
07/2020	5.77	-2.28	-3.17	-1.53	0.37	0.90	0.01
08/2020	7.63	-0.26	-0.92	-2.92	4.33	-1.32	0.01
09/2020	-3.63	0.02	-0.01	-2.62	-1.39	-1.82	0.01
10/2020	-2.10	4.41	4.67	4.16	-0.93	-0.75	0.01
11/2020	12.47	5.65	7.00	2.13	-2.14	1.38	0.01
12/2020	4.63	4.82	4.72	-1.43	-1.97	-0.08	0.01
01/2021	-0.03	7.12	6.77	2.99	-3.62	4.77	0.00
02/2021	2.78	2.03	4.52	7.18	0.45	-1.89	0.00
03/2021	3.08	-2.41	-0.92	7.41	6.35	3.48	0.00
04/2021	4.93	-3.11	-3.10	-0.93	2.30	-2.79	0.00
05/2021	0.29	-0.28	1.19	7.04	2.34	3.10	0.00
06/2021	2.79	1.80	-0.25	-7.76	-2.14	-0.99	0.00
07/2021	1.20	-3.96	-4.56	-1.70	5.36	-0.53	0.00

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados de Kenneth French (2021)

4 RESULTADOS

4.1 Análises preliminares

Antes da apresentação dos resultados, um elemento importante da análise é verificar a correlação entre as variáveis. Uma alta correlação entre fatores nos daria um R-Quadrado alto, o que nos traria um resultado pouco interessante. Após o cálculo da correlação de cada variável nos respectivos modelos, verificamos na Tabela 1 e na Tabela 2 que tanto para o modelo de três fatores, como para o modelo de cinco fatores, nós percebemos que nenhum dos fatores possuem o grau de correlação muito próximo de 1. Esse resultado dos coeficientes de correlação nos assegura que estamos trabalhando com uma representação fidedigna do fenômeno analisado.

Tabela 4 - Correlação entre os 3 fatores de Fama French

	<i>Mkt-RF</i>	<i>SMB</i>	<i>HML</i>	<i>RF</i>
<i>Mkt-RF</i>	1			
<i>SMB</i>	0,329571582	1		
<i>HML</i>	0,346385771	0,30979	1	
<i>RF</i>	-0,71602709	-0,2746	-0,57357	1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 - Correlação entre os 5 fatores de Fama French

	<i>Mkt-RF</i>	<i>SMB</i>	<i>HML</i>	<i>RMW</i>	<i>CMA</i>	<i>RF</i>
<i>Mkt-RF</i>	1					
<i>SMB</i>	0,329572	1				
<i>HML</i>	0,346386	0,30979	1			
<i>RMW</i>	0,296465	-0,58425	0,281158	1		
<i>CMA</i>	-0,05867	0,122928	0,354436	-0,03685	1	
<i>RF</i>	-0,71603	-0,2746	-0,57357	-0,30416	-0,11716	1

Fonte: Elaboração própria

A seguir é apresentado o resultado das regressões do modelo de Fama French com três fatores, e em seguida o resultado da regressão do modelo com cinco fatores.

4.2 Regressão do modelo de 3 fatores de Fama French

Tabela 6 - Resultado da regressão do modelo de 3 fatores de Fama French

ANOVA						<i>Estatística de regressão</i>	
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de</i> <i>significação</i>		
Regressão	3	0,571	0,1905	5,254	0,0123	R múltiplo	0,7277
Resíduo	14	0,508	0,0363			R-Quadrado	0,5296
Total	17	1,079				R-quadrado ajustado	0,4288
						Erro padrão	0,1904
						Observações	18

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>[0,025</i>	<i>0,975]</i>
Interseção	0,042	0,051	0,840	0,415	-0,066	0,151
Mk-RF	1,991	0,783	2,543	0,023	0,312	3,671
SMB	1,543	1,474	1,047	0,313	-1,618	4,704
HML	1,009	0,931	1,083	0,297	-0,988	3,006

Fonte: Elaboração própria

No resultado acima podemos ver que a regressão possui o seu R-Quadrado igual a 52,96%, e com o R-Quadrado ajustado igual a 42,88%. Quando analisamos os coeficientes do modelo, percebemos que quase todas as variáveis não são estatisticamente significante em 1%. Porém, o fator Mk-RF é a única variável estatisticamente significante ao nível de confiança de 5%. Esse resultado nos indica que as variáveis SMB e HML do modelo de Fama French possuem pouco poder explicativo dos retornos do bitcoin.

4.3 Regressão do modelo de 5 fatores de Fama French

Tabela 7 - Resultado da regressão do modelo de 5 fatores de Fama French

ANOVA					Estatística de regressão		
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de</i> <i>significação</i>		
Regressão	5	0,57561	0,1151	2,743656	0,070572092	R múltiplo	0,730
Resíduo	12	0,50351	0,042			R-Quadrado	0,533
Total	17	1,07912				R-quadrado ajustado	0,339
						Erro padrão	0,205
						Observações	18,000

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>[0,025</i>	<i>0,975]</i>
Interseção	0,047	0,064	0,732	0,478	-0,093	0,187
Mk-RF	1,997	1,077	1,854	0,088	-0,350	4,344
SMB	1,344	2,903	0,463	0,652	-4,982	7,669
HML	1,203	1,315	0,915	0,378	-1,662	4,069
RMW	-0,331	3,463	-0,096	0,925	-7,877	7,214
CMA	-0,750	2,445	-0,307	0,764	-6,078	4,578

Fonte: Elaboração própria

Agora, quando analisamos a regressão do modelo de Fama French com cinco fatores, percebemos que obtemos um R-Quadrado de 53,33%, um pouco maior ao obtido no modelo de três fatores. O que é esperado devido ao aumento do número de variáveis explicativas.

Quando estimado com o modelo cinco fatores percebemos que nenhuma variável é estatisticamente significativa em qualquer nível. O que implica que os fatores não conseguem prever com sucesso o retorno do bitcoin.

Ao analisarmos o F de significação de ambos os modelos, que representa o P-valor para o teste F, concluímos que o modelo de três fatores é significativo ao nível de 5%. Enquanto que o modelo de cinco fatores é significativo apenas a um nível de 10% de significância.

Os resultados apresentados nos indicam que os modelos de Fama French possuem pouca capacidade de explicar o retorno do bitcoin. Mesmo com o modelo de Fama French de três fatores, como o modelo de cinco fatores.

Contudo, por meio dos estudos realizados neste trabalho, os resultados indicam que pode existir uma relação entre o desempenho geral do mercado e o retorno do bitcoin. Pelos resultados obtidos do coeficiente da variável MK-RF, que mede o desempenho do ativo em relação ao mercado, o que indica que em geral o bitcoin é mais volátil que os principais ativos do mercado, uma vez que seu valor é igual a 1,99.

Além disso, o seu valor positivo nos indica que em geral, quando o mercado apresenta um desempenho positivo, é esperado que o bitcoin tenha um desempenho positivo e superior ao mercado. Por outro lado, quando o mercado apresenta um desempenho negativo, é esperado que o bitcoin tenha um desempenho negativo e pior que o do mercado.

5 CONCLUSÃO

Apesar do modelo de Fama French não poder explicar de forma confiável o retorno do bitcoin, as contribuições das teorias vistas neste trabalho nos fornecem dicas importantes para compreender o retorno desse cripto ativo. Pudemos perceber que o bitcoin possui uma sensibilidade ao desempenho do mercado, uma vez que os resultados do p-valor dessa variável nos indicam que ela é significativa a 5% . Contudo, existem outros fatores que explicam o retorno do bitcoin, mas não estão incluídas no modelo.

Nos modelos CAPM e de Fama French, podemos reconhecer a ausência de outros fatores com possíveis poderes explicativos do retorno do bitcoin. Nos modelos revisados, não existem variáveis com o poder de captar as expectativas dos investidores, que podem ter influência no retorno do bitcoin. Além também da ausência de variáveis que mensuram os impactos do cenário geopolítico no retorno deste ativo.

Por fim, o trabalho apresentado é uma contribuição para poder compreender melhor esse novo criptoativo que surgiu no mercado. Os resultados encontrados poderão auxiliar futuros pesquisadores no desenvolvimento de modelos que consigam explicar satisfatoriamente o retorno do bitcoin..

6 REFERÊNCIAS

ALVES, Maria Bernadete Martins; ARRUDA, Susana Margareth. **Como fazer referências:**

ULRICH, Fernando. Bitcoin – A Moeda na Era Digital, São Paulo: Instituto Von Mises Brasil. 1ª Ed. 2014.

MOLLO, Maria de Lourdes Rollemberg. A questão da complementaridade das funções da moeda: aspectos teóricos e a realidade das hiperinflações. *Ensaio FEE*, v. 14, n. 1, p. 117-143, 1993.

CHAN, L. K. C.; KARCESKI, J.; LAKONISHOK, J. **The risk and return from factors.** *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, v. 32, n. 2, p.159-188, 1998.

BANZ, Rolf W. **The relation between return and the market value of common stocks.** *Journal of Financial Economics*, v. 9, 1981, p. 3-15

FAMA, E. F., FRENCH, K. R.. **The cross-section of expected stock returns.** *The Journal of Finance*, vol. 47(2), 427–465,1992.

FAMA, E. F., FRENCH, K. R.. **Profitability, investment, and average returns.** *Journal of Financial Economics*, vol. 82, p. 491–518, 2006.

MARTINS, Marina Miranda. Entendendo moedas virtuais à luz das teorias monetárias: o caso do Bitcoin. 2016. 43 f., il. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SILVA, Leonardo Tadeu Biondo. **Modelo de cinco fatores Fama-French: Teste no mercado brasileiro.** 2019. Dissertação de mestrado do curso (Economia) - Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2019.

FAMA, E. F., FRENCH, K. R.. **Common risk factors in the returns on stocks and bonds.** *Journal of Financial Economics*, vol. 33, p. 3–56, , 1993.

FAMA, E. F., FRENCH, K. R.. **A five-factor asset pricing model.** *Journal of Financial Economics* 116, 1–22, 2015.

_____. A concepção marxista de Estado: considerações sobre antigos debates com novas perspectivas. *Economia*, v. 2, n. 2, p. 347-389, 2001.

_____. A relação entre moeda e valor em Marx. *Revista de Economia Política*, v. 11, n. 2, p. 42, 1991.

_____. A importância analítica da Moeda em Marx e Keynes. *Análise Econômica*, ano 16, n. 29, 1998.

GIBBONS, M. R., ROSS, S. A., SHANKEN, J. **A test of the efficiency of a given portfolio.** *Econometrica* , 57, 1121-1152, 1989.