

**CAIO DAITI MAEDA
DAVI BRAGA DE VASCONCELOS GUEDES
FELIPE SCHIAVO**

**DATA ANALYTICS E TÉCNICAS DE PROJEÇÃO
PARA ALAVANCAGEM DA RENTABILIDADE DE
CARTEIRAS DE FUNDOS DE INVESTIMENTO
IMOBILIÁRIO**

São Paulo
2022

**CAIO DAITI MAEDA
DAVI BRAGA DE VASCONCELOS GUEDES
FELIPE SCHIAVO**

**DATA ANALYTICS E TÉCNICAS DE PROJEÇÃO
PARA ALAVANCAGEM DA RENTABILIDADE DE
CARTEIRAS DE FUNDOS DE INVESTIMENTO
IMOBILIÁRIO**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
Título de Engenheiro Eletricista.

São Paulo
2022

**CAIO DAITI MAEDA
DAVI BRAGA DE VASCONCELOS GUEDES
FELIPE SCHIAVO**

**DATA ANALYTICS E TÉCNICAS DE PROJEÇÃO
PARA ALAVANCAGEM DA RENTABILIDADE DE
CARTEIRAS DE FUNDOS DE INVESTIMENTO
IMOBILIÁRIO**

Trabalho apresentado à Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção do
Título de Engenheiro Eletricista.

Orientador:
Prof. Dr. Felipe Miguel Pait

São Paulo
2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Caio Daiti Maeda

Davi Braga de Vasconcelos Guedes

Felipe Schiavo

RESUMO

Tendo em vista o cálculo da rentabilidade dos fundos com base em suas cotas, uma das formas mais conhecidas, e também atrativas, de retorno é a distribuição periódica de rendimentos. A aplicação desse método foi avaliado e contrastado com outros ao longo da evolução do projeto, com o aumento e diminuição de parâmetros que serão dispostos no modelo.

Em função de analisar a composição da carteira e otimizar os ganhos, tanto em valorização da cota quanto em dividendos distribuídos, o critério abrange um conceito altamente reconhecido no mercado até os dias de hoje, criado por Harry Markowitz que lhe concedeu um prêmio Nobel em 1990. Com essa mudança, foi possível levantar, efetivamente, uma carteira com a maior rentabilidade possível de forma automatizada, em detrimento ao que foi apresentado até então neste presente relatório, que exigiria um esforço manual oneroso de comparação entre diferentes Fundos com diversos indicadores macroeconômicos.

Ao começar o projeto, o grupo pensou em levantar uma ferramenta que, resumidamente, fosse capaz de receber um input e obter como output quais ativos deveriam compor a carteira com a maior rentabilidade possível quando comparado com as modalidades de investimento mais seguras do país e seus retornos atrelados aos índices mais famosos (SELIC, CDI, IPCA).

Para melhorar a experiência do usuário e a visualização dos resultados, implementamos a biblioteca Streamlit, que gera uma página web interativa que calcula, utilizando as entradas do usuário, a carteira otimizada.

ABSTRACT

Bearing in mind the calculation of the profitability of funds based on their quotas, one of the best known, and also attractive, forms of return is the periodic distribution of earnings. The application of this method was evaluated and contrasted with others throughout the evolution of the project, with the increase and decrease of parameters that will be displayed in the model.

As a function of analyzing the composition of the portfolio and optimizing gains, both in appreciation of the share and in distributed dividends, the criterion covers a highly recognized concept in the market until today, created by Harry Markowitz who awarded him a Nobel Prize in 1990 . With this change, it was possible to effectively raise a portfolio with the highest possible profitability in an automated way, to the detriment of what has been presented so far in this report, which would require a costly manual effort to compare different Funds with different macroeconomic indicators.

When starting the project, the group thought of creating a tool that, in summary, would be able to receive an input and obtain as an output which assets should make up the portfolio with the highest possible profitability when compared to the safest investment modalities in the country and its returns linked to the most famous indices (SELIC, CDI, IPCA).

To improve the user experience and the visualization of results, we implemented the Streamlit library, which generates an interactive web page that calculates, using user inputs, the optimized portfolio.

LISTA DE FIGURAS

1	Fluxo da gestão de capital: Investidores x Gestora de Investimentos	7
2	Curva de levantamento histórico: IFIX vs IBOV vs CDI	8
3	Performance histórica do IBOVESPA desde 1995	10
4	Série histórica do IPCA	11
5	Série histórica da SELIC (desde 2017)	12
6	Séries históricas do IPCA	13
7	Séries históricas do IFIX	14
8	Séries históricas do CDI	15
9	Rendimentos e amortizações dos FIIs	16
10	Rendimentos e amortizações dos FIIs	16
11	Funções implementadas para a manipulação de dados	18
12	Painel de controle	18
13	Entrada: ticker do fundo que deseja obter a série histórica	19
14	Saída: série histórica completa do fundo	19
15	Entrada: ticker do fundo e sigla do índice que deseja comparar	20
16	Saída: planilha com o ranking dos fundos de 2021	20
17	Saída: notificação de carregamento e conclusão das bases	20
18	Fronteira Eficiente	23
19	Capital Market Line	24
20	Implementação de Markowitz em python	25
21	Resultados na página web - Rendimento do Fundo	26
22	Resultados na página web - Curva de Markowitz	26
23	Resultados na página web - Composição Otimizada	26

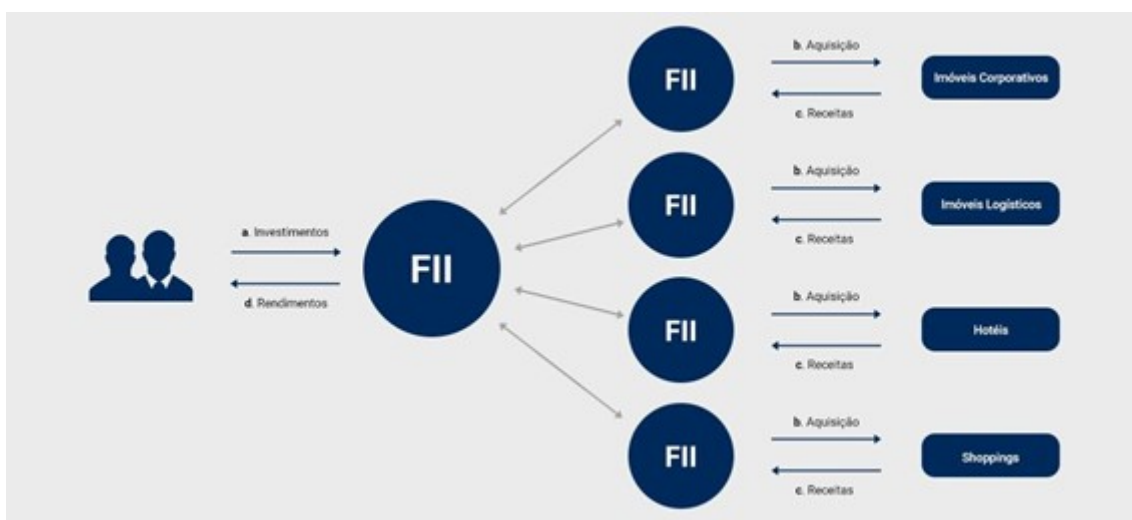
SUMÁRIO

1	Introdução	7
1.1	Descrição e objetivo do projeto	7
1.2	Levantamento do primeiro método	8
2	Contextualização dos indicadores de ordem macroeconômica	9
2.1	O que são indicadores de mercado?	9
2.1.1	Índice BOVESPA (ou IBOVESPA)	9
2.1.2	Índice de preços ao consumidor amplo (IPCA)	10
2.1.3	Certificado de Depósitos Interbancários (CDI)	10
3	Primeiro Modelo: Apuração de dados históricos	13
3.1	Bibliotecas e ferramentas	17
3.1.1	Primeiras aplicações	17
4	O Critério de Markowitz	21
4.1	Mudança na filosofia do trabalho	21
4.2	O Critério de Markowitz e por que ele soluciona a ideia do projeto	22
4.3	A Teoria Moderna de Portfólio de Markowitz e o que ela agrega no projeto . . .	22
4.4	Risco do portfólio e retorno histórico	23
4.5	Capital Market Line (CML)	24
4.6	A implementação da Teoria de Markowitz em Python	25
4.7	A interface com o usuário e resultados	25
	Referências	27

1 INTRODUÇÃO

Um fundo imobiliário pode ser encarado como uma espécie de “condomínio” de investidores, que reúnem seus recursos para que sejam aplicados em conjunto no mercado imobiliário. A dinâmica mais tradicional é que o dinheiro seja usado na construção ou aquisição de imóveis, os quais, depois, serão locados ou arrendados. Nesse processo, os ganhos obtidos com essas operações são divididos entre os participantes na proporção em que cada um aplicou. O retorno – seja pela distribuição dos rendimentos, seja pela valorização – é calculado proporcionalmente ao número de cotas que cada um possui.

Figura 1: Fluxo da gestão de capital: Investidores x Gestora de Investimentos



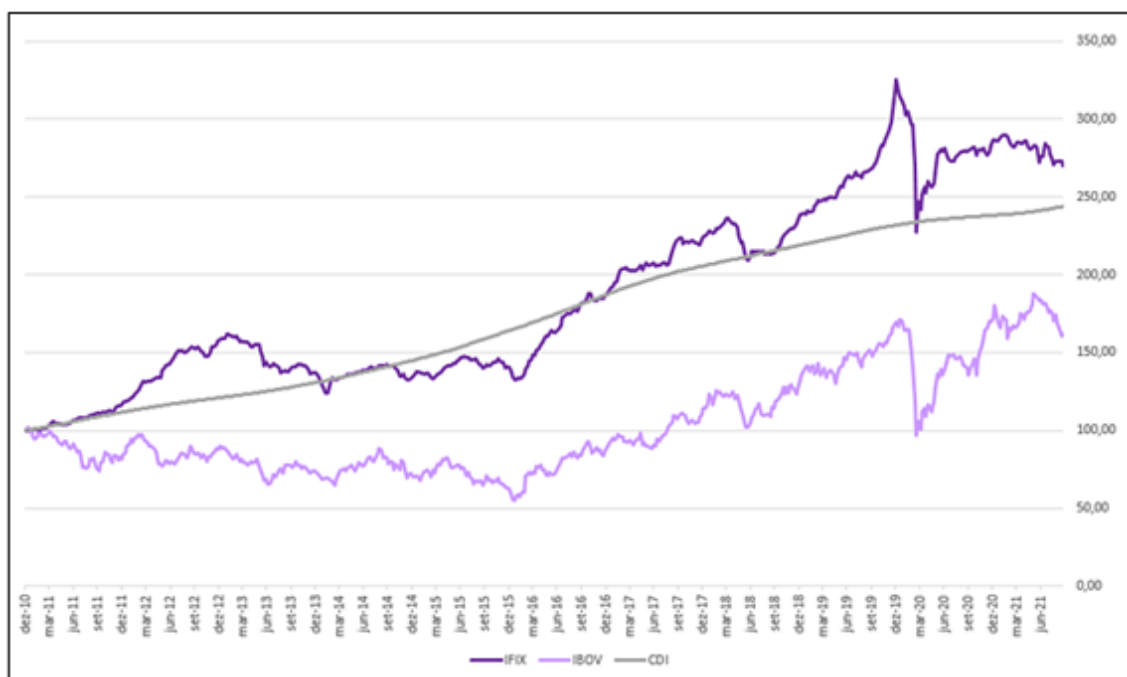
Fonte: Home Page - RBR Asset Management

1.1 Descrição e objetivo do projeto

Tendo em vista o cálculo da rentabilidade dos fundos com base em suas cotas, uma das formas mais conhecidas, e também atrativas, de retorno é a distribuição periódica de rendimentos. Estes, por sua vez, estão sujeitos à volatilidade de uma gama de indicadores econômicos de mercado, tais quais o IPCA, CDI, IGP-M, IBOVESPA, entre outros.

Conforme ilustrado na Figura 2 abaixo, o IFIX – índice de Fundos de Investimento Imobiliário - superou tanto o CDI quanto o Ibovespa nos últimos 10 anos, o que abre os olhos do mercado para essa modalidade de investimento. A proposta desse projeto, nesse cenário, é a exploração de métodos de projeção, Data Analytics e programação matemática de rastreamento para levantar funções, critérios e relações que possam contribuir com a alavancagem da rentabilidade de carteiras reais de FIIs, bem como estudar a ponderação de erros entre a performance dos Fundos e a do Mercado.

Figura 2: Curva de levantamento histórico: IFIX vs IBOV vs CDI



Fonte: Home Page - MB Asset

1.2 Levantamento do primeiro método

Para construção de um modelo visando estudo e aplicação, o grupo propôs a análise de dados históricos para aproximação de um modelo matemático alimentado a todo momento com taxas e fundos distintos. Com isso, torna-se possível a projeção de máximos e mínimos em sistemas dinâmicos.

A aplicação desse método foi avaliado e contrastado com outros ao longo da evolução do projeto, com o aumento e diminuição de parâmetros que serão dispostos no modelo. Eventualmente, este também poderia ser alterado, sendo implementada outra metodologia que possa corroborar com a efetividade e realismo das aplicações conforme análise do que mais alavanca os ganhos e reduz as perdas das carteiras estudadas.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DOS INDICADORES DE ORDEM MACROECONÔMICA

A maioria dos grandes investidores ao redor do mundo levam em conta os indicadores macroeconômicos ao investir. Isso porque os indicadores macroeconômicos são muito importantes para validar premissas de uma análise fundamentalista, ou seja, que surte mais efeito em um cenário de longo prazo. Por exemplo, se há um indicador que o consumo no país está crescendo, esse ambiente tende a beneficiar as empresas varejistas. Os indicadores macroeconômicos são medidas que indicam as variáveis agregadas do todo o país (macroeconomia), ao contrário dos indicadores microeconômicos, que focam em empresas ou setores específicos. No Brasil, sobretudo, é muito importante para os investidores prestar atenção a esses indicadores, visto que neste país essas medidas tendem a ser muito voláteis.

2.1 O que são indicadores de mercado?

Um índice de mercado representa a evolução média e/ou ponderada – positiva ou negativa – dos preços de um conjunto pré-determinado de ativos ao longo do tempo. Sendo que esse conjunto será definido por uma metodologia de inclusão que varia dependendo do índice. Existem, também, os índices inflacionários, que observam a evolução de uma cesta de produtos e serviços, enquanto os índices do mercado acionário, por exemplo, observam a performance de ações da bolsa de valores.

2.1.1 Índice BOVESPA (ou IBOVESPA)

O IBOVESPA é um índice do mercado acionário brasileiro que demonstra o desempenho médio de uma carteira teórica de ações brasileiras em determinado período. Também conhecido como índice Bovespa – ou, simplesmente, como IBOV – ele é o principal termômetro da performance das maiores empresas de capital aberto na bolsa brasileira, a B3 (Brasil, Bolsa, Balcão). Ou seja, devemos lembrar que ele não considera as oscilações de preço dos papéis de todas as companhias de capital aberto da bolsa.

Figura 3: Performance histórica do IBOVESPA desde 1995



Fonte: Bloomberg

2.1.2 Índice de preços ao consumidor amplo (IPCA)

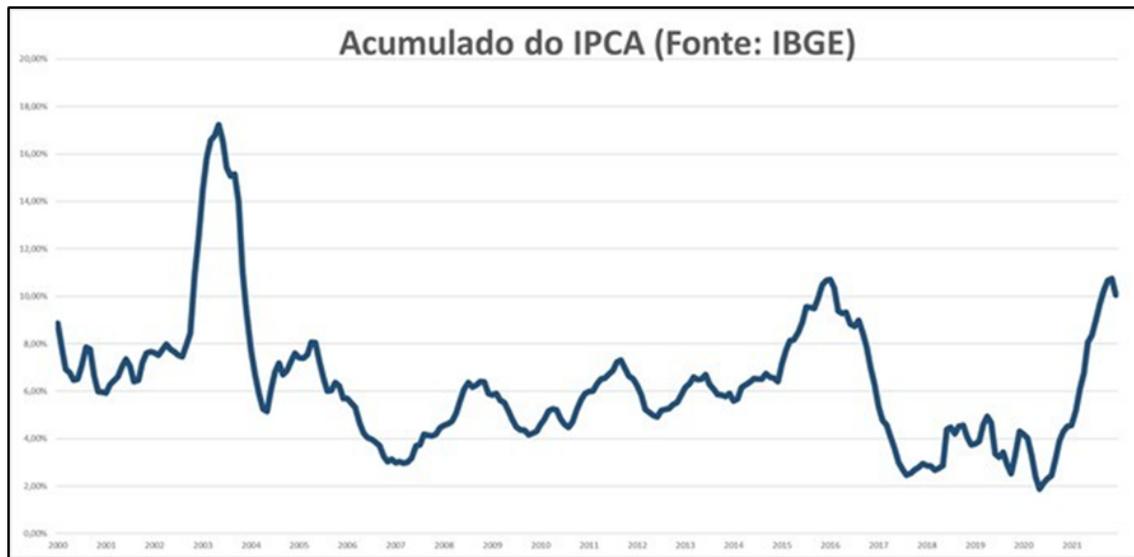
O IPCA é um dos índices de inflação mais tradicionais e importantes do Brasil. Criado em 1979, o indicador tem uma razão de existência simples: medir a variação dos preços de um conjunto de produtos e serviços vendidos no varejo e consumidos pelas famílias brasileiras.

O alvo da metodologia do IPCA são as famílias com rendimentos de 1 a 40 salários mínimos, qualquer que seja a sua fonte de renda. Para chegar ao índice de inflação, são coletados os preços entre os dias 1º e 30 de cada mês em lojas e estabelecimentos de prestação de serviços, concessionárias de serviços públicos (como água ou energia elétrica), além da internet. A cesta de produtos e serviços pesquisados mensalmente envolve itens de naturezas variadas. Entram arroz e feijão, mas também consulta médica, mensalidade escolar, aparelhos eletrônicos, atividades de lazer, ALUGUEL. Cada um tem um peso maior ou menor conforme a presença deles na cesta de consumo média da população.

2.1.3 Certificado de Depósitos Interbancários (CDI)

O CDI (Certificado de Depósito Interbancário) é um título de curtíssimo prazo emitido pelos bancos. Como o próprio nome indica, ele serve para que os bancos emprestem e tomem recursos entre si de um dia para o outro. O CDI tem prazo de vencimento de um dia útil. A razão da existência do CDI é a regulação do sistema financeiro. O Banco Central determina que os bancos devem encerrar todos os dias com saldo positivo de caixa, sendo esta uma medida

Figura 4: Série histórica do IPCA

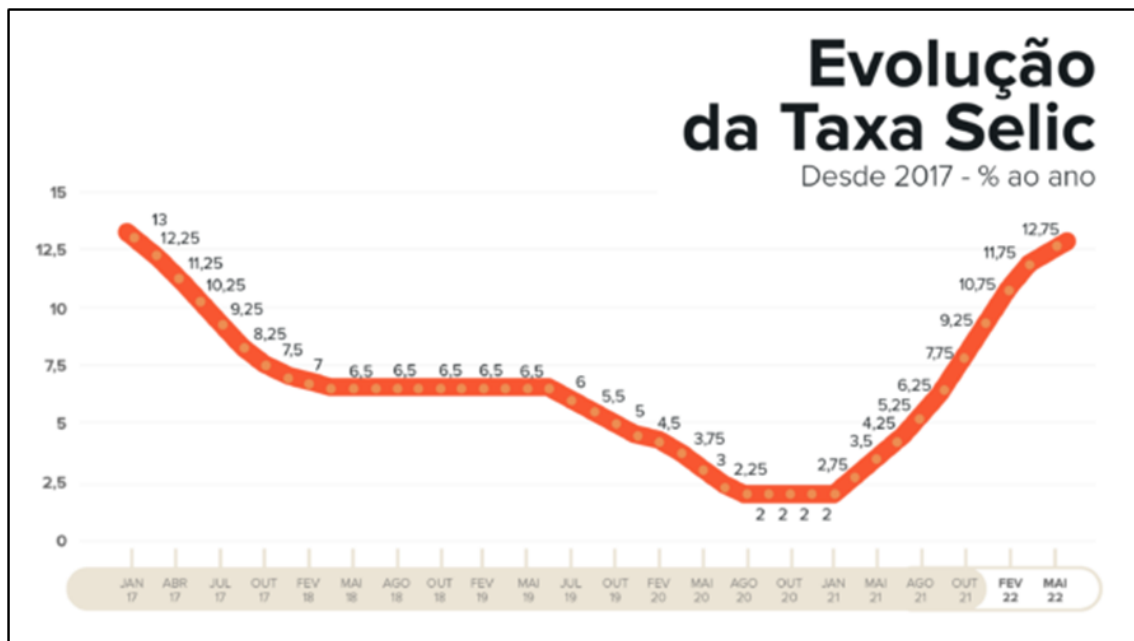


Fonte: IBGE

de segurança que procura assegurar que o sistema financeiro seja estável e esteja saudável.

Nos empréstimos realizados entre os bancos por meio de CDIs há cobrança de juros. As operações são registradas na B3, que calcula a taxa média de juros praticada nos certificados interbancários de todo o mercado financeiro. Essa taxa, divulgada diariamente, é conhecida como “taxa DI” (também chamada de “taxa do CDI”). Como reflete os juros médios das operações entre os bancos, a taxa DI se tornou uma referência para o restante do mercado financeiro. Mesmo sendo um indicador de base diária, ele também é calculado em base mensal e anual. Atualmente, a taxa DI serve de base para a rentabilidade dos investimentos de renda fixa em geral e acompanha a taxa SELIC de forma muito próxima.

Figura 5: Série histórica da SELIC (desde 2017)



Fonte: Eu quero investir

3 PRIMEIRO MODELO: APURAÇÃO DE DADOS HISTÓRICOS

Para construção de um modelo visando estudo e aplicação, o grupo propôs a análise de dados históricos para aproximação de um modelo matemático alimentado a todo momento com taxas e fundos distintos. Com isso, seria possível a projeção de máximos e mínimos. Inicialmente, foram buscadas projeções e séries históricas dos índices macroeconômicos:

Figura 6: Séries históricas do IPCA

ANO	MÊS	NÚMERO ÍNDICE (DEZ 93 = 100)	VARIÇÃO (%)				
			NO	3	6	NO	12
			MÊS	MESES	MESES	ANO	MESES
2019	JAN	5116,93	0,32	0,26	1,10	0,32	3,78
	FEV	5138,93	0,43	0,90	1,63	0,75	3,89
	MAR	5177,47	0,75	1,51	1,90	1,51	4,58
	ABR	5206,98	0,57	1,76	2,02	2,09	4,94
	MAI	5213,75	0,13	1,46	2,37	2,22	4,66
	JUN	5214,27	0,01	0,71	2,23	2,23	3,37
	JUL	5224,18	0,19	0,33	2,10	2,42	3,22
	AGO	5229,93	0,11	0,31	1,77	2,54	3,43
	SET	5227,84	-0,04	0,26	0,97	2,49	2,89
	OUT	5233,07	0,10	0,17	0,50	2,60	2,54
	NOV	5259,76	0,51	0,57	0,88	3,12	3,27
	DEZ	5320,25	1,15	1,77	2,03	4,31	4,31
2020	JAN	5331,42	0,21	1,88	2,05	0,21	4,19
	FEV	5344,75	0,25	1,62	2,20	0,46	4,01
	MAR	5348,49	0,07	0,53	2,31	0,53	3,30
	ABR	5331,91	-0,31	0,01	1,89	0,22	2,40
	MAI	5311,65	-0,38	-0,62	0,99	-0,16	1,88
	JUN	5325,46	0,26	-0,43	0,10	0,10	2,13
	JUL	5344,63	0,36	0,24	0,25	0,46	2,31
	AGO	5357,46	0,24	0,86	0,24	0,70	2,44
	SET	5391,75	0,64	1,24	0,81	1,34	3,14
	OUT	5438,12	0,86	1,75	1,99	2,22	3,52
	NOV	5486,52	0,89	2,41	3,29	3,13	4,31
	DEZ	5560,59	1,35	3,13	4,42	4,52	4,52
2021	JAN	5574,49	0,25	2,51	4,30	0,25	4,56
	FEV	5622,43	0,86	2,48	4,95	1,11	5,20
	MAR	5674,72	0,93	2,05	5,25	2,05	6,10
	ABR	5692,31	0,31	2,11	4,67	2,37	6,76
	MAI	5739,56	0,83	2,08	4,61	3,22	8,06
	JUN	5769,98	0,53	1,68	3,77	3,77	8,35
	JUL	5825,37	0,96	2,34	4,50	4,76	8,99
	AGO	5876,05	0,87	2,38	4,51	5,67	9,68
	SET	5944,21	1,16	3,02	4,75	6,90	10,25
	OUT	6018,51	1,25	3,32	5,73	8,24	10,67
	NOV	6075,69	0,95	3,40	5,86	9,26	10,74
	DEZ	6120,04	0,73	2,96	6,07	10,06	10,06
2022	JAN	6153,05	0,54	2,24	5,63	0,54	10,38
	FEV	6215,24	1,01	2,30	5,77	1,56	10,54
	MAR	6315,93	1,62	3,20	6,25	3,20	11,30
	ABR	6382,88	1,06	3,73	6,05	4,29	12,13

Fonte: IBGE

Figura 7: Séries históricas do IFIX

	A	B	C
1	IFIX - 1/1/2018 12:00:00 AM 12/31/		
2	Mês	Ano	Valor
3			
4	1	2018	2.285,23
5	2	2018	2.311,41
6	3	2018	2.357,54
7	4	2018	2.337,25
8	5	2018	2.214,11
9	6	2018	2.125,22
10	7	2018	2.154,45
11	8	2018	2.139,40
12	9	2018	2.134,81
13	10	2018	2.242,45
14	11	2018	2.300,48
15	12	2018	2.351,59
16	1	2019	2.409,69
17	2	2019	2.434,56
18	3	2019	2.482,93
19	4	2019	2.508,45
20	5	2019	2.552,69
21	6	2019	2.626,10
22	7	2019	2.659,55
23	8	2019	2.656,69
24	9	2019	2.684,26
25	10	2019	2.791,98
26	11	2019	2.890,26
27	12	2019	3.197,58
28	1	2020	3.077,28
29	2	2020	2.963,81
30	3	2020	2.494,10
31	4	2020	2.603,62
32	5	2020	2.657,68
33	6	2020	2.806,28
34	7	2020	2.733,12
35	8	2020	2.782,10

Fonte: B3

Figura 8: Séries históricas do CDI

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
39	Data	Nr. Opera	Volume	Média	Fator Diário	Mínima	Máxima	Moda	Dsv Pdr	Taxa SELIC
40	02/01/2019	5	3805569	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
41	03/01/2019	7	4056329	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
42	04/01/2019	6	4274972	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
43	07/01/2019	7	4287214	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
44	08/01/2019	6	4269606	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
45	09/01/2019	7	4213645	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
46	10/01/2019	7	4194954	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
47	11/01/2019	8	4187586	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
48	14/01/2019	7	4111054	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
49	15/01/2019	8	4103623	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
50	16/01/2019	8	4065650	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
51	17/01/2019	8	4057962	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
52	18/01/2019	8	4034477	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
53	21/01/2019	8	4027715	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
54	22/01/2019	8	4019093	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
55	23/01/2019	8	4004002	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
56	24/01/2019	7	3976685	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
57	25/01/2019	7	3913656	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
58	28/01/2019	7	3922010	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
59	29/01/2019	7	3915416	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
60	30/01/2019	7	3893537	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
61	31/01/2019	7	3879787	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
62	01/02/2019	7	3857149	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
63	04/02/2019	7	4093142	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
64	05/02/2019	7	4317325	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
65	06/02/2019	6	4283595	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
66	07/02/2019	7	4275958	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
67	08/02/2019	7	4243621	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
68	11/02/2019	7	4234224	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
69	12/02/2019	8	4212463	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
70	13/02/2019	7	4137178	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
71	14/02/2019	8	4109906	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
72	15/02/2019	8	4098832	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4
73	18/02/2019	8	4036087	6,4	1,0002462	-	-	-	-	6,4

Fonte: CETIP

O grupo também buscou informações sobre os pagamentos de dividendos, cotas de fechamento e amortizações dos 106 FIIs que compõem o IFIX. Para isso, foi consultada a página da FundsExplorer, um dos maiores portais de informação de FIIs do Brasil:

Figura 9: Rendimentos e amortizações dos FIIs

3.1 Bibliotecas e ferramentas

O método que foi utilizado para a preparação das primeiras bases foi através de uma automatização de acesso via Selenium, uma biblioteca de browser driving, ou seja, automatização de controle de navegador web. Também foi utilizada a biblioteca de Python xlwings para manipular o Excel sem uso de macros VBA, que são muito ineficientes, tanto em tempo quanto em recursos. Utilizando essas ferramentas, foram salvos todos os dados disponíveis de cada fundo em uma única planilha com páginas individuais, de forma que fosse possível acessar posteriormente como se estivessem sendo consultadas tabelas em um banco de dados e, depois, realizadas análises e cálculos.

A partir disso, já eram possuídas todas as bases de dados dos fundos e dos índices para iniciar as análises e cálculos. Para implementar os métodos de análise de dados e para manipular as tabelas, foi utilizada a biblioteca do pandas, que foi escolhida pela eficiência e simplicidade. Aqui foram implementadas algumas funções internas ao código:

- Carregamento das bases de dados;
- Filtro por fundo (qualquer um entre os 106 que compõem a carteira do índice);
- Filtro por ano;
- Filtro por índice macroeconômico.

Esses recursos iniciais permitiram a aplicação de diferentes filtros, que auxiliaram análises mais rebuscadas a respeito de comparações que podem ser traçadas entre Fundo (x) / Índice (y) e entre diferentes indicadores de rentabilidade entre os fundos.

3.1.1 Primeiras aplicações

Nessa etapa do projeto, foram criadas as bases de dados já apresentadas, em formato Excel para simular uma estrutura de banco de dados, principalmente na parte de consultas (queries) e na organização das tabelas.

Utilizando as bibliotecas NumPy, Pandas e xlwings, foram implementadas funções em python para execução de buscas, manipulação de dados e tabelas e cálculos, são elas:

Resumo das funcionalidades:

- `carrega_fundos` e `carrega_índices`: Carrega todas as bases que possuímos em formato .xlsx (planilha do Excel) em um dataframe do pandas;

Figura 11: Funções implementadas para a manipulação de dados

```
def carrega_fundos(): # carrega base histórica de todos os fundos...
def carrega_indices(): # carrega base histórica de índices macroeconômicos para dataframe...
def busca_fundo(ticker): # carrega série histórica completa do fundo...
def busca_indice(indice): # carrega série histórica completa da série...
def busca_fundo_ano(ticker, ano = 2021): # filtra o fundo desejado por ano...
def busca_indice_ano(indice, ano = 2021): # filtra o índice desejado por ano...
def calcula_ranking(ano = 2021): ...
```

Fonte: Funds Explorer

- `busca_fundo` e `busca_indices`: filtra as bases com apenas o fundo/índice desejado em um novo dataframe;
- `busca_fundo_ano` e `busca_indices_ano`: semelhante à função anterior, porém que filtra, também, por período (por hora, havíamos feito para que fosse filtrado um ano inteiro, porém poderíamos implementar filtros mais rebuscados futuramente);
- `calcula_ranking`: faz os cálculos de forma simples e gera uma planilha para visualizar os melhores fundos no período selecionado.

Dito isso, na próxima etapa do projeto, montamos um controle para que o usuário pudesse interagir e executar as funções que apresentamos acima:

Figura 12: Painel de controle

```
Otimização de carteiras de Fundos de Investimento Imobiliário v0.1

MENU PRINCIPAL

1 - Série histórica de fundo
2 - Correlação fundo e índice
3 - Calcula ranking fundos

9 - Atualizar bases
0 - Fechar programa

Insira a opção desejada:
```

Figura 13: Entrada: ticker do fundo que deseja obter a série histórica

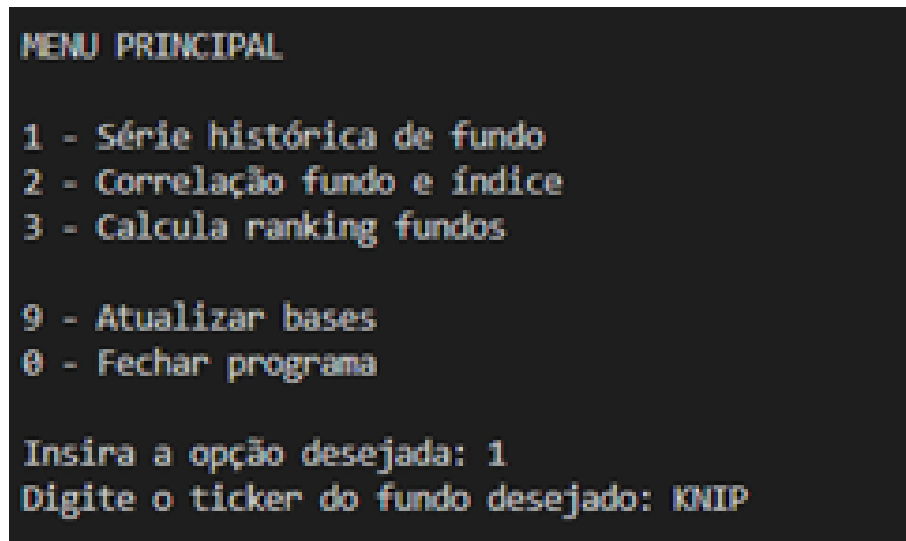


Figura 14: Saída: série histórica completa do fundo

	Ticker	Nome	Cota Fechamento	Valor/Cota	Yield	Yield12 meses	Tipo	Período	Data Base	Data depagamento
3181	KNIP11	FII KINEA IP	105,01	0,85	0,81	0	Rendimento	17/01/2017	31/01/17	13/02/17
3169	KNIP11	FII KINEA IP	107,98	0,86	0,8	63	Rendimento	18/01/2017	31/01/18	15/02/18
3180	KNIP11	FII KINEA IP	105,01	0,67	0,64	0	Rendimento	17/02/2017	24/02/17	13/03/17
3168	KNIP11	FII KINEA IP	109	0,75	0,69	63	Rendimento	17/12/2017	28/02/18	13/03/18
3167	KNIP11	FII KINEA IP	108,5	0,75	0,69	62	Rendimento	18/03/2018	29/03/18	04/12/2018
3166	KNIP11	FII KINEA IP	108,37	0,6	0,55	61	Rendimento	18/04/2018	30/04/18	14/05/18
3165	KNIP11	FII KINEA IP	107,35	0,59	0,55	61	Rendimento	18/05/2018	30/05/18	13/06/18
3164	KNIP11	FII KINEA IP	106,94	0,65	0,61	62	Rendimento	18/06/2018	29/06/18	07/12/2018
3163	KNIP11	FII KINEA IP	105,97	0,89	0,84	65	Rendimento	18/07/2018	31/07/18	13/08/18
3162	KNIP11	FII KINEA IP	108,4	0,85	0,78	67	Rendimento	18/08/2018	31/08/18	14/09/18
3161	KNIP11	FII KINEA IP	108	0,59	0,55	67	Rendimento	18/09/2018	28/09/18	10/11/2018
3160	KNIP11	FII KINEA IP	108,39	0,82	0,76	68	Rendimento	18/10/2018	31/10/18	14/11/18
3159	KNIP11	FII KINEA IP	110,26	0,85	0,77	69	Rendimento	18/11/2018	30/11/18	13/12/18
3158	KNIP11	FII KINEA IP	109,85	0,55	0,5	67	Rendimento	18/12/2018	28/12/18	14/01/19
3157	KNIP11	FII KINEA IP	111,63	0,46	0,41	64	Rendimento	19/01/2019	31/01/19	13/02/19
3156	KNIP11	FII KINEA IP	110,99	0,63	0,57	63	Rendimento	19/02/2019	28/02/19	15/03/19
3155	KNIP11	FII KINEA IP	110,38	0,81	0,73	64	Rendimento	19/03/2019	29/03/19	04/11/2019

Figura 15: Entrada: ticker do fundo e sigla do índice que deseja comparar

```

MENU PRINCIPAL

1 - Série histórica de fundo
2 - Correlação fundo e índice
3 - Calcula ranking fundos

9 - Atualizar bases
0 - Fechar programa

Insira a opção desejada: 2
Digite o ticker do fundo a analisar: KNIP
Digite o índice que deseja fazer a análise: CDI

A variância do yield do fundo KNIP em 2021 foi de: 0.05357809523809522
A variância do índice CDI no mesmo período foi de: 0.05357809523809522
A covariância entre eles é: 0.05357809523809522

```

Figura 16: Saída: planilha com o ranking dos fundos de 2021

	A	B	C	D
1	Ticker ▼	Total dividendos ▼	Valorização da cota ▼	Lucro total/cota ▼
2	HGRE11	129,52	-13,9	115,62
3	HGBS11	128,41	-24,43	103,98
4	HGLG11	108,83	-9,09	99,74
5	FCFL11	82,61	-1,7	80,91
6	HGCR11	52,5	1,95	54,45
7	RBVA11	57,14	-11,21	45,93
8	QAGR11	43,16	-3,53	39,63
9	KNCR11	23,22	13,13	36,35
10	NCHB11	38,98	-12,42	26,56
11	RCRB11	11,48	10,78	22,26

Figura 17: Saída: notificação de carregamento e conclusão das bases

```

Insira a opção desejada:
9

Atualizando bases...
Bases atualizadas! Aperte enter para prosseguir.

```

4 O CRITÉRIO DE MARKOWITZ

4.1 Mudança na filosofia do trabalho

Em um primeiro momento, discorremos sobre a ideia de elaborar um critério automatizado, cuja premissa seria a seleção dos melhores ativos do mercado de Fundos Imobiliários com base em parâmetros históricos e dados de mercado macroeconômicos para compor uma carteira rentável em cima disso. Ou seja, o primeiro método de otimização de carteira que elaboramos se baseava apenas na escolha dos melhores fundos, com a avaliação da diferença das cotas no período de 01/Jan/2019 a 31/Dez/2021 e os rendimentos acumulados no mesmo período. No entanto, percebemos que as volatilidades que interferem sobre a cotação de fechamento dos FIIs vão além desses parâmetros, o que demandaria o levantamento de um estudo de análise de risco que dificultaria a implementação da nossa metodologia.

Preservando partes da ideia embrionária e em reuniões como o orientador do projeto, foi levantada a ideia de partimos para o desenvolvimento de uma otimização sob outra ótica: uma vez já selecionados os ativos componentes da carteira, utilizar do método de Markowitz para distribuir os ativos dentro de carteiras de modo a ponderar as duas variáveis mais importantes quando o assunto é rentabilidade: o risco e o retorno.

Assim, foi decidido que o grupo ia estressar as prerrogativas que definem o critério de Markowitz. Em função de analisar a composição da carteira e otimizar os ganhos, tanto em valorização da cota quanto em dividendos distribuídos, o critério abrange um conceito altamente reconhecido no mercado até os dias de hoje, criado por Harry Markowitz que lhe concedeu um prêmio Nobel em 1990.

Com essa mudança, foi possível levantar, efetivamente, uma carteira com a maior rentabilidade possível de forma automatizada, em detrimento ao que foi apresentado até então neste presente relatório, que exigiria um esforço manual oneroso de comparação entre diferentes Fundos com diversos indicadores macroeconômicos.

4.2 O Critério de Markowitz e por que ele soluciona a ideia do projeto

Ao começar o projeto, o grupo pensou em levantar uma ferramenta que, resumidamente, fosse capaz de receber um input com N ativos e como output devolvesse de imediato qual (ais) deles deveriam compor a carteira com a maior rentabilidade possível quando comparado com as modalidades de investimento mais seguras do país e seus retornos atrelados aos índices mais famosos (SELIC, CDI, IPCA).

O Critério analisa as correlações e percentuais de distribuição entre ativos - sejam eles ações ou fundos - de uma carteira e a relação do retorno dessas composições com um índice livre de risco, como a taxa básica de juros de um país com a economia bem estabelecida. Com essa aplicação, são realizadas milhares de iterações de forma que se possa investigar quais os cenários mais propícios, em termos de risco x retorno, nos quais o investidor tem a melhor combinação possível dado seu apetite por risco.

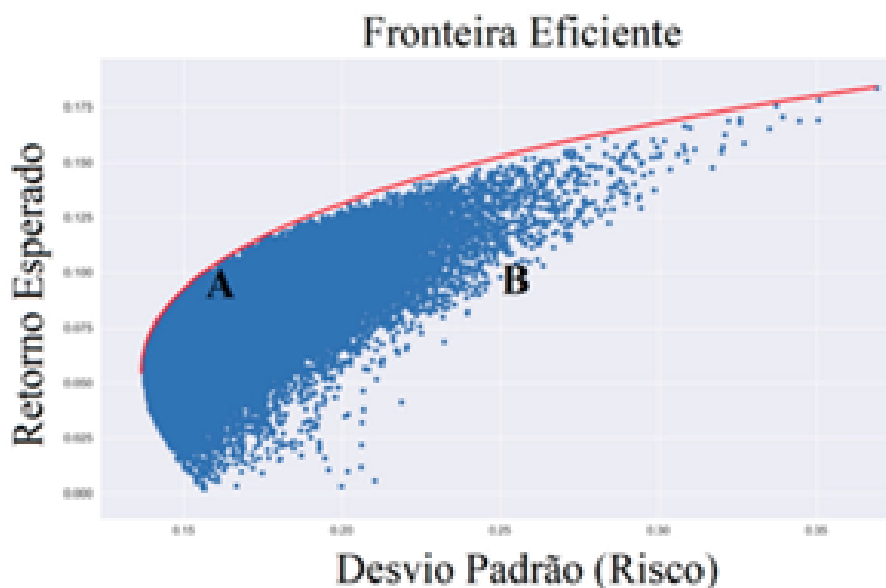
Alinhada com a proposta do grupo, iniciou-se a implementação do método com o desafio de aplicar isso a uma modalidade relativamente recente no mercado: os Fundos de Investimento imobiliário. Ou seja, com Markowitz, é possível utilizar de uma métrica de análise de riscos amplamente utilizada para encontrar a alocação ideal, que tenha o maior retorno e o menor risco possíveis, de ativos arbitrários.

4.3 A Teoria Moderna de Portfólio de Markowitz e o que ela agrega no projeto

A Teoria Moderna de Portfólio foi um conceito apresentado por Markowitz no artigo “Portfolio Selection” (1952) e em seu livro “Portfolio Selection: Efficient Diversification” (1959). Para que sua aplicação seja possível, faz-se necessário o plot de um gráfico de Retorno x Risco das composições dos ativos da carteira, não variando os ativos em si e baseando-se em retornos históricos. Dessa forma, obtemos uma análise de um grande número de composições e distribuição dentro das carteiras, abrindo margem para ponderar os riscos com bases nos retornos conforme as necessidades.

Na grande maioria dos casos, o gráfico possui o formato de bullet point (ponta de bala), conforme demonstrado na figura a seguir (23):

Figura 18: Fronteira Eficiente



Cada ponto azul da região B do gráfico é uma composição diferente da carteira, sendo a linha vermelha a fronteira eficiente que contém as composições possíveis mais eficientes. Em um dado ponto azul, temos o retorno desta composição para um nível de risco correspondentes nos eixos do gráfico, mas, conforme há um deslocamento em direção à fronteira eficiente, é possível observar que podemos alcançar o mesmo retorno, mas com menor exposição ao risco, apenas alterando a porcentagem de cada ativo na composição da carteira.

Isto é, a cada plot feito pelas iterações exaustivas programadas na ferramenta representa uma carteira contendo os mesmos ativos distribuídos em diferentes porcentagens. Essa métrica considera as bases históricas de dados que alimentam cada ativo, permitindo responder qual é a melhor solução de rentabilidade de uma carteira de FIIs para determinado grau de risco atribuído, pergunta que o grupo buscou responder desde o início do projeto.

Nesse cálculo é apresentado o risco de uma carteira pela diversificação do investimento como um todo e que, para um dado nível de retorno esperado, o investidor deve escolher a combinação de ativos que têm o menor risco possível. Feito isso, é possível variar a porcentagem de cada título no portfólio.

4.4 Risco do portfólio e retorno histórico

A linha de eficiência é vinculada ao cálculo do risco em si. Para ele usamos os conceitos de variância, que foi usado para cálculo da volatilidade de um Fundo, e desvio-padrão, que de acordo com seu retorno mais ou menos disperso podemos verificar seu maior ou menor risco

individual.

Para base comparativa usaremos principalmente o desvio-padrão que, quanto menor o desvio, menor os intervalos e mais previsível o retorno futuro com menores riscos. Somado a isso usaremos a covariância e correlação, obtendo a intensidade que duas variáveis estão associadas.

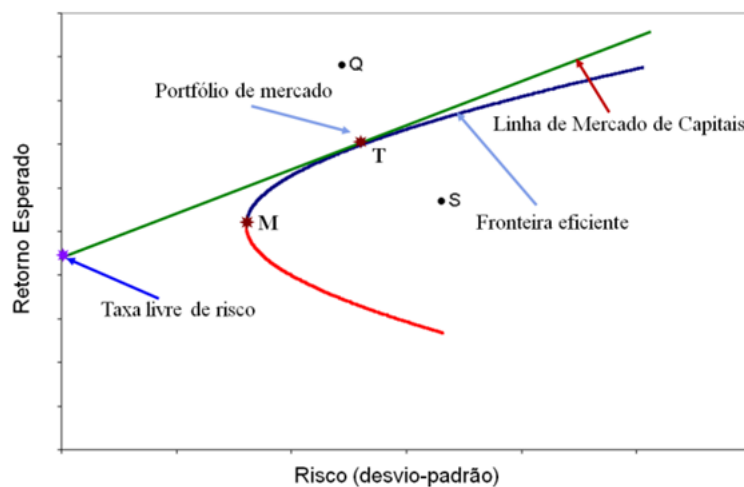
Calculamos, portanto, a variância para construção de uma matriz de pesos dos Fundos em carteira e a matriz de covariância dos retornos mensais, obtendo assim a matriz de covariância para retornos anuais.

$$\sigma_p^2 = [W_1 \cdots W_i \cdots W_n] \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \cdots & \sigma_{i,1} & \cdots & \sigma_{n,1} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{i,1} & \ddots & \sigma_i^2 & \ddots & \sigma_{n,j} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n,1} & \cdots & \sigma_{n,j} & \cdots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_i \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix}$$

No qual σ_p^2 representa a variância do portfólio, W_i representa a porcentagem do valor da carteira destinada ao ativo i, σ_i^2 a variância do ativo i, $\sigma_{i,j}$ a covariância entre os ativos i e j. Com isso calcula-se o desvio-padrão como medida de risco.

4.5 Capital Market Line (CML)

Figura 19: Capital Market Line



Calculada a fronteira eficiente tem-se as melhores combinações que garantem a melhor relação risco-retorno, mas é preciso levar em consideração ativos livres de risco ou de risco baixo, como o Tesouro Direto.

Para levarmos isso, usa-se a Capital Market Line (CML), que é plotada tangenciando o ponto de carteira de mercado (carteira composta exclusivamente de renda variável), sendo a inclinação ou outros pontos da reta calculados pelo índice Sharpe, que é dado por:

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

Sendo R_f o retorno do ativo livre de risco, R_p o retorno do portfólio e σ_p o desvio padrão do portfólio.

4.6 A implementação da Teoria de Markowitz em Python

Utilizando as bibliotecas que mencionamos acima, fizemos um método iterativo para o cálculo do risco e do retorno de diversas composições aleatórias, ilustrado a seguir:

Figura 20: Implementação de Markowitz em python

```
# MÉTODO ITERATIVO DE MARKOWITZ

portfolio_retorno_esperado = []
portfolio_volatilidade = []
indice_sharpe = []
lista_pesos = []
fundos = carteira.columns

#selic
sem_risco = 0.0925

for i in range(n_iter):
    #setando pesos aleatórios
    pesos = np.random.random(len(fundos))
    pesos /= np.sum(pesos) #soma dos pesos igual a 1
    lista_pesos.append(pesos) #armazena pesos calculados

#retorno para as 10000 composições diferentes de carteira
portfolio_retorno_esperado.append(np.sum(pesos* retorno_log.mean())*12)

#calculo da volatilidade para as composições
portfolio_volatilidade.append(np.sqrt(np.dot(pesos.T, np.dot(retorno_log.cov()*12, pesos))))

#calculo do indice sharpe para as composições
indice_sharpe.append((float(portfolio_retorno_esperado[i]) - sem_risco)/float(portfolio_volatilidade[i]))
```

4.7 A interface com o usuário e resultados

Para melhorar a experiência do usuário e a visualização dos resultados, implementamos a biblioteca Streamlit, que gera uma página web interativa que calcula, utilizando as entradas do usuário, a carteira otimizada.

Basta o usuário selecionar os fundos que deseja comprar, o valor a investir e o número de iterações:

Figura 21: Resultados na página web - Rendimento do Fundo

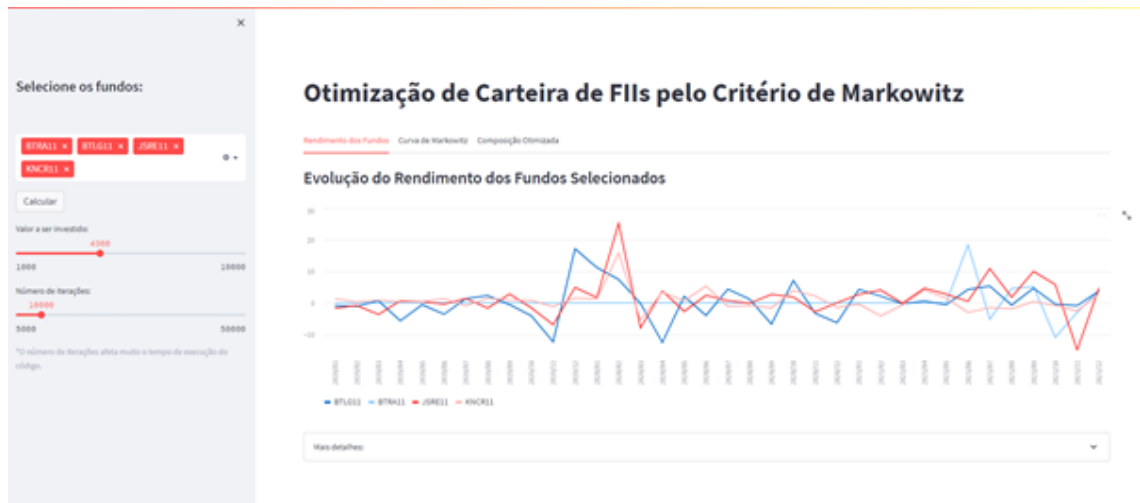
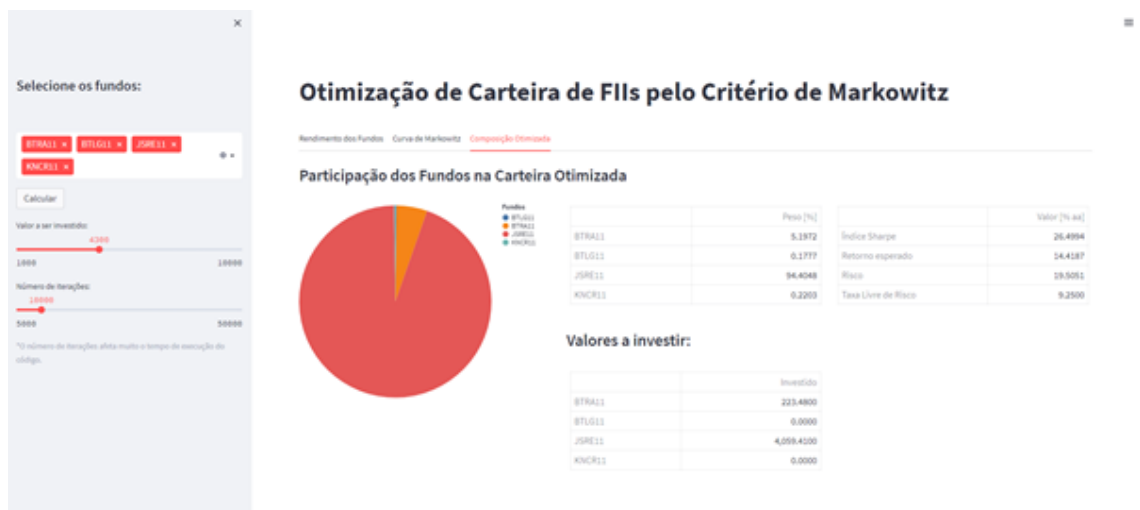


Figura 22: Resultados na página web - Curva de Markowitz



Figura 23: Resultados na página web - Composição Otimizada



REFERÊNCIAS

- 1 COSTA, O. L. d. V.; ASSUNÇÃO, H. G. V. *Livro de Carteiras*. [S.l.: s.n.], 2006.
- 2 JOBSON, J. D.; KORKIE, B. Putting markowitz theory to work. *The Journal of Portfolio Management*, 1981.