

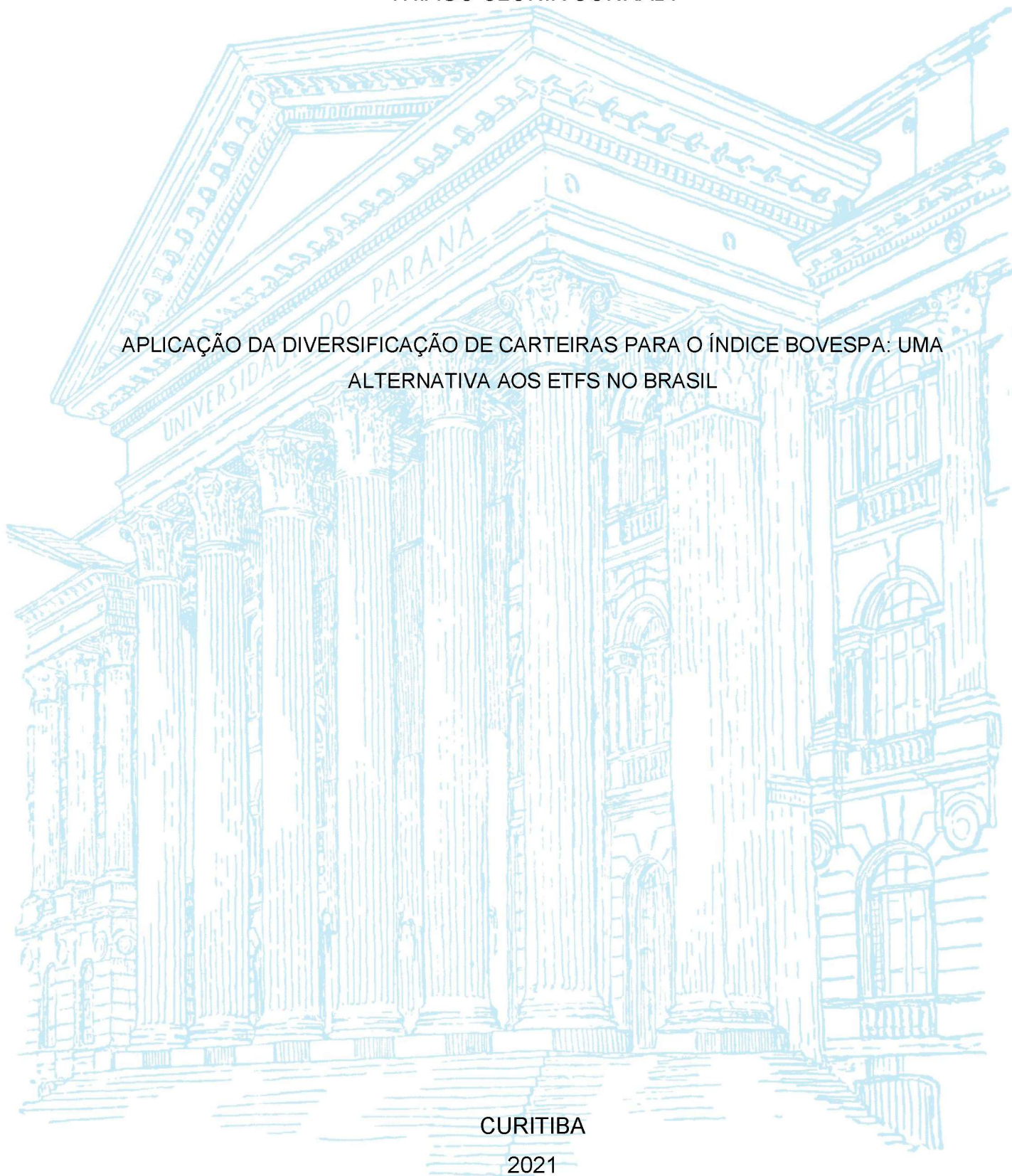
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THIAGO SLONIK CONRADI

APLICAÇÃO DA DIVERSIFICAÇÃO DE CARTEIRAS PARA O ÍNDICE BOVESPA: UMA  
ALTERNATIVA AOS ETFS NO BRASIL

CURITIBA

2021



THIAGO SLONIK CONRADI

APLICAÇÃO DA DIVERSIFICAÇÃO DE CARTEIRAS PARA O ÍNDICE BOVESPA: UMA  
ALTERNATIVA AOS ETFS NO BRASIL

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Adalto Acir Althaus Junior

CURITIBA

## TERMO DE APROVAÇÃO

THIAGO SLONIK CONRADI

APLICAÇÃO DA DIVERSIFICAÇÃO DE CARTEIRAS PARA O ÍNDICE BOVESPA: UMA  
ALTERNATIVA AOS ETFS NO BRASIL

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Ciência Econômicas,  
Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como  
requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a)./Msc. \_\_\_\_\_

Orientador(a) – Departamento \_\_\_\_\_, INSTITUIÇÃO

\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a)./Msc. \_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_, INSTITUIÇÃO

\_\_\_\_\_  
Prof(a). Dr(a)./Msc. \_\_\_\_\_

Departamento \_\_\_\_\_, INSTITUIÇÃO

Cidade, \_\_ de \_\_\_\_\_ de 202\_.

## RESUMO

O mercado de ações brasileiro apresentou um grande crescimento nos últimos anos, batendo a marca de 3 milhões de investidores em 2020. Além disso, o índice Bovespa chegou à marca de 121 mil pontos em 2021, número 71% superior à máxima de 2018. Entretanto, faltam alternativas para aqueles que buscam investir diretamente no índice, uma vez que o mercado de ETFs não acompanhou o ritmo de crescimento e sua baixa liquidez e de divulgação dificultam esse tipo de investimento no Brasil. Este trabalho propõe uma alternativa para quem procura uma forma de investir diretamente no índice Bovespa. Para isso, analisou-se o histórico de todas as ações que fizeram parte do Ibovespa entre janeiro de 2019 e setembro de 2021. Então, com base no retorno e covariância entre os ativos e utilizando-se da teoria moderna do portfólio (Markowitz, 1952), elaborou-se 9 carteiras otimizadas para representar o índice ao longo de todo o período estudado. Por fim, comparou-se o desempenho dessas carteiras com o do indicador. Concluiu-se que, no geral, as carteiras diversificadas apresentaram uma melhor relação risco-retorno e obtiveram êxito em acompanhar a volatilidade do Ibovespa durante o período do estudo.

Palavras-chave: ETF. Ibovespa. Otimização. Markowitz. Portfólio.

## ABSTRACT

The Brazilian stock market has shown great growth in recent years, reaching the mark of 3 million investors in 2020. In addition, the Bovespa index reached the mark of 121,000 points in 2021, a number 71% higher than the maximum in 2018. However, there is a lack of alternatives for those seeking to invest directly in the index, since the ETF market did not have the same growth and its low liquidity and disclosure make this type of investment difficult in Brazil. This study proposes an alternative for those looking for a way to invest directly in the Bovespa index. In order to reach this objective, the performance history of all stocks that were part of the Ibovespa between January 2019 and September 2021 was analyzed. Then, based on the return and covariance between assets and using the modern portfolio theory (Markowitz,1952), 9 optimized portfolios were created to represent the index throughout the study period. Finally, the performance of these portfolios were compared to the Ibovespa. At the end, It was concluded that, in general, the presented diversified portfolios offered a better risk-return ratio and were successful in representing the volatility of the Ibovespa during the experiment.

Keywords: ETF. Ibovespa. Optimization. Markowitz. Portfolio.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - PRODUTOS FINANCEIROS NO BRASIL .....	19
Figura 2 - PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO NA BOLSA POR PAÍS.....	21
Figura 3 - EVOLUÇÃO ETFS NO MUNDO .....	24
Figura 4 - FRONTEIRA EFICIENTE.....	26
Figura 5 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PARA AS CARTEIRAS DE 2019 .....	27
Figura 6 - PARÂMETROS SOLVER .....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - RETORNO GERAL ACUMULADO .....	42
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - EVOLUÇÃO PESSOAS FÍSICAS NA B3 .....	20
Tabela 2 - ÍNDICE DE FECHAMENTO NOMINAL .....	23
Tabela 3 - OS 10 ETFs MAIS NEGOCIADOS EM JUNHO DE 2021 NO BRASIL ...	25
Tabela 4 - CARTEIRAS IBOVESPA JANEIRO 2019 A SETEMBRO 2021 .....	28
Tabela 5 – CARTEIRA IBOVESPA PARA SETEMBRO 2021.....	28
Tabela 6 - Cálculo da matriz variância-covariância de uma carteira .....	31
Tabela 7 - CARTEIRA OTIMIZADA - JANEIRO DE 2019 .....	34
Tabela 8 - CARTEIRA OTIMIZADA - MAIO DE 2019.....	35
Tabela 9 - CARTEIRA OTIMIZADA - SETEMBRO DE 2019.....	35
Tabela 10 - CARTEIRA OTIMIZADA - JANEIRO DE 2020 .....	36
Tabela 11 - CARTEIRA OTIMIZADA - MAIO DE 2020 .....	36
Tabela 12 - CARTEIRA OTIMIZADA - SETEMBRO DE 2020.....	36
Tabela 13 - CARTEIRA OTIMIZADA - JANEIRO DE 2021 .....	37
Tabela 14 - CARTEIRA OTIMIZADA - MAIO DE 2021 .....	37
Tabela 15 - CARTEIRA OTIMIZADA - SETEMBRO DE 2021.....	38
Tabela 16 - RETORNO ESPERADO E DESVIO PADRÃO DAS CARTEIRAS.....	38
Tabela 17 - RETORNO ACUMULADO DAS CARTEIRAS.....	39
Tabela 18 - RETORNO DIÁRIO DAS CARTEIRAS .....	40
Tabela 19 - DESVIO PADRÃO DAS CARTEIRAS .....	41

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	16
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.2 METODOLOGIA DA PESQUISA.....	17
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 PERFIL DO INVESTIDOR BRASILEIRO .....	19
2.2 MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO.....	20
2.2.1.1 Metodologia de Seleção .....	21
2.2.1.2 Desempenho Recente .....	23
2.3 ETFS.....	24
2.4 TEORIA MODERNA DE CARTEIRA.....	25
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>27</b>
3.1 HISTÓRICO IBOVESPA .....	27
3.2 RETORNOS DOS ATIVOS .....	30
3.3 COVARIÂNCIA ENTRE OS ATIVOS .....	30
3.4 RETORNO ESPERADO E VOLATILIDADE DA CARTEIRA.....	31
3.5 OTIMIZAÇÃO DO PORTFÓLIO .....	32
3.6 MENSURAÇÃO DOS RESULTADOS.....	33
<b>4 PRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
4.1 CARTEIRAS OTIMIZADAS .....	34
4.2 RETORNO E DESVIO PADRÃO DAS CARTEIRAS.....	39
4.3 RETORNO GERAL ACUMULADO.....	41
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado de capitais brasileiro vive um momento de ascensão. O número de pessoas físicas na bolsa nacional mais do que triplicou nos últimos 3 anos, batendo a marca de 3 milhões de investidores em 2020 (XP EXPERT, 2021).

. Destaca-se, como reflexo desse crescimento, a evolução do índice Bovespa, indicador que representa o desempenho das ações negociadas na bolsa, que saiu da casa dos 87 mil pontos em 2018 e chegou à máxima de 121 mil pontos em 2021 (B3, 2021), apresentando um crescimento de 71%.

Em meio a esse cenário favorável, outro mercado nacional de investimentos do qual esperava-se desenvolvimento semelhante ao de ações era o de Fundos Negociados em Bolsa (Exchange Traded Fund). Afinal, os ETFs são fundos de investimento que refletem o desempenho de índices, e para o caso brasileiro, os maiores ETFs em termos de número de investidores, de acordo com a B3, são o BOVA11 e BOVV11, que emulam o índice Bovespa.

À primeira vista, esse tipo de ativo casa-se bem com o perfil dos investidores brasileiros (ANBIMA, 2021), pois costuma oferecer boa relação entre risco e retorno, fatores relevantes para o público no momento da escolha de um ativo. Entretanto, como explica Yoshinaga e Eid. Jr (2019), o baixo interesse das corretoras em comercializar esse tipo de produto e sua consequente iliquidez tornam-se um entrave à evolução desse mercado no Brasil.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Uma alternativa para aqueles que se sentem inseguros em investir em ETFs, mas gostariam de adquirir um ativo que varia conforme o índice Bovespa, seria a construção de uma cesta de ações contendo todos os ativos que são negociados na Bovespa diariamente.

Entretanto, se teoricamente isso é possível, operacionalmente nem tanto. Além do tempo necessário para adequar quadrimestralmente o peso de cada ativo dentro da carteira (segundo a B3, em setembro de 2021 o Ibovespa conta com 91 ativos diferentes), outro fator que pode inviabilizar essa estratégia são os custos incorridos da compra e venda de ações, que encarecem a administração desse portfólio.

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

Portanto, o objetivo deste trabalho é criar uma alternativa aos ETFs no Brasil para aqueles que desejam investir diretamente no índice Bovespa. Isso se daria pela seleção, através da teoria moderna de portfólio de Markowitz (1952), de uma carteira otimizada do Ibovespa no qual um número reduzido de ativos possa, ao mesmo tempo, representar o índice quanto à volatilidade e apresentar um retorno igual ou superior ao mesmo.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Além de montar um portfólio otimizado para o índice Bovespa, este trabalho visa comprovar a eficácia da metodologia aplicada para a seleção dos ativos, ao elaborar um estudo empírico com base nos dados históricos da bolsa brasileira.

Em meio a esse estudo, também procura-se entender o comportamento do mercado acionário brasileiro e o desempenho das carteiras otimizadas antes e durante a pandemia da Covid-19, que afetou o país durante os anos de 2020 e 2021. Para isso, se avaliará o retorno acumulado e o desvio padrão durante os períodos e se realizará uma comparação entre o desempenho das carteiras otimizadas frente ao Ibovespa.

## 1.2 METODOLOGIA DA PESQUISA

O estudo se divide em duas etapas. A primeira refere-se à coleta de dados históricos de todas as ações que fizeram parte, em algum momento, do índice Bovespa entre janeiro de 2019 e setembro de 2021. Então, calcula-se o retorno esperado e o desvio padrão (com base nos 12 meses anteriores) de cada um deles para a elaboração das carteiras otimizadas.

Já a segunda parte tem como objetivo comparar o desempenho dos portfólios obtidos na etapa anterior com do índice Ibovespa. Para isso, simula-se um aporte de R\$1.000,00 nas duas carteiras e avalia-se o retorno acumulado por ambos os investimentos ao final do estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Há quase 70 anos Markowitz (1952) publicava sua obra que mudaria o curso da diversificação de portfólios. Desde então, inúmeros trabalhos foram realizados replicando a teoria de média-variância para a diversificação de ativos, em diferentes mercados e com diferentes tipos de investimento.

Ao aplicar a teoria de Markowitz para a bolsa de valores brasileira, Oliveira et al. (2011), sugere que portfólios com empresas de menor participação dentro da bolsa compõe um portfólio de melhor risco/retorno. Ainda no mercado brasileiro, Fonseca (2011) compara a relação risco-retorno de uma carteira de ações diversificada ingenuamente, ou seja, composta por ativos divididos em pesos iguais, com outra utilizando a teoria moderna do portfólio. No estudo, aponta-se para uma maior eficiência das carteiras diversificadas com o método de Markowitz, demonstrando a aplicabilidade da teoria para mercados nacionais. Ainda em âmbito nacional, Sá (2020) determina o número ideal de ativos que maximiza a relação de risco-retorno para o mercado brasileiro em 30 ações, também se baseando na teoria de Markowitz.

Por outro lado, Renner (2010) comprova a ineficácia da teoria de diversificação de carteiras através do método de Markowitz para riscos não-sistemáticos. Márcio mensura retroativamente o comportamento de três carteiras de ativos compostas pelos principais fundos de investimento do mundo, antes e depois da crise econômica de 2008. Os resultados mostram que as carteiras otimizadas (mensal e anualmente) pela teoria de Markowitz não possuem vantagens em relação à uma carteira igualmente dividida.

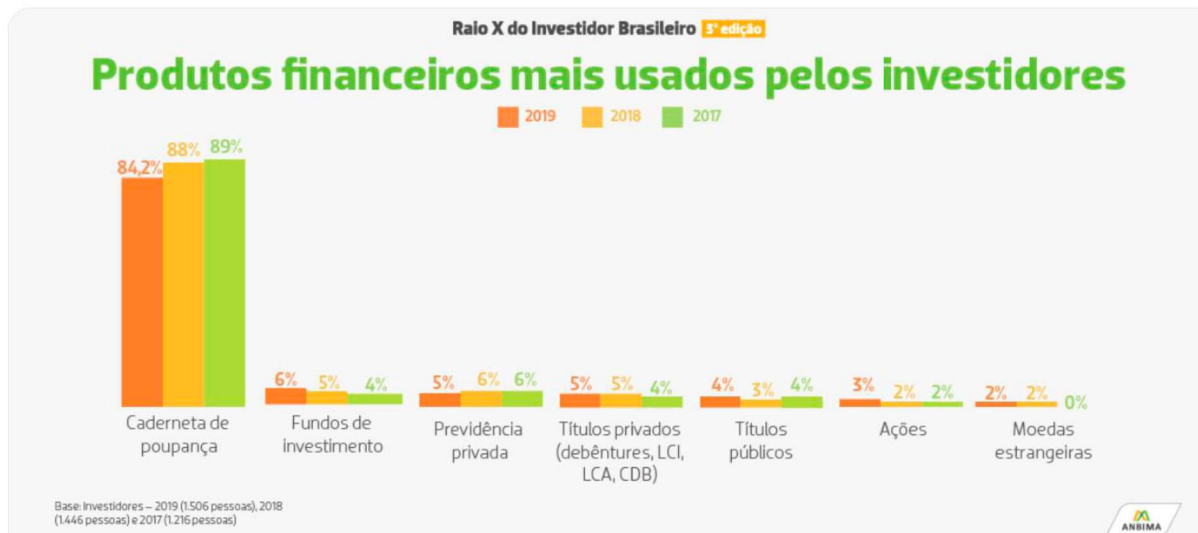
Além desses, outros trabalhos abordam diversificação de carteiras e Markowitz através de métodos de programação e programação linear, como é o caso de Amaral et al. (2017).

Quanto ao mercado de ETFs no Brasil, nota-se uma ausência de trabalhos a respeito do tema. Um dos poucos encontrados é o de Yoshinaga e Eid Junior (2019), que comparam o desenvolvimento desse tipo de investimento no país com o padrão encontrado em países mais desenvolvidos. Neste trabalho, destaca-se a falta de investidores e desinteresse das corretoras em vender esse produto nacionalmente como fatores que impedem a disseminação de ETFs no mercado brasileiro.

## 2.1 PERFIL DO INVESTIDOR BRASILEIRO

Com base no Raio X do Investidor 2021, publicado pela ANBIMA (2021), apenas 44% da população brasileira possui algum tipo de investimento. No geral, o perfil desses investidores costuma ser o tradicional, ou seja, há a tendência de se optar por riscos menores ao invés de retornos mais elevados. Isso se justifica pela preferência por investimentos em renda fixa, como no caso da caderneta de poupança, que representava o destino de cerca de 84% dos investimentos brasileiros no ano de 2019, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - PRODUTOS FINANCEIROS NO BRASIL



FONTE: ANBIMA (2019).

Entretanto, apesar da predominância da poupança como o destino mais frequente de investimentos no Brasil, nota-se, a partir de 2017, uma tendência de migração desse tipo de investimento para aqueles de maior risco, com destaque para fundos de investimento, ações e moedas estrangeiras, que apresentaram bom crescimento no período.

Ainda de acordo com a pesquisa da ANBIMA, 76,7% das pessoas que investem nas categorias de maior risco buscam informações na internet, contra 51,9% do perfil do investidor da poupança, apontando uma possível relação entre o acesso à informação e realização de investimentos mais arrojados.

Portanto, trabalhos como este contribuem para esse acesso, uma vez que enriquecem o acervo de conhecimento e informação aos investidores e demonstram novas formas e possibilidades de investimento.

## 2.2 MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO

Desde 2017, a B3 é a Bolsa de Valores do Brasil, resultado da fusão entre a BM&F (Bolsa de Mercadorias e Futuros), Bovespa (Bolsa de Valores de São Paulo) e a Cetip (Central de Custódia e de Liquidação Financeira de Títulos). Atualmente, a B3 conta com 445 empresas listadas para negociação e o número de pessoas físicas que detinham algum tipo de investimento em sua plataforma em 2021 chegou ao número de 3.792.276, marca 511% superior ao ano de sua criação (Tabela 1).

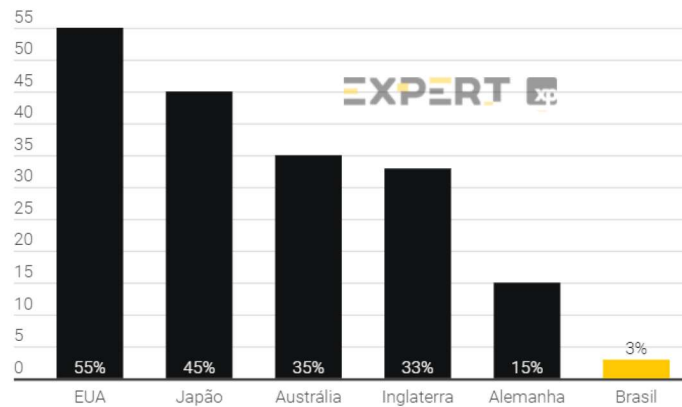
Tabela 1 - EVOLUÇÃO PESSOAS FÍSICAS NA B3

<b>Ano</b>	<b>Pessoas Físicas na B3</b>
2021	3.791.276
2020	3.230.551
2019	1.666.082
2018	813.780
2017	620.113
2016	564.528
2015	557.522

FONTE: B3 (2021).

Contudo, quando se compara a porcentagem da população que investiu em ações em 2020 (Figura 2) no Brasil (3%) com a de países de mercado de capitais mais desenvolvidos, como Estados Unidos (55%) e Japão (45%), nota-se que, embora o notório crescimento recente, há um longo caminho pela frente para a maior disseminação desse mercado de investimento nacional, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - PARTICIPAÇÃO DA POPULAÇÃO NA BOLSA POR PAÍS



FONTE: XP Expert (2020).

O Ibovespa, criado em 1968, é o principal indicador de desempenho das ações negociadas na B3. Como um termômetro de mercado, ele varia diariamente de acordo com os resultados das principais empresas do país, as quais compõem o índice. Atualmente, o Ibovespa conta com 91 ativos de 85 empresas diferentes compondo seu portfólio (B3, 2021). Cada ação possui um peso diferente dentro da carteira, de acordo com os critérios de ponderação da Metodologia do Índice Bovespa (Ibovespa) (B3, 2020), o qual leva em consideração o valor de mercado dos ativos que se encontram em circulação. De acordo com a metodologia, o cálculo do Ibovespa se dá pela fórmula:

$$\text{Índice}_{(t)} = \frac{\text{Valortotaldacarteira}}{\text{Redutor}} = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{i_t} * Q_{i_t})}{\alpha}$$

Onde:

**Índice(t)** = valor do índice no instante t.

**n** = número total de ativos integrantes da carteira teórica do índice.

**P<sub>i</sub>t** = último preço do ativo i no instante t.

**Q<sub>i</sub>t** = quantidade do ativo i na carteira teórica no instante

**α.** = redutor utilizado para adequar o valor total da carteira ao valor de divulgação do índice (para manter o valor do índice constante).

#### 2.2.1.1 Metodologia de Seleção

A lista de empresas que fazem parte do Ibovespa é revisada a cada 4 meses, seguindo a Metodologia do Índice Bovespa (Ibovespa), publicada em 2020

pela B3. De acordo com a metodologia, as ações, para serem elegíveis para o índice, devem cumprir os critérios de inclusão listados abaixo, conforme a metodologia:

- a. Estar entre os ativos elegíveis que, no período de vigência das 3 (três) carteiras anteriores, em ordem decrescente de Índice de Negociabilidade (IN), representem em conjunto 85% (oitenta e cinco por cento) do somatório total desses indicadores (ver Manual de Definições e Procedimentos dos Índices da B3).
- b. Ter presença em pregão de 95% (noventa e cinco por cento) no período de vigência das 3 (três) carteiras anteriores.
- c. Ter participação em termos de volume financeiro maior ou igual a 0,1% (zero vírgula um por cento), no mercado a vista (lote-padrão), no período de vigência das 3 (três) carteiras anteriores.
- d. Não ser classificado como Penny Stock (ver Manual de Definições e Procedimentos dos Índices da B3). Um ativo que seja objeto de Oferta Pública realizada durante o período de vigência das 3 (três) carteiras anteriores ao rebalanceamento será elegível, mesmo sem estar listado todo o período, desde que:
  1. A Oferta Pública de distribuição de ações ou units, conforme o caso, tenha sido realizada antes do rebalanceamento imediatamente anterior;
  2. Possua 95% (noventa e cinco por cento) de presença desde seu início de negociação;
  3. atenda cumulativamente aos critérios a, c e d. (METODOLOGIA DO ÍNDICE BOVESPA (IBOVESPA), 2020, p. 4).

Além dos critérios de inclusão, há os de exclusão, para os quais as empresas devem cumprir a fim de permanecer dentro da carteira do Ibovespa. De acordo com a metodologia, são eles:

- e. deixarem de atender a dois dos critérios de inclusão acima indicados;
- f. estiverem entre os ativos que, em ordem decrescente de IN, estejam classificados acima dos 90% (noventa por cento) do total no período de vigência das 3 (três) carteiras anteriores (ver Manual de Definições e Procedimentos dos Índices da B3);
- g. sejam classificados como Penny Stock (ver Manual de Definições e Procedimentos dos Índices da B3); ou

h. durante a vigência da carteira passem a ser listados em situação especial (Ver Manual de Definições e Procedimentos dos Índices da B3). Serão excluídos ao final de seu primeiro dia de negociação nesse enquadramento. (METODOLOGIA DO ÍNDICE BOVESPA (IBOVESPA), 2020, p. 4).

### 2.2.1.2 Desempenho Recente

Ao longo dos últimos anos, o Ibovespa apresentou um grande crescimento nominal, chegando à máxima histórica no dia 24/06/2021, quando atingiu a marca de 130.776,27 pontos (B3, 2021). Quando se compara o índice de fechamento nominal do indicador até agosto de 2021, em cerca de 121 mil pontos, com o do ano de 2017, cerca de 76 mil pontos, verifica-se um expressivo aumento de 59% em 4 anos. Destaca-se a transição do ano de 2018 para 2019, no qual o indicador saltou 27,8 mil pontos, uma variação positiva de 31,58%, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2 - ÍNDICE DE FECHAMENTO NOMINAL

Ano	Índice de Fechamento Nominal (1)	Varição Anual Nominal (%)	Índice de Fechamento em US\$ (2)	Varição anual em US\$ (%)
2021	121.800,79	2,34	23.573,28	2,93
2020	119.017,24	2,92	22.902,47	-20,18
2019	115.645,34	31,58	28.691,13	26,49
2018	87.887,27	15,03	22.681,76	-1,79
2017	76.402,08	26,86	23.096,16	24,98
2016	60.227,28	38,93	18.479,73	66,46
2015	43.349,96	-13,31	11.101,71	-41,03
2014	50.007,41	-2,91	18.826,67	-14,37
2013	51.507,16	-15,50	21.987,18	-26,29
2012	60.952,08	7,40	29.827,30	-1,42

FONTE: B3 (2021).

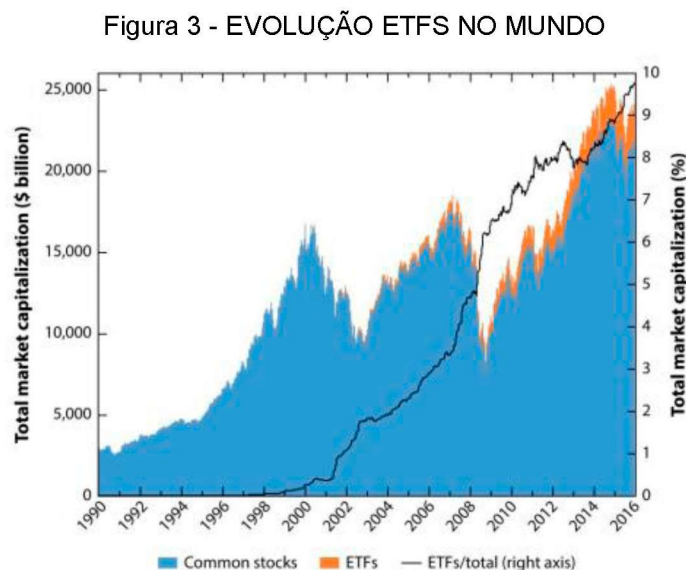
Ainda, é importante ressaltar o bom desempenho recente, com uma retomada de crescimento do o indicador, que obteve subseqüentes quedas do período de 2012 a 2015, refletindo a crise e instabilidade da economia brasileira (Oreiro, 2017). Além disso, o indicador nominal não leva em consideração fatores da conjuntura econômica como a inflação, que podem superestimar o valor real do crescimento.

Além da questão inflacionária, é possível notar que em âmbito internacional o indicador apresentou decréscimo. Ao se realizar a conversão para o dólar,

devido à depreciação cambial, o indicador apresenta em 2021 valores inferiores em relação ao ano de 2012.

### 2.3 ETFS

Os ETFs (Exchange Traded Funds), ou simplesmente Fundos de Índice, são fundos de investimentos que replicam o comportamento de determinado índice, como commodities, moedas ou índices de bolsas de valores. Esse tipo de investimento se popularizou nos Estados Unidos no final da década de 90, como demonstra Deville (2008), com o surgimento do ETF que replica o comportamento da Nasdaq 100, índice que mede o desempenho das cem maiores empresas de tecnologias da bolsa americana.



FONTE: Ben-David, Franzoni e Moussawi (2017).

As principais vantagens de se investir em um ETF estão relacionadas à sua facilidade de comercialização. Assim, através da compra de um fundo de índice, é possível ter acesso à: 1) Uma cesta de ativos diversificada; 2) Diferentes mercados; 3) Custo reduzido em relação à fundos indexados (Mundo Neto, Donadone, 2020).

No Brasil, o primeiro ETF, nomeado PIB11, foi lançado em 2004 e estava atrelado à variação do PIB nacional. Atualmente estão listados 48 ETFs no mercado brasileiro, sendo esses divididos entre renda variável (41) e fixa (7) (B3, 2021). Dentre os ETFs de renda variável, 4 são vinculados ao Ibovespa: BOVA11,

BOVV11, XBOV11, BOVB11, com destaque para os dois primeiros, que somados equivalem a mais de 70% do mercado brasileiro de Fundos de Índice em volume de negociações, conforme demonstrado na tabela 3.

Tabela 3 - OS 10 ETFS MAIS NEGOCIADOS EM JUNHO DE 2021 NO BRASIL

ETF	Índice	Volume diário médio negociado (R\$)	%
BOVA11	IBOV	669.615	53,67%
BOVV11	IBOV	209.006	16,75%
HASH11	Nasdaq Crypto	94.069	7,54%
IVVB11	S&P500	75.445	6,05%
SMAL11	SMLL	44.553	3,57%
SPXI11	S&P500	44.502	3,57%
SMAC11	SMLL	17.331	1,39%
FIND11	IFNC	16.339	1,31%
BOVB11	IBOV	13.081	1,05%
GOLD11	iSharesGold Trust	12.842	1,03%

FONTE: B3 (2021).

Portanto, nota-se, apesar do crescimento recente, que o mercado de ETFs no Brasil ainda é bastante pequeno, com um baixo número de opções disponíveis aos investidores.

## 2.4 TEORIA MODERNA DE CARTEIRA

O modelo de seleção de portfólio de Markowitz (1952) revolucionou a teoria de finanças ao trazer a matemática, através da análise média-variância, para construção de carteiras, dando origem à Teoria Moderna de Carteira. O modelo proposto por Markowitz justifica a importância da diversificação de uma carteira não apenas pelo ato de investir em vários ativos, mas do uso da correlação como determinante para o ponderar tais escolhas.

Com isso, o modelo básico de Markowitz (1952) é apresentado da seguinte forma:

(1)

$$R = \sum_{i=1}^n X_i \mu_i$$

(2)

$$V = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_i X_j \sigma_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^n X_i = 1$$

$$X_i \geq 0$$

Onde:

R é o retorno esperado da carteira;

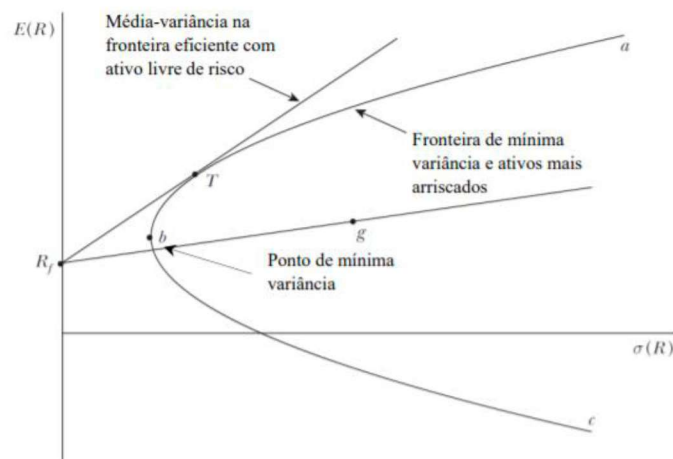
V é a variância da carteira;

$X_i$  é a participação de cada ativo;

$\mu_i$  é o retorno esperado de cada ativo.

Então, a partir desse modelo há a possibilidade do estabelecimento de fronteiras eficientes da relação risco e retorno, onde a carteira está alocada de forma ótima. A Figura 4 demonstra, através da curva abc, a fronteira mínima de variância, que, conforme explicam Fama e French (2004), limitam as carteiras mais eficientes em seu interior.

Figura 4 - FRONTEIRA EFICIENTE



FONTE: Fama e French (2004).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo discorre-se a respeito da aplicação da metodologia de diversificação de portfólios para a otimização das carteiras Ibovespa que vigoraram de janeiro de 2019 a setembro de 2021.

Conforme mencionado na Introdução deste trabalho, o estudo se divide em duas etapas. A primeira refere-se à coleta de dados históricos, cálculo de indicadores e elaboração das carteiras otimizadas. Já a segunda se propõe a testar os novos portfólios, obtidos na etapa anterior, frente à carteira do índice Ibovespa em vigor durante o respectivo período estudado, conforme exemplificado na Figura 5.

Figura 5 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PARA AS CARTEIRAS DE 2019

Ano	2018												2019													
	Carteira/Mês	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	mai.	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	
Carteira otimizada jan. 2019	Histórico para cálculo de indicadores												Teste da metodologia Ibov. vs Otimização													
Carteira otimizada mai. 2019					Histórico para cálculo de indicadores								Teste da metodologia Ibov. vs Otimização													
Carteira Otimizada set. 2019							Histórico para cálculo de indicadores						Teste da metodologia Ibov. vs Otimização													

FONTE: O autor (2021).

Nesse quadro temporal, em cinza está representado o período de 1 ano referente à coleta dos dados históricos. Por sua vez, em amarelo, está o período utilizado para acompanhar os resultados da carteira otimizada e do Ibovespa vigente naquele momento.

#### 3.1 HISTÓRICO IBOVESPA

Para a realização do estudo coletou-se, através da plataforma Yahoo Finance, o histórico do preço de fechamento diário de todos os 92 (B3, 2021) ativos que fizeram parte das carteiras do Ibovespa de Janeiro de 2019 até Setembro de 2021.

Segundo a B3 (2021), as carteiras do Ibovespa sofrem reajustes quadrimestrais (inclusão, remoção e balanceamento dos pesos dos ativos).

Portanto, foram analisadas 9 carteiras, conforme listadas na Tabela 4. Para cada uma delas, além do fechamento de preço diário referente ao ano anterior e aos 4 meses de operação no qual a carteira esteve ativa, coletou-se também o peso de cada ativo (divulgado junto ao lançamento da atualização da carteira pela B3).

Tabela 4 - CARTEIRAS IBOVESPA JANEIRO 2019 A SETEMBRO 2021

CARTEIRA	NÚMERO DE ATIVOS	INÍCIO	TÉRMINO	FECHAMENTO DIÁRIO OBSERVADOS
Janeiro 2019	65	07/01/2019	03/05/2019	07/01/2018 – 03/05/2019
Maio 2019	66	06/05/2019	30/08/2019	06/05/2018 – 30/08/2019
Setembro 2019	68	02/09/2019	03/01/2020	02/09/2018 – 03/01/2020
Janeiro 2020	73	06/01/2020	30/04/2020	06/01/2019 – 30/04/2020
Maio 2020	75	04/05/2020	04/09/2020	04/05/2019 – 04/09/2020
Setembro 2020	77	08/09/2020	30/12/2020	08/09/2019 – 30/12/2020
Janeiro 2021	81	04/01/2021	30/04/2021	04/01/2020 – 30/04/2021
Maio 2021	84	03/05/2021	03/09/2021	03/05/2020 – 03/09/2021
Setembro 2021	91	06/09/2021	30/12/2021	06/09/2020 – 30/12/2021

FONTE: B3 e Yahoo Finance (2021).

Abaixo, a Tabela 5 apresenta a carteira do índice Ibovespa divulgada pela B3 em 06 de setembro de 2021, que representa o índice até 30 de dezembro do mesmo ano. As informações tabuladas para cada ativo da carteira são: código da ação; nome da empresa; quantidade teórica existente no mercado e seu respectivo peso para o portfólio.

Tabela 5 – CARTEIRA IBOVESPA PARA SETEMBRO 2021

Código	Ação	Qtde. Teórica	Part. (%)
ABEV3	AMBEV S/A	4.358.814.864	3,135%
ALPA4	ALPARGATAS	167.963.777	0,414%
AMER3	AMERICANAS	546.064.815	0,993%
ASAI3	ASSAI	794.116.430	0,626%
AZUL4	AZUL	327.741.172	0,522%
B3SA3	B3	6.079.530.858	3,710%
BBAS3	BRASIL	1.420.530.937	1,797%
BBDC3	BRADESCO	1.378.842.305	1,149%
BBDC4	BRADESCO	4.691.427.537	4,518%
BBSE3	BBSEGURIDADE	671.629.692	0,560%
BEEF3	MINERVA	242.962.308	0,082%
BIDI11	BANCO INTER	477.617.336	1,322%
BIDI4	BANCO INTER	186.303.277	0,164%
BPAC11	BTGP BANCO	1.301.655.996	1,551%
BPAN4	BANCO PAN	341.124.068	0,257%
BRAP4	BRADESPAR	222.604.507	0,605%
BRDT3	PETROBRAS BR	1.164.602.565	1,296%
BRFS3	BRF SA	811.759.800	0,838%
BRKM5	BRASKEM	264.642.296	0,768%
BRML3	BR MALLS PAR	843.728.684	0,317%
CASH3	MELIUIZ	90.581.467	0,139%
CCRO3	CCR SA	1.115.693.556	0,578%

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Qtde. Teórica</b>	<b>Part. (%)</b>
CIEL3	CIELO	1.144.359.228	0,129%
CMIG4	CEMIG	1.114.214.662	0,659%
COGN3	COGNA ON	1.847.994.874	0,244%
CPFE3	CPFL ENERGIA	187.732.538	0,223%
CPL6	COPEL	1.563.365.506	0,461%
CRFB3	CARREFOUR BR	410.988.561	0,327%
CSAN3	COSAN	1.169.237.744	1,124%
CSNA3	SID NACIONAL	642.398.790	0,971%
CVCB3	CVC BRASIL	224.571.661	0,196%
CYRE3	CYRELA REALT	281.609.283	0,231%
DXCO3	DEXCO	272.062.873	0,239%
ECOR3	ECORODOVIAS	339.237.914	0,144%
EGIE3	ENGIE BRASIL	255.217.329	0,436%
ELET3	ELETROBRAS	358.028.908	0,578%
ELET6	ELETROBRAS	242.987.127	0,399%
EMBR3	EMBRAER	734.558.205	0,694%
ENBR3	ENERGIAS BR	231.489.471	0,184%
ENEV3	ENEVA	1.261.568.398	0,870%
ENGI11	ENERGISA	248.542.219	0,473%
EQTL3	EQUATORIAL	1.010.511.085	1,126%
EZTC3	EZTEC	101.618.236	0,115%
FLRY3	FLEURY	303.005.900	0,313%
GGBR4	GERDAU	1.097.534.498	1,305%
GNDI3	INTERMEDICA	592.114.608	2,101%
GOAU4	GERDAU MET	698.275.321	0,377%
GOLL4	GOL	167.095.214	0,138%
HAPV3	HAPVIDA	1.306.939.210	0,845%
HGTX3	CIA HERING	117.608.748	0,186%
HYPE3	HYPERA	411.803.359	0,617%
IGTA3	IGUATEMI	85.748.277	0,121%
IRBR3	IRBBRASIL RE	1.255.286.531	0,281%
ITSA4	ITAUSA	4.515.559.175	2,206%
ITUB4	ITAUNIBANCO	4.780.002.924	6,181%
JBSS3	JBS	1.346.828.080	1,819%
JHSF3	JHSF PART	305.915.142	0,083%
KLBN11	KLABIN S/A	812.994.397	0,909%
LAME4	LOJAS AMERIC	853.524.256	0,223%
LCAM3	LOCAMERICA	324.522.975	0,344%
LREN3	LOJAS RENNER	889.725.318	1,434%
LWSA3	LOCAWEB	431.783.548	0,450%
MGLU3	MAGAZ LUIZA	2.820.185.158	2,315%
MRFG3	MARFRIG	348.234.011	0,323%
MRVE3	MRV	294.643.879	0,169%
MULT3	MULTIPLAN	273.506.645	0,240%
NTCO3	GRUPO NATURA	843.870.809	1,859%
PCAR3	P.ACUCAR-CBD	156.946.474	0,185%
PETR3	PETROBRAS	3.426.385.188	4,063%
PETR4	PETROBRAS	4.566.511.125	5,222%
PETZ3	PETZ	258.407.844	0,299%
PRIO3	PETRORIO	839.159.130	0,662%
QUAL3	QUALICORP	283.670.037	0,277%
RADL3	RAIADROGASIL	1.071.076.905	1,214%
RAIL3	RUMO S.A.	1.216.056.103	1,003%
RDOR3	REDE D OR	320.214.380	0,953%
RENT3	LOCALIZA	593.944.309	1,413%
SANB11	SANTANDER BR	362.703.399	0,613%
SBSP3	SABESP	340.001.934	0,526%
SULA11	SUL AMERICA	284.771.028	0,348%
SUZB3	SUZANO S.A.	726.779.281	1,948%
TAE11	TAESA	218.568.234	0,356%
TIMS3	TIM	808.619.532	0,418%
TOTS3	TOTVS	480.960.677	0,818%

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Qtde. Teórica</b>	<b>Part. (%)</b>
UGPA3	ULTRAPAR	1.084.337.016	0,695%

FONTE: B3 (2021).

Os dados dos ativos e seus pesos dentro do período de vigência de cada carteira para os demais períodos foram extraídos de forma análoga.

### 3.2 RETORNOS DOS ATIVOS

Em seguida, com base no histórico de fechamento diário dos preços de cada ativo, utilizou-se a equação de variação, descrita abaixo, para o cálculo do retorno diário de cada ativo:

$$\Delta P = \left( \frac{P_f}{P_i} - 1 \right) \times 100$$

Onde:

$\Delta P$  = Variação do preço do ativo;

$P_f$  = Preço de fechamento do dia;

$P_i$  = Preço de fechamento do dia anterior.

Utilizou-se a variação diária dos ativos para se obter uma amostra maior de dados para realização dos cálculos.

### 3.3 COVARIÂNCIA ENTRE OS ATIVOS

De acordo com Markowitz (1952), sabendo-se o histórico de variação diária dos ativos de uma carteira, torna-se possível obter a covariância entre eles. Sendo assim, foi elaborada a matriz de variância-covariância entre os ativos para cada uma das 9 carteiras do Ibovespa selecionadas para o estudo.

Nesta etapa, utilizou-se o software R, versão 4.0.3 (R Development Core Team, 2009), aplicando a função “cov()”, para o cálculo da covariância e montagem da matriz variância-covariância entre as ações (ver tabela 6).

Tabela 6 - Cálculo da matriz variância-covariância de uma carteira

Ação	1	2	3	...	N
1	$X_1^2 \sigma_1^2$	$X_1 X_2 Cov(R_1, R_2)$	$X_1 X_3 Cov(R_1, R_3)$		$X_1 X_N Cov(R_1, R_N)$
2	$X_2 X_1 Cov(R_2, R_1)$	$X_2^2 \sigma_2^2$	$X_2 X_3 Cov(R_2, R_3)$		$X_2 X_N Cov(R_2, R_N)$
3	$X_3 X_1 Cov(R_3, R_1)$	$X_3 X_2 Cov(R_3, R_2)$	$X_3^2 \sigma_3^2$		$X_3 X_N Cov(R_3, R_N)$
.					
.					
.					
N	$X_N X_1 Cov(R_N, R_1)$	$X_N X_2 Cov(R_N, R_2)$	$X_N X_3 Cov(R_N, R_3)$		$X_N^2 \sigma_N^2$

FONTE: Ross, Westerfield e Jaffe (2008, p. 220).

Onde:

$\Sigma_i$ : desvio-padrão dos retornos da ação i;

Cov (R<sub>i</sub>, R<sub>j</sub>): covariância entre os retornos da ação i e da ação j.

Através da covariância verifica-se a relação entre a variação do preço de dois ativos. No caso de covariância positiva, há uma tendência das duas ações se moverem em conjunto. Por outro lado, quando negativa, os movimentos tendem a ser opostos. O segundo caso, ou seja, baixas covariâncias entre ativos, segundo Markowitz (1952), devem ser almejadas por aqueles investidores que buscam uma maior diversificação de seu portfólio.

As ações que possuíam o histórico de operação na B3 menor do que 1 ano completo em relação à data de divulgação de cada nova carteira do Ibovespa obtiveram uma amostra de retornos menor para a determinação da covariância com os demais ativos da respectiva carteira.

### 3.4 RETORNO ESPERADO E VOLATILIDADE DA CARTEIRA

Uma vez calculada a variação histórica do preço e sabendo-se o peso de cada ativo dentro de uma carteira, pode-se chegar ao retorno esperado de um portfólio, como explica Markowitz (1952), através da equação:

$$R_p = \sum_{i=1} X_i R_i$$

Onde:

$R_p$  = Retorno esperado do portfólio;

$X_i$  = Peso do ativo  $i$  na carteira;

$R_i$  = Retorno esperado do ativo  $i$ .

### 3.5 OTIMIZAÇÃO DO PORTFÓLIO

A otimização do portfólio, através da metodologia de Markowitz (1952), consiste em redistribuir os pesos dos ativos que compõem a carteira do Ibovespa. O objetivo dessa redistribuição é obter o maior retorno esperado possível, dado o nível de risco. Portanto, como o objetivo desse trabalho é de que o portfólio otimizado represente a carteira original do índice, o desvio-padrão da nova carteira deve ser menor ou igual ao do portfólio estudado.

Para a redistribuição ideal dos pesos dos ativos, utilizou-se o solucionador de problemas Solver do Microsoft Excel (2019), indicado por Gonçalves Jr., Pamplona e Montevechi (2002) como uma ferramenta que simplifica a formação de uma carteira de investimentos para pequenos investidores que utilizam planilhas eletrônicas. Conforme indicado na figura 6, os parâmetros definidos para o Solver foram:

- a) Maximizar o retorno esperado da carteira no campo “Definir Objetivo”;
- b) Redefinir o peso de cada ativo no campo “Alterando Células Variáveis”;
- c) Respeitar o somatório dos pesos sendo igual a 1 e o desvio padrão sendo menor ou igual ao da carteira respectiva carteira Ibovespa analisada, no campo “Sujeito às Restrições”;
- d) Sinalizar o campo “Tornar variáveis irrestritas Não Negativas”;
- e) Manter a configuração padrão de “GRG Não Linear” no campo “Selecionar um Método de Solução”.

Figura 6 - PARÂMETROS SOLVER

Definir Objetivo: Retorno\_esperado

Para:  Máx.  MÍN.  Valor de: 0

Alterando Células Variáveis: Pesos\_dos\_ativos

Sujeito às Restrições:

Soma\_dos\_pesos\_dos\_ativos = 1  
Desvio\_padrao <= Desvio\_Padrao\_Ibovespa

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução: GRG Não Linear

Método de Solução  
Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda Resolver Fechar

FONTE: O autor (2021).

Dessa forma, o Solver retorna o peso ideal de cada ativo a fim de se maximizar o retorno esperado do portfólio, dadas as restrições estabelecidas. Há também a possibilidade de ativos terem a porcentagem determinada como 0, sendo assim excluídos da nova carteira.

### 3.6 MENSURAÇÃO DOS RESULTADOS

Por fim, para validar a metodologia e verificar sua aplicabilidade, testou-se os resultados obtidos para todas as carteiras otimizadas frente ao desempenho do Ibovespa no mesmo período. Para isso, simulou-se uma aplicação de R\$1000,00 em ambos os portfólios em janeiro de 2019 e mediu-se o retorno diário acumulado, reaplicando o montante diariamente, até setembro de 2021, segundo a fórmula de capitalização composta:

$$M = C \times (1 + i)$$

Onde:

M: Montante;

C: Capital;

i: Retorno acumulado do portfólio;

Nessa etapa também buscou-se verificar se o desvio padrão da carteira otimizada realmente ficou abaixo do Ibovespa para cada período.

## 4 PRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A seguir, neste capítulo, demonstram-se os resultados obtidos através da aplicação da metodologia de diversificação de portfólios, descrita no capítulo anterior.

### 4.1 CARTEIRAS OTIMIZADAS

Através da aplicação dos passos descritos no Capítulo 3, foram obtidas 9 carteiras otimizadas, uma para cada período estudado. Abaixo, tais carteiras estão listadas em ordem temporal, da mais antiga para a mais recente.

Além dos ativos que as compõe, também estão listados os seus respectivos pesos, balanceados pelo Solver, a fim de se obter o maior retorno esperado possível, conforme explicado anteriormente.

Tabela 7 - CARTEIRA OTIMIZADA - JANEIRO DE 2019

Código	Ação	Peso
BTOW3	B2W DIGITAL	10.02%
CMIG4	CEMIG	10.66%
EGIE3	ENGIE BRASIL	6.88%
ELET3	ELETROBRAS	2.37%
GGBR4	GERDAU	10.79%
MGLU3	MAGAZ LUIZA	15.98%
NATU3	NATURA	13.31%
SUZB3	SUZANO PAPEL	29.98%

Fonte: O autor (2021)

Foram escolhidos 8 ativos para a carteira otimizada janeiro de 2019, com base na otimização feita pelo Solver. Desses, o que possui maior representatividade dentro do novo portfólio é a ação SUZB3, com quase 30% do peso da carteira.

O cálculo do retorno esperado do índice Ibovespa para o período ficou em 0,09% ao dia, contra 0,29% da carteira otimizada. Já o desvio padrão, para ambas as carteiras, manteve-se em 1,50% ao dia.

Tabela 8 - CARTEIRA OTIMIZADA - MAIO DE 2019

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
CMIG4	CEMIG	3.31%
ELET3	ELETROBRAS	1.26%
GGBR4	GERDAU	0.25%
IRBR3	IRBBRASIL RE	37.79%
JBSS3	JBS	38.61%
MGLU3	MAGAZ LUIZA	11.92%
NATU3	NATURA	6.87%

Fonte: O autor (2021)

Para maio de 2019, o portfólio otimizado conta com 7 ativos, sendo que JBSS3 e IRBR3 são os mais representativos. Juntos, os dois ativos detêm mais de 76,4% do peso da carteira.

O retorno esperado diário da carteira otimizada para esse período marcou 0,36%, contra 0,10% do Ibovespa. O desvio padrão, para ambas as carteiras, novamente se manteve estimado em 1,50% ao dia.

Tabela 9 - CARTEIRA OTIMIZADA - SETEMBRO DE 2019

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
BPAC11	BTGP BANCO	18.74%
ECOR3	ECORODOVIAS	3.98%
EGIE3	ENGIE BRASIL	2.52%
ELET6	ELETROBRAS	5.50%
EMBR3	EMBRAER	3.77%
HYPE3	HYPERA	3.82%
ITSA4	ITAUSA	8.37%
KLBN11	KLBIN S/A	21.70%
MGLU3	MAGAZ LUIZA	3.77%
NATU3	NATURA	26.19%
SBSP3	SABESP	1.65%

Fonte: O autor (2021)

A carteira otimizada para setembro de 2019 conta com 11 ativos, sendo NATU3 (26,19%), KLBN11 (21,70%) e BPAC11 (18,74%) os ativos com maior representatividade dentro do portfólio.

Para esse período, o cálculo do retorno esperado do índice Ibovespa ficou em 0,17% ao dia. Já para a carteira otimizada, esse número foi de 0,44%. Dessa vez, o desvio padrão estimado para ambas as carteiras marcou 1,37%.

Tabela 10 - CARTEIRA OTIMIZADA - JANEIRO DE 2020

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
BPAC11	BTGP BANCO	14.96%
CSAN3	COSAN	4.90%
HAPV3	HAPVIDA	10.18%
JBSS3	JBS	10.07%
NTCO3	GRUPO NATURA	10.00%
QUAL3	QUALICORP	8.43%
RADL3	RAIADROGASIL	1.57%
SULA11	SUL AMERICA	17.96%
TOTS3	TOTVS	18.51%
VVAR3	VIAVAREJO	3.42%

Fonte: O autor (2021)

Dos 10 ativos selecionados para a carteira de janeiro de 2020, TOTS3 e SULA11 ocupam lugar de destaque em relação aos pesos, com cerca de 18% cada um.

O retorno esperado diário do índice Ibovespa para o período foi igual à 0,14%, contra 0,40% do portfólio otimizado. O desvio padrão, tanto para o índice, quanto para a carteira otimizada foi estimado em 1,10%.

Tabela 11 - CARTEIRA OTIMIZADA - MAIO DE 2020

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
BTOW3	B2W DIGITAL	2.33%
MGLU3	MAGAZ LUIZA	12.50%
MRFG3	MARFRIG	1.51%
RADL3	RAIADROGASIL	28.33%
VVAR3	VIAVAREJO	5.00%
VIVT4	TELEF BRASIL	4.57%
WEGE3	WEG	45.76%

Fonte: O autor (2021)

Para a carteira otimizada de maio de 2020 foram escolhidos 7 ativos. Nesse caso, WEG ocupou a maior porcentagem de peso dentro da carteira, com 45,76%.

Para esse período, o retorno esperado da carteira do índice Bovespa foi calculado em 0,06%, contra 0,37% da carteira otimizada. Já o desvio padrão estimado, para as duas carteiras, ficou em 2,65%.

Tabela 12 - CARTEIRA OTIMIZADA - SETEMBRO DE 2020

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
BTOW3	B2W DIGITAL	5.89%
BRAP4	BRADESPAR	3.84%

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
HGTX3	CIA HERING	1.65%
KLBN11	KLABIN S/A	6.04%
MGLU3	MAGAZ LUIZA	7.20%
PRI03	PETRORIO	3.83%
SUZB3	SUZANO S.A.	15.53%
WEGE3	WEG	56.02%

Fonte: O autor (2021)

A carteira otimizada de setembro de 2020 conta com 8 ativos, Desses, WEGE3, novamente, detém a maior parcela de peso do portfólio, com 56,02%.

O retorno esperado para essa carteira ficou em 0,47% ao dia, contra 0,14% do índice Bovespa para o mesmo período. Já o desvio padrão estimado foi de 2,71%, para os dois portfólios.

Tabela 13 - CARTEIRA OTIMIZADA - JANEIRO DE 2021

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
BRAP4	BRADESPAR	17.20%
CSNA3	SID NACIONAL	17.42%
MGLU3	MAGAZ LUIZA	7.13%
PRI03	PETRORIO	0.95%
SUZB3	SUZANO S.A.	14.00%
WEGE3	WEG	43.29%

Fonte: O autor (2021)

Em relação à carteira otimizada para janeiro de 2021, apenas 6 ativos foram escolhidos para o novo portfólio. Dentre eles, WEGE3 detém, mais uma vez, o maior peso, com 43,29%.

O retorno esperado calculado para essa carteira ficou em 0,40% ao dia, já o mesmo indicador para o índice Bovespa foi estimado em 0,15%. O desvio padrão, para ambas as carteiras, ficou em 2,89%.

Tabela 14 - CARTEIRA OTIMIZADA - MAIO DE 2021

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
ASAI3	ASSAI	10.29%
BIDI11	BANCO INTER	23.15%
CSNA3	SID NACIONAL	17.64%
HGTX3	CIA HERING	0.27%
LWSA3	LOCAWEB	8.97%
MRFG3	MARFRIG	7.70%
PRI03	PETRORIO	1.85%
SUZB3	SUZANO S.A.	6.20%
TAEE11	TAESA	17.87%
USIM5	USIMINAS	1.94%
VALE3	VALE	4.10%

Fonte: O autor (2021)

Para a carteira otimizada de maio de 2021 foram escolhidos 11 ativos. Dessa vez, TAEE11 é a ação de maior representatividade, com 17,87% de peso na carteira.

O retorno esperado dessa carteira ficou estimado em 0,55% ao mês, contra 0,21% do índice Bovespa para o mesmo período. Todavia, o desvio padrão, 1,5% para as duas carteiras.

Tabela 15 - CARTEIRA OTIMIZADA - SETEMBRO DE 2021

<b>Código</b>	<b>Ação</b>	<b>Peso</b>
ASAI3	ASSAI	4.51%
BIDI11	BANCO INTER	2.73%
BRKM5	BRASKEM	17.11%
CASH3	MELIUZ	7.47%
CMIG4	CEMIG	0.76%
CSNA3	SID NACIONAL	5.69%
EMBR3	EMBRAER	5.28%
GGBR4	GERDAU	0.97%
GNDI3	INTERMEDICA	1.03%
HGTX3	CIA HERING	1.05%
JBSS3	JBS	0.13%
PCAR3	P.ACUCAR-CBD	2.95%
PETZ3	PETZ	7.41%
SUZB3	SUZANO S.A.	2.72%
TAEE11	TAESA	27.90%
VALE3	VALE	12.30%

Fonte: O autor (2021)

A carteira de setembro de 2021 apresenta 16 ativos. Desses, TAEE11 continua como ação de maior representatividade, agora com 27,90% de peso dentro do portfólio.

Por fim, o desvio padrão para essa carteira ficou em 0,35% ao dia, enquanto o índice Bovespa indicou 0,35% para o mesmo período. Ainda, o desvio padrão de ambas as carteiras foi estimado em 1,28%.

Abaixo, na tabela 16, estão, em resumo, os valores de retorno esperado e desvio padrão para as carteiras otimizadas e para os índices Bovespa estudados.

Tabela 16 - RETORNO ESPERADO E DESVIO PADRÃO DAS CARTEIRAS

<b>CARTEIRA</b>	<b>RETORNO ESPERADO IBOV</b>	<b>RETORNO ESPERADO PORT. OTIMIZADO</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
Janeiro 2019	0.09%	0.29%	1.50%

<b>CARTEIRA</b>	<b>RETORNO ESPERADO IBOV</b>	<b>RETORNO ESPERADO PORT. OTIMIZADO</b>	<b>DESVIO PADRÃO</b>
Maio 2019	0.10%	0.36%	1.50%
Setembro 2019	0.17%	0.44%	1.37%
Janeiro 2020	0.14%	0.40%	1.10%
Maio 2020	0.06%	0.37%	2.65%
Setembro 2020	0.14%	0.47%	2.71%
Janeiro 2021	0.15%	0.40%	2.89%
Maio 2021	0.21%	0.55%	1.50%
Setembro 2021	0.11%	0.35%	1.28%

Fonte: O autor (2021)

Verifica-se uma grande superioridade entre o retorno esperado dos portfólio otimizados e o índice Bovespa. Isso acontece porque o cálculo desse indicador leva em consideração retornos passados, justamente a variável que metodologia está direcionada a maximizar, com base no histórico dos últimos 12 meses.

#### 4.2 RETORNO E DESVIO PADRÃO DAS CARTEIRAS

Neste tópico, o objetivo é verificar se de fato o retorno esperado se concretizou no período seguinte à otimização das carteiras e também como os novos portfólios se comportaram em relação ao Ibovespa em relação ao desvio padrão.

Abaixo, na tabela 17, constam os resultados referentes aos retornos acumulados durante o período de estudo, bem como o número de dias úteis de duração da análise. Ainda, na tabela 18, como forma de comparação, temos os resultados acumulados reajustados para valores diários, de acordo com o número de dias úteis de cada análise.

Tabela 17 - RETORNO ACUMULADO DAS CARTEIRAS (2019 – 2021)

<b>CARTEIRA</b>	<b>RETORNO ACUMULADO IBOV.</b>	<b>RETORNO ACUMULADO PORT. OTIMIZADO</b>	<b>VARIAÇÃO (P.P) IBOV. VS PORT. OTIMIZADO</b>	<b>DIAS ÚTEIS</b>
Janeiro 2019	3.86%	10.45%	6.59%	80
Maio 2019	4.81%	28.53%	23.72%	163
Setembro 2019	16.39%	24.41%	8.02%	247
Janeiro 2020	-24.50%	-17.34%	7.17%	327
Maio 2020	25.76%	47.46%	21.70%	416
Setembro 2020	17.84%	17.17%	-0.67%	493

CARTEIRA	RETORNO ACUMULADO IBOV.	RETORNO ACUMULADO PORT. OTIMIZADO	VARIAÇÃO (P.P) IBOV. VS PORT. OTIMIZADO	DIAS ÚTEIS
Janeiro 2021	-0.35%	9.81%	10.15%	571
Maio 2021	-1.65%	-5.45%	-3.80%	659

Fonte: O autor (2021)

Tabela 18 - RETORNO DIÁRIO DAS CARTEIRAS

CARTEIRA	RETORNO DIÁRIO IBOV.	RETORNO DIÁRIO PORT. OTIMIZADO	VARIAÇÃO (P.P) IBOV. VS PORT. OTIMIZADO
Janeiro 2019	0.05%	0.12%	0.08%
Maio 2019	0.06%	0.30%	0.25%
Setembro 2019	0.18%	0.26%	0.08%
Janeiro 2020	-0.35%	-0.24%	0.11%
Maio 2020	0.26%	0.44%	0.18%
Setembro 2020	0.213%	0.206%	-0.007%
Janeiro 2021	0.00%	0.12%	0.12%
Maio 2021	-0.02%	-0.06%	-0.04%

Fonte: O autor (2021)

Nota-se, tanto na visão de retorno acumulado, quanto diário, que os portfólios otimizados se sobressaem sobre o índice Bovespa na maioria dos períodos. Destaque para maio de 2019 e 2020, quando a carteira otimizada números superiores a 20%, em pontos percentuais, superiores à carteira do Ibovespa para o mesmo período acumulado. Por outro lado, para setembro de 2020 (-0,67% p.p) e maio de 2021 (-3,80% p.p), o Ibovespa atingiu níveis levemente superiores..

Já quando comparamos os retornos dos portfólio com aqueles previstos originalmente pela metodologia, apenas para maio (tanto o índice Bovespa, quanto o portfólio otimizado) e setembro de 2020 (apenas o índice Bovespa) conseguiram superar o que foi estimado previamente. Além disso, os resultados comprovam a incapacidade do modelo ao prever crises sistêmicas, dado a queda acumulada do Ibovespa (-24,50%), não evitada pelo portfólio otimizado (-17,34%) com o início da pandemia, no período incorporado pelas carteiras de janeiro de 2020.

Entretanto, além do retorno, é importante avaliarmos o quão volátil tais portfólio demonstraram-se no período. Abaixo, estão representados na Tabela 19 o desvio padrão encontrado para cada portfólio.

Tabela 19 - DESVIO PADRÃO DAS CARTEIRAS

CARTEIRA	DESVIO PADRÃO DIÁRIO IBOV.	DESVIO PADRÃO DIÁRIO PORT. OTIMIZADO	VARIAÇÃO (P.P) IBOV. VS PORT. OTIMIZADO
Janeiro 2019	1.29%	1.21%	-0.08%
Mai 2019	1.19%	1.68%	0.49%
Setembro 2019	0.89%	1.00%	0.11%
Janeiro 2020	4.42%	4.60%	0.18%
Mai 2020	1.60%	1.74%	0.15%
Setembro 2020	1.42%	1.89%	0.48%
Janeiro 2021	1.43%	1.91%	0.47%
Mai 2021	1.04%	1.41%	0.37%

Fonte: O autor (2021)

Em relação ao comportamento do desvio padrão, os portfólio otimizados demonstraram uma maior, apesar de próxima ao índice Bovespa, sensibilidade às oscilações do mercado para todos os períodos, com exceção de janeiro de 2019.

Por outro lado, é importante salientar que apenas para maio de 2019 e janeiro de 2020 as carteiras otimizadas demonstraram maior risco do que o previsto inicialmente pela metodologia. Para o primeiro período citado o desvio padrão foi estimado em 1,50% ao dia, enquanto o registro empírico foi de 1,68%. Já para o segundo, o desvio padrão indicado pela metodologia foi de 1,10%, mas o número, tanto para o Ibovespa, quanto para a carteira otimizada, passou da casa dos 4%. Vale ressaltar que períodos de crise tendem a impulsionar a volatilidade do mercado (Almeida, 2009), como foi o caso do período de início da pandemia no Brasil, no início de março de 2020.

#### 4.3 RETORNO GERAL ACUMULADO

Por fim, realizou-se uma comparação geral entre o índice Bovespa e os portfólio otimizados, levando em consideração todo o período de estudo. Para isso, simulou-se um investimento de R\$1.000,00 em ambas a carteiras, desde o dia 07/01/2019 (data de início da carteira de janeiro de 2019) até 03/09/2021 (data de término da carteira de maio de 2021).

O modelo de aplicação foi feito com base na variação de preço de fechamento diário das carteiras. O montante, resultado da variação do investimento

de acordo com a taxa de retorno de cada dia, foi reaplicado cumulativamente para todo o período.

Abaixo, o gráfico 1 demonstra a evolução histórica das duas carteiras.



Fonte: O autor (2021)

Ao se analisar o gráfico 1, observa-se o crescimento mais acelerado do portfólio otimizado em relação ao Ibovespa a partir de julho de 2019. Ainda comparando as duas carteiras, no início de 2020, durante o período de crise, nota-se uma retomada mais rápida aos valores obtidos antes da pandemia por parte das carteiras otimizadas. Entretanto, há de se mencionar a maior volatilidade, especialmente no ano de 2021, dessas carteiras frente ao Ibovespa.

No acumulado geral, as carteiras otimizadas quadrimestralmente apresentaram um desempenho 85,81% superior ao índice Bovespa. Ao final dos 659 dias de investimento, o portfólio otimizado atingiu a marca de R\$2.618,86, um crescimento de 161,9% em relação ao valor inicial. Enquanto isso, o índice Bovespa cresceu 40,9%, chegando à marca de R\$1.409,39 ao final do investimento.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do trabalho, a metodologia utilizada para o estudo se demonstrou eficiente para a escolha de um portfólio que represente o índice Bovespa quanto a exposição ao risco. Além disso, as carteiras otimizadas apresentaram relação risco-retorno superior ao do Ibovespa em 6 dos 8 períodos analisados. Portanto, conclui-se que os resultados obtidos através deste trabalho somam positivamente ao mercado de renda variável nacional, ao criar uma alternativa à ETFs no Brasil, para aqueles que buscam esse tipo de investimento.

Entretanto, como se trata de uma metodologia simplificada, que se baseia em dados históricos, alerta-se que os resultados podem não se repetir no futuro. Então, sugere-se a utilização dos métodos descritos nesse trabalho apenas como uma recomendação para aqueles investidores iniciantes que buscam se aprofundar um pouco mais no mercado de ações brasileiro e exploram as possibilidades de aplicação da teoria moderna do portfólio em âmbito nacional.

Por fim, espera-se cada vez mais a realização de trabalhos desse tipo, desmistificando o mercado e a matemática financeira através da utilização de ferramentas e métodos acessíveis para o público leigo, a fim de incentivar-se cada vez mais o investimento autônomo, emancipação financeira e consequente desenvolvimento do mercado acionário brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. F. de. **UMA ANÁLISE COMPARATIVA DA VOLATILIDADE DOS MERCADOS ACIONÁRIOS DO BRASIL E EUA EM TEMPOS DE CRISE**. 2009. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia, Faculdade de Economia e Finanças Ibmec, Rio de Janeiro, 2009.
- AMARAL, J. V. S. do et al. OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIO DE AÇÕES DO IBOVESPA: UMA COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR E PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 40., 2020, Foz do Iguaçu. **Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep**. [S. l.]: Enegep, 2020.
- ANBIMA. **Raio X do investidor brasileiro 2021**. 2021. Disponível em: <[https://www.anbima.com.br/pt\\_br/especial/raio-x-do-investidor-2021.htm](https://www.anbima.com.br/pt_br/especial/raio-x-do-investidor-2021.htm)>. Acesso em: 28 de jun. de 2021.
- Ben-David, I., Franzoni, F., Moussawi, R. (2017). Exchange-traded funds. **Annual Review of Financial Economics**, 9, 169-189.
- B3. **Market Data e Índices**. 2021. Disponível em: <[https://www.b3.com.br/pt\\_br/market-data-e-indices/](https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/)>. Acesso em: 15 de set. de 2021.
- B3. **Metodologia do índice Bovespa (Ibovespa)**. São Paulo, ago. 2020. Acervo Digital da B3, Informação Pública.
- DEVILLE, D. Exchange Traded Funds: History, Trading and Research. In: C. Zopounidis, M. Doumpos, P. Pardalos (Ed.) **Handbook of Financial Engineering**, p. 67-98, 2008.
- Fama, E. F.; French, K. R. (2004). The capital asset pricing model: theory and evidence. **Journal of Economic Perspectives**, Vol. 18. P 25-45.
- FONSECA, C. G. da. **APLICAÇÃO DO MODELO DE MARKOWITZ NA SELEÇÃO DE CARTEIRAS EFICIENTES: UMA ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE RISCO E RETORNO**. 39 f. Monografia (MBA em Finanças e Gestão de Risco) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- GONÇALVES JR, C.; PAMPLONA, E. DE O.; MONTEVECHI, J. A. **Seleção de Carteiras Através do Modelo de Markowitz para Pequenos Investidores (Com o Uso de Planilhas Eletrônicas)**. IX Simpep outubro de 2002. Bauru, SP.
- OLIVEIRA, M. R. G. de. et al. OTIMIZANDO UMA CARTEIRA DE INVESTIMENTOS: UM ESTUDO COM ATIVOS DO IBOVESPA NO PERÍODO DE 2009 A 2011. **Revista Razão Contábil & Finanças**, vol. 2, n. 2, 2011.

OREIRO, J. L. A grande recessão brasileira: diagnóstico e uma agenda de política econômica. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 31, n. 89, p. 75-88, abr. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890009>.

MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, vol. 7, 1, p.77-91, 1952.

MUNDO NETO, M.; DONADONE, J. C.. Financeirização das grandes empresas e o mercado de ETFs (Exchange Traded Funds) no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DESIGUALDADES, DIREITOS E POLÍTICAS PÚBLICAS: SAÚDE, CORPOS E PODER NA AMÉRICA LATINA, 7., 2020, São Leopoldo. **Anais do Simpósio Internacional Desigualdades, Direitos e Políticas Públicas: Saúde, Corpos e Poder na América Latina**. [S. l.]: Unisinos, 2020. p. 561-575.

RENNER, M. C. **Teoria de Portfólio de Markowitz em momentos de crise**. 2010. 39 f. Monografia (Especialização) - Curso de Mercado de Capitais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ROSS, S.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração financeira: corporate finance**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SÁ, L. N. de. **Diversificação de carteira de ações no Brasil: Quantas ações compõem uma carteira livre de risco não sistemático de um investidor de longo prazo na Bolsa de Valores brasileira**. 2020. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

XP EXPERT. **Pessoas físicas na Bolsa: Mercado de ações brasileiro em contínua evolução**. 2021. Disponível em: <<https://conteudos.xpi.com.br/acoes/relatorios/pessoas-fisicas-na-bolsa-mercado-de-acoes-brasileiro-em-continua-evolucao/>>. Acesso em: 28 de jun. de 2021.

YOSHINAGA, C. E.; Eid Jr. W. **Perspectivas para os ETFs no Brasil**. 35 f. Relatório (Centro de Estudos em Finanças), FGV EAESP, São Paulo, 2019.