

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



Bernardo de Sequeira Batista Campos

Gerenciamento de Portfólio para investidores individuais no Brasil

Projeto de Monografia
Orientador: Marcelo Nuno

Departamento de Economia

Rio de Janeiro

2021

Agradecimentos

Este trabalho é dedicado à minha família, que sempre incentivou minha caminhada acadêmica e profissional. Aos meus pais, Miriam e Guilherme, agradeço pelo imensurável esforço e dedicação para me proporcionar tudo que possuo. Aos meus irmãos, Artur e Alan, por sempre me darem os melhores conselhos e estarem sempre comigo quando precisei.

Além disso, gostaria de agradecer aos meus amigos e colegas de profissão, Victor Ghetti e Luís Gustavo Thomaz, por me ajudarem com a busca dos dados neste trabalho utilizados e por sempre contribuírem com minha formação intelectual em nossas discussões, sempre acaloradas, sobre investimentos no Brasil.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu Orientador Marcelo Nuno e a todos os professores do Departamento de Economia da PUC-Rio por terem me ajudado imensamente em minha formação acadêmica.

Resumo

Este trabalho pretende aplicar os fundamentos da Teoria Moderna do Portfólio, voltando-se para portfólios de investimentos de pessoas físicas, no Brasil. Utilizando-se de veículos de investimentos de fácil negociação e baixo custo ao investidor de varejo, como ETFs, aplicar-se-á o modelo de Markowitz (1952) afim de estimar uma fronteira eficiente. Os ativos elegíveis se dividem em três classes de ativos: Renda Fixa, Ações e Criptomoedas. Além disso, o trabalho se propõe a estimar portfólios eficientes para três perfis de investidor diferentes. Utilizando como referência o Código para Distribuição de Produtos de Investimento (ANBIMA, 2021) e a Instrução CVM 539/2013, serão definidos os perfis de investidor e os riscos aceitáveis para cada perfil (Conservador, Moderado e Arrojado). Ao construir os portfólios, pôde-se perceber carteiras diversificadas e com diferentes níveis de volatilidade para cada perfil. O ponto em comum entre os portfólios eficientes estimados para todos os perfis de investidor foi a presença de ETFs de ações, indo em divergência com o Código para Distribuição de Produtos de Investimento da ANBIMA. O Código sugere que, investidores que se encaixariam como Conservadores ou Moderados, não deveriam receber recomendações de investimentos diretamente em ações. Os resultados obtidos neste trabalho demonstram que a adoção da restrição do investimento em ações pode ser considerada ineficiente, do ponto de vista da Teoria Moderna do Portfólio.

Palavras-chave: Markowitz, Suitability, Teoria Moderna do Portfólio, ETF, ANBIMA.

Abstract

This work intends to apply the foundations of the Modern Portfolio Theory, focusing on investment portfolios of Brazilian individuals. Using investment vehicles that are easy to trade and approachable to retail investors, such as ETFs, the Markowitz model (1952) will be applied in order to estimate an efficient frontier. Eligible assets are divided into three asset classes: Fixed Income, Equities and Cryptocurrencies. Furthermore, the work proposes an estimate of efficient portfolios for three different investor profiles. Using the Code for Distribution of Investment Products (ANBIMA, 2021) and CVM Instruction 539/2013 as a reference, the investor profiles and acceptable risks were defined for each profile (Conservative, Moderate and Bold). When building the portfolios, it was possible to perceive diversified portfolios and different levels of volatility for each one. The common point between the estimated efficient portfolios for all investor profiles was the presence of equity ETFs, which goes against the ANBIMA Code for Distribution of Investment Products. The Code requires that investors who fit as Conservatives or Moderates should not receive investment recommendations directly in stocks - or ETFs. The results obtained in this work demonstrate that the adoption of this restriction can be considered inefficient, from Modern Portfolio Theory point of view.

Key Words: Markowitz, Suitability, Modern Portfolio Theory, ETF, ANBIMA.

Lista de figuras e gráficos

Gráfico 1 – Juros e PU LTN 3 anos	27
Gráfico 2 - Juros e PU LTN 10 anos	27
Gráfico 3 - Representação da Fronteira Eficiente	29
Gráfico 4 - Fronteira Eficiente Estimada	31
Gráfico 5 - Retorno Acumulado das carteiras estimadas, IBOV e CDI	34
Gráfico 6 - Retorno Acumulado das carteiras estimadas, IBOV e CDI	34
Gráfico 7 – Carteiras Ótimas	34

Lista de tabelas

Tabela 1 – Correlação entre Criptoativos (Bitcoin x Ethereum)	18
Tabela 2 – Classificação de Risco dos Ativos ANBIMA	22
Tabela 3 – Dados de volatilidade e duration de LTNs genéricas	27
Tabela 4 – Volatilidades e retornos observados dos ativos elegíveis da carteira e CDI	30
Tabela 5 – Matriz Covariância entre os ativos elegíveis	29
Tabela 6 – Coeficientes de Risco ANBIMA e Volatilidades Ótimas por perfil	31
Tabela 7 – Dados dos Portfólios Eficientes Estimados	32

Lista de abreviaturas e siglas

ANBIMA – Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais
BOVA11 – iShares Ibovespa
CVM – Comissão de Valores Mobiliários
ETF – Exchange Traded Fund
IBOV/IBOVESPA – Índice de ações da Bolsa de Valores do Estado de São Paulo
IVVB11 – iShares S&P500
SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia
S&P500 – Standard & Poor's 500

Sumário

1. Introdução.....	7
2. Motivação.....	7
3. Revisão Bibliográfica.....	8
3.1 A Teoria Moderna do Portfólio e o modelo de Markowitz.....	9
3.1.1 Premissas do modelo.....	9
3.1.2 Retorno Esperado.....	10
3.1.3 Risco.....	10
3.1.4 Covariância e Correlação.....	11
3.1.5 Risco e Retorno de um portfólio.....	11
3.2 Índice de Sharpe.....	13
4 Veículos de Investimento no Brasil.....	14
4.1 Fundos de Investimento.....	15
4.2 ETFs (Exchange Traded Funds).....	16
4.3 Criptomoedas.....	17
5 Suitability e Carteiras de Investimento.....	18
5.1 Método.....	18
5.2 Dados.....	19
5.3 Perfis de Carteiras.....	20
5.4 Perfil de Investidor (ANBIMA).....	21
5.5 Comparação de ativos e riscos.....	23
5.5.1 Riscos em Renda Fixa.....	23
5.5.2 Riscos em Renda Variável.....	28
5.6 Fronteira Eficiente.....	28
5.7 Portfólios Otimizados.....	29
5.7.1 Fronteira Eficiente Estimada.....	30
5.7.2 Portfólios Ótimos.....	31
6 Conclusão.....	35
7 Referências Bibliográficas.....	37

1. Introdução

A ideia central desta monografia se baseia em estimar carteiras ótimas de investimentos, utilizando veículos de investimento que estão disponíveis para o investidor de varejo brasileiro. Para tal, neste trabalho vamos utilizar como base a Teoria Moderna do Portfólio (MARKOWITZ, 1952) e as leituras do tema feitas por William Sharpe, principalmente nos utilizando da métrica do índice de Sharpe.

Sendo assim, o estudo irá analisar o comportamento de diferentes perfis de carteiras ao longo dos últimos seis anos. Esses tipos de carteira seguirão a definição tradicional de *suitability* disseminada na prática brasileira de investimentos voltada ao público de Varejo. Portanto, serão os tipos definidos como: Conservador, Moderado e Arrojado. A volatilidade da carteira será utilizada para diferenciar cada um dos três perfis. Diferentemente do que se propõem as diretrizes ditadas pela ANBIMA, neste trabalho vamos dividir os *suitabilities* por volatilidade, ao invés de dividi-los por classe de ativos. É esperado que, ao final do projeto, possamos identificar as diferenças de volatilidade e retorno entre os portfólios.

Tendo em vista que o trabalho não levará em conta as diretrizes usuais de *suitability* definidas pela ANBIMA, espera-se também, ao final do projeto, poder fazer uma leitura crítica das restrições que ANBIMA impõe para estratégias sugeridas ao Varejo pelas instituições financeiras.

O trabalho será dividido em três seções: revisão bibliográfica e teórica sobre a Teoria Moderna do Portfólio, definição de ativos elegíveis para a composição dos portfólios e análise empírica das carteiras de investimento – cálculo de alocação ótima para cada perfil.

2. Motivação

Frente ao recente crescimento do mercado de capitais brasileiro, junto ao desenvolvimento tecnológico capitaneado pela iniciativa privada do setor financeiro, pôde-se observar, ao longo dos últimos anos, a inclusão em massa de investidores de Varejo no Brasil. Entende-se por investidores de Varejo aqueles investidores que não fazem parte do grupo de investidores profissionais, de acordo com a definição da Associação Brasileira das Entidades dos Mercados Financeiro e de Capitais (ANBIMA). Além disso, por conta da fácil disseminação de informação ao público através dos novos meios de comunicação, foi possível ao investidor pessoa física se expor a ativos financeiros mais sofisticados. Um claro exemplo disso foi o exponencial crescimento de CPFs cadastrados na Bolsa de Valores brasileira. Entre 2011 e o

terceiro trimestre de 2021, o número de CPFs cadastrados na B3 cresceu 560%, saindo de 500 mil em 2011 para 3,3 milhões em setembro de 2021 (B3, 2021).

Sendo assim, a proposta desse trabalho é tentar entender quais classes de ativos e qual a alocação ideal para estes investidores, respeitando limites de custos transacionais e tentando maximizar a praticidade da gestão da carteira, na tentativa de disseminar a cultura da poupança de longo prazo no Brasil.

3. Revisão Bibliográfica

Existem extensos trabalhos na literatura sobre o tema, porém poucos são focados em estimar portfólios eficientes respeitando a aversão ao risco de perfis diferentes de investidor. Sendo assim, a ideia do trabalho é se basear em uma teoria amplamente difundida e aceita na academia, afim de olhar os dados sob uma nova ótica, ainda pouco explorada.

A Teoria do Portfólio Eficiente (Markowitz, 1952) visa encontrar a relação ótima de risco-retorno, maximizando os retornos de carteiras diversificadas, de maneira a minimizar a variância. Ao se fazer uma análise para diversos níveis de variância da carteira, é possível encontrar uma carteira ótima para cada uma, ou seja, uma carteira que maximiza o retorno, dada uma variância observada. Este conjunto de portfólios são considerados a Fronteira Eficiente de Portfólios. Dessa forma, a Teoria nos diz que o risco de um portfólio não poderia ser analisado apenas com os riscos individuais de cada ativo, se faz obrigatória a análise das correlações entre os retornos dos ativos. Markowitz (1952) afirma que é possível reduzir o risco não-sistemático através da seleção de ativos descorrelacionados ou até mesmo com correlação negativa.

Ao escrever *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, Harry Markowitz estudou a seleção de ativos de maneira a tornar a alocação de portfólio mais eficiente, olhando sob a ótica do investidor institucional. Sendo assim, a teoria original considera uma quantidade grande de ativos a serem alocados na carteira, utilizando-se de ativos como ações e títulos de renda fixa, privados ou soberanos.

Por outro lado, afim de utilizar métodos acessíveis ao investidor de varejo, o trabalho irá analisar a performance de portfólios montados com ETFs (Exchange Traded Funds) listados na B3, de acordo com as suas inúmeras vantagens (BARROS e RAMOS 2016), índices amplamente difundidos na indústria de Fundos de Investimentos regulados sob Instrução 555 da Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e ativos de alta facilidade de negociação.

Além disso, vamos também nos utilizar da contribuição de William F. Sharpe para a formulação da Teoria Moderna do Portfólio, ao usar o índice de Sharpe como comparativo entre

as carteiras. O índice de Sharpe representa a razão entre o excesso de retorno de um portfólio sobre a taxa de juros livre de risco e sua volatilidade. Por sua vez, a volatilidade do portfólio é calculada pelo desvio-padrão dos retornos diários do portfólio, calculado de maneira anualizada. Ou seja, ao calcular essa razão, podemos perceber o quanto de retorno excedente à taxa de juros livre de risco o portfólio selecionado gerou para cada ponto de risco (volatilidade). Em outras palavras, quanto de retorno o portfólio gerou para o risco corrido (risco-retorno).

Para definir o nível de risco (volatilidade) aceitável para cada perfil de carteira, proporemos uma análise mais criteriosa da classificação de risco dos ativos feita pela ANBIMA. Portanto, pretende-se encontrar um denominador comum entre as carteiras propostas neste trabalho e as boas práticas definidas pelo órgão auto regulador. Para isso, serão feitas análises de sensibilidade dos ativos indicados pela ANBIMA como adequados a cada perfil de investidor, com metodologias aceitas amplamente na academia como o cálculo de elasticidade de títulos de renda fixa proposto em Macaulay (1938) e suas variantes.

3.1 A Teoria Moderna do Portfólio e o modelo de Markowitz

A Teoria Moderna do Portfólio foi desenvolvida a partir dos trabalhos capitaneados por Harry Markowitz em seu estudo sobre carteiras eficientes. Em *Efficient Diversification of Investments* (1959), o autor desenvolveu um modelo para seleção de ativos de maneira a maximizar a relação risco-retorno de um portfólio. O estudo se propôs a analisar o desempenho dos ativos individual e conjuntamente com os demais, tratando retorno de um ativo como desejado e risco como indesejado. É importante ressaltar que, nesta análise, Markowitz apenas considera a volatilidade (desvio-padrão dos retornos) como fator de risco dos ativos e do portfólio e considera o retorno esperado em função da observação passada dos retornos dos ativos.

Além disso, Markowitz desenhou sua teoria de forma a desenvolver um ferramental teórico e prático para investidores institucionais.

3.1.1 Premissas do modelo

Conforme BARROS e RAMOS, 2017 e Sharpe *et al.* (1995, p. 262), descreve-se como as principais premissas adotadas no modelo de Markowitz:

- (i) Investidores analisam carteiras apenas com base em retorno esperado e desvio-padrão dos retornos para dado período;
- (ii) Investidores são avessos à risco, escolhendo sempre carteiras de menor risco dentre carteiras de mesmo retorno;

- (iii) Investidores são racionais, ou seja, sempre escolhem a carteira de maior retorno dentre as de mesmo risco;
- (iv) É possível dividir ativos individuais de maneira contínua, ou seja, investidores podem comprar frações infinitesimais dos ativos;
- (v) Existe, na economia, uma taxa de juros livre de risco. Pela qual os investidores podem emprestar/tomar emprestado
- (vi) Os investidores possuem a mesma opinião acerca da distribuição de probabilidade dos retornos dos ativos, sendo assim, há apenas um único conjunto de carteiras eficientes;
- (vii) Impostos e custos transacionais são irrelevantes.

3.1.2 Retorno Esperado

Vamos utilizar o passado como balizador para projetar retorno esperado. Sendo assim, ao analisarmos os ativos elegíveis em carteira, utilizaremos o retorno anual médio de cada ativo, nos últimos seis anos (2015-2020). O retorno esperado será calculado da seguinte maneira:

$$\left(\frac{P_n}{P_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 \quad (1)$$

Onde:

P_n : Preço do ativo no último dia da série histórica

P_0 : Preço do ativo no primeiro dia da série histórica

t : Número de anos da série histórica

3.1.3 Risco

Como definido em *Efficient Diversification of Investments* (1959), o risco de um ativo pode ser medido pela dispersão dos retornos deste ativo. Sendo assim, utilizaremos o desvio padrão dos retornos diários dos ativos como medida de risco. O desvio padrão é calculado como a raiz quadrada da medida de dispersão Variância. Sendo estes:

Variância:

$$var(X) = \sigma^2 = E[(X - \bar{X})^2] \quad (2)$$

Desvio-Padrão:

$$DP(X) = \sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (3)$$

3.1.4 Covariância e Correlação

A covariância indica o grau de associação entre duas variáveis aleatórias, sendo assim, é uma medida de dependência linear entre ambas variáveis. Esta é uma importante medida para o desenvolvimento do modelo e para toda a teoria de portfólios eficientes. Segundo Markowitz: *“To reduce risk it is necessary to avoid a portfolio whose securities are all highly correlated with each other. One hundred securities whose returns rise and fall in near unison afford little more protection than the uncertain return of a single security.”*¹.

Em tradução livre: “Para reduzir risco é necessário evitar um portfólio cujos ativos são altamente correlacionados entre si. Cem ativos cujos retornos sobem e descem, de maneira uníssona, oferecem pouca proteção a mais que o retorno incerto de apenas um ativo.”.

Além disso, por definição, a correlação entre duas variáveis aleatórias (X e Y) é a dependência linear entre elas e varia entre -1 e 1. Portanto, caso Y seja definida como uma função linear positiva de X, o grau de correlação entre ambas será 1. Caso seja uma função linear negativa, a correlação será -1. Caso não haja qualquer tipo de correlação linear, então $COV(X, Y) = 0$, logo $\rho = 0$. Sendo assim:

$$\rho = \frac{COV(X,Y)}{\sqrt{var(X).var(Y)}} \quad (4)$$

$$COV_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X}) * (Y_i - \underline{Y})}{n} \quad (5)$$

Onde:

\underline{X} = média X

\underline{Y} = média Y

3.1.5 Risco e Retorno de um portfólio

Chamamos de portfólio um conjunto de n ativos, sejam de classes diferentes ou iguais, que são escolhidos para comporem conjuntamente a performance de uma carteira de investimentos.

¹ MARKOWITZ, H.. *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, 1959.

Entende-se por classe de ativos a sua natureza. Ou seja, os ativos podem ser de Renda Fixa ou Renda Variável. Este trabalho irá discorrer de maneira mais aprofundada sobre classes de ativos e veículos de investimento no próximo capítulo.

Em um portfólio, cada ativo i possui um peso x_i no portfólio. Em nosso trabalho vamos impor algumas restrições a estes pesos. Sendo:

i)

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (6)$$

ii)

$$x_i \geq 0 \forall i \text{ pertencente ao portfólio}$$

Sendo assim, não vamos considerar no portfólio posições vendidas a descoberto² e trabalharemos com carteiras 100% alocadas, sem que haja nenhum tipo de alavancagem. Portanto, estes portfólios vão considerar que o investidor invista 100% do capital designado, sem operar com menos ou mais do que o próprio capital designado.

Na teoria desenvolvida por Markowitz, o retorno esperado do portfólio é a média ponderada dos retornos dos ativos que compõem o portfólio, individualmente. Assim, o retorno esperado do portfólio é definido como:

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n x_i \cdot R_i \quad (7)$$

Onde:

\bar{R} : Retorno esperado do ativo portfólio;

R_i : Retorno esperado do ativo i .

Como já dito anteriormente, o risco de um ativo é definido como a variância (ou desvio padrão) do mesmo. A mesma regra vale para o portfólio, onde o risco será resultado da variância individual de cada ativo, assim como a covariância entre eles. Portanto definimos a variância do portfólio como:

² Posições vendidas a descoberto são posições em que o investidor vende um ativo sem possuí-lo, fazendo-o através do contrato de aluguel ou outro ferramental técnico.

Portfólio de 2 ativos:

$$\sigma^2 = \text{var}(\bar{R}) = \text{var}(\sum_{i=1}^2 x_i \cdot R_i)$$

$$\sigma^2 = x_1^2 \sigma_1^2 + x_2^2 \sigma_2^2 + 2x_1x_2 \rho_{1,2} \quad (8)$$

Onde:

x_i = Peso atribuído ao ativo i ;

σ^2 = Variância do portfólio;

σ_i = Variância do ativo i ;

$\rho_{1,2}$ = Covariância entre o ativo 1 e o ativo 2.

Portfólio de n ativos:

$$\sigma^2 = [x_1 \cdot \sigma_1 \quad x_2 \cdot \sigma_2 \quad \dots \quad x_n \cdot \sigma_n] \times \begin{bmatrix} \rho_{1,1} & \dots & \rho_{1,n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \rho_{n,1} & \dots & \rho_{n,n} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1 \cdot \sigma_1 \\ x_2 \cdot \sigma_2 \\ \vdots \\ x_n \cdot \sigma_n \end{bmatrix} \quad (9)$$

Sendo assim, o objetivo principal deste modelo é encontrar portfólios ótimos, que minimizam o risco, para todo nível de retorno. Ou então, portfólios que maximizam o retorno, para todo nível de risco.

3.2 Índice de Sharpe

Dando prosseguimento à análise de eficiência de um portfólio, William F. Sharpe desenhou uma forma de comparar portfólios que agregasse à análise prévia de Harry Markowitz. Essa construção foi feita em Sharpe (1966) e se utiliza da razão entre retorno e risco (volatilidade) para determinar a análise. Além disso, o índice leva em consideração a taxa de juros livre de risco para conseguir analisar o quanto de retorno excedente sobre a taxa de juros *risk free* o portfólio foi capaz de gerar.

Sendo assim, neste trabalho vamos utilizar o retorno livre de risco como sendo a taxa CDI (certificado de depósito interbancário), amplamente utilizada na indústria para determinar a remuneração de depósitos a prazo em bancos comerciais. Estes depósitos são estruturados

através do Certificado de Depósito Bancário (CDB), certificado altamente disponível para aplicações para as pessoas físicas.

O cálculo do índice será composto da seguinte maneira:

$$Sharpe = \frac{R^* - CDI}{\sqrt{\sigma^2}} \quad (10)$$

Onde:

R^* : Retorno do portfólio;

σ^2 : Variância do portfólio;

CDI : Retorno observado da taxa CDI.

Para fins de observação, vamos calcular o retorno do CDI acumulado em janelas de 12 meses. O retorno esperado anual dos portfólios será calculado como em (1) . Além disso, vamos observar o desvio-padrão diário dos portfólios e anualizá-los, tendo assim uma métrica de volatilidade das carteiras. O desvio-padrão diário será anualizado (em dias úteis) da seguinte maneira:

$$volatilidade = \sigma \cdot \sqrt{252} \quad (11)$$

Onde:

σ = Desvio-padrão dos retornos diários do portfólio;

4 Veículos de Investimento no Brasil

Trabalharemos nesta tese com classes de ativos que podem ser encontrados/operados facilmente pelo investidor em geral, sem necessidade de declaração de investidor qualificado ou profissional junto à instituição custodiante desses ativos. Além disso, trabalharemos com ativos sem risco de crédito e com riscos de liquidez irrisórios para a pessoa física individual.

Entende-se como Investidores Qualificados e Profissionais aqueles que se enquadram na Instrução CVM N° 554.

Além disso, compreende-se riscos de liquidez, crédito e mercado da seguinte maneira:

- I) Risco de Liquidez: risco que o investidor incorre ao não conseguir vender seus ativos ao preço desejado no momento desejado por falta de demanda pelo ativo.
- II) Risco de Crédito: risco que o investidor incorre de o emissor de um título não honrar com os pagamentos na data e no montante acordado no contrato.
- III) Risco de Mercado: risco de mercado é definido como a possibilidade de resultado negativo, devido a mudanças nos preços ou parâmetros de mercado. Os principais preços/parâmetros são preços de ações, curvas de juros e taxas de câmbio.

Títulos de renda fixa emitidos por instituições privadas, Swaps e Certificados de Operações Estruturadas são exemplos de ativos com risco de crédito. Importante ressaltar que, neste trabalho, não consideraremos que títulos de dívida soberana emitidos em moeda local possuem risco de crédito.

4.1 Fundos de Investimento

Fundos de investimento estão entre os veículos de investimento mais comuns no sistema financeiro brasileiro. A Instrução Normativa que regula estes fundos é a Instrução CVM 555/14.

De acordo com a Instrução, os fundos de investimentos podem ser classificados como uma comunhão de recursos, constituído sob a forma de um condomínio, destinado à aplicação em ativos financeiros. Estes fundos podem ser constituídos sob a forma de regime aberto ou fechado.

- I) Fundos abertos: Fundos em que os cotistas podem solicitar o resgate de suas cotas conforme estabelecido em seu regulamento.
- II) Fundos fechados: As cotas só podem ser resgatadas ao término do prazo de duração do fundo. Aos cotistas detentores de cotas de fundos fechadas é permitida a negociação destas cotas com outros participantes do sistema financeiro brasileiro.

4.2 ETFs (Exchange Traded Funds)

Exchange Traded Funds são fundos de investimento constituídos sob a forma de regime fechado. A proposta deste tipo de fundo é aplicar em carteiras que seguem índices de referência. Além disso, as cotas destes fundos são negociadas em bolsa. Ao comprar a cota de um ETF, o investidor estará comprando uma cesta de ativos. Sejam ativos de renda fixa, renda variável ou até moedas (no caso de criptoativos). O sistema de negociação e *clearing* dessas cotas segue o mesmo padrão para ações e outros ativos na B3. Ou seja, são compensados, custodiados e liquidados na Companhia Brasileira de Liquidação e Custódia (CBLC). A instrução que regulamenta, em específico, este tipo de fundo é a instrução CVM 359/2002.

Este ativo detém risco de liquidez irrisório para a pessoa física, visto que a ampla maioria de fundos contam com uma instituição contratada como *Market Maker* (formador de mercado) para o controle da liquidez dos ativos, sem que o preço do ETF descole da cesta de ativos de referência.

Além disso, todos os ETFs analisados nesta tese não contém risco de crédito, haja vista que utilizaremos ETFs de índices de ações e de títulos de dívida pública brasileira (emitidos em moeda local).

As vantagens para a pessoa física investir através de fundos de índices são inúmeras (BARROS E RAMOS, 2017), dentre elas estão:

- I) Custos: As taxas de administração destes fundos são baixíssimas se comparadas à indústria de fundos que respondem à Instrução CVM 555 declarados sob regime aberto. De acordo com o Consolidado Histórico de Fundos de Investimento liberado pela ANBIMA (2021), a taxa de administração média para fundos classificados como “Ações Livre” é de 0,98% a.a., enquanto que ETFs classificados como “Renda Variável” possuem taxa média de 0,41% a.a. e para ETFs classificados como “Renda Fixa” de 0,25% a.a.. (ANBIMA, 2021).
- II) Flexibilidade: ETFs possuem mais flexibilidade de negociação do que fundos 555 de regime aberto, visto que suas cotas podem ser negociadas sem limites de transações diária. As negociações de cotas de ETFs podem ser feitas durante todo o período de pregão diário na bolsa. Já em fundos 555 de regime aberto, o investidor só pode aplicar ou resgatar apenas 1 vez ao dia.

- III) **Transparência:** Diferentemente de fundos abertos, a carteira de ativos que compõem o ETF é publicamente conhecida, assim como a periodicidade de balanceamento da carteira. Fundos abertos liberam a posição de carteira de maneira compulsória, porém respeitando o período mensal, conforme Instrução CVM 555.

Há de se mencionar também as desvantagens de investir através deste veículo. Podemos enumerar as seguintes:

- I) *Tracking Error:* Devido às despesas de relacionadas a *trading*, taxas de administração e outras, os ETFs apresentam geralmente um descolamento natural frente ao índice de referência. De toda forma, esse descolamento ainda é aceitável, se considerarmos as inúmeras vantagens citadas acima.
- II) **Tributação:** Diferentemente de ações, a legislação vigente não concede à pessoa física isenção tributária para vendas mensais abaixo de R\$20.000.

4.3 Criptomoedas

Criptomoedas são ativos digitais, que foram criados para servir como meio de troca entre os agentes econômicos e que usam criptografia para controlar a sua criação e gerenciamento. Ao contrário de moedas tradicionais, esse tipo de meio de troca não se utiliza uma instituição responsável pela emissão, regulação e gerenciamento da moeda, ou seja, Bancos Centrais. O ambiente de emissão de moeda e gerenciamento das transações é todo feito através de uma rede descentralizada de agentes. Esse é um sistema de troca *peer-to-peer*, ou seja, uma versão de moeda eletrônica que permite pagamentos online que são enviados de uma parte para a outra, sem precisar de uma instituição financeira intermediária. A primeira e mais utilizada criptomoeda se chama Bitcoin. Publicada por Satoshi Nakamoto (pseudônimo) em *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 2008.

A partir de 2010, este meio de transação eletrônica começou a ganhar notoriedade e volume de negociação. Ao longo da década de 2010-2020, surgiram diversas outras moedas digitais, que possuem funcionalidades e métodos transacionais diferentes entre si. De toda forma, estes criptoativos comportam-se de maneira muito similar. Por exemplo, ao fazer a comparação entre Bitcoin e Ethereum (segunda maior moeda digital) chegamos à conclusão de que ambas possuem alta correlação de retornos diários e volatilidade similar. Ou seja, dias positivos para Bitcoin tende a ser um dia positivo para Ethereum também, assim como a magnitude dos retornos diários tende a ser similar também.

Se analisarmos os retornos de Bitcoin e Ethereum ao longo do ano de 2020, podemos perceber que ambos ativos tiveram uma altíssima correlação e volatilidades em ordem de grandeza similar. (Anexo I)

Volatilidade		Correlação BTC-ETH
<i>Ethereum</i>	<i>Bitcoin</i>	85,63%
96,40%	75,02%	

Fonte: Quantum Axis, elaboração própria. (Tabela 1)

Do ponto de vista de gestão de portfólio, a alocação em criptomoedas pode fazer bastante sentido. Visto que a correlação de criptomoedas e ativos tradicionais é historicamente baixa (SETTE, 2018). E, como definido em *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments* (Markowitz, 1959), a seleção de ativos descorrelacionados entre si favorece para a eficiência do portfólio como um todo.

Como a volatilidade e correlação entre as grandes moedas digitais são muito similares, vamos escolher apenas Bitcoin para nossas carteiras. Haja vista a ampla aceitação desta moeda e como é denotado em (SETTE, 2018), o Bitcoin é mais eficiente do que os outros criptoativos para gestão de portfólios. SETTE, 2018 mostra que, com menor volatilidade e maior volume de negociação, o Bitcoin é de fácil acesso e menor risco idiossincrático que os demais criptoativos em geral.

Para fins de observação, os dados representados acima utilizaram os retornos diários de Ethereum e Bitcoin, em dólares, ao longo de todo o ano de 2020.

5 *Suitability* e Carteiras de Investimento

Neste capítulo será exposto a obtenção dos resultados da análise empírica das carteiras de investimento para cada perfil diferente de investidor. Além disso, serão comentados o método e os dados utilizados para as estimativas.

5.1 Método

O modelo utilizado será estimado com auxílio de séries temporais, de acordo com a literatura acerca do tema, com objetivo de estimar a alocação ótima para cada perfil de investidor.

Dados os níveis de volatilidade de portfólio para cada perfil de investidor, será possível observar a carteira eficiente para cada *suitability*.

Vamos nos utilizar da metodologia da Teoria Moderna do Portfólio da Média-Variância (MARKOWITZ, 1959) para determinar a alocação ideal para cada perfil e definir quais ativos e suas respectivas participações no portfólio.

5.2 Dados

Para a viabilidade do trabalho, as bases de dados serão provenientes do mercado de capitais brasileiro, sobretudo extraídos das séries de preços de ativos negociados na bolsa brasileira (B3) e de índices de preços gerados pela ANBIMA. Estes dados podem ser adquiridos através de terminais de agências de dados e notícias como Bloomberg e Investing.com, assim como dados da própria ANBIMA. As carteiras serão montadas com ativos de renda fixa, ações e criptomoedas.

As exposições à renda fixa serão feitas através de cestas de títulos, pré-definidas em índices amplamente utilizados na indústria de fundos de investimento, sejam fundos abertos ou ETFs. Esses índices serão: IMA-S, IMA-B e IRF-M. A escolha destes ativos é devida a facilidade de exposição, seja via ETF, seja via fundos passivos (CVM 555). Estes veículos, tradicionalmente, possuem baixas taxas de administração e estão disponíveis em qualquer Corretora de Valores Mobiliários ou Distribuidora de Títulos e Valores Mobiliários.

Definindo os índices de renda fixa:

- 1) IMA-S: formado por títulos pós-fixados atrelados à taxa básica de juros (Selic), que são as LFTs (Letras Financeira do Tesouro ou Tesouro Selic). *Duration* de Macaulay³, por definição: 1
- 2) IRF-M: formado por títulos públicos prefixados, que são as LTNs (Letras do Tesouro Nacional ou Tesouro Prefixado) e NTN-Fs (Notas do Tesouro Nacional – Série F ou Tesouro Prefixado com Juros Semestrais). *Duration* de Macaulay histórica aproximada: 2 anos.
- 3) IMA-B: formado por títulos públicos indexados à inflação medida pelo IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo), que são as NTN-Bs (Notas do Tesouro Nacional – Série B ou Tesouro IPCA+ com Juros Semestrais). *Duration* de Macaulay histórica aproximada: 6,5 anos.

³ Definido em Macaulay (1938) como prazo médio de pagamento e elasticidade de um título de renda fixa. O tema será melhor abordado no capítulo de Riscos em Renda Fixa (5.5.1).

De maneira similar, a exposição às ações também será através de ETFs negociados na B3. Como o intuito é aumentar a diversificação do portfólio, vamos nos expor à ETFs de índices bolsa brasileira e bolsa americana, na tentativa de possuir retornos descorrelacionados. Na esteira de descorrelação de retornos entre os ativos, vale mencionar que o principal ETF de bolsa americana listado no Brasil (IVVB11) é um ETF dolarizado, ou seja, seus retornos são contabilizados em Reais. Sendo assim, o ETF leva em consideração não apenas o retorno do índice S&P500, mas também de BRL/USD. O ETF de bolsa brasileira utilizado será o BOVA11, cuja carteira visa replicar o índice Bovespa.

Por fim, para completar os ativos selecionáveis, vamos utilizar criptomoedas, na intenção de aumentar ainda mais a descorrelação entre os ativos do portfólio. Ao longo dos últimos anos, as criptomoedas surgiram como uma alternativa às moedas tradicionais, se utilizando da tecnologia *blockchain* de criptografia para trazer a segurança e validade às operações, de maneira a substituir a validação tradicional de moedas impressas pelos Bancos Centrais ao redor do mundo. Vamos utilizar a criptomoeda mais difundida e de maior volume de negociação, o Bitcoin. Vale notar que, seria possível selecionar ETFs que replicam a performance de criptomoedas e, até mesmo, uma cesta de criptomoedas, mas por serem ETFs muito novos, teríamos um problema de amostragem de dados na hora de fazer a análise empírica. Além disso, a cotação do Bitcoin é feita em dólar. Portanto, a cotação BRL/USD também se fará presente em nossa carteira através deste ativo.

Os dados utilizados levarão em conta a cotação dos ativos compreendidas entre o primeiro dia de negociação concomitante dos ativos no ano de 2015 até o último dia de negociação concomitante dos ativos no ano de 2020. A concomitância será levada em consideração porque os ativos apresentam datas de negociação díspares. Por exemplo, enquanto os ativos negociados na B3 não negociam em feriados na cidade de São Paulo – SP, o Bitcoin é negociado todos os dias de semana, a todo tempo. O mesmo vale para os índices de títulos públicos, que são negociados todos os dias úteis, exceto em feriados nacionais.

5.3 Perfis de Carteiras

Neste trabalho faremos a distinção, basicamente, de três perfil de carteiras de investimento. Carteiras Conservadora, Moderada e Arrojada. Em um primeiro momento, levaremos em conta apenas volatilidade dos retornos das carteiras para fazer a distinção entre os perfis. Como formalizado em MARKOWITZ (1959) poderemos tentar eliminar o risco não-sistemático ao diversificar os ativos. Dessa maneira, será possível, por exemplo, observar em uma carteira de

perfil Conservador a presença de ativos de renda variável, desde que a volatilidade da carteira não ultrapasse os limites definidos como conservadores.

5.4 Perfil de Investidor (ANBIMA)

Para propor a volatilidade ideal para cada perfil de carteira, faremos antes um exercício para entender o que a ANBIMA, associação auto reguladora das entidades do Mercado Financeiro e de Capitais, define como adequado.

De acordo com o ofício de melhores práticas para adoção de *suitability* pelas entidades do mercado financeiro e de capitais, instruída pela Instrução CVM nº 539/2013, as instituições financeiras podem adotar carteiras de alocações para os clientes, contando que respeitem o manual de boas práticas. Além disso, a ANBIMA segue um rigoroso padrão de questionário acerca do perfil de investidor e de acompanhamento da carteira do cliente, deixando claro que as instituições financeiras devem instruir e alertar o investidor sobre sua escolha de investimento, avisando-o quando um investimento pode estar em desacordo com seu perfil ou então acima da concentração máxima indicada (ANBIMA, 2021).

No documento de Regras e Procedimentos ANBIMA do Código de Distribuição de Produtos de Investimento (ANBIMA, 2019), o órgão define os riscos a serem observados e limitados para cada perfil de investidor. O documento orienta que devem ser considerados, no mínimo, os riscos de crédito, liquidez e mercado. Além disso, o documento define quais são as características a serem observadas, afim de classificar o investidor dentro de um perfil.

Produtos	Pontuação de risco
Títulos Financeiros: CDB/LCI/LCA/etc.	
<i>Emissor investment grade com prazo de até 3 anos</i>	1,0
<i>Emissor non investment grade com prazo até 3 anos</i>	2,0
<i>Emissor investment grade, acima de 3 anos</i>	1,5
<i>Emissor non investment grade, acima de 3 anos</i>	2,5
LF subordinada e subordinada híbrida	
<i>Emissor investment grade</i>	1,50
<i>Emissor non investment grade</i>	3,00
<i>Híbrida</i>	3,50
Títulos Públicos	
<i>LFT</i>	0,50
<i>(Títulos públicos ex. LFT) até 3 anos</i>	1,00
<i>(Títulos públicos ex. LFT) acima de 3 e até 10 anos</i>	1,50
<i>(Títulos públicos ex. LFT) acima de 10 anos</i>	2,50
Títulos não financeiros: Debêntures/CRI/CRA/etc.	

<i>Emissão investment grade, com prazo até 3 anos</i>	1,50
<i>Emissão non investment grade, com prazo até 3 anos</i>	2,50
<i>Emissão investment grade, acima de 3 anos</i>	2,00
<i>Emissão non investment grade, acima de 3 anos</i>	3,50
Ações	
<i>Ações</i>	4,0
Derivativos Listados em Bolsa	
<i>Futuro e Swap DI/ Opção de juros</i>	2,0
<i>Futuro e Swap Moedas / Opção de moedas</i>	3,5
<i>Futuro e Swap Ibovespa/ Opção de ações ou índices</i>	4,0
<i>Futuro e Swap Cupom Cambial – FRC</i>	3,0
<i>Futuro e Swap de Commodities</i>	4,0
COE	
<i>Com capital protegido, emissor investment grade, até 3 anos</i>	1,5
<i>Com capital protegido, emissor investment grade, acima de 3 anos</i>	2,0
<i>Com capital protegido, emissor non investment grade, até 3 anos</i>	3,0
<i>Com capital protegido, emissor non investment grade, acima de 3 anos</i>	3,5
<i>Sem capital protegido, emissor investment grade, até 3 anos</i>	2,0
<i>Sem capital protegido, emissor investment grade, acima de 3 anos</i>	2,5
<i>Sem capital protegido, emissor non investment grade, até 3 anos</i>	3,5
<i>Sem capital protegido, emissor non investment grade, acima de 3 anos</i>	4,0
Fundos Estruturados	
<i>FIP</i>	5,00
<i>FII de incorporação</i>	4,00
<i>Outros FIIs</i>	2,50

Fonte: ANBIMA, 2019 (Tabela 2)

Perfis ANBIMA, de acordo com o documento de Regras e Procedimentos ANBIMA do Código de Distribuição de Produtos de Investimento:

- I) Perfil 1: Investidor que declara possuir baixa tolerância a risco e que prioriza investimentos em produtos de liquidez;
- II) Perfil 2: Investidor que declara média tolerância a risco e busca a preservação de seu capital no longo prazo, com disposição a destinar uma parte de seus recursos a investimentos de maior risco;
- III) Perfil 3: Investidor que declara tolerância a risco e aceita potenciais perdas em busca de maiores retornos.

Além disso, a ANBIMA define quais são os ativos elegíveis para serem indicados para cada perfil de investidor. De acordo com a pontuação definida acima e os seguintes normativos:

- I) Para os investidores classificados no Perfil 1: recomendar apenas Produtos de Investimentos cuja pontuação de risco seja igual ou inferior a 1 (um), como observado na tabela 1.
- II) Para investidores classificados no Perfil 2: recomendar apenas Produtos de Investimentos cuja pontuação de risco seja igual ou inferior a 3 (três), como observado na tabela 1.

5.5 Comparação de ativos e riscos

Conforme indicado pela ANBIMA no Código de Distribuição (ANBIMA, 2021), os riscos a serem analisados ao definirmos os perfis de investidor são os riscos de Liquidez, Mercado e Crédito, no mínimo. Sendo assim, neste trabalho, os ativos presentes nas carteiras apresentarão:

- a) Nenhum risco de crédito, conforme definido previamente, haja vista que os títulos de renda fixa são de risco soberano e emitidos em moeda local.
- b) Nenhum risco de liquidez para volumes operados por investidores de varejo.
- c) Risco de mercado definido pela volatilidade dos preços dos ativos no mercado secundário. Para os ativos de renda fixa, o risco de mercado é basicamente definido pela variação das taxas de juros futuros (taxa de desconto). Para os ativos de renda variável, o risco de mercado é, portanto, a variação do preço das ações que compõe os índices de referência e variações nas cotações das criptomoedas.

Sendo assim, o risco de mercado será o principal fator a ser analisado nas carteiras. Portanto, este risco será o responsável por diferenciar a definição de perfil de carteiras deste trabalho e Perfil de Investidor conforme a ANBIMA.

5.5.1 Riscos em Renda Fixa

São definidos como ativos de Renda Fixa: Ativos cujo fluxo de caixa futuro é plenamente conhecido em sua emissão. Portanto, sabe-se, no momento da emissão, o fluxo de juros e

amortizações e suas respectivas datas de pagamento. Além disso, é conhecido também a taxa/indexador cujos juros serão remunerados.

Assim, nesta parte do trabalho veremos como é determinado o risco de mercado para este tipo de ativo e como isso se relaciona com as carteiras otimizadas e com o processo de definição de perfil de investidor.

5.5.1.1 Marcação a Mercado

Conforme o manual de Precificação de Títulos Públicos (Tesouro Direto, 2021) podemos facilmente perceber o risco de mercado nos títulos de renda fixa. Usando como exemplo a precificação de uma Letra do Tesouro Nacional (LTN), podemos ver que o valor presente do fluxo de caixa futuro é influenciado pela flutuação da taxa de juros futuros negociadas no mercado.

$$PU = \frac{VN}{(1+tx)^{du/252}} \quad (12)$$

Onde:

PU: Preço Unitário (valor presente do título);

VN: Valor nominal do título;

tx: taxa de juros dos títulos negociados para o referido vencimento;

du: dias úteis até o vencimento.

Como o Valor Nominal e a quantidade de dias úteis são predeterminados, o risco idiossincrático deste ativo se torna a variação diária da taxa de juros dos títulos negociadas, interpolada para o referido vencimento. Sendo assim, podemos observar a volatilidade destes preços, apenas observando a volatilidade das taxas negociadas. A interpolação destas taxas é feita através da Estrutura a Termo da Taxa de Juros (ETTJ).

5.5.1.2 Estrutura a Termo da Taxa de Juros

Conforme o Guia de Metodologias ANBIMA de Precificação (2020), podemos definir as taxas de juros negociadas dos títulos através da construção da Estrutura a Termo das Taxas de Juros (ETTJ).

A estrutura a termo da taxa de juros (ETTJ) é um conceito central da teoria financeira e econômica, usada para precificar qualquer conjunto de fluxos de caixa (Fabozzi 2006, Ray

1992, Steven & Kleinstein 1991). A ETTJ pode ser representada como uma função das taxas de juros de um título negociado no mercado em relação a sua maturidade. Sendo assim, a taxa de juros à vista associada a uma maturidade τ pode ser interpretada como o retorno de um título de renda fixa de zero cupom (LTN, por exemplo) com vencimento em τ . Por outro lado, as taxas a termo são as taxas de juros implícitas, calculadas para diferentes períodos de tempo no futuro, através das taxas à vista (FRANKLIN Jr., Duarte, Neves e Melo 2012).

A ANBIMA utiliza o modelo de Svensson (1994) para determinar as taxas a termo dos títulos. Estes dados são liberados diariamente ao mercado e o presente trabalho irá utilizá-los para calcular a volatilidade dos juros dos títulos zero cupom do Tesouro Nacional (LTN), afim de determinar o risco de mercado destes títulos.

5.5.1.3 Duration

O conceito de *duration* pode ser entendido como o prazo médio para pagamento de um título de renda fixa. Como títulos podem apresentar pagamentos de juros ou amortizações de principal ao longo do período de maturidade, a *duration* é uma boa forma de comparar prazos médios de maturidade entre diferentes títulos. Além disso, como definido em Macaulay (1938), o conceito de *duration* deriva da relação entre o valor presente de um título e diferentes níveis de taxa de juros. Além disso, representa a sensibilidade do valor presente do título a variações nessas taxas. Em Macaulay (1938), um título *bullet*, ou zero cupom, tem *duration* igual a maturidade. Isso porque a *duration* é determinada pela média ponderada dos prazos dos fluxos de caixa futuros. Essa ponderação é dada pela relação entre o valor presente do fluxo e o valor presente total do título (FERREIRA e ANDRADE, 1999). Para títulos com pagamento de cupom, esse prazo médio é menor que o período de maturidade. Define-se a *Duration* de Macaulay da seguinte forma:

$$Duration_{Macaulay} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{t.C(t)}{(1+i)^t}}{PU} \quad (13)$$

Onde:

$C(t)$: pagamento no período t

i : taxa de juros

PU : Preço Unitário

t : prazo

Sendo assim, a *duration* pode ser entendida como uma medida de elasticidade do valor presente de um título de renda fixa.

5.5.1.4 *Duration* Modificada

Conforme é criticado em FERREIRA e ANDRADE (1999), a *Duration* de Macaulay gera um erro de cálculo na variação do valor presente de um título quando há mudanças significativas nas taxas de juros. A *Duration* de Macaulay pode ser bem eficiente quando a volatilidade dos juros é muito baixa, mas conforme essa dispersão aumenta, o erro na sensibilidade no preço dos juros vai aumentando. Esse erro ocorre devido à convexidade da relação Valor Presente do Título X Taxa de Juros. Sendo assim, para entendermos o efeito de aumentos não-infinitesimais das taxas de juros nos títulos, utilizamos a seguinte definição:

$$Duration_{Modificada} = \frac{D}{(1+i)} \quad (14)$$

Onde:

D: *Duration* de Macaulay

i: Taxa de juros

5.5.1.5 Volatilidade de títulos de renda fixa

Com o ferramental já definido, podemos estimar a volatilidade dos títulos de renda fixa, afim de determinar o risco de mercado destes ativos. Neste trabalho, vamos utilizar como exemplo a Letra do Tesouro Nacional (LTN).

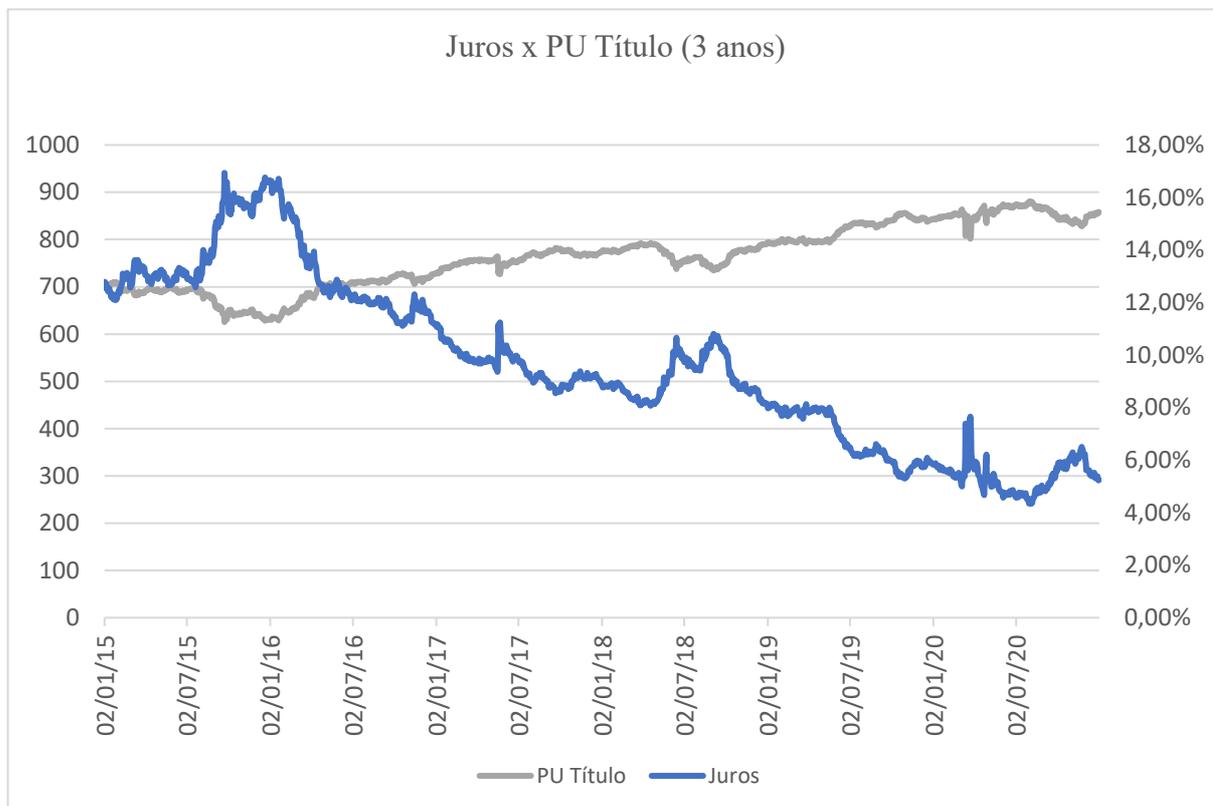
Afim de calcular a volatilidade histórica de uma LTN genérica de maturidade *n*, utilizaremos os dados disponíveis da Estrutura a Termo das LTNs. Para isso, será observado o comportamento da taxa de juros a termo para a maturidade *n* e aplicado a fórmula de precificação definida para o ativo. Com isso, será possível definir o preço de uma LTN genérica ao longo do tempo e observar a volatilidade dos retornos deste ativo.

02/01/2015 – 31/12/2020				
Maturidade	3 anos		10 anos	
Ativo	Juros	Título	Juros	Título
Volatilidade	30,57%	6,52%	27,40%	23,12%
Duration de Macaulay	-	3,00	-	10,00
Duration Modificada⁴	-	2,75	-	9,07

Fonte: Bloomberg, BZAD3Y Index; BZAD10Y Index. Elaboração própria. (Tabela 3)

⁴ Para calcular a *duration* modificada no período foi utilizada a mediana da amostra.

Observando os resultados acima, observa-se que o resultado obtido vai em linha com o esperado, ou seja, os títulos com *duration* maior apresentam volatilidade maior.



Fonte: Bloomberg, elaboração própria. (Gráfico 1)



Fonte: Bloomberg, elaboração própria. (Gráfico 2)

5.5.2 Riscos em Renda Variável

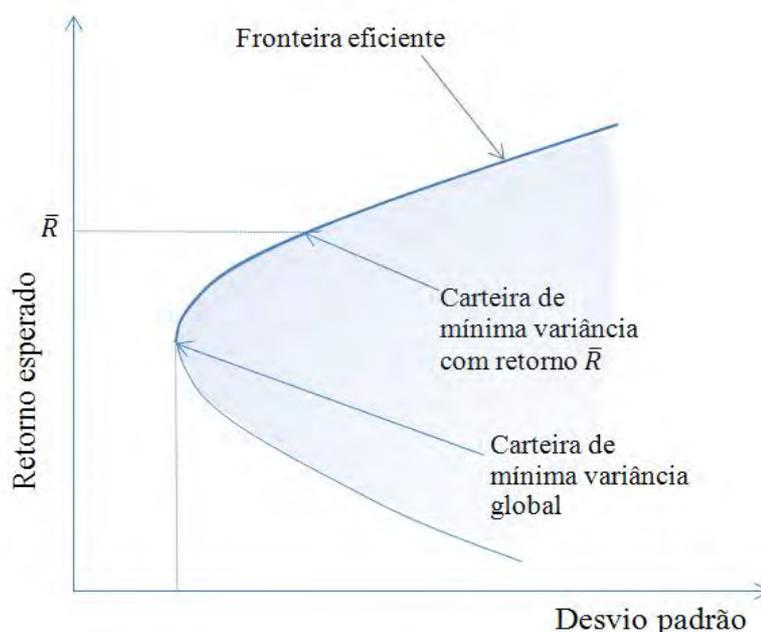
São definidos como ativos de Renda Variável: ativos cuja remuneração é indeterminada no momento da aplicação. O retorno pode variar positiva ou negativamente, de acordo com o aparecimento determinado pelo mercado. Ações e moedas são exemplos tradicionais deste tipo de ativo.

A bibliografia acerca dos riscos envolvidos em renda variável é muito extensa. Este trabalho considerará que o risco de mercado dos ativos de renda variável é, simplificada, igual a volatilidade dos retornos diários dos ativos, calculados de maneira anual (conforme explicado na fórmula 10). Diferentemente dos ativos de renda fixa, a volatilidade dos ativos de renda variável não pode ser tão facilmente explicada por alguma outra variável (taxa de juros a termo, por exemplo).

5.6 Fronteira Eficiente

De acordo com Markowitz (1952), a fronteira eficiente é composta pelos portfólios de mínima variância, para todos os níveis de retorno, e que dominam os demais portfólios de mesma variância em nível de retorno.

Ou seja, em um portfólio de n ativos, os pesos de cada ativo x_i pode variar de maneira a gerar diferentes resultados para valor esperado e variância. Os resultados que obtiverem a menor variância para cada nível de retorno, será eficiente. Caso haja outro portfólio de mesma variância, o portfólio de fronteira é aquele que apresentar maior retorno. Gráficamente:



Fonte: <https://drnickel.files.wordpress.com/2011/06/fronteira-eficiente1.png>. Acessado: 15/11/2021 (Gráfico 3)

5.7 Portfólios Otimizados

Feita a seleção dos ativos elegíveis para a montagem dos portfólios (IMA-S, IMA-B, IRF-M, BOVA11, IVVB11 e Bitcoin), selecionado o período de observação (2015-2020) e definida a metodologia de modelagem das carteiras, agora podemos estimar os portfólios.

O primeiro passo é observar os retornos históricos dos ativos, afim de estimar o retorno esperado e observar a volatilidade, conforme as fórmulas (1) e (11).

	<i>CDI</i>	<i>IMA-B</i>	<i>IMA-S</i>	<i>IRF-M</i>	<i>BOVA11</i>	<i>IVVB11</i>	<i>BTC/BRL</i>
<i>2015</i>	13,24%	8,79%	13,22%	7,00%	-10,85%	50,18%	96,71%
<i>2016</i>	14,00%	24,61%	13,78%	23,19%	41,70%	-8,60%	90,48%
<i>2017</i>	9,93%	12,08%	10,11%	14,82%	28,09%	18,96%	1244,66%
<i>2018</i>	6,42%	12,48%	6,39%	10,33%	12,65%	11,49%	-69,54%
<i>2019</i>	5,96%	22,42%	5,96%	11,70%	26,54%	37,99%	92,11%
<i>2020</i>	2,76%	6,51%	2,37%	6,60%	0,36%	49,39%	423,18%
<i>Retorno Esperado</i>	8,64%	14,60%	8,59%	12,37%	15,92%	24,72%	134,83%
<i>Volatilidade</i>	0,24%	8,54%	0,31%	4,14%	27,09%	21,80%	59,40%

Fonte: Bloomberg e Investing.com, elaboração própria. (Tabela 4)

Conforme esperado, ativos de renda variável apresentaram retorno esperado maior e com maior volatilidade que os ativos de renda fixa. Além disso, os índices de renda fixa também apresentaram os resultados esperados. O IMA-B apresentou maior retorno e maior volatilidade, haja vista sua *duration* histórica de 6,5 contra 2,0 do IRF-M e 1,0 do IMA-S.

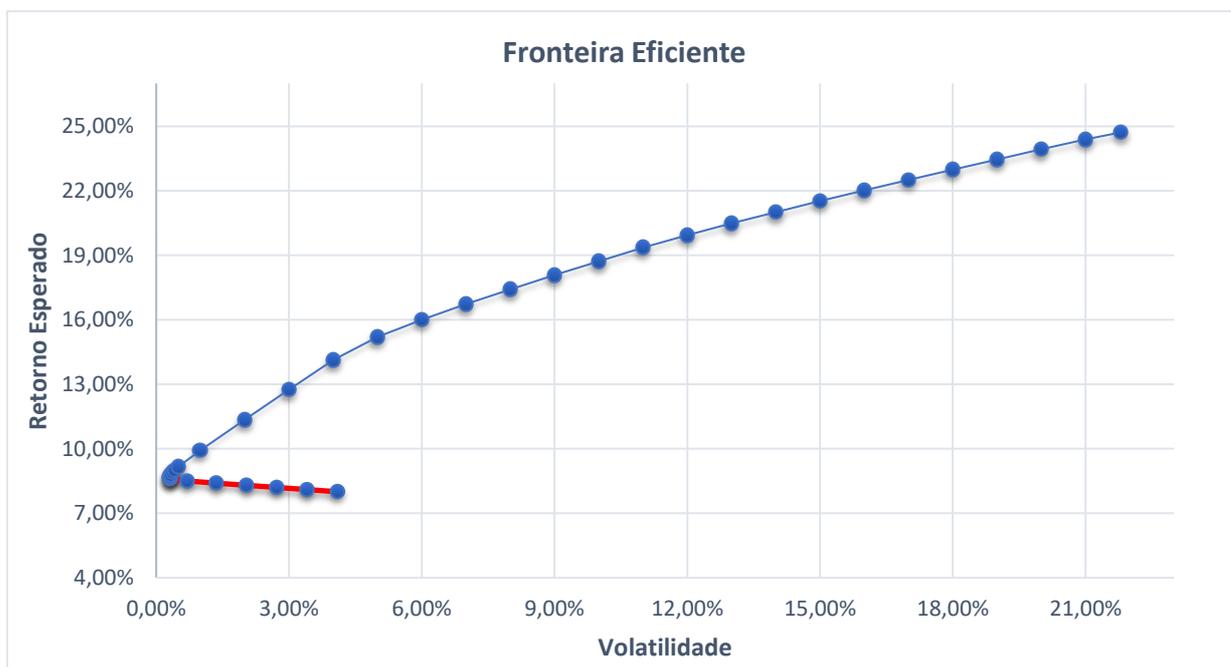
Para que seja possível fazer a análise de variância dos portfólios, precisamos calcular a matriz covariância entre os retornos dos ativos, conforme equação (9).

Matriz Covariância						
	<i>IMA-B</i>	<i>IMA-S</i>	<i>IRF-M</i>	<i>BOVA11</i>	<i>IVVB11</i>	<i>BTC/BRL</i>
<i>IMA-B</i>	0,002875%	0,000003%	0,001205%	0,005152%	-0,001035%	-0,000516%
<i>IMA-S</i>	0,000003%	0,000004%	0,000003%	-0,000001%	-0,000004%	0,000002%
<i>IRF-M</i>	0,001205%	0,000003%	0,000631%	0,002303%	-0,000585%	-0,000335%
<i>BOVA11</i>	0,005152%	-0,000001%	0,002303%	0,028554%	0,002576%	0,004310%
<i>IVVB11</i>	-0,001035%	-0,000004%	-0,000585%	0,002576%	0,017587%	0,009590%
<i>BTC/BRL</i>	-0,000516%	0,000002%	-0,000335%	0,004310%	0,009590%	0,154185%

Fonte: Bloomberg e Investing.com, elaboração própria. (Tabela 5)

5.7.1 Fronteira Eficiente Estimada

A partir disso, é possível estimar a fronteira eficiente. Utilizando-se do modelo descrito por Markowitz (1959) e amplamente discutido no Capítulo 3.



Fonte: Bloomberg e Investing.com, elaboração própria. (Gráfico 4)

No gráfico 1, os pontos interligados em vermelho representam um conjunto de portfólios ineficientes, os quais representam portfólios que não os de maior retorno, para um dado nível de volatilidade. Os portfólios eficientes são aqueles interligados pela linha azul, ou seja, portfólios que satisfazem a condição de mínima variância do modelo.

Feita a estimação dos portfólios eficientes, será possível terminar as carteiras ótimas para cada perfil de investidor.

5.7.2 Portfólios Ótimos

Como definido anteriormente, o presente trabalho não seguirá deterministicamente a definição de *suitability* ANBIMA e sim métricas próprias de volatilidade para cada perfil de carteira. Contudo, para definir a volatilidade aceitável para cada perfil, será feito um paralelo direto a classificação de risco definida pela ANBIMA.

A partir da tabela 2, será extraído um ativo *benchmark* para cada perfil. Esse ativo *benchmark* deverá ser considerado adequado pela ANBIMA para cada perfil. Além disso, a métrica adotada seguirá os coeficientes de risco descritos na própria tabela 2 e as diretrizes ANBIMA de *suitability*.

Entende-se como *benchmark* um ativo cuja parametrização de risco definido pela ANBIMA esteja de acordo com o perfil de portfólio a ser otimizado e, concomitantemente, seja utilizado como alvo de risco-retorno do portfólio. Ou seja, o objetivo de cada portfólio sempre será entregar retornos mais eficientes que os retornos do ativo *benchmark*.

Ativos *benchmark* para cada perfil:

- I) Conservador: LTN genérica 3 anos
- II) Moderado: LTN genérica 10 anos
- III) Arrojado: BOVA11

O cálculo para as volatilidades definidas para cada perfil segue a seguinte função:

$$Volatilidade^* = \ln(1 + \theta_i) \cdot \ln(1 + \lambda_i) \cdot \ln(1 + \sigma_i)$$

Onde:

σ_i : Volatilidade do ativo *benchmark* do perfil i ;

λ_i : Coeficiente de risco do ativo “livre de risco”;

θ_i : Coeficiente de risco do ativo *benchmark* do perfil i .

	<i>Coeficiente ativo benchmark</i>	<i>Coeficiente ativo livre de risco⁵</i>	<i>Volatilidade do ativo benchmark</i>	<i>Volatilidade por perfil</i>
<i>Conservador</i>	1	0,5	6,52%	1,78%
<i>Moderado</i>	2	0,5	23,12%	9,26%
<i>Arrojado</i>	4	0,5	27,31%	15,76%

Fonte: Bloomberg, Investing.com e ANBIMA (2020), elaboração própria. (Tabela 6)

Dessa maneira, definimos a volatilidade ideal para cada perfil como uma função de 3 variáveis. A primeira delas é o coeficiente de risco do ativo benchmark para cada perfil. A segunda é a volatilidade histórica observada para este ativo benchmark. Por fim, a terceira é o coeficiente do ativo livre de risco (LFT). Como este coeficiente é 0,5, para todo i , podemos considerá-lo como constante.

Desta maneira, podemos observar a relação positiva e não-linear que as duas primeiras variáveis possuem com o *outcome* da função. Sendo assim, podemos expandir essa relação para qualquer ativo da tabela 2 e utilizá-lo como *benchmark*, basta calcularmos a volatilidade histórica deste para definir o portfólio ideal.

Tendo definido a volatilidade ideal para cada um dos três perfis, podemos encontrar a coordenada de pontos que correspondem ao portfólio eficiente para cada um dos três níveis de risco.

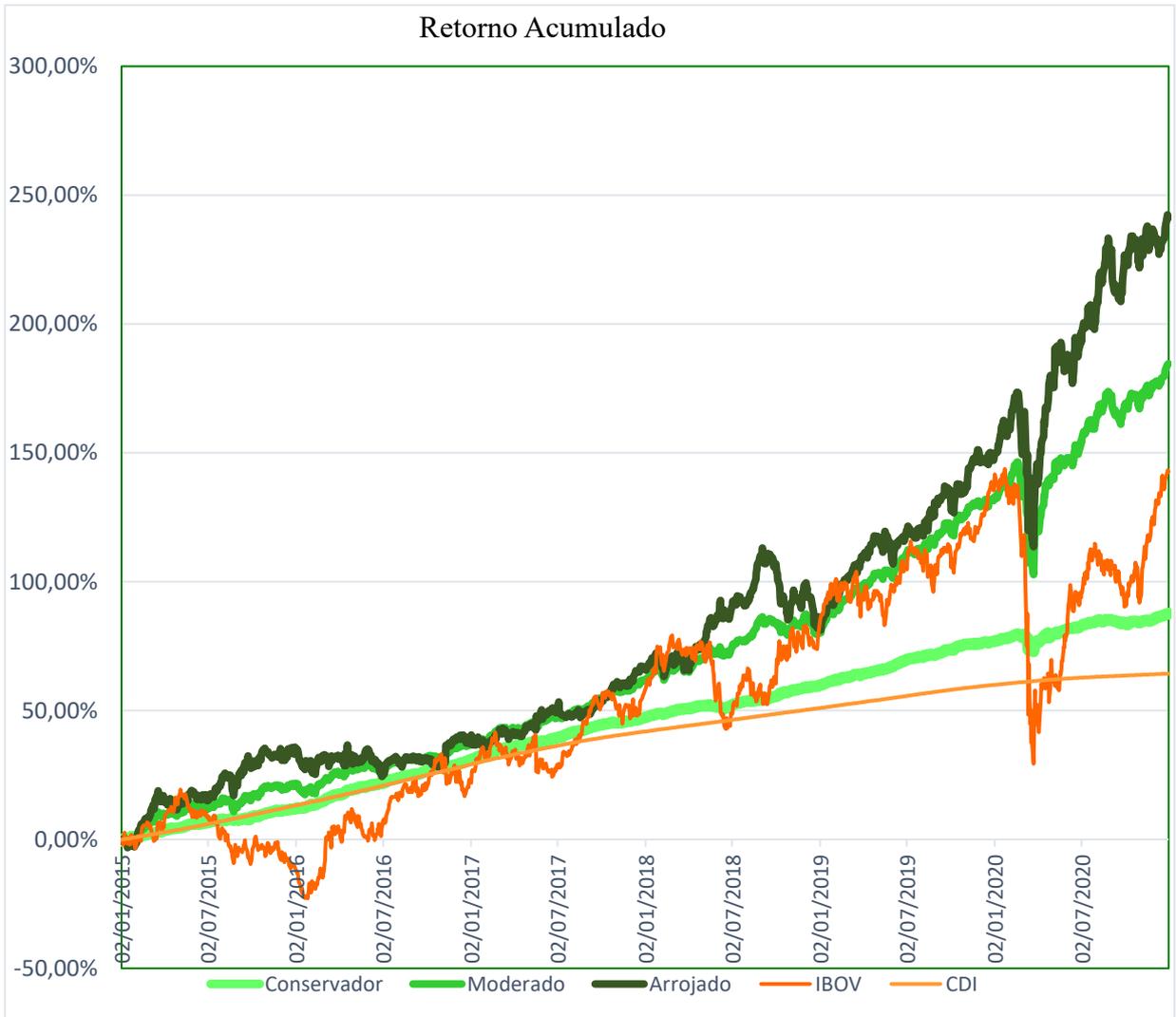
⁵ Nesta tabela é considerado a LFT como ativo livre de risco, entretanto deve-se considerar que este ativo, apesar de pouco volátil, apresenta risco de mercado, haja vista a possibilidade de negociação com ágio ou deságio no mercado secundário. Durante o ano de 2020, com o estresse das taxas de juros futuros e ambiente fiscal do Brasil, os títulos públicos atrelados à SELIC apresentaram deságio considerável em setembro de 2020 (Pinto, Lucinda; Rezende Victor, 2020).

Portfólios estimados:

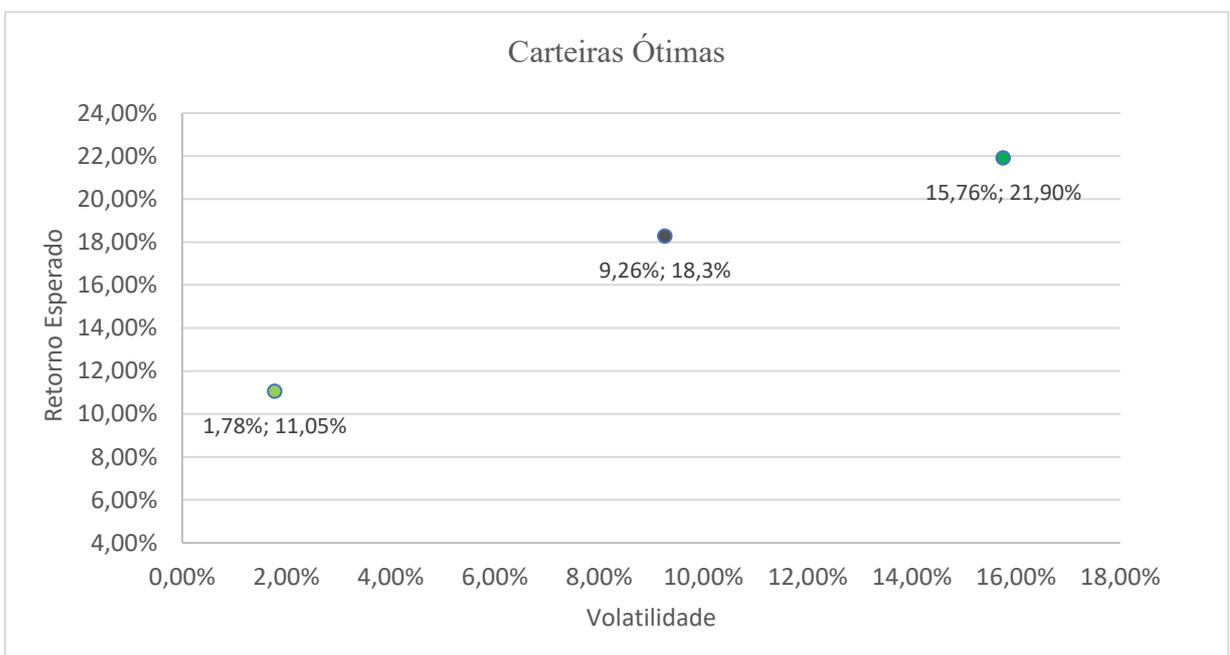
	Conservador	Moderado	Arrojado
IMA-B	10,39%	46,00%	21,20%
IMA-S	56,10%	0,00%	0,00%
IRF-M	27,99%	9,60%	0,00%
BOVA11	1,23%	7,00%	7,65%
IVVB11	4,29%	37,40%	71,15%
BTC/BRL	0,00%	0,00%	0,00%
Retorno esperado	11,05%	18,30%	21,90%
Volatilidade	1,78%	9,26%	15,76%
Sharpe	1,36	1,04	0,84
Retorno Benchmark⁶	9,61%	10,48%	15,92%
Volatilidade Benchmark	6,52%	23,12%	27,31%

Fonte: Bloomberg e Investing.com, elaboração própria. (Tabela 7)

⁶ Para calcular o retorno dos *benchmarks* Conservador e Moderado (LTNS genéricas de 3 e 10 anos, respectivamente) no período, consideramos a Taxa Interna de Retorno média no período de observação (2015-2020). Para o *benchmark* arrojado, consideramos o retorno esperado do BOVA11 no período.



Fonte: Bloomberg e Investing.com, elaboração própria. (Gráfico 5)



Fonte: Bloomberg e Investing.com, elaboração própria. (Gráfico 6)

6 Conclusão

Conforme ilustrado na Tabela 7, pôde-se observar que o portfólio estimado pelo modelo de Markowitz aumentou a eficiência em relação ao ativo *benchmark*, para todos os perfis de investidor.

Conforme o esperado, o retorno esperado de cada perfil aumentou proporcionalmente ao apetite ao risco, ou seja, quanto menos aversão ao risco, mais o investidor pôde esperar de retorno.

Por outro lado, se analisarmos pela ótica do índice de Sharpe, conforme o portfólio vai tendendo ao espectro do perfil arrojado, menor o índice tende a ficar. Isso denota que, conforme o risco da carteira aumenta, mais difícil é remunerá-lo. Ou seja, quanto mais arrojado, menos excesso de retorno sobre a taxa livre de risco, por ponto de volatilidade, o portfólio tende a entregar.

É possível reparar que, para nenhum portfólio ótimo, foi observada a presença de Bitcoin. Isso se deve à volatilidade extrema desse ativo. Se os perfis de *suitabilities* propostos tivessem apetite à volatilidade relativamente maior do que os propostos neste trabalho, talvez pudéssemos observar a presença de criptoativos nos portfólios ótimos. Entretanto, este não é o caso.

Por fim, diferentemente do que é proposto pela ANBIMA, podemos reparar a presença de ativos de renda variável nos portfólios ótimos Conservador e Moderado. Os ativos IVVB11 e BOVA11 são enquadrados dentro da pontuação de risco 4, sendo, portanto, vetada a recomendação deste tipo de ativo para clientes que se enquadrem nos perfis I ou II (página 22). Entretanto, podemos reparar que este impedimento torna as recomendações aos investidores de Varejo mais suscetíveis à serem alocações *sub-ótimas*. Como amplamente discutido, os ativos elegíveis neste trabalho não apresentam nenhum outro tipo de risco a não ser o risco de mercado, fazendo com que a otimização proposta por Markowitz consiga oferecer mitigação dos riscos de mercado da renda variável.

É possível argumentar que, para ativos que apresentem outros tipos de risco, este modelo não seja capaz de oferecer a mitigação suficiente dos riscos. De toda forma, a proposta do presente trabalho é, não apenas oferecer alocações eficientes do ponto de vista da Teoria Moderna do Portfólio, mas escolher ativos de fácil acesso à pessoa física – seja pelo ticket de entrada acessível, seja pela facilidade de negociação. Conforme foi discutido no capítulo 4, os ativos aqui escolhidos são facilmente negociados pela pessoa física e com baixos custos de negociação. Portanto, a escolha destes ativos, além de possibilitar o acesso à carteiras eficientes,

tem o poder de aumentar a penetração do público de Varejo nos investimentos de longo prazo, no Brasil, além de fomentar a poupança doméstica.

7 Referências Bibliográficas

(ANBIMA, 2019), ‘Regras e Procedimentos ANBIMA do Código de Distribuição de Produtos de Investimento’, Disponível em: https://www.anbima.com.br/pt_br/autorregular/codigos/distribuicao-de-produtos-de-investimento.htm. Último acesso em 15 de novembro 2021.

ANBIMA (2020), ‘Guia de metodologias ANBIMA de Precificação’, Disponível em: https://www.anbima.com.br/data/files/41/33/64/17/5EAB77103EDB69776B2BA2A8/Guia%20de%20metodologias%20ANBIMA%20de%20Precificacao_161120.pdf. Último acesso em 15 de novembro 2021.

(ANBIMA, 2021), ‘Código de Distribuição’, Disponível em: https://www.anbima.com.br/pt_br/autorregular/codigos/distribuicao-de-produtos-de-investimento.htm. Último acesso em 15 de novembro 2021.

(ANBIMA, 2021), Consolidado Histórico de Fundos de Investimento. Disponível em: https://www.anbima.com.br/pt_br/informar/estatisticas/fundos-de-investimento/fi-consolidado-historico.htm. Último acesso: 21/11/2021

ASSAF NETO, A. Mercado Financeiro. 13 ed. São Paulo: Atlas, 2015.

BARROS, Julia Comparato Monteiro de; RAMOS, Julia de Almeida Chambers. Uma aplicação da teoria de Markowitz no mercado brasileiro de ETF, 2017.

B3 atinge 4 milhões de contas em renda variável. www.b3.com.br, 2021. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/4-milhoes-de-pfs.htm. Acesso em: 07 de novembro de 2021.

Consolidado Histórico de Fundos de Investimento. www.anbima.com.br, 2021. Disponível em: https://www.anbima.com.br/pt_br/informar/estatisticas/fundos-de-investimento/fi-consolidado-historico.htm. Acesso em: 07 de novembro de 2021.

Fabozzi, J. F. (2006), Bond Markets, Analysis and Strategies, 6th edn, Prentice Hall.

FERREIRA, Luiz F. Rogé; ANDRADE, Ricardo S.. *A duration e um modelo alternativo: um teste empírico*. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 39, n. 4, páginas 60-69, dezembro 1999.

FRANKLIN Jr., Sergio; Duarte, Thiago; Neves, César; Melo, Eduardo. *A estrutura a termo de taxas de juros no Brasil: Modelos, Estimação e Testes*, 2012.

PINTO, Lucinda; REZENDE, Victor. *Desempenho dos fundos DI já preocupa*. Valor Econômico, São Paulo, 21 de setembro de 2020. Disponível em: <https://valor.globo.com/financas/noticia/2020/09/21/desempenho-dos-fundos-di-ja-preocupa.ghtml> ou as ferramentas oferecidas na página. Último acesso: 15/11/2021

MACAULAY, F. R. *Some theoretical problems suggested by movements of interest rates, bond yields, and stock prices in the United States since 1856*. New York, 1938.

MARKOWITZ, Harry M. *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, 1959.

Ray, I. C. (1992), *The Bond Market: Trading and Risk Management*, McGrawHill.

SETTE, Humberto Marcus Leão. *Ouro, Ibovespa e criptoativo: proposta de carteira segundo Markowitz*, Repositório Institucional da Unisul, 2018.

SHARPE, W. *The sharpe ratio*. Journal of Portfolio Management, [s.n.], Oct. 1994.

SHARPE, W. *Mutual fund performance*. Journal of Business, [s.n.], p. 119-138, Jan. 1966.

Steven, L. A. & Kleinstein, A. D. (1991), *Valuing fixed-income investments and derivative securities: Cash-flow analysis and calculations*, New York Institute of Finance.

(Tesouro Direto, 2021), 'Precificação dos Títulos Públicos', disponível em: <https://www.tesourodireto.com.br/documentos/precificacao-dos-titulos-publicos.htm>. Último acesso em 15 de novembro 2021.