

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PARÁ - CESUPA
ESCOLA DE NEGÓCIOS, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO - ARGO
CURSO DE CIÊNCIA DE COMPUTAÇÃO

JOSÉ NONATO CUNHA DE OLIVEIRA JUNIOR

**OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRA DE INVESTIMENTO COM A TEORIA DE
PORTFÓLIO DE MARKOWITZ UTILIZANDO A LINGUAGEM DE
PROGRAMAÇÃO PYTHON**

BELÉM
2023

JOSÉ NONATO CUNHA DE OLIVEIRA JUNIOR

**OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRA DE INVESTIMENTO COM A TEORIA DE
PORTFÓLIO DE MARKOWITZ UTILIZANDO A LINGUAGEM DE
PROGRAMAÇÃO PYTHON**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Cientista da Computação na modalidade PRODUTO.

Orientador: Me. Pedro Giroto

Coorientador: Dr. Isaac Elgrably

BELÉM

2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
Biblioteca do CESUPA, Belém – PA

Oliveira Júnior, José Nonato Cunha de.

Otimização de carteira de investimento com a teoria de portfólio de Markowitz utilizando a linguagem de programação Python / José Nonato Cunha de Oliveira Júnior; orientador Pedro Henrique Sales Giroto, coorientador Isaac Souza Elgrably. — 2023.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Centro Universitário do Estado do Pará, Belém, 2023.

- Python (Linguagem de programação). 2. Investimentos. I. Giroto, Pedro Henrique Sales, orient. II. Elgrably, Isaac Souza. III. Título.

CDD

23ª ed. 005.13

JOSÉ NONATO CUNHA DE OLIVEIRA JUNIOR


**OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRA DE INVESTIMENTO COM A TEORIA DE
PORTFÓLIO DE MARKOWITZ UTILIZANDO A LINGUAGEM DE
PROGRAMAÇÃO PYTHON**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Cientista da Computação na modalidade PRODUTO.

Data da aprovação: 06/12/2023


Nota final aluno: **9,5**

Banca examinadora

Documento assinado digitalmente
 PEDRO HENRIQUE SALES GIROTTO
Data: 12/12/2023 12:44:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Me. Pedro Girotto

Orientador e Presidente da banca

Documento assinado digitalmente
 ISAAC SOUZA ELGRABLY
Data: 12/12/2023 13:41:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Isaac Elgrably

Coorientador

Documento assinado digitalmente
 FABIO ROCHA DE ARAUJO
Data: 12/12/2023 12:51:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Fábio Rocha de Araújo

Examinador interno

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, pois **sem Ele nada seria possível!** Em segundo lugar gostaria de agradecer aos meus pais, que se não fossem eles eu não estaria concluindo este curso ou estaria aqui (literalmente), e é claro aos meus irmãos que sempre estiveram ao meu lado, me dando forças e raiva (no equilíbrio perfeito) e ao meu tio Mário, que acompanhou a minha infância/adolescência e não pode ver o homem que estou me tornando e esta conquista. Além de agradecer aos meus colegas de faculdade, como o icônico Eduardo Maeda (com seu jeito único de chamar a Alessandra), o grande Abimashow (nosso botafoguense amado) e o Carlos (futuro Cariani, espero que sem as drogas), se não fosse a nossa junção provavelmente estaríamos chorando nos projetos. Em quarto lugar agradecer aos professores que estiveram comigo neste ciclo, professor Isaac (quem me ajudou a me encontrar na área, é nois), professor Giroto (teve a paciência de me acompanhar durante a escrita do trabalho kaka), além dos outros que me acompanharam batendo os meus recordes no Tetris durante a aula. Sem esquecer dos Garotos de Programa, que são igual a sessão da tarde, sempre falando besteira para nos alegrar kakaka (PS: nenhuma mensagem pode sair de lá, prisão certa). Sem vocês este ciclo teria sido interminável e provavelmente eu teria terminado com a força do ódio. Muito obrigado a todos, sem vocês a conclusão do curso e deste trabalho não teria sido possível!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Setores da Bolsa de Valores.....	7
Figura 2: Aumento de Investidores no Brasil em 2023.....	8
Figura 3: Modelo de Negócios.....	15
Figura 4: Diagrama de Dados.....	16
Figura 5: Diagrama de Uso.....	17
Figura 6: Diagrama da biblioteca PyPortfolioOpt.....	20
Figura 7: Exemplo de Dataframe.....	21
Figura 8: Empresas selecionadas por setor de atuação carteira Ibovespa.....	22
Figura 9: Apresentação dos algoritmos usados para a coleta de dados.....	23
Figura 10: Gráfico do fechamento ajustado dos ativos.....	24
Figura 11: Apresentação do algoritmo de cálculo dos retornos.....	25
Figura 12: Apresentação do algoritmo para o cálculo da matriz de Covariância.....	26
Figura 13: Algoritmo do índice Sharpe.....	27
Figura 13: Gráfico de Fronteira Eficiente e Ponto Ótimo de Risco.....	28
Figura 14: Rota Inicial.....	30
Figura 15: Tickers Inválidos.....	31
Figura 16: Ilustração do retorno diário e fechamento ajustado.....	32
Figura 17: Matriz de Covariância e Estimativa de Redução.....	33
Figura 18: Métricas-chaves da carteira.....	33
Figura 19: Gráfico de Risco x Retorno.....	34
Figura 20: Aprovação e dificuldades do público.....	35
Figura 21: Recomendações a usuários e melhorias.....	36
Figura 22: Avaliação da Eficiência Global.....	37

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	6
1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	8
1.1 Introdução.....	8
1.2 Problema.....	10
1.3 Justificativa.....	11
1.4 Objetivos.....	12
1.5 Estrutura do Trabalho.....	13
2 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.....	14
2.1 Análise de Viabilidade.....	14
2.1.1 Mercado e Público-Alvo.....	14
2.1.2 Competências Técnicas.....	14
2.1.3 Análise Financeira.....	15
2.1.4 Limitações.....	16
2.2 Prototipação.....	17
2.2.1 Requisitos.....	17
2.2.1.1 Diagrama de Fluxo de Dados.....	17
2.2.1.2 Diagrama de Caso de Uso.....	18
2.2.2 Tecnologias Utilizadas.....	19
2.2.2.1 Python.....	19
2.2.2.2 Pandas e Numpy.....	19
2.2.2.3 Plotly.....	19
2.2.2.4 YFinance.....	20
2.2.2.5 Flask.....	20
2.2.2.6 PyPortfolioOpt.....	20
2.2.3 Funcionalidades do Produto.....	21
2.2.4 Análise de Dados/Uso de Arquivos de Entrada e Saída.....	22
2.2.5 Etapa de Testes.....	22
2.2.6 Comercialização do Produto.....	29
2.2.7 Produtos Correlatos.....	30
3 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	31
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

RESUMO

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma metodologia para otimização de carteiras de investimentos utilizando a linguagem de programação Python, baseando-se na Teoria do Portfólio (1952) de Harry Markowitz. A partir de análises estáticas e observações, constatou-se um aumento na quantidade de pessoas físicas cadastradas na principal Bolsa de Valores do Brasil, a B3, o que mostra um interesse crescente por parte da população em investimentos. Dessa forma, o projeto surge da tentativa de proporcionar uma simplificação do ato de investir ao possibilitar a otimização de carteiras de investimentos de forma acessível e prática a investidores e profissionais do mercado financeiro. Contém conceituações de risco e da Teoria de Markowitz em sua primeira seção. Na segunda seção é apresentada a análise de viabilidade do produto, seguindo para a prototipação, com seus requisitos específicos e disposição do diagrama de Fluxo de Dados e de Caso de Uso, as tecnologias utilizadas para o desenvolvimento da metodologia, dentre elas o Python, Pandas, Numpy, Plotly, YFinance, Flask e PyPortfolioOpt, as funcionalidades do produto e a análise de dados dos arquivos de entrada e saída. Ainda nesta seção, é disposta a natureza metodológica do trabalho, mostrando as técnicas de pesquisa exploratória e avaliativa que permearam a etapa de testes do mesmo, o modelo de comercialização do produto para implementá-lo no mercado e possíveis concorrentes diretos e indiretos. Na terceira seção são expostos os resultados da aplicação e os dados e ativos considerados, com uma pesquisa direcionada ao público-alvo. E, por fim, na quarta seção, tem-se as considerações da ferramenta, sobre a qual pode-se afirmar que cumpriu com o objetivo inicial do projeto e mostrou-se uma possibilidade real e potencial de visualização de carteiras e seus respectivos riscos, possibilitando insights para a área de investimentos e comprovação do potencial da ferramenta Python enquanto tecnologia.

Palavras-chave: Carteiras de Investimentos; Python; Teoria de Markowitz; Mercado Financeiro

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1 Introdução

O mercado financeiro é um sistema abrangente que engloba a negociação de uma ampla gama de ativos, como ações, títulos e moedas divididos entre diversos setores da economia, como apresentado na figura 1. Funciona como um mecanismo de distribuição de recursos, permitindo que entidades governamentais, corporações e indivíduos obtenham financiamento através da emissão e negociação desses instrumentos financeiros (PARMAIS, 2021). Dividido principalmente entre mercado de capitais e mercado monetário, o primeiro lidando com ativos de longo prazo e investimentos, e o segundo focando em transações de curto prazo e liquidez (TORO INVESTIMENTOS, 2023). O mercado financeiro é influenciado por fatores econômicos, políticos e sociais, e sua operação eficaz requer regulamentação rigorosa para garantir a transparência e a confiança dos investidores.

Figura 1: Setores da Bolsa de Valores.

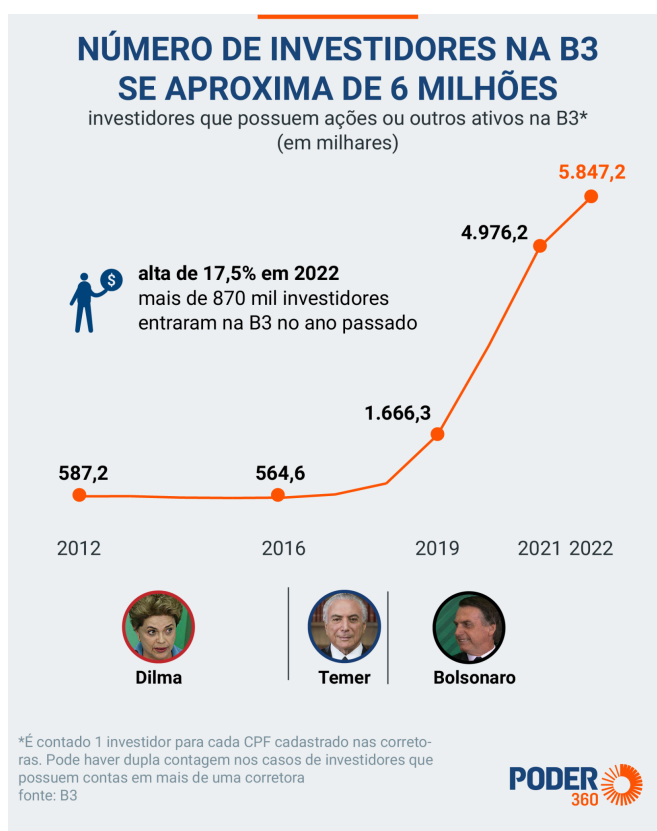


Fonte: Lucas Faggioni, 2021

De acordo com a B3 (Bolsa, Brasil, Balcão, 2023), no ano de 2023 foi registrado um recorde de pessoas físicas cadastradas na principal bolsa de valores do Brasil, passando dos 6 milhões de contas abertas nas corretoras no mês de fevereiro. É evidente que o acesso facilitado a blogs, sites e vídeos que oferecem

conhecimento e orientações sobre investimentos tem contribuído para o aumento e a conscientização em relação ao planejamento financeiro. Isso significa que mais pessoas reconhecem a importância de planejar suas finanças e garantir um futuro financeiramente estável, permitindo-lhes aumentar seu patrimônio e alcançar seus objetivos financeiros a longo prazo, como a aposentadoria ou a compra de imóveis. Como apresentado na figura 2, é evidente que o aumento no interesse da população em relação aos investimentos cresceu a partir do ano de 2019, ano marcado pela criação de políticas econômicas sólidas.

Figura 2: Aumento de Investidores no Brasil em 2023.



Fonte: Hamilton Ferrari, 2023

O alcance de novos objetivos pode ser alinhado à otimização de carteiras de investimento das pessoas, todavia, é importante destacar que existem diversos fatores que podem influenciar a tomada de decisão destes investidores. A complexidade desse processo é particularmente desafiadora para investidores individuais que não possuem conhecimentos avançados em finanças e análise de investimentos. Além disso, a obtenção de dados precisos e atualizados sobre os ativos também se apresenta como um obstáculo significativo (Antonio, Marco,

2021). É fundamental ressaltar que investir envolve riscos e requer considerações e compreensão adequados antes de iniciar qualquer tipo de investimento (XP Educação, 2022).

A otimização de uma carteira de investimentos é uma tarefa complexa, porém, pode ser simplificada com o auxílio de ferramentas de programação, como a linguagem Python, a qual é amplamente utilizada na análise de dados e no desenvolvimento web. Além disso, o uso de técnicas quantitativas, como a Teoria do Portfólio de Markowitz, é essencial para uma carteira diversificada. Essa teoria desempenha um papel importante na redução de riscos, otimização de retornos, embasamento de decisões de investimento e gerenciamento eficiente de portfólio. Segundo Markowitz (1990), essa abordagem oferece uma estrutura sólida para a construção de portfólios diversificados. Dessa forma, evita-se a concentração excessiva em um único ativo ou setor, o que pode aumentar desnecessariamente o risco.

A combinação dessas técnicas é capaz de lidar com grandes volumes de dados e uma ampla variedade de ativos financeiros, permitindo a visualização da alocação de recursos em diversos cenários (BROOKS, 2022). Essa abordagem oferece uma estrutura analítica para a tomada de decisões, evitando decisões baseadas na intuição ou emoção. Assim, proporcionando uma gestão eficiente do portfólio, levando em consideração as preferências e objetivos individuais dos investidores.

À medida que avança este trabalho, será explorado detalhes técnicos e o desenvolvimento de uma ferramenta que permita aos investidores aplicar os princípios da Teoria de Portfólio de Markowitz em suas próprias carteiras de investimentos. Com isso, esperamos proporcionar uma contribuição significativa para o campo de gestão de portfólio para aqueles que buscam alcançar a segurança financeira e o crescimento de seus patrimônios.

1.2 Problema

O conceito de risco é ancestral, tendo evoluído ao longo do tempo em sua definição e nas estratégias de gerenciamento associadas a ele. Os seres humanos sempre estiveram sujeitos a situações de risco, que variaram desde ameaças até

desafios relacionados a descobertas e até mesmo à busca pela acumulação de riquezas.

Ao investir em uma determinada ação, o investidor busca obter ganhos, mas está ciente da imprevisibilidade do mercado e das possibilidades de perdas (BRITO, 1981; DUARTE JÚNIOR, 1996). Portanto, ele está sujeito a riscos de lucro ou prejuízo ao realizar qualquer investimento.

Duarte Júnior (1996) define risco como a medida numérica das incertezas relacionadas ao retorno que o investidor pode obter no final do período de investimento.

Além disso, Brito e Brito (2002) ressaltam como choques monetários, como crises internacionais e recessões, podem aumentar o risco ao qual os acionistas estão expostos, elevando o risco no mercado de ações. Eles também destacam a importância de políticas econômicas sólidas, como a estabilização e regulamentação do mercado, para reduzir incertezas e riscos no mercado de ações, especialmente quando os investidores optam por um portfólio diversificado.

Investidores de todos os níveis enfrentam um desafio constante, como otimizar suas carteiras de investimentos de forma a maximizar o retorno potencial enquanto minimizam o risco associado. Todavia, essa tarefa não é simples, pois os investidores precisam levar em consideração uma série de fatores. Metas financeiras, horizonte de investimento, tolerância ao risco, restrições de recursos e até mesmo suas prioridades pessoais são fatores pertinentes.

Além disso, o mercado financeiro é complexo e dinâmico, apresentando uma ampla gama de ativos disponíveis, cada um com características únicas. Dessa forma, os investidores precisam fazer escolhas estratégicas sobre como alocar seus recursos entre diferentes classes de ativos, isto é, se vai utilizar-se de ações, títulos, fundos imobiliários, entre outros. Considerando os diferentes níveis de risco e retorno esperado de cada um.

1.3 Justificativa

Na sua tese sobre a diversificação de carteiras, publicada em 1952, Harry Markowitz propôs uma abordagem que visava otimizar os resultados dos portfólios financeiros, reduzindo ao mínimo os riscos associados aos investimentos. Este processo de seleção de ativos para compor uma carteira pode ser dividido em duas

etapas distintas. Na primeira etapa, os investidores observam a performance passada dos ativos financeiros, com o objetivo de formular opiniões fundamentadas sobre a futura dinâmica dos negócios relacionados a esses ativos. Na segunda etapa, essas opiniões são utilizadas como base para a escolha dos ativos que comporão a carteira de investimentos.

A otimização de uma carteira de investimentos é uma tarefa desafiadora devido à complexidade envolvida na seleção e alocação dos ativos financeiros. A diversidade de opções de investimentos, a volatilidade dos mercados e a incerteza dos retornos tornam difícil para os investidores tomarem decisões informadas e eficientes.

Mas, a utilização de técnicas quantitativas, como a Teoria do Portfólio de Markowitz, aliada às ferramentas de programação, como a linguagem Python pode auxiliar significativamente neste processo. Essa abordagem permite considerar um grande volume de dados, como o histórico de preços, indicadores financeiros e correlações entre ativos.

Ao aplicar esta teoria, é possível analisar o trade-off entre risco e retorno, e identificar a combinação ideal de ativos para maximizar os ganhos e minimizar a volatilidade da carteira. Através da programação em Python, é possível automatizar o cálculo de métricas de desempenho, a criação de modelos de previsão e a otimização da alocação de recursos.

Assim, propõe-se o desenvolvimento de uma plataforma que busca demonstrar que é viável alcançar a performance de carteira ao apresentar, de forma simplificada, um vasto volume de dados sobre diversos ativos financeiros, isso facilita a visualização de múltiplos cenários para a alocação de recursos, destacando o Python como um valioso aliado para os investidores, ao reduzir as limitações humanas na tomada de decisões financeiras. Com isso, aprimorar a gestão de carteira de investimentos e promover maior eficiência no mercado financeiro.

1.4 Objetivos

Objetivo Geral

Desenvolver uma metodologia para a otimização de carteiras de investimentos utilizando a linguagem de programação Python.

Objetivos Específicos

- Realizar levantamento de dados sobre a variação históricos de ativos financeiros;
- Calcular indicadores essenciais de cada ativo para análise de alocação ótima entre os ativos;
- Avaliar o impacto de diferentes cenários no desempenho dos ativos em uma carteira;
- Criar uma carteira otimizada de ativos a partir dos resultados obtidos;

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho consiste em um primeiro capítulo de contextualização, onde é apresentada a introdução, o problema, a justificativa e os objetivos do projeto para a elaboração de um produto para otimização de uma carteira de investimentos. Em seguida, no capítulo dois, é apresentado o desenvolvimento do produto, mostrando a prototipação, o processo de construção da aplicação, e a forma de como é realizada a captura, tratamento e cálculos estatísticos necessários para a otimização de uma carteira de investimentos. Ainda neste capítulo é apresentado o modelo de negócio, as tecnologias utilizadas e a forma de homologação do produto mínimo viável (MVP). Os resultados e as discussões serão apresentados no capítulo três e no capítulo quatro serão apresentadas as considerações finais acerca do trabalho apresentado.

2 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Nesta seção será demonstrado informações necessárias para a construção deste projeto.

2.1 Análise de Viabilidade

2.1.1 Mercado e Público-Alvo

O público-alvo interessado neste processo de análise de automação de carteiras é composto por investidores e profissionais do mercado financeiro que buscam maximizar seus retornos e reduzir seus riscos por uma abordagem quantitativa e sistemática. Além de estarem comprometidos em adotar uma abordagem baseada em dados e estatística para tomar decisões de investimento informado e estão em busca de soluções práticas e eficientes para otimizar seus investimentos.

2.1.2 Competências Técnicas

Para implementar a solução utilizando a linguagem de programação Python, é fundamental possuir competências técnicas sólidas em programação, matemática financeira e análise de dados. A habilidade em Python permite a implementação dos algoritmos necessários para calcular a fronteira eficiente e encontrar a alocação de ativos ideal. Além disso, é necessário ter a capacidade de manipular e analisar dados financeiros relevantes, como preços de ações, taxas de retorno históricas e informações sobre os ativos disponíveis.

Uma compreensão profunda dos princípios subjacentes da Teoria de Markowitz, incluindo a estimativa de retornos, volatilidade e correlação entre os ativos, é essencial para a construção adequada do modelo de otimização. Combinando essas competências técnicas, é possível realizar uma análise abrangente e precisa, resultando na otimização eficiente da carteira de investimentos.

2.1.3 Análise Financeira

O uso da API da *Yahoo Finance* é, em geral, gratuito, o que torna a obtenção de dados financeiros acessível para análise. No entanto, ao implementar uma aplicação que depende desses dados em um ambiente de produção, é importante considerar a necessidade de um servidor robusto com capacidade de armazenamento e processamento suficiente para atender às demandas da aplicação.

A *Amazon Web Services* (AWS), como um dos principais provedores de serviços em nuvem do mundo, adota um modelo de precificação flexível, resumido pelo CEO, Andy Jassy, que disse: “Você paga pelo que usa. Não há contratos de longo prazo nem taxas iniciais”. Isso significa que os clientes têm a capacidade de dimensionar seus recursos conforme o necessário, sem a necessidade de investir em infraestrutura cara e ociosa, além de facilitar o processo de migração de aplicativos existentes enquanto preserva as opções para criar novas soluções. Abordagem que ajuda especialmente benéfica para startups e empresas que desejam manter seus custos operacionais sob controle.

Além da precificação flexível, a AWS oferece uma ampla gama de opções de recursos de processamento para atender às necessidades específicas dos clientes. Seja por meio de instâncias ou ambientes de computação sem servidor, a AWS permite que os desenvolvedores escolham a abordagem que melhor se adapte ao seu aplicativo ou carga de trabalho.

Parafrazeando o CEO da Amazon, Jeff Bezos, o objetivo é oferecer às empresas a flexibilidade para escolher a plataforma que desejam, quando desejam. Aspectos que foram citados anteriormente atraem empresas de todos os tamanhos e setores, permitindo-lhes inovar e crescer sem as restrições tradicionais de infraestrutura.

Figura 3: Modelo de Negócios

Science Business Model		Nome do Projeto: OptiInvest		High Concept Pitch	
Atividades e Recursos-Chave <ul style="list-style-type: none"> Teoria de Markowitz Investimento de Carteira Diversificação de Carteiras Python para finanças Otimização de Portfólio Gestão de Ativos Portfólio Eficiente 	Proposta de Valor <ul style="list-style-type: none"> Oferecer uma abordagem inovadora e acessível para otimizar seus investimentos. Plataforma construída utilizando Python, que combina a robustez da Teoria de Portfólio de Markowitz com a conveniência da tecnologia moderna; 	Problema/Demanda <ul style="list-style-type: none"> Investidores, sejam individuais ou institucionais, enfrentam o desafio de tomar decisões de alocação de ativos que maximizem seus retornos financeiros, enquanto gerenciam o risco de maneira eficaz; 	Segmentos de Cliente <ul style="list-style-type: none"> Investidores Individuais: Investidores independentes que desejam otimizar suas carteiras pessoais; Traders que buscam maximizar seus retornos e gerenciar riscos de maneira eficaz; Assessores: Profissionais de investimentos que desejam melhorar o desempenho dos fundos de seus clientes por meio de técnicas avançadas de otimização de portfólio; Instituições Financeiras: Bancos comerciais que oferecem serviços de consultoria de investimento para clientes de alta renda; 		
	Solução <ul style="list-style-type: none"> Desenvolver uma metodologia para a otimização de carteiras de investimentos utilizando a linguagem de programação Python; 				
Parcerias para Desenvolvimento <ul style="list-style-type: none"> Instituições Financeiras Universidades e Instituições Acadêmicas Consultorias de Investimentos Organizações de Pesquisas em Finanças 	Base Tecnológica <ul style="list-style-type: none"> estágio da tecnologia ideia pesquisa protótipo produto mercado 	Estratégia de Diferenciação <ul style="list-style-type: none"> Facilidade e praticidade para ter os insights para o estudo da carteira desejada 	Soluções Existentes <ul style="list-style-type: none"> QuantLib-Python cvxpy PortfólioLab QuantConnect Wealthfront / Betterment 		
Estrutura de Custos <ul style="list-style-type: none"> Servidores, manutenção 	Modelo de Receita <ul style="list-style-type: none"> Assinaturas, Serviços personalizados, (Consultoria e treinamentos para clientes que desejam assistência adicional), Parcerias e Licenciamentos 	Estratégia de Impacto Social ou Ambiental <ul style="list-style-type: none"> Carteiras de Investimentos Socialmente Responsáveis (SRI) (oferecer aos clientes opções com base em critérios de investimentos socialmente responsáveis) Parcerias com organizações de Impacto Social (Colaborar com organizações que promovem causas específicas para desenvolver carteiras de investimentos que promovem causas específicas, como educação, saúde, etc.) Educação Financeira 			

Fonte: Autor, 2023

Acima está representado o modelo de negócios do projeto, o guia que ajuda a empresa a navegar pelo mundo dos negócios, demonstrando que o mais importante é a capacidade de adaptação e inovação.

2.1.4 Limitações

Embora esta técnica seja amplamente utilizada e considerada uma abordagem valiosa, existem algumas limitações a serem consideradas. Em primeiro lugar, a teoria assume que os retornos dos ativos seguem uma distribuição normal, o que nem sempre é verdade na prática, especialmente em períodos de volatilidade extrema ou eventos raros.

Além disso, a Teoria de Markowitz é baseada em dados históricos, o que significa que a estimativa de risco e retorno estão sujeitas a mudanças à medida que novas informações se tornam disponíveis. Isso pode levar a uma otimização que não reflete com precisão o ambiente atual do mercado. Outro fator é a tomada de decisões do investidor, que pode ser influenciada por fatores emocionais e comportamentais, o que pode afetar suas decisões de investimento. Portanto, é

importante considerar estas limitações ao aplicar tal teoria na prática e estar ciente de suas premissas e restrições.

2.2 Prototipação

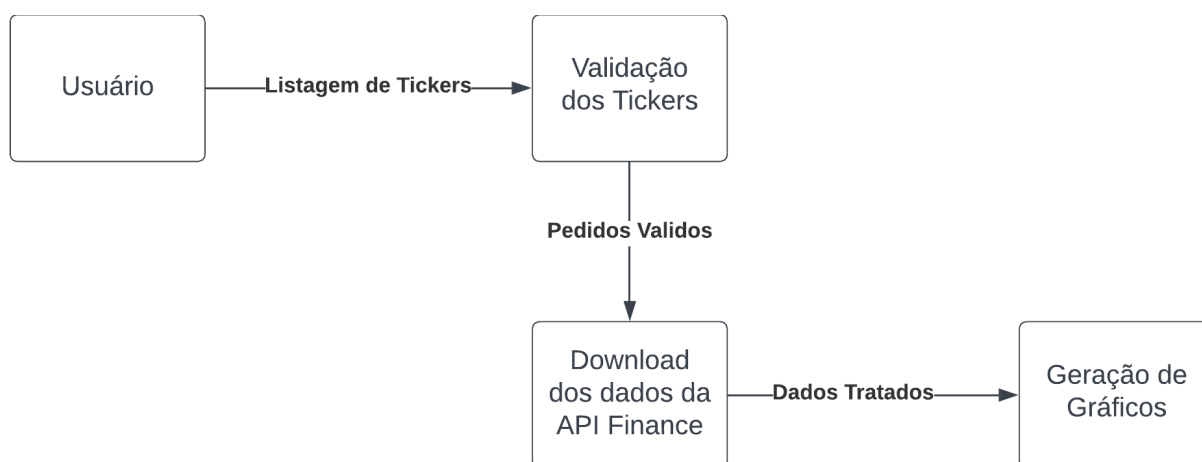
2.2.1 Requisitos

Nesta seção será apresentada a diagramação dos processos de desenvolvimento/utilização do projeto.

2.2.1.1 Diagrama de Fluxo de Dados

Na figura 4 temos o diagrama de dados apresentado como é feito o processo de coleta, tratamento e a análise dos dados.

Figura 4: Diagrama de Dados



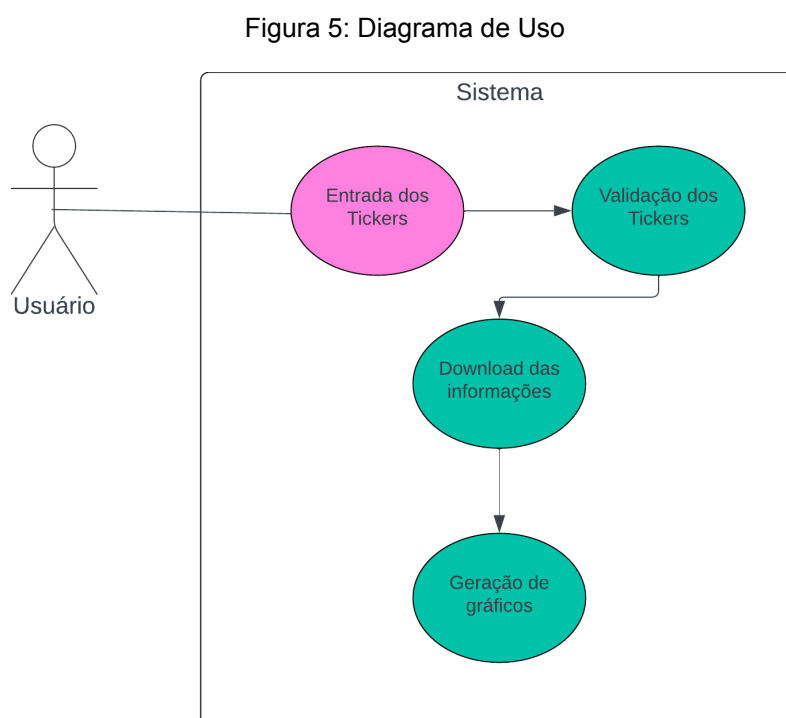
Fonte: Autor, 2023

Primeiramente será coletado os dados relevantes dos ativos financeiros, realizados por meio da API conhecida como YFinance. Em seguida, é feito o pré-processamento de dados, utilizando bibliotecas como Pandas e Numpy para limpar e tratar os dados, normalizando e retirando os campos vazios do conjunto para calcular os retornos dos ativos. A análise de dados é realizada através do cálculo da matriz de covariância e das médias dos retornos e desvio padrão. Na etapa de otimização de carteira, é definida uma função objeto que pode maximizar o

retorno ou minimizar o risco, levando em conta restrições específicas. Por fim, os resultados são visualizados, exibindo a alocação ideal dos ativos, métricas de desempenho da carteira e a fronteira eficiente de risco-retorno.

2.2.1.2 Diagrama de Caso de Uso

Na figura 5 temos o diagrama do uso dos dados apresentando como é o fluxo do usuário ao utilizar o sistema.



Fonte: Autor, 2023

Este processo envolve a interação entre Investidor e Sistema. O investidor informa os ativos de sua carteira, fornecendo essa informação ao Sistema. O Sistema, por sua vez, realiza a otimização da carteira, aplicando os princípios da Teoria de Markowitz para encontrar a melhor opção de alocação dos ativos. Após a conclusão da otimização, o Sistema retorna a alocação otimizada ao Investidor. Esse processo visa encontrar a combinação de ativos que oferece equilíbrio entre retorno e risco, auxiliando o Investidor na busca por uma carteira diversificada e eficiente.

2.2.2 Tecnologias Utilizadas

2.2.2.1 Python

Python é uma linguagem de programação versátil e amplamente utilizada no mercado financeiro. Com sua sintaxe simples e legibilidade, o Python oferece uma ampla gama de bibliotecas e ferramentas que facilitam a implementação dos modelos de otimização de carteiras de investimentos.

2.2.2.2 Pandas e Numpy

O desenvolvimento de tal ferramenta pode ser implementada de forma eficiente utilizando bibliotecas populares como Pandas e Numpy.

O Pandas é uma biblioteca de análise de dados que fornece estruturas de dados flexíveis e eficientes que facilita a manipulação e análise de amplos conjuntos de dados financeiros. Como destacado Wes McKinney, criador do Pandas, “o Pandas permite que você faça praticamente qualquer operação que você deseje em seus dados financeiros, desde limpeza de dados até a agregação de informações e análise estatística”.

Por outro lado, o Numpy é uma biblioteca fundamental para computação científica em Python, fornecendo um conjunto poderoso de funções e estruturas de dados multidimensionais. Com esta biblioteca é possível realizar cálculos eficientes em matrizes, o que é especialmente útil para cálculos de retorno e covariância de ativos financeiros.

2.2.2.3 Plotly

O Plotly é uma biblioteca de visualização de dados interativa. Oferecendo uma ampla gama de recursos gráficos, permitindo a criação de visuais estilizados, personalizados e responsivos, permitindo que os usuários explorem os dados de maneira dinâmica.

2.2.2.4 *YFinance*

O YFinance, abreviação de Yahoo Finance, é uma API poderosa que permite aos usuários acessar e recuperar uma ampla gama de dados financeiros diretamente dos servidores do Yahoo Finance. Amplamente utilizada no mundo das finanças e investimento, bem como análises de dados relacionadas a mercados financeiros.

A principal função é possibilitar a coleta de informações em tempo real e históricas sobre ações, índices, moedas, commodities e outros instrumentos financeiros. Isso inclui dados como preços de fechamento, preços de abertura, volumes de negociação, capitalização de mercado, informações de dividendos e outros.

2.2.2.5 *Flask*

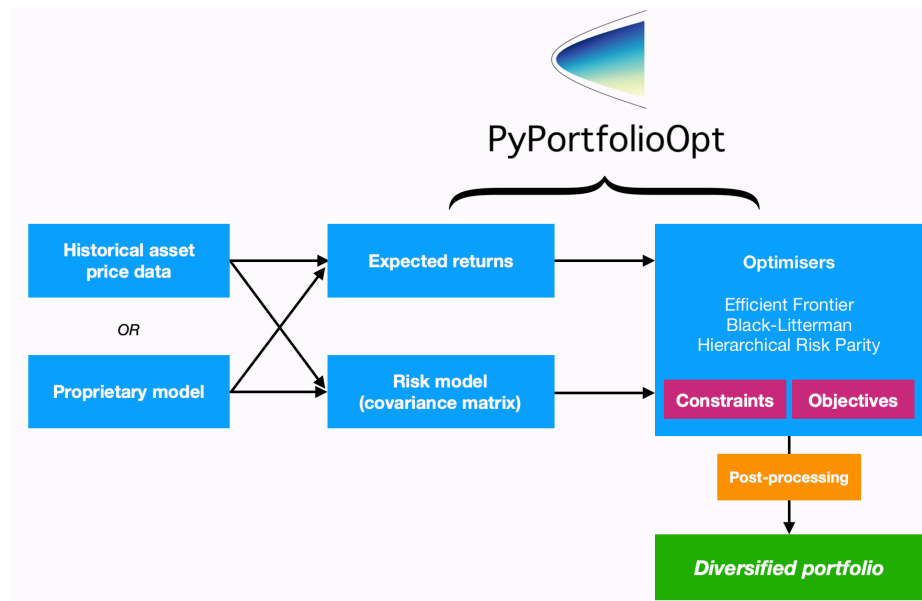
O Flask é um microframework web, open-source para a criação de aplicações minimalistas sem a necessidade de compor todas as ferramentas que um framework costuma ter (RONACHER, 2014). Conhecido por sua estrutura simples e intuitiva, que permite criar aplicações web escaláveis e flexíveis.

2.2.2.6 *PyPortfolioOpt*

Uma aplicação prática de Python em finanças é a biblioteca PyPortfolioOpt (disponível gratuitamente para usuários) que utiliza os fundamentos teóricos de Markowitz para otimização de carteiras de investimentos.

No site está presente toda a documentação de apresentação e instruções dadas pelos desenvolvedores que sustentam a possibilidade de investidores casuais até profissionais sérios de achar grandes utilidades para esta biblioteca.

Figura 6: Diagrama da biblioteca PyPortfolioOpt



Fonte: Documentação da Biblioteca, 2018.

Para chegar ao resultado de uma carteira de ativos eficiente pode-se partir dos preços históricos de ativos ou do modelo prioritário, fica a cargo do analista optar pelo melhor ponto de partida. Em seguida, partir para os cálculos dos retornos esperados e da matriz de covariância.

Vale ressaltar que o uso desta biblioteca requer conhecimentos básicos na linguagem Python. Este trabalho tem como objetivo mostrar que é possível aplicar técnicas quantitativas aliadas a linguagens de programação podem auxiliar significativamente na análise de carteiras.

2.2.3 Funcionalidades do Produto

Neste item, descreverei as funcionalidades que compõem a aplicação. Tudo começa com uma tela inicial na qual o usuário é convidado a inserir os tickers que compõem sua carteira de investimentos. Na tela seguinte, o sistema irá apresentar uma lista dos Tickers que foram considerados inválidos, ou seja, aqueles que não seguem o padrão reconhecido pelo Yahoo Finance. Além disso, o usuário terá acesso a diversos gráficos que desempenham um papel fundamental no estudo e na otimização da carteira de investimentos. Estes gráficos fornecem insights valiosos para ajudar o usuário a tomar decisões informadas e aprimorar sua estratégia de investimento.

2.2.4 Análise de Dados/Uso de Arquivos de Entrada e Saída

O fluxo começa quando o usuário envia uma lista de tickers com o seguinte formato: *WEGE3.SA ABEV3.SA BBAS3.SA PETR3.SA VALE3.SA MGLU3.SA*

Realizando uma interação com os tickers, verifica-se quais são válidos para prosseguir para a etapa seguinte, que será a de pegar o fechamento ajustado dos últimos 5 anos de cada ativo, ou seja, desde 2018. Retornando um DataFrame, estrutura bidimensional com os dados alinhados de forma tabular em linhas e colunas.

Figura 7: Exemplo de Dataframe

```
[5] tickers = ['WEGE3.SA', 'ABEV3.SA', 'BBAS3.SA', 'PETR3.SA', 'VALE3.SA', 'MGLU3.SA']
df = yf.download(tickers, start="2018-01-01", progress=False)['Adj Close']
df.head()
```

	ABEV3.SA	BBAS3.SA	MGLU3.SA	PETR3.SA	VALE3.SA	WEGE3.SA
Date						
2018-01-02	18.143396	22.981623	2.390916	6.684674	27.622023	8.843600
2018-01-03	18.185219	23.274736	2.360765	6.769535	27.456499	8.709284
2018-01-04	18.084839	23.498060	2.417448	6.827394	27.569054	8.624454
2018-01-05	18.151758	23.498060	2.369810	6.881396	27.999407	8.659800
2018-01-08	18.118298	23.553890	2.370111	6.989400	28.621759	8.730492

Fonte: Autor, 2023

Após a raspagem dos dados financeiros passamos para a limpeza e cálculos estatísticos utilizando bibliotecas apropriadas do Python para análise de dados e estudos de casos financeiros, finalizando com o retorno dos gráficos com a biblioteca Plotly, adequada para a criação de dashboards interativos.

2.2.5 Etapa de Testes

Pesquisa, é como conceitua Walliam, (2014, p.5) “a atividade que envolve descobertas diversas, de modo sistemático e que proporciona o avanço da fronteira do conhecimento, corroborando ou refutando algo que possivelmente já existia”. Para tanto é necessário que a pesquisa seja feita com base em métodos que sejam capazes de conferir a validade às inferências e conclusões obtidas.

Este trabalho possui o cunho qualitativo e nele serão abordadas as técnicas de pesquisa exploratória e avaliativa. Sendo a técnica exploratória a que visa analisar o tema em questão buscando obter mais conhecimento. Algo que em relação a este trabalho será focado em obter conhecimento sobre como se dá a aplicação prática da linguagem de programação Python para a otimização de carteiras de investimentos.

Inicialmente foi aplicado a técnica avaliativa que é capaz de, conforme Walliam (2014, p6), “favorecer a análise de achados de forma que se possa conjecturar sobre possíveis resultados”. Será possível, com base nisso, avaliar se o uso da biblioteca PyportfolioOpt para otimizar carteiras de investimentos trará bons resultados de modo rápido e eficiente. Para começar os testes de otimização da carteira de risco mínimo usou-se como apoio o Google Colab, produto do Google Research, área de pesquisa científica do Google, que permite a qualquer pessoa escrever e executar códigos Python independentemente do navegador do usuário.

Com o ambiente criado, a amostra de dados será composta por uma série histórica de cotação de ações negociadas no mercado a vista, de empresas de capital aberto, listadas na B3, a bolsa de valores brasileira. Tal amostra é composta por 20 ativos de risco, em virtude da presença do risco sistemático que não pode ser eliminado por meio da diversificação (Markowitz, 1951).

Figura 8: Empresas selecionadas por setor de atuação carteira Ibovespa

EMPRESA	SETOR	SÍMBOLO
WEG S.A.	Bens Indls / Máqs e Equipos	WEGE3
BRF S.A.	Processados	BRFS3
AMBEV S.A.	Cons N Cíclico / Bebidas	ABEV3
Banco do Brasil S.A.	Financ e Outros / Interms Financs	BBAS3
Petróleo Brasileiro S.A.	Petróleo, Gás e Biocombustíveis	PETR3
Vale S.A.	Mats Básicos / Mineração	VALE3
Equatorial Energia	Utilidade Públ / Energia Elétrica	EQTL3
Localiza Rent a Car S.A.	Diversos	RENT3
Magazine Luiza S.A.	Consumo Cíclico / Comércio	MGLU3
Rumo S.A.	Bens Indls/Transporte	RAIL3
Cyrela Brazil Realty S.A.	Consumo Cíclico/Constr Civil	CYRE3
Dexco S.A.	Mats Básicos / Madeira e Papel	DXCO3
Raia Drogasil S.A.	Saúde/Comércio Distr.	RADL3
Telefônica Brasil S.A.	Telecomunicação	VIVT3
Eneva S.A.	Utilidade Públ / Energia Elétrica	ENEV3

Fonte: Ibovespa (B3), 2022

Inicialmente para testes da biblioteca PyPortfolioOpt foram feitos alguns passos iniciais a fim de conseguir a carteira de melhor eficiência. A pesquisa

começa em coletar os preços do fechamento ajustado de cada ativo. Deve-se instalar as principais bibliotecas, as quais auxiliam na captação dos dados, nos cálculos matemáticos e na plotagem de gráficos, de acordo com a figura 8. Após selecionar os ativos deve-se inserir seus códigos (tickers) das ações para que o conjunto de dados de preços históricos de fechamento do mercado dos ativos sejam usados, desde o primeiro dia útil de 2018, tais dados foram capturados do Yahoo Finance, que no algoritmo está identificado como yfinance.

Figura 9: Apresentação dos algoritmos usados para a coleta de dados

- ▾ Passo 1: Fornecer um conjunto de dados de preços históricos dos ativos

```

24 [4] import yfinance as yf
    import numpy as np
    import pandas as pd
    import matplotlib.pyplot as plt
    import seaborn as sns
    import pypfoft as opt
    import warnings
    warnings.filterwarnings('ignore')

```

- ▾ Código dos principais ativos

```

25 [5] acoes = ['WEGE3.SA', 'BRFS3.SA', 'ABEV3.SA', 'BBAS3.SA', 'PETR3.SA']
    inicio = '2018-01-01'
    dados = yf.download(acoes, start=inicio)['Adj Close']
    dados.tail()

```

```

[*****100%*****] 5 of 5 completed

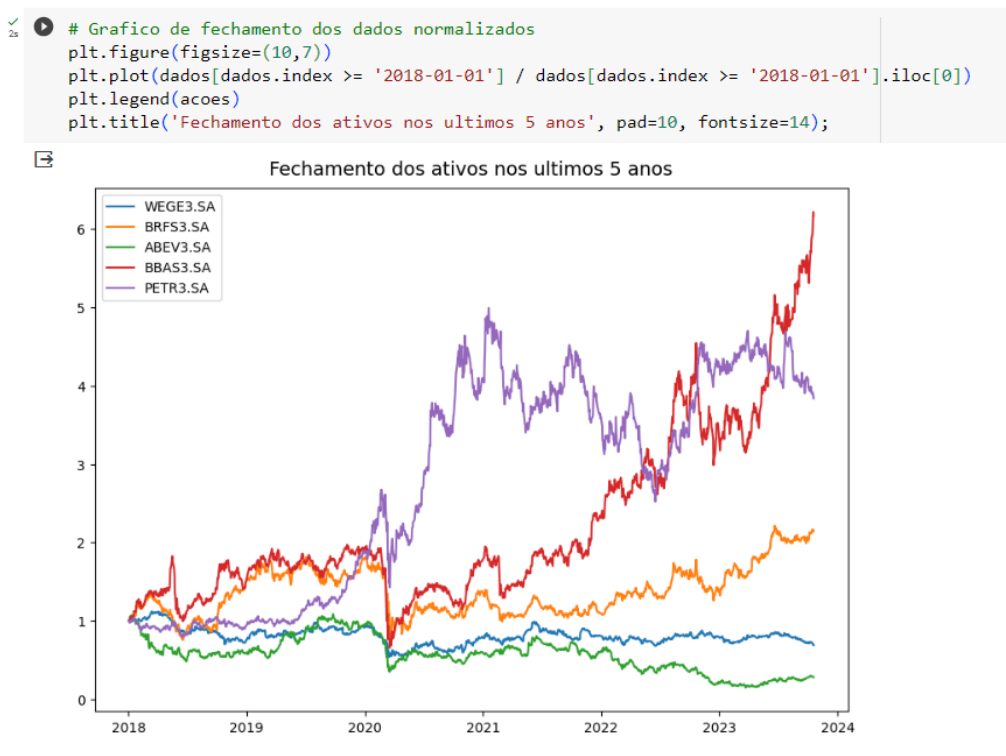
```

	ABEV3.SA	BBAS3.SA	BRFS3.SA	PETR3.SA	WEGE3.SA
Date					
2023-10-13	12.98	48.820000	10.85	39.320000	34.540001
2023-10-16	13.01	49.810001	10.80	39.709999	34.650002
2023-10-17	12.80	49.360001	10.61	40.610001	34.279999
2023-10-18	12.53	49.119999	10.39	41.560001	34.290001
2023-10-19	12.52	49.500000	10.39	41.259998	33.939999

Fonte: Autor, 2023

Em seguida são apresentados os dados dos últimos 5 dias da amostra, apenas de modo ilustrativo e, além disso, é apresentado um gráfico, na figura 9, de evolução dos preços dos últimos 5 anos de todos os ativos selecionados após ser realizado a normalização dos dados.

Figura 10: Gráfico do fechamento ajustado dos ativos

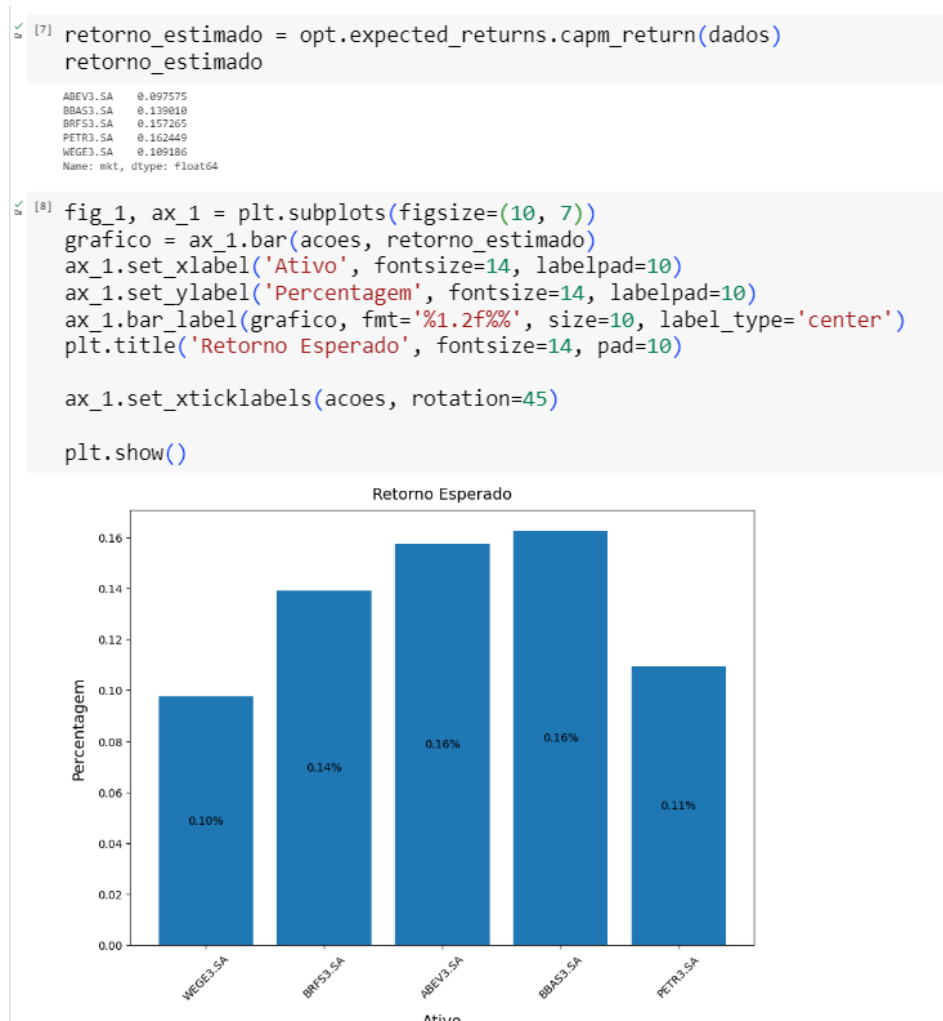


Fonte: Autor, 2023

Por meio do gráfico, podemos perceber a queda no preço dos ativos no primeiro quadrimestre de 2020, muito provavelmente por conta do início da pandemia da COVID-19. Além de podermos observar que as ações da PETR3 e BBAS3 tiveram relevantes aumento de preço entre 2020 e 2021, enquanto as demais ações mantiveram constância na evolução dos preços de fechamento.

Logo em seguida, iniciou-se o uso da biblioteca PyPortfolioOpt para calcular o retorno estimado, o qual é medido pelo retorno do CAPM, por ser mais estável que a média dos retornos históricos médio padrão. Para ilustrar os retornos obtidos foi adicionado um gráfico de barras que mostra a magnitude dos retornos de cada ativo no ano, conforme a figura 11, que apresenta os valores dos retornos.

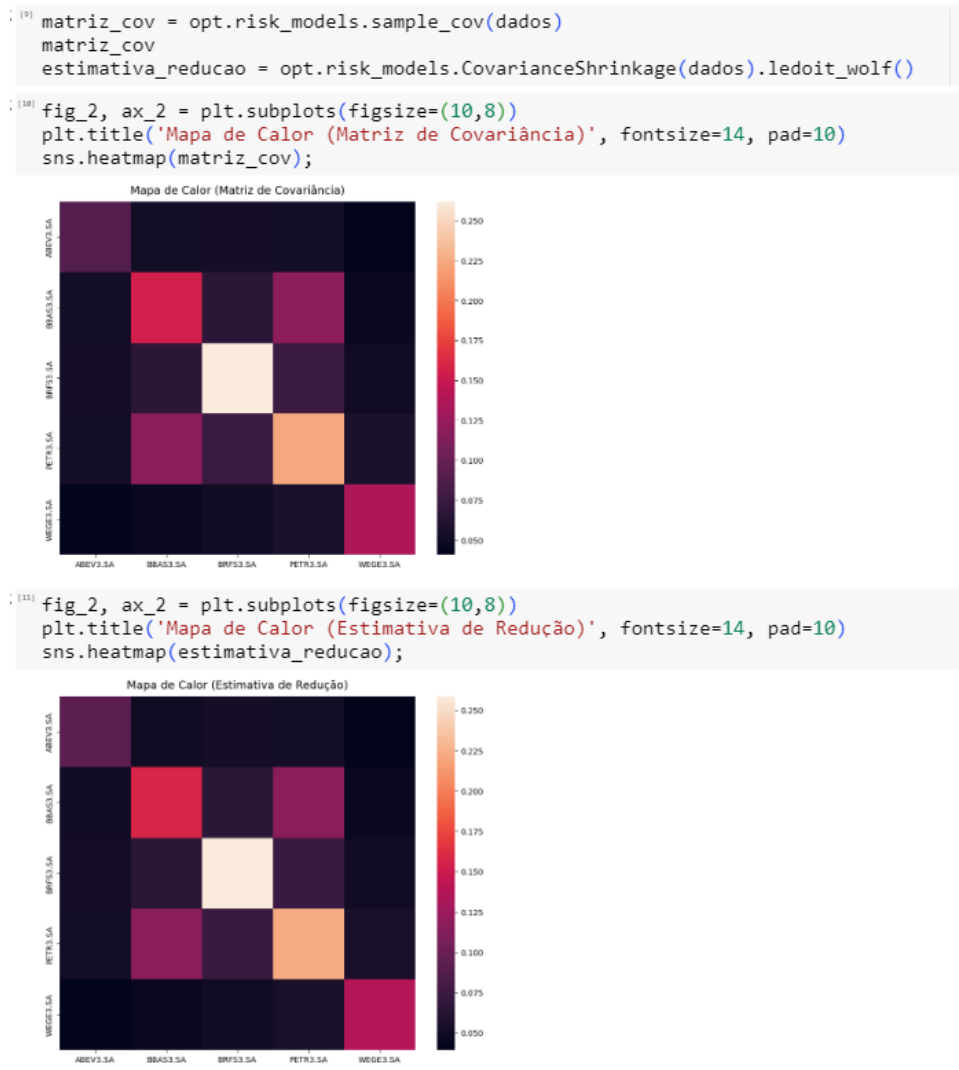
Figura 11: Apresentação do algoritmo de cálculo dos retornos



Fonte: Autor, 2023

Para chegar a uma matriz de covariância ideal é necessário realizar a estimativa de redução da matriz de covariância, proposta por Ledoit & Wolf, com isso obtêm-se uma matriz sem valores extremos, que leva a uma matriz positiva, melhor definida e sem vieses. Após a aplicação do algoritmo `risk_models.CovarianceShrinkage().ledoit_wolf()` ocorre a apresentação de valores de covariância próximos a 1,0 o que denota um melhor tratamento dos dados e a precisão do alcance dos resultados, conforme a figura 12.

Figura 12: Apresentação do algoritmo para o cálculo da matriz de Covariância



Fonte: Autor, 2023

Agora será determinado os pesos de cada ativo que irão compor uma carteira eficiente ao maximizar o índice Sharpe, de acordo com o mostrado na figura 13. Vale ressaltar que o algoritmo que determina os pesos o faz por simulação da melhor carteira de investimentos.

Figura 13: Algoritmo do índice Sharpe

```
[17] ef = opt.EfficientFrontier(retorno_estimado, estimativa_reducao)
      pesos = ef.max_sharpe()

      pesos_limpos = ef.clean_weights()
      pesos_limpos = dict(pesos_limpos)
      pesos_limpos = pd.DataFrame(pesos_limpos.items(), columns=['Acao', 'Peso'])
      pesos_limpos
```

	Acao	Peso
0	ABEV3.SA	0.19490
1	BBAS3.SA	0.20086
2	BRFS3.SA	0.20239
3	PETR3.SA	0.20311
4	WEGE3.SA	0.19874

```
# Desempenho do portfolio
per = ef.portfolio_performance()
print(f'--- Desempenho do Portfolio ---\nRetorno Anual Esperado: {per[0]:.2%}\nVolatilidade Anual: {per[1]:.2%}\nIndice Sharpe: {per[2]:.2%}')

---- Desempenho do Portfolio ----
Retorno Anual Esperado: 13.35%
Volatilidade Anual: 28.69%
Indice Sharpe: 39.55%
```

Fonte: Autor, 2023

Os dados da performance do portfólio revelam que do total de investimento realizado sobre os ativos, na distribuição dos pesos sugeridos, ocorreu um retorno de 13.35%. Sendo que a volatilidade anual é de 28.69%, numa medida que pode ir até 100% mostra o quão esta carteira, já o índice Sharpe calculado foi de 39,55.

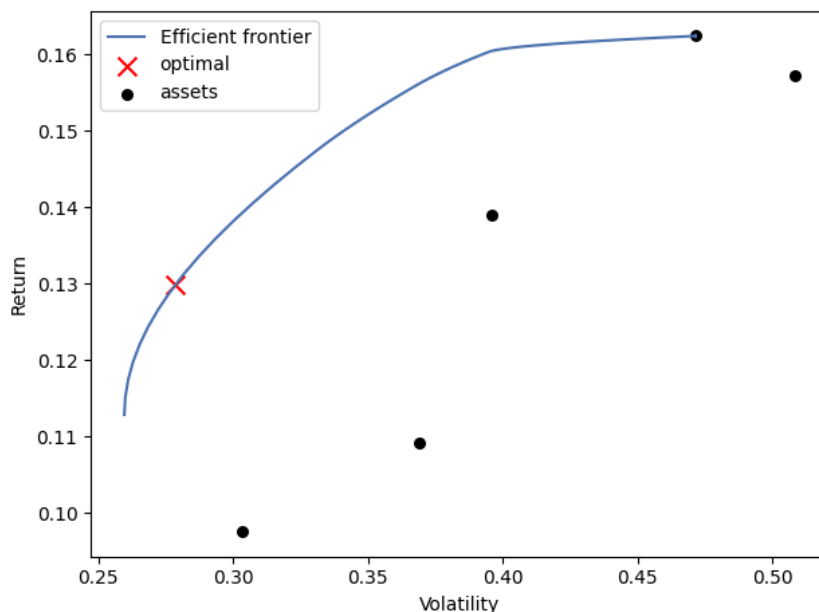
Por último, é necessário utilizar o algoritmo CLA (Critical Line Algorithm) para obter a Fronteira Eficiente, como na figura 13, mostrando o gráfico de fronteira e ponto ótimo de menor risco de alocação dos recursos nos ativos para uma carteira eficiente.

Figura 13: Gráfico de Fronteira Eficiente e Ponto Ótimo de Risco

```
[19] from pypfopt import CLA, plotting
```

```
[20] cla = opt.CLA(retorno_estimado, estimativa_reducao)
      cla.max_sharpe()
      indice_cla = cla.portfolio_performance()
```

```
plt.figure()
plotting.plot_efficient_frontier(cla);
```



Fonte: Autor, 2023

2.2.6 Comercialização do Produto

Nossa plataforma, como dito anteriormente, será hospedada na Amazon Web Services (AWS). Optamos por uma máquina simples (t2.medium) e um volume de 100GB, resultando em um custo mensal de aproximadamente US\$29,00, gastando anualmente cerca de US\$348,00. Em real corresponde a R\$1751,88 ao ano.

Além de também precisamos incluir os custos de supervisão do projeto por programadores, onde seriam dois programadores, um atuando com full-stack recebendo R\$3.550,00 e o segundo na frente de análise de dados para o mercado financeiro, recebendo R\$4.890,00, ou seja, o piso básico para estas profissões. Podendo considerar que a plataforma pode receber atualizações através de

parcerias com grupos de pesquisas que atuam dentro de faculdade, o que diminuiria consideravelmente o custo de manutenção da aplicação.

2.2.7 Produtos Correlatos

Existem alguns produtos que se assemelham na parte de geração insights para o mercado financeiro.

QuantLib-Python é uma biblioteca de código aberto que oferece uma ampla gama de funções, como cálculos de precificação de derivativos, modelagem de curvas de juros e gestão de risco.

CVXPY é uma biblioteca de otimização em Python, projetada para resolver problemas de otimização convexa. Na área de finanças, o cvxpy é usado para otimizar a alocação de ativos em carteiras de investimento.

PortfolioLab é uma plataforma de gerenciamento de portfólio que combina análise de risco, modelagem de portfólio e relatórios avançados.

QuantConnect é uma plataforma de backtesting e execução de algoritmos de negociação. Amplamente utilizada por traders e desenvolvedores para testar estratégias de negociação em dados históricos e, posteriormente, implementar em ambientes de negociação ao vivo.

Wealthfront / Betterment são duas plataformas líderes no segmento de consultoria financeira digital. Elas utilizam algoritmos sofisticados e técnicas de aprendizado de máquinas para fornecer aconselhamento financeiro personalizado e gerenciamento de portfólio automatizado.

O produto desenvolvido neste trabalho se diferencia devido à sua ênfase na aplicação direta da teoria de forma simplificada e eficiente em relação a Markowitz. Voltado para investidores que desejam construir suas carteiras de investimentos com base em princípios de diversificação e risco mínimo, proporcionando uma valiosa alternativa para a gestão de ativos e a tomada de decisões de investimento.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados da aplicação e o conjunto de dados e ativos considerados neste trabalho. A análise de portfólio desempenha um papel crucial na determinação das alocações ideais dos ativos, visando a otimização do retorno e a minimização do risco esperado. A análise foi conduzida com base nos dados históricos dos preços de ações do mercado, com um horizonte de tempos de cinco anos.

Na tela inicial do projeto, Figura 14, há uma explicação da natureza do projeto e é apresentado o contexto da plataforma e quem é Markowitz. Na sequência, é esclarecido o principal termo utilizado: “ticker”. Um ticker é uma série de letras e/ou números que representam um ativo financeiro em um mercado. Essa designação é fundamental para identificar ações, títulos, fundos e outros instrumentos financeiros, ou seja, essenciais para rastrear e negociar ativos no mercado financeiro. Finalmente, apresenta-se instruções claras sobre como os usuários podem utilizar a plataforma. Explicando os recursos disponíveis, ou seja, como inserir os ativos financeiros.

Figura 14: Rota Inicial

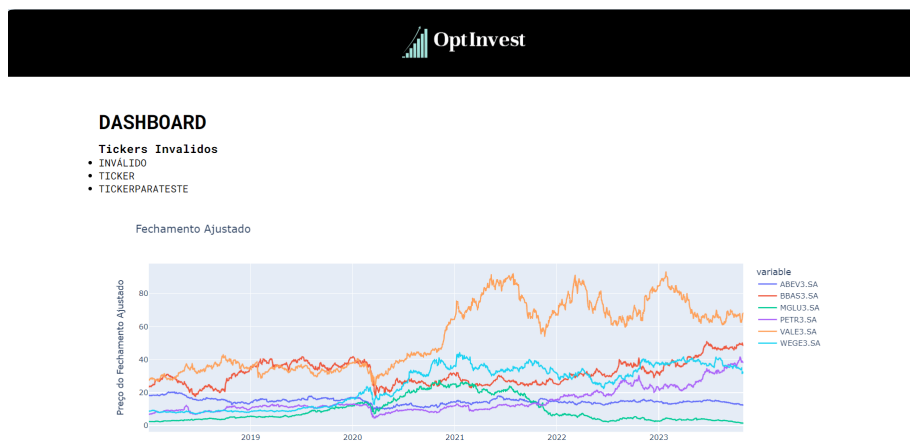


Fonte: Autor, 2023

Quando o botão com o texto “Processar” for clicado, avançamos para a segunda tela, que exhibe o dashboard da aplicação. Nessa segunda tela, a primeira

seção apresenta os “tickers” inválidos, ou seja, aqueles que não constam na listagem da Yahoo Finance, conforme ilustrado na Figura 15.

Figura 15: Tickers Inválidos

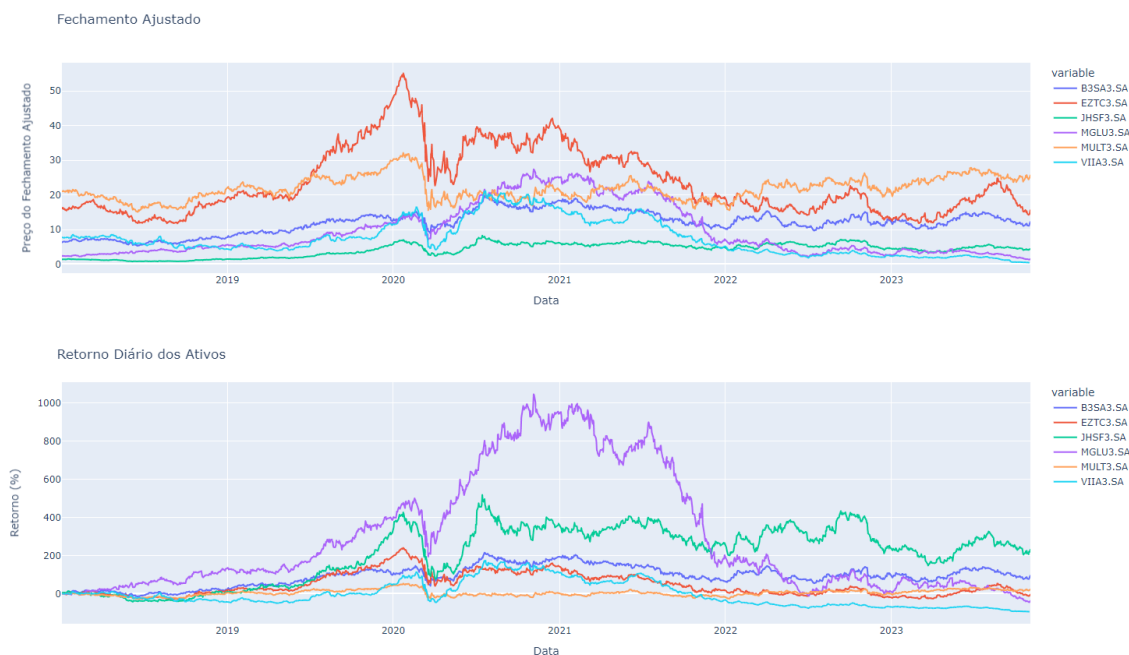


Fonte: Autor, 2023

O Fechamento Ajustado e o Retorno Diário das ações desempenham um papel crucial, fornecendo informações valiosas para investidores e analistas. O Fechamento Ajustado é vital porque considera eventos como dividendos e desdobramentos, garantindo que os dados históricos reflitam com precisão o desempenho de uma ação ao longo do tempo. Isso é essencial para a avaliação de investimentos de longo prazo e permite a comparação de desempenho entre ativos.

Por outro lado, o Retorno Diário oferece uma visão do desempenho de curto prazo, destacando os ganhos ou perdas percentuais em um único dia. Essa métrica ajuda os investidores a entender a volatilidade diária de um ativo e gerenciar os riscos de suas carteiras. Além disso, é valioso para identificar oportunidades de curto prazo e ajustar posições com base na tendência diária. Em conjunto, essas métricas proporcionam insights essenciais para a tomada de decisões informadas, o gerenciamento de risco e a construção de carteiras bem diversificadas, como ilustrado na imagem 16.

Figura 16: Ilustração do retorno diário e fechamento ajustado

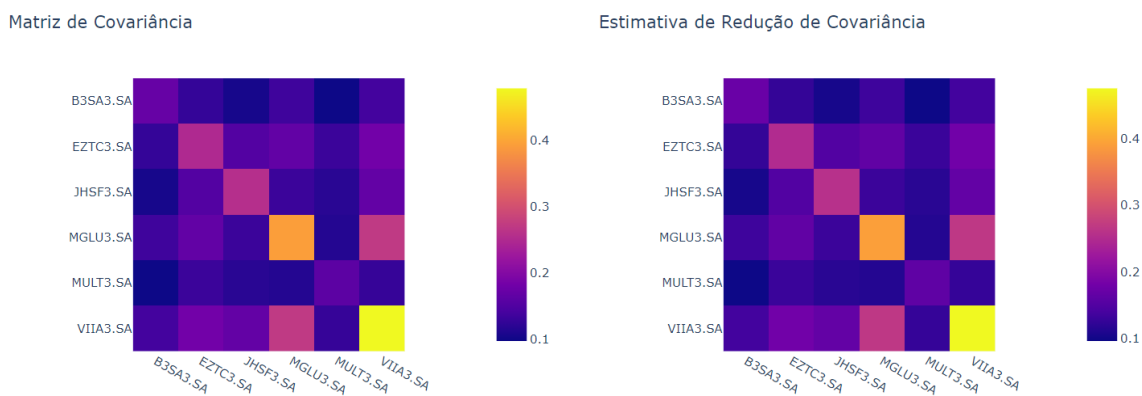


Fonte: Autor, 2023

A covariância e a estimativa de redução são conceitos fundamentais no mercado financeiro, pois desempenham um papel crítico na gestão de riscos, na construção de portfólios eficientes e na tomada de decisões de investimento. É uma ferramenta que mede a relação entre os retornos de diferentes ativos em um portfólio, descrevendo como os ativos se movem em conjunto. Uma covariância positiva sugere que os ativos tendem a se mover na mesma direção, enquanto que uma negativa sugere movimentos opostos, logo uma covariância próxima de zero indica pouca ou nenhuma relação entre os ativos.

Como representado na figura 17, podemos verificar que a carteira que selecionada representa uma boa correlação entre os ativos, entretanto, não seria a melhor escolha de carteira, logo que não foi considerado a Redução do Risco Sistemático, que é o risco associado a fatores macroeconômicos que afetam os ativos.

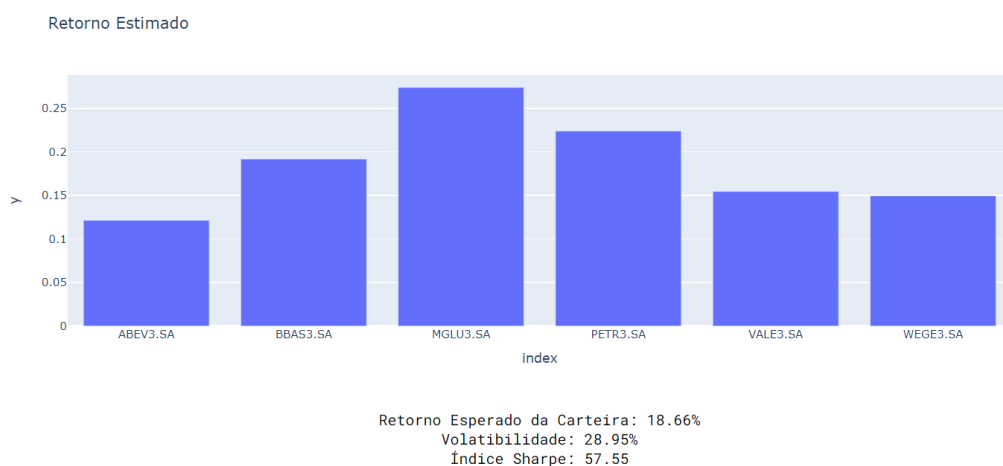
Figura 17: Matriz de Covariância e Estimativa de Redução



Fonte: Autor, 2023

Partindo para o desempenho da carteira com base em métricas-chave, como apresentado na figura 18, temos o Retorno Esperado da Carteira de 18.66% (indica que, em média, os investidores podem antecipar este retorno anual), a Volatilidade de 28.95% (representando um nível relativamente alto de risco, ou seja, um investimento mais volátil), e o Índice Sharpe em 57.55 (medida que avalia a relação entre o retorno e o risco do portfólio). Estas métricas indicam que o retorno obtido pelo investidor está compensando adequadamente o risco assumido.

Figura 18: Métricas-chaves da carteira

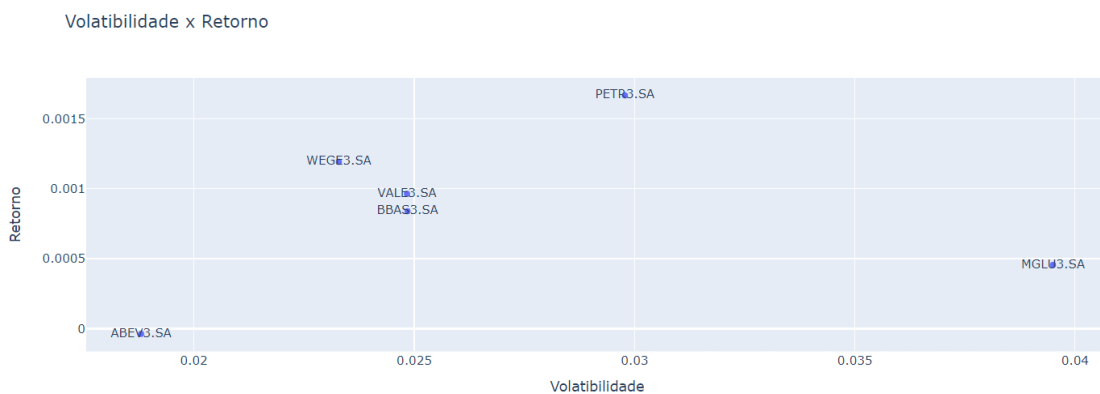


Fonte: Autor, 2023

No final é apresentado o gráfico de retorno e volatilidade, apresentado na figura 19, onde podemos retirar a importância da diversificação na gestão de

portfólios. Permite uma avaliação clara do equilíbrio entre o risco assumido e o retorno potencial, ajudando investidores a entender que, em geral, maiores retornos estão associados a níveis mais altos de risco. No entanto, é necessário destacar a importância de encontrar o ponto ideal de equilíbrio, que é o risco justificável em relação às metas de ganhos do investidor. Além de apresentar a combinação de ativos com diferentes níveis de risco pode resultar em uma diminuição significativa do risco global do portfólio, sem necessariamente diminuir o retorno esperado.

Figura 19: Gráfico de Risco x Retorno



Fonte: Autor, 2023

Em resumo, a análise de portfólio apresentada neste capítulo pode fornecer informações valiosas para investidores e gestores de ativos, auxiliando na tomada de decisões informadas, na gestão de riscos e na construção de carteiras bem diversificadas.

Durante a fase de levantamento dos requisitos, realizamos uma pesquisa direcionada ao nosso público-alvo. Como mencionado anteriormente, nosso foco está em identificar investidores e profissionais do mercado financeiro que buscam otimizar suas carteiras de investimentos. Após concluir o desenvolvimento da ferramenta e realizar a sua implantação, procuramos ativamente indivíduos para testar a aplicação e preencher o questionário após a utilização.

O formulário consiste em um total de 10 perguntas, apresentadas nas figuras 20, 21 e 22. Após um período específico de coleta do feedback, obtivemos um total de 6 respostas de pessoas que se encaixam no perfil do público alvo.

Realizando a análise das respostas é possível perceber que não foram respostas negativas, porém temos lugares onde melhorar a aplicação para deixá-la

mais agradável para o usuário. Como por exemplo na figura 20, onde é visto que as pessoas deixam claro que a plataforma passa informações importantes para investidores. Entretanto, metade dos usuários ficaram com dúvidas na utilização da aplicação, por exemplo, a dúvida do porquê utilizar o SA (*South America*) no ticker e que a apresentação de muitos dados na tela pode ser um desafio para o investidor iniciante além da dúvida se suporta a utilização de Fundos Imobiliários.

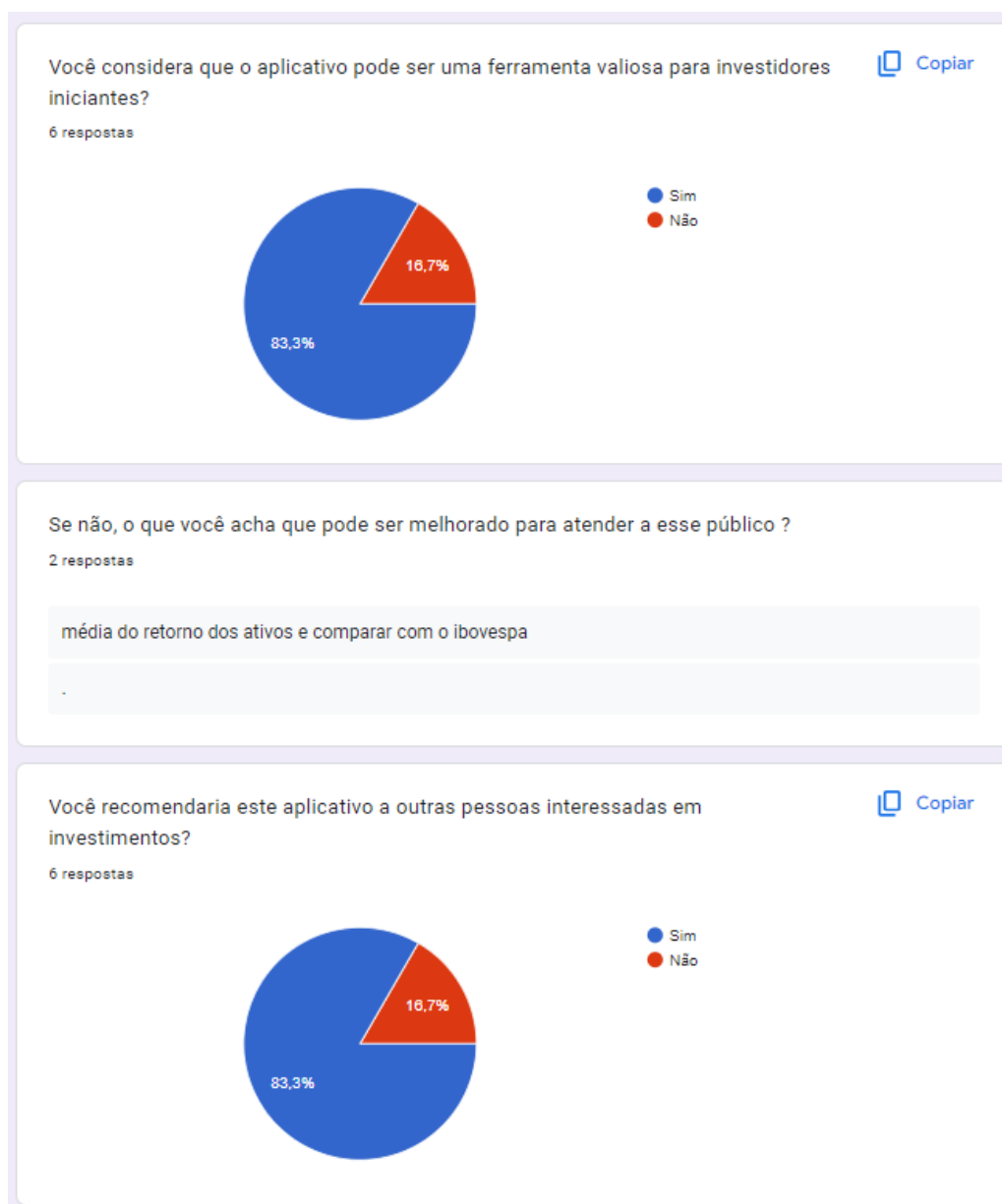
Figura 20: Aprovação e dificuldades do público



Fonte: Autor, 2023

Na figura 21, é apresentado que há a possibilidade de recomendação para investidores iniciantes, porém, temos um alerta de que precisamos adicionar e melhorar a plataforma, melhorando a interface do usuário e adicionando funcionalidades, como por exemplo o benchmarking, ou seja, a comparação da carteira selecionada com o fechamento da Ibovespa, que serve como régua para medir a eficiência da carteira de investimentos.

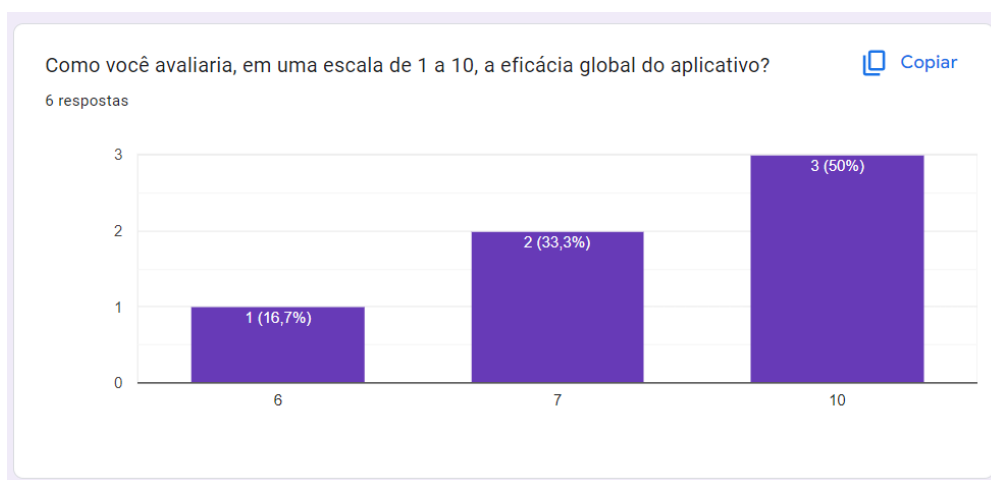
Figura 21: Recomendações a usuários e melhorias



Fonte: Autor, 2023

Questionando sobre a eficiência global da aplicação, como apresentado na figura 22, obtivemos uma média de 8,3 em uma escala de 1 a 10. Esse resultado reflete uma satisfação positiva com o que a ferramenta pode proporcionar. Pode haver uma melhora nessa pontuação, trazendo as funcionalidades citadas anteriormente e melhorando a experiência do usuário. Esse feedback valioso impulsiona a continuar aprimorando e oferecendo uma solução mais eficiente e satisfatória.

Figura 22: Avaliação da Eficiência Global



Fonte: Autor, 2023

Após finalizar a aplicação podemos ver a facilidade de verificar a prospecção da carteira em vários cenários (BROOKS, 2022). Tal abordagem oferece uma estrutura analítica para ajudar os investidores na tomada de decisões, evitando decisões baseadas na intuição ou na emoção. Assim, proporcionando uma gestão eficiente do portfólio, sendo considerado as preferências e objetivos individuais dos investidores.

Com a ferramenta desenvolvida, abre-se um horizonte promissor para melhorias na experiência do usuário, uma das principais reclamações durante a resposta do formulário, e torná-la mais intuitiva, amigável e eficiente. Além disso, incorporar novas funcionalidades que elevem a versatilidade da plataforma.

Uma das possíveis adições é a capacidade de gerenciar múltiplas carteiras de forma simultânea. Permitindo aos usuários organizar e monitorar seus ativos de forma mais granular, facilitando a gestão do portfólio diversificado. E a integração do benchmarking da carteira com o fechamento ajustado do Ibovespa. Permitindo que

os usuários comparem o desempenho de suas carteiras com o índice de referência do mercado, fornecendo uma perspectiva valiosa sobre o quão bem seus investimentos estão se saindo em relação às condições do mercado.

Portanto, pretendemos manter a constante evolução da ferramenta, proporcionando aos usuários não apenas uma interface aprimorada, mas também funcionalidades que respondam às demandas dinâmicas do mercado financeiro. A capacidade de gerenciar diversas carteiras, analisar o rendimento entre elas e comparar com o Ibovespa não é apenas uma expansão de recursos, mas uma estratégia para captar os investidores a tomar decisões mais informadas e estratégicas. Sempre atentos aos feedbacks dos usuários, para garantir que a ferramenta continue a ser uma aliada confiável na jornada de investimentos de cada usuário.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho explorou a aplicação da Teoria de Portfólio de Markowitz na otimização de carteiras de investimentos, utilizando a Linguagem de Programação Python como ferramenta principal. Ao longo deste trabalho foram abordados diversos conceitos fundamentais relacionados à teoria de portfólio, bem como a implementação prática do algoritmo.

A utilização do Python revelou-se uma escolha estratégica, proporcionando uma abordagem eficiente e flexível para a análise de portfólios. A implementação do algoritmos de otimização permitiu a visualização de carteiras que buscam maximizar o retorno esperado para um determinado nível de risco, ou vice-versa. Os resultados obtidos nas simulações e testes evidenciaram a eficiência da abordagem de Markowitz na análise de carteiras diversificadas e equilibradas. Observou-se que a alocação de ativos de maneira ótima, considerando a correlação entre eles, pode resultar em uma significativa melhoria na eficiência do portfólio.

Contudo, é crucial reconhecer que as limitações inerentes a qualquer modelo de otimização de portfólio. As premissas de estabilidade estatística e consistência dos retornos no tempo podem ser desafiadoras na prática, exigindo uma análise contínua e ajustes conforme as condições que o mercado evolui. Além disso, a consideração de elementos como custos de transação e restrições práticas de investimento é essencial para uma aplicação realista da teoria. Futuras pesquisas poderiam se aprofundar para adicionar novos fatores, como expectativas macroeconômicas e análise de cenários, para aprimorar ainda mais a robustez do projeto.

Em resumo, este estudo proporcionou uma visão abrangente da aplicação da Teoria de Portfólio de Markowitz, na otimização de carteira de investimento, demonstrando o potencial e os desafios dessa abordagem. A integração bem-sucedida do Python como ferramenta de implementação destaca a importância da tecnologia na análise financeira contemporânea. Espera-se que este trabalho sirva para contribuir e como ponto de partida para pesquisas adicionais.

5- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albuquerque Marinho, Katharinny Bione et al, **Indicadores Financeiros e Contábeis que Influenciam a Tomada de Decisão do Investidor na Elaboração de uma Carteira de Ações e na Determinação do Nível de Risco**, Revista Evidenciação Contábil & Finanças, v. 1, n. 2, Pág. 52-68, 2013, Disponível em< <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4864943>

Antonio, MARCO. **Python e Mercado Financeiro**: Programação para Estudantes, Investidores e Analistas. 1. ed. Blucher, 2021.

BRITO, Andrea Alexander de, **Diversificação de Risco e Choques Exógenos sobre o Mercado de Capitais Brasileiro**, São Paulo, v. 37, n. 1, Jan/Mar 2002. Disponível em< <http://rausp.usp.br/wp-content/uploads/files/v37n1p19a28.pdf>

Exame Invest: Pessoas físicas batem o recorde na B3. Disponível em <<https://exame.com/invest/minhas-financas/pessoas-fisicas-batem-recorde-na-b3-veja-quem-sao-elas-e-em-que-estao-investindo/>

GOMES, Gabriella Karine Barreto. **Análise do risco em uma carteira de investimentos: Uma Aplicação a partir da Teoria de Markowitz**, Repositório UFPB, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2015

Par Mais: **Mercado Financeiro - O que é e como funciona ?**. Disponível em< <https://www.parmais.com.br/blog/o-que-e-mercado-financeiro/>

Taylor & Francis Online: **Portfolio Optimization in Practice**. Disponível em <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2469/faj.v48.n1.68>

Terje Aven, **Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation**, European Journal of Operational Research, v. 1, 2016, Pages 1-13, ISSN 0377-2217, Disponível em< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221715011479>

Toro Blog: **Ciclos de Mercado - O que são e como funcionam ?**. Disponível em< <https://www.parmais.com.br/blog/o-que-e-mercado-financeiro/>

WALLIMAN, Nicholas. **Métodos de Pesquisas**. 1. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2014