

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA MINAS GERAIS  
Instituto de Ciências Econômicas e Gerenciais – Escola de Negócios  
Curso de Ciências Econômicas

**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS CARTEIRAS AUTOMATIZADAS DA XP  
INVESTIMENTOS**

EKTOR PHILLIPE DOS SANTOS PEREIRA

Belo Horizonte  
2023

Ektor Phillippe dos Santos Pereira

## **ANÁLISE QUANTITATIVA DAS CARTEIRAS AUTOMATIZADAS DA XP INVESTIMENTOS**

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas, do Instituto de Ciências Econômicas e Gerenciais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Economia.

Declaro que o presente trabalho é de minha autoria, e que não recorri para realizá-lo a nenhuma forma de ajuda externa, exceto quando autorizado pelo meu professor-tutor.

Orientador: Prof.: Flavius Marcus Lana de Vasconcelos

Belo Horizonte

2023

Ektor Phillippe dos Santos Pereira

## **ANÁLISE QUANTITATIVA DAS CARTEIRAS AUTOMATIZADAS DA XP INVESTIMENTOS**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas do Instituto de Ciências Econômicas e Gerenciais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Economia.

---

Prof. Flavius Marcus Lana de Vasconcelos – PUC Minas (Orientador)

---

Prof. – PUC Minas (Banca Examinadora)

---

Prof. – PUC Minas (Banca Examinadora)

Belo Horizonte, 30 de novembro de 2023.

## **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo aplicar a Teoria Moderna do Portfólio, desenvolvida por Harry Markowitz, a um produto financeiro divulgado pela Corretora XP Investimentos, denominado carteira automatizada. O propósito é avaliar e comparar a rentabilidade dessas carteiras automatizadas com base na teoria de Markowitz. Para essa análise, selecionamos duas carteiras automatizadas como objetos de estudo e as comparamos com carteiras teóricas geradas por meio de simulações. Utilizamos programação em Python, apoiada por conceitos matemáticos, estatísticos e financeiros apropriados para criar essas simulações. Os resultados obtidos são apresentados em gráficos, também gerados por Python, para facilitar a visualização das conclusões.

## **Palavras-Chave**

Teoria do Portfólio Moderno; Harry Markowitz; Finanças; Mercado Financeiro; Investimentos; Diversificação de Ativos; Otimização de Carteiras; Carteiras Automatizadas; XP Investimentos; Rentabilidade; Análise Financeira; Programação; Python.

## **Abstract**

This study aims to use Harry Markowitz's Modern Portfolio Theory in a financial product promoted by XP Investimentos, a brokerage firm, known as an automated portfolio. The objective is to assess and compare the potential returns of these assets when applying the theory. For this comparison, we selected two of these automated portfolios as the subject of analysis and contrasted their performance with that of theoretical portfolios generated through simulations. These simulations involved Python programming combined with mathematical, statistical, and financial concepts. Consequently, the results are presented in graphs generated using Python, enhancing result visualization.

## **Keywords**

Modern Portfolio Theory; Harry Markowitz; Finance; Financial Market; Investments; Asset Diversification; Portfolio Optimization; Automated Wallets; XP Investimentos; Profitability; Financial Analysis; Programming; Python.

# **SUMÁRIO**

RESUMO	4
SUMÁRIO	5
1. INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVO	7
1.2 JUSTIFICATIVA	7
2. ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS DA TEORIA MODERNA DO PORTFÓLIO DE HARRY MARKOWITZ	8
3. UMA ANÁLISE EMPÍRICA A RESPEITO DA APLICAÇÃO DA TEORIA MODERNA DO PORTFÓLIO NA AVALIAÇÃO DE CARTEIRAS DE ATIVOS	23
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
5. IMAGENS	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	45

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado financeiro brasileiro vem crescendo de forma mais expressiva desde 2017, onde tinha 620.313 investidores, em 2018 continha 813.974, sendo um aumento de 31,22%, em 2019 passou a ter 1.666.328, um aumento de 104,72%, em comparação a 2018, e agora, em 2023, já apresenta 6.131.011 investidores, aumento de 888,37% desde 2017, ano que começou a ter um crescimento mais expressivo no número de investidores, de acordo com os dados da B3 (Brasil, Bolsa, Balcão).

Com o crescimento do número de investidores, não só novos bancos e corretoras aparecem, como também surgem novos produtos, como a ‘Carteira Automatizada de Ações’ da corretora XP Investimentos, que vem ganhando destaque no país nos últimos anos e é uma das maiores do Brasil, principalmente em número de investidores Pessoa Física, dessa forma ganhando, cada vez mais, espaço no mercado e novos adeptos.

De forma resumida, a ‘Carteira Automatizada’ nada mais é do que uma carteira específica de ações, escolhida pelos analistas da corretora, com base em seus critérios de seleção de ativos. E estas carteiras, com o objetivo de superar o benchmark – parâmetro de comparação – de referência, fazem trocas dos ativos quando os analistas julgam necessário, geralmente uma vez por mês, no primeiro dia útil. Tudo isso de forma automatizada, ou seja, o investidor não precisa acessar plataformas para fazer as trocas dos ativos, elas já são feitas pelo próprio sistema da corretora.

Levando em consideração o crescimento do mercado financeiro brasileiro, é interessante fazermos algumas análises, principalmente destes novos produtos, com base em algumas teorias de finanças. Este trabalho terá como objetivo analisar e comparar, algumas destas ‘Carteiras Automatizadas’ da XP Investimentos, com carteiras teóricas, caso se nas mesmas fosse aplicado a Teoria Moderna do Portfólio, de Harry Markowitz, e para essa comparação utilizaremos de programação em Python.

Essa comparação será feita da forma mais realista possível, onde as “carteiras teóricas” serão compostas dos mesmos ativos, apenas será alterado o peso de cada ativo na carteira. Assim, poderá ser feito uma análise de quão eficiente está elaboração teórica seria, caso fosse aplicado a este produto, respondendo a uma pergunta essencial, no campo das finanças: Esta teoria é válida para o produto em questão?

Essa teoria revolucionou a gestão de investimentos ao fornecer uma abordagem científica para a alocação de ativos, de forma que Markowitz foi laureado com um prêmio Nobel de Economia, em 1990, por essa contribuição, e hoje em dia, sua teoria é amplamente utilizada por investidores institucionais, gestores de fundos de investimentos, profissionais do

mercado financeiro e demais pessoas, na gestão de seus próprios investimentos. Sua teoria tem como pilar central a relação entre risco e retorno de um portfólio, levando em consideração a diversificação, de forma que para cada nível de risco, tende-se a maximizar o retorno da carteira de ativos, com isso, busca-se a otimização da carteira, que é o objetivo do trabalho.

O trabalho está estruturado em quatro seções, além desta introdução. Na seção 2, será feito um breve resumo sobre a história das finanças e quem foi o Markowitz, o criador da teoria, juntamente dos conceitos que serão usados no estudo e que são necessários para a compreensão da teoria. Na seção 3, é elaborada a comparação que será utilizada para fazer as comparações, com e sem a teoria aplicada. Na última seção, as considerações finais.

## **1.2 OBJETIVO**

O trabalho tem como objetivo apresentar a Teoria Moderna do Portfólio, de Harry Markowitz, e, com base em seus conceitos, analisar a eficácia desta teoria em um novo produto de investimento, as carteiras automatizadas de ações, utilizando softwares de programação, e através desta análise, que será a mais próxima possível da realidade, comparar as rentabilidades entre, o que de fato foi feito e o que poderia ter sido feito, caso tivessem aplicado a teoria.

## **1.3 JUSTIFICATIVA**

Dado o número de pessoas que vêm ingressando no mercado de ações, como citado anteriormente, e aderindo, cada vez mais, a novos produtos, com o objetivo de aumentar a rentabilidade de suas carteiras de investimento, é válido este tipo de análise, com o intuito de tentar compreender se tem sido feita uma otimização, ainda que mínima, principalmente, por se tratar de um produto novo, e que tem ganhado popularidade.

## **2. ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS DA TEORIA MODERNA DO PORTFÓLIO DE HARRY MARKOWITZ**

Ao longo do tempo, conforme mostrou Zulian (2022), o estudo das finanças foi se desenvolvendo, iniciando em um estudo mais voltado para o Direito e Contabilidade, com Benjamin Graham, David L. Dodd e Arthur Stone Dewing, período conhecido como Finanças Antigas, e indo até a Novas Finanças, dos tempos atuais, iniciada pelos trabalhos de Daniel Kahneman, Amos Tversky e Paul Slovic, com o estudo das finanças comportamentais.

No meio do caminho, Harry Max Markowitz, um economista americano, nascido em 1927, na cidade de Chicago, marcou uma era, ao introduzir um trabalho que revolucionou a abordagem da otimização de risco e retorno. Com seu trabalho voltado para a gestão de risco e seleção de carteiras, que é amplamente reconhecido e utilizado por todos no mundo dos investimentos, Markowitz (1952) deu início às Finanças Modernas, período que veio logo após as Finanças Antigas, com o seu artigo “Portfolio Selection”, onde ele desenvolveu um estudo mostrando que a diversificação de ativos pode reduzir o risco de um portfólio, de forma a maximizar o retorno da carteira para um mesmo nível de risco, a partir de uma abordagem essencialmente quantitativa. Este trabalho ficou conhecido como Teoria do Portfólio Moderno, e concedeu a Markowitz o prêmio Nobel de Economia de 1990, e é este desenvolvimento teórico que norteia a maior parte deste trabalho.

Pegando um novo produto de investimento, a carteira automatizada, que vem ganhando espaço no mercado financeiro, sendo oferecida pela instituição financeira XP Investimentos, será feita uma análise, de forma a verificar se, caso tivesse sido aplicado a Teoria do Portfólio Moderno teria ocorrido uma melhora da performance no investimento, naquele mesmo período de tempo.

A carteira automatizada é um novo produto, criado pelas corretoras, voltado para investidores que querem investir em ações, mas que tenham uma gestão transparente, ativa e profissional, ao mesmo tempo em que não precisem pagar por uma taxa de administração, que é cobrada em fundos de investimentos. Este produto não é muito diferente de um Fundo de Investimento em Ações, mas há algumas diferenças, como as citadas anteriormente.

O trabalho, além de apresentar, utilizará os conceitos de retorno esperado, risco, variância, desvio padrão, coeficiente de correlação, covariância e fronteira eficiente, que estão presentes na Teoria Moderna do Portfólio, e que, em suma, são conceitos estatísticos e financeiros.

Para elaborar os modelos quantitativos, será feito uso de programação em Python, que é uma linguagem especializada para análise de dados, dado que essa linguagem de

programação possui bibliotecas que permitem grande otimização do trabalho. Bibliotecas estas como, Numpy e Pandas, especializadas em tratamento e análise de dados; Matplotlib e Plotly, voltadas para criação e apresentação de gráficos; Yfinance, que disponibiliza informações de ativos financeiros.

Utilizando destes conceitos e ferramentas, será possível aplicar a teoria de Markowitz, na carteira automatizada, para alcançar o objetivo deste trabalho, que é fazer uma análise quantitativa com o intuito de comparar os retornos, de forma mais realista possível, da carteira que foi utilizada, com outra que tivesse sido aplicada a teoria.

Dado o número de pessoas que vêm ingressando no mercado de ações nos últimos anos, de 620.313 investidores em 2017, para 5.608.020 em 2023, conforme os dados da B3 (Brasil, Bolsa, Balcão), no dia 02/09/2023, uma análise deste tipo é válida, para entendermos se, aplicando teorias consagradas da área, haveria uma melhora no retorno dos investimentos dessas milhões de pessoas que vêm aderindo a este novo produto financeiro e que vêm ganhando cada vez mais espaço.

A respeito do tema central do trabalho, a Teoria Moderna do Portfólio é uma teoria criada para a gestão de investimentos, onde busca maximizar o retorno, de uma carteira de investimentos, para um dado nível de risco, ou seja, a teoria busca atingir a melhor relação de risco x retorno na alocação de ativos. Sendo que, é indispensável a diversificação de ativos para mitigar o risco da carteira – principalmente, o risco não sistemático –, como aponta Assaf Neto (2014), elevando-se, de maneira diversificada, o número de títulos de uma carteira, é possível promover-se a redução de seu risco, porém a uma taxa decrescente. Ideia muito conhecida no mercado financeiro como “não se deve colocar todos os ovos na mesma cesta”. Assim, para um dado nível de risco, a teoria defende a maximização do retorno esperado do portfólio, tendo então uma fronteira eficiente na alocação dos ativos da carteira. Em outras palavras, na fronteira eficiente, é possível selecionar uma carteira que apresenta, para um determinado retorno, o menor risco possível, revela Assaf Neto (2014).

O retorno esperado de uma carteira de investimento será dado pela média ponderada do retorno de cada ativo em relação à participação total da carteira, sendo esta com um ou mais ativos. Por exemplo, uma carteira composta por três ações (X, Y e Z), tendo o retorno esperado de cada ativo como 30%, 40% e 25%, respectivamente, com a participação de cada ativo no portfólio em 30%, 55% e 15%, respectivamente, levaria há um retorno esperado ponderado da carteira em 34,75%, obtido através da seguinte expressão, conforme demonstrado por Assaf Neto(2014):

$$E(R_p) = R_p^- = \sum_{j=1}^n R_j x W_j$$

onde:  $E(R_p) = R_p^-$  = retorno esperado ponderado da carteira (portfólio);

$W_j$  = percentual da carteira aplicado do ativo j;

$n$  = ao número total de ativos da carteira;

$R_j$  = retorno esperado do ativo j.

Substituindo, os valores do exemplo, na expressão, temos:

$$E(R_p) = R_p^- = [0, 30x0, 30] + [0, 55x0, 40] + [0, 15x0, 25]$$

$$E(R_p) = R_p^- = 0,09 + 0,22 + 0,0375$$

$$E(R_p) = R_p^- = 0,3475 (34,75\%)$$

Dessa forma, se caso fosse investido 100% da carteira no ativo X, o retorno esperado seria de 30%, no ativo Y, de 40% e no ativo Z, de 25%, ou seja, o retorno esperado seria o do próprio ativo, mas dado a diversificação nos três ativos, com os percentuais de 30%, 55% e 15%, para os respectivos ativos no portfólio, o retorno esperado ponderado da carteira teve o valor de 34,75%.

A Teoria Moderna do Portfólio tem como uma de suas premissas principais, fazer a alocação dos ativos com o intuito de buscar o maior retorno possível para o mesmo nível de risco, em uma carteira. Outra premissa principal da teoria é quanto ao risco, que será abordado no próximo tópico.

Outra premissa essencial da teoria é quanto ao risco, há diversas interpretações para o conceito de risco, mas de forma geral, risco é a incerteza quanto a um determinado acontecimento (evento). Para o trabalho em questão, risco é definido como a possibilidade de um investimento atingir um resultado diferente do retorno esperado, ou seja, que ocorra uma perda financeira. Ou seja, risco é definido como uma medida da variação dos possíveis retornos de um ativo, afirma Assaf Neto (2014). Com base nessa premissa, o investidor só aceitará maior risco, desde que o seu retorno esperado seja maior.

A melhor maneira de diminuir o risco de uma carteira é através da diversificação, Damodaran (2009) aponta que a diversificação é uma ferramenta indispensável para mitigar o risco de um portfólio ao combinar ativos não correlacionados entre si. Segundo Assaf Neto (2014), pode-se introduzir que o risco total de qualquer ativo é definido pela sua parte *sistemática* (risco sistemático ou conjuntural) e *não sistemática* (risco específico ou próprio do ativo).

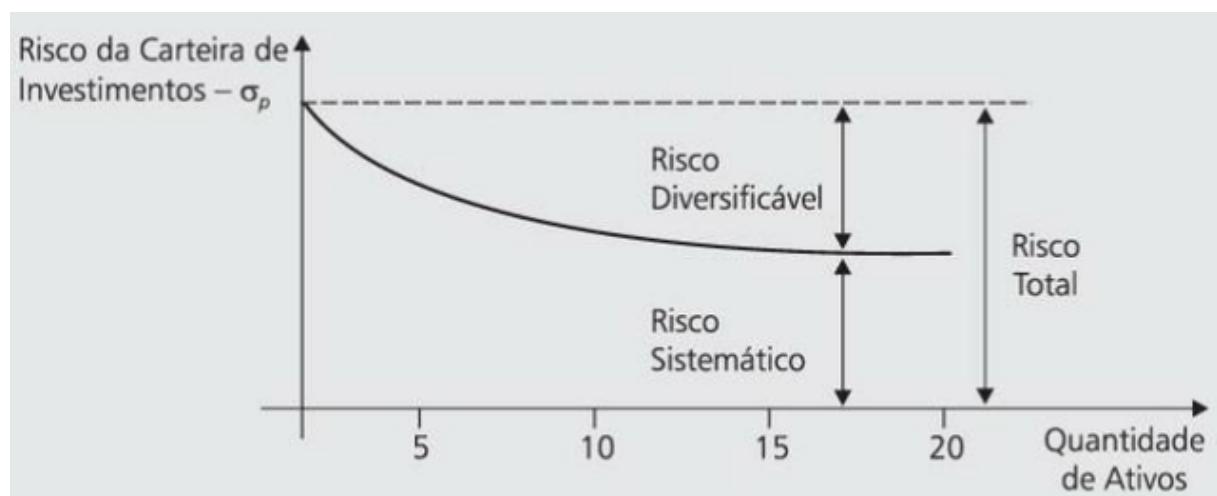
Quando se fala em *risco sistemático*, é algo que afeta não só o ativo em questão, mas todos os ativos, ao mesmo tempo, já que seu efeito decorre de problemas, não propriamente do emissor do ativo, mas de um fator exógeno, como por exemplo uma crise econômica (global ou interna), uma mudança na taxa de juros, ou seja, um evento que acarrete em um risco inerente a todos os ativos, e que não é possível eliminar.

Já o *risco não sistemático* (também denominado de risco diversificável) é advindo de um problema (ou evento) decorrente do próprio ativo em questão e que, na maioria das vezes, não reflete em outros ativos, ou seja, não se espalha de forma sistemática – por isso do nome. Exemplos de risco não sistemático pode ser um incêndio em uma fábrica, que por afetar a produção, gera um queda no lucro esperado da empresa, ou uma mudança na regulação que impacte uma empresa específica. Este risco é possível de ser eliminado através da diversificação com ativos de correlação negativa.

Sendo assim, o risco total de um ativo, nada mais é do que o risco sistemático acrescido do risco não sistemático, tendo um papel tão importante quanto o retorno esperado, para o investidor.

Graficamente, o risco total é representado como pela Figura 2.

Figura 1 – Risco Total, Risco Não Sistemático e Risco Sistemático.



Fonte: Mercado Financeiro, Assaf Neto (2014, pág. 494)

Dessa forma, a melhor decisão financeira é buscar por alternativas que levem a uma melhor diversificação, preferencialmente, alocando em ativos não correlacionados, com o intuito de reduzir o risco do investimento, mas sem perder de vista um retorno esperado aceitável. Veremos mais sobre isso no tópico de Coeficiente de Correlação.

Um conceito estatístico importante, utilizado na teoria é a variância, uma medida de dispersão que indica o quanto distante, um determinado valor está da média desse conjunto de dados, ou seja, é uma medida que visa indicar a amplitude de variação dos dados ao redor da média, deste conjunto de dados. Em finanças, a variância é amplamente utilizada para medir o risco de um investimento. Quanto maior a variância, maior o risco do ativo (ou da carteira), isso devido ao fato de que a variância em torno do retorno esperado também será maior.

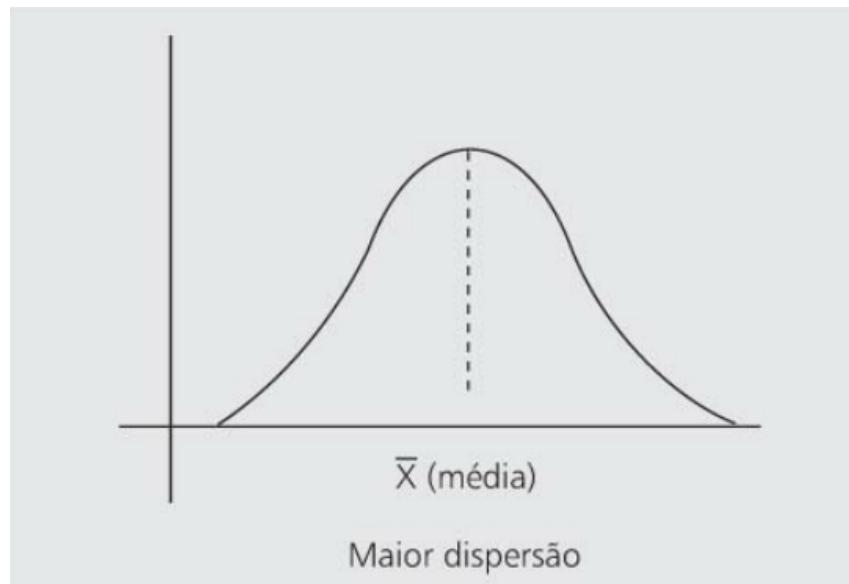
A variância pode ser representada matematicamente como mostra Assaf Neto(2014):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n} \quad \text{ou} \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

onde:  $\sum_{i=1}^n$  = somatório de n dados;  
 $\sigma^2$  = variância populacional – referente a dados de uma população;  
 $s^2$  = variância amostral – referente a dados de uma amostra;  
 $x_i$  = dado i;  
 $\bar{x}$  = média da amostra de dados;  
 $n$  = número de dados da amostra.

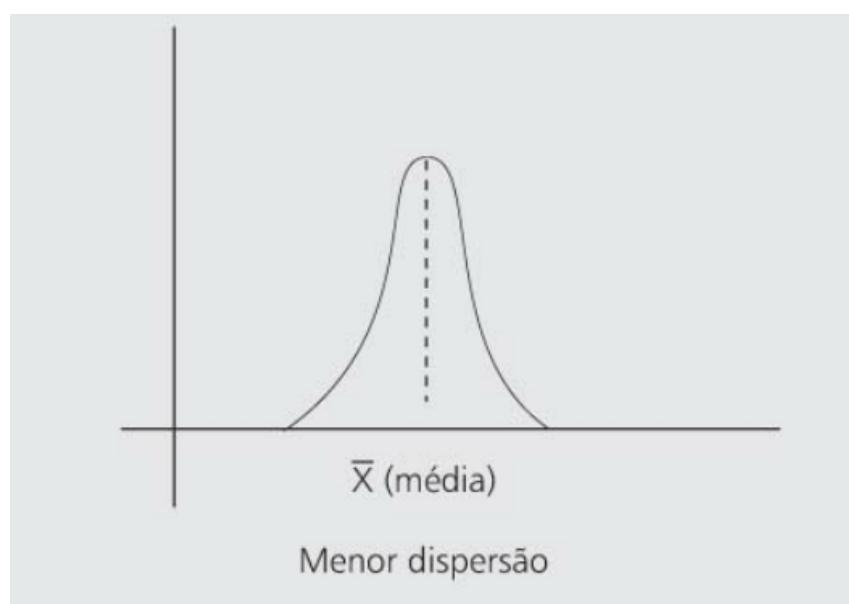
Sendo que, uma população é uma coleção de todos os resultados, respostas, medições ou contagens que são de interesse. Uma amostra é um subgrupo de uma população, como aponta Larson e Farber (2009).

Figura 2 – Amostra de dados com alta variância



Fonte: Mercado Financeiro, Assaf Neto (2014, pág 473)

Figura 3 – Amostra de dados com baixa variância



Fonte: Mercado Financeiro, Assaf Neto (2014, pág 473)

As imagens anteriores mostram as diferenças entre um conjunto de dados com alta e baixa variância, respectivamente. Como se pode ver, em um conjunto de dados, com alta variância, os dados estão mais dispersos em relação à média, e por isso a curva ser mais achatada, como na Figura 2, onde a curva menos achatada representa uma menor variação dos dados em torno da média, por isso da curva mais comprimida, demonstrado na Figura 3.

O desvio padrão é outra medida estatística, calculada como a raiz quadrada da variância, ou seja:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad \text{ou} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

onde:  $\sum_{i=1}^n$  = somatório de n dados;

$x_i$  = dado i;

$\bar{x}$  = média da amostra de dados;

$\sigma$  = desvio padrão populacional – referente a dados de uma população;

$s$  = desvio padrão amostral – referente a dados de uma amostra;

$n$  = número de dados da amostra.

E indica a volatilidade de um investimento, tanto o desvio padrão como a variância são indicadores amplamente utilizados para a volatilidade de ativos. Assaf Neto (2014) diz, a volatilidade, outra medida estatística de dispersão, expressa a incerteza dos retornos de um ativo, ou, em outras palavras, a intensidade e a frequência das variações observadas em seus preços. Quanto mais dispersos se apresentarem os resultados, maior a incerteza com relação ao retorno esperado, ou seja, mais arriscada se apresenta a alternativa.

Na teoria que abordamos, como já citado anteriormente, um dos pilares fundamentais da mesma é diminuir o risco, o máximo possível, para um dado retorno esperado, ou seja, a ideia é diminuir o desvio padrão, já que o mesmo é definido como risco em finanças.

De forma resumida, um desvio padrão baixo significa uma menor volatilidade, logo um investimento menos arriscado. E inversamente, um desvio padrão alto representa um ativo mais arriscado, pois apresenta maior volatilidade nos retornos.

Já a correlação, segundo Larson e Farber (2009), é uma relação entre duas variáveis, o que, para finanças, pode ser interpretado como a relação entre dois (ou mais) ativos. Essas correlações são lineares e podem ser, em seus casos extremos, perfeitamente positiva ou perfeitamente negativa, de forma que, os ativos têm oscilações positivas e negativas, respectivamente, conjuntamente.

As correlações podem ser determinadas através do coeficiente de correlação, um valor padronizado que varia entre -1, para correlações perfeitamente negativas, e +1 para correlações perfeitamente positivas, através da fórmula, apresentada por Assaf Neto (2014):

$$CORR_{x,y} = \frac{\sum X \cdot Y - \frac{(\sum x)^2 \cdot (\sum y)}{n}}{[(\sum X^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}) \cdot (\sum Y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n})]^{\frac{1}{2}}}$$

onde:  $CORR_{x,y}$  = coeficiente de correlação – letra minúscula grega rô;

$\sum X$  = somatório dos dados X;

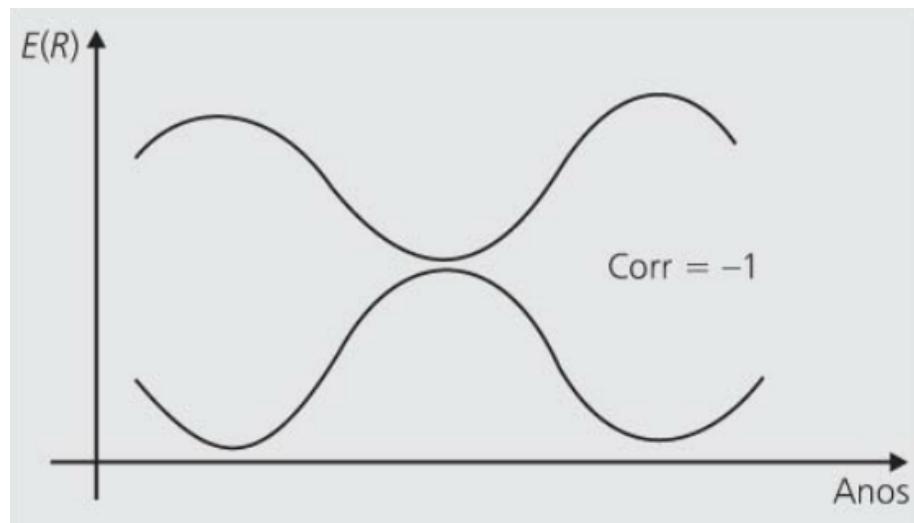
$\sum Y$  = somatório dos dados Y;

$n$  = número de dados da amostra.

A importância deste conceito para finanças é que o risco pode ser eliminado na hipótese de se investir em ativos com correlação perfeitamente negativa – o que na prática, é quase impossível, dado que é extremamente difícil de se encontrar ativos com essa correlação. Se uma carteira tiver dois ativos, com correlação perfeitamente negativa entre eles, a variação negativa de um deles, em um determinado momento, seria compensada pela valorização positiva do outro.

Isso pode ser melhor ilustrado na Figura 4.

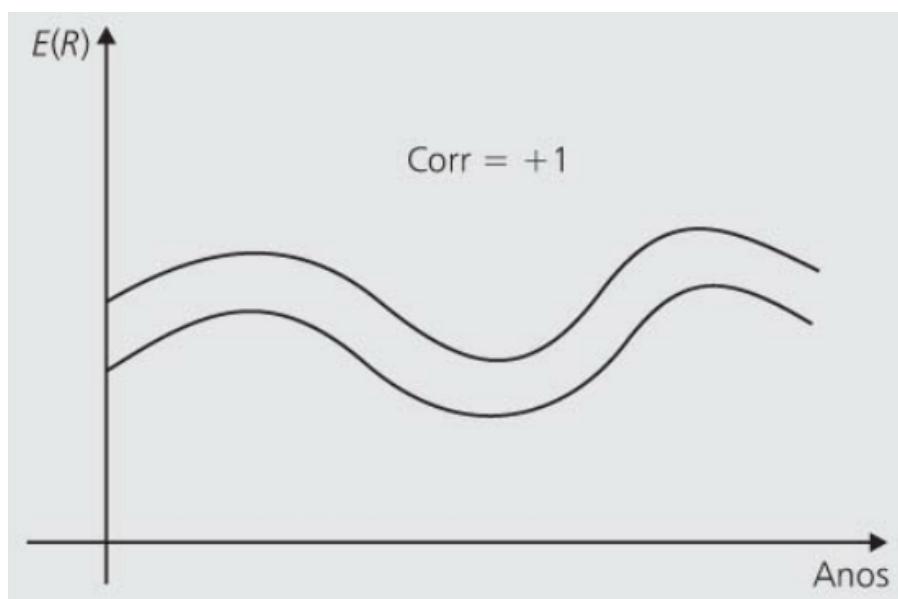
Figura 4 Investimentos com correlação perfeitamente negativa



Fonte: Mercado Financeiro, Assaf Neto (2014, pág 490)

Assim como na Figura 4 temos dois ativos, cada um representado por uma linha, com coeficiente de correlação negativa ( $r = \text{Corr} = -1$ ), também há ativos com correlação positiva, como demonstra a Figura 5.

Figura 5 – Investimentos com correlação perfeitamente positiva



Fonte: Mercado Financeiro, Assaf Neto (2014, pág 490)

Neste caso não há diversificação de risco, dado que os ativos se movem em direção única, o que define um maior risco para o portfólio.

Apesar da dificuldade se encontrar estes casos extremos, tanto positivamente correlacionado ( $r = \text{Corr} = +1$ ) quanto negativamente correlacionado ( $r = \text{Corr} = -1$ ), ativos com correlação negativa, mesmo que superior a -1, já diminuem o risco da carteira, o que é comumente utilizado.

Como diz Assaf Neto (2014), em seu livro Mercado Financeiro, o risco particular de um único ativo é diferente de seu risco quando mantido em carteira. Uma grande vantagem das carteiras é que elas permitem que se reduza o risco mediante um processo de diversificação dos ativos que as compõem. Ou seja, ao utilizar ativos não correlacionados, você diminui o risco da carteira em uma proporção maior do que os riscos unitários de cada ativo.

Covariância é outra medida estatística muito semelhante à correlação, explicada anteriormente, ela também indica a relação entre duas variáveis (ou ativos), porém, ao contrário da correlação, ela não é uma medida padronizada, que varia de -1 a +1. A covariância varia de menos infinito a mais infinito, mas da mesma forma que a correlação, valores positivos, indicam uma relação positiva entre os ativos, e valores negativos, indicam uma relação negativa.

A covariância pode ser calculada através da expressão:

$$COV_{A,B} = \frac{\sum_{i=1}^n (R_A - \bar{R}_A)(R_B - \bar{R}_B)}{n}$$

onde:  $\sum_{i=1}^n$  = somatório de n dados;

$R_A$  = retorno esperado do ativo A;

$\bar{R}_A$  = média do retorno esperado do ativo A;

$R_B$  = retorno esperado do ativo B;

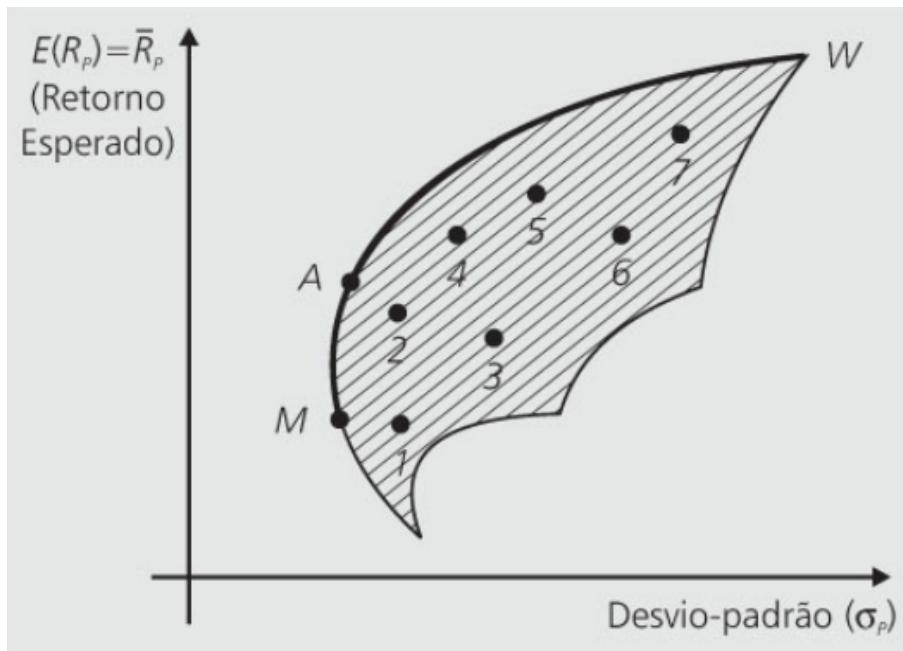
$\bar{R}_B$  = média do retorno esperado do ativo B;

$n$  = número de dados da amostra.

Ao analisar uma carteira, de forma racional, a partir dos cálculos apresentados, com o intuito de se obter o menor risco possível para uma carteira, ficará exposto uma combinação de ativos que representa a melhor relação risco/retorno da carteira, chamada de Fronteira Eficiente. Como afirma Assaf Neto (2014), é possível selecionar uma carteira que apresenta, para um determinado retorno, o menor risco possível.

A partir da Figura 6, é possível observar melhor a fronteira eficiente.

Figura 6 – Fronteira Eficiente



Fonte: Mercado Financeiro, Assaf Neto (2014, pág. 518)

Cada ponto inserido na área sombreada representa o retorno esperado e o desvio-padrão (risco) de uma combinação de ativos (ou de um único ativo). Dessa forma é possível prever que existem inúmeras combinações possíveis, tanto para uma carteira com dois ou dez ativos, ou o retorno isolado de cada um dos ativos, sendo cada ponto dentro da área sombreada a representação do retorno e desvio-padrão desse ativo – isolado ou de forma conjunta, em uma carteira de ativos. Não há possibilidade de um ponto fora da

No segmento MW é onde se tem a Fronteira Eficiente, ou seja, onde se encontra o maior retorno para um dado nível de risco. Sendo assim, também pode se concluir que não há possibilidade de um ponto estar acima da Fronteira Eficiente, pois o retorno máximo de uma combinação de ativos (ou do ativo, de forma isolada) já está exposto, demonstrando a fronteira eficiente, como demonstrou Assaf Neto (2014).

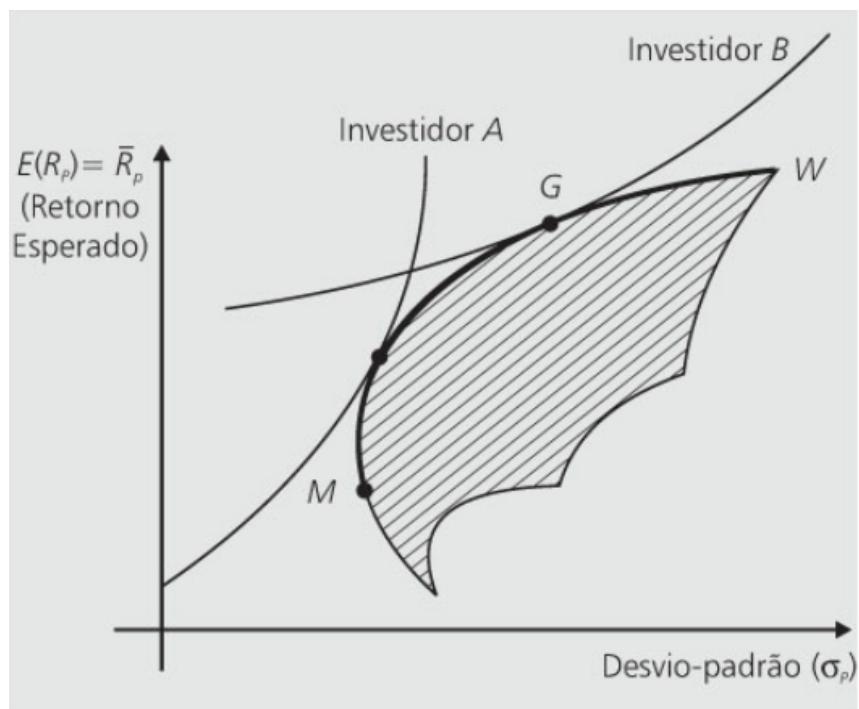
Analizando os pontos dentro da área sombreada, percebe-se que não é racional investir na combinação exposta pelo Ponto 1, dado que o Ponto 2 está acima dele, ou seja, o investidor terá um retorno maior, para o mesmo nível de risco. Da mesma forma, o Ponto 2 não é um investimento racional, pois acima dele o investidor teria – na linha da fronteira eficiente, um ponto não demonstrado, mas um pouco acima do Ponto A, no segmento AW – uma outra possível combinação de ativos que representa um maior retorno para um mesmo nível de risco. Ou seja, a Fronteira Eficiente busca demonstrar ao investidor que certas combinações

de ativos não são racionais, pois ele teria outra combinação, mais eficiente, que apresenta um maior retorno, para um mesmo nível de risco, como demonstrado por Assaf Neto (2014).

Uma dúvida que pode ficar é: mas qual combinação escolher – na linha da fronteira eficiente – dada as inúmeras opções que se teria, expressa pelo segmento de reta MW? E a resposta para essa questão é, depende do risco que o investidor está disposto a correr.

Na Figura 7 é possível verificar as escolhas feitas por dois investidores diferentes, cada um com seu nível de risco, sendo o investidor A, menos propenso a risco do que o investidor B.

Figura 7 – Seleção de carteira dos investidores A e B



Fonte: Mercado Financeiro, Assaf Neto (2014, pág. 519)

Pela Figura 7, podemos observar que, o investidor A ao buscar um menor nível de risco também fica exposto a um menor retorno esperado. E que o investidor B, que se dispõem a um maior risco, espera por um maior retorno. Sendo assim, cada investidor poderia escolher sua carteira de ativos baseado no risco que está disposto a correr, e tendo ciência do retorno esperado desta carteira.

Da mesma forma, o investidor que buscassem o menor risco possível optaria pela carteira demonstrada pelo ponto M, que representa a carteira de variância mínima, ou seja, o ponto em que se tem o menor risco para uma determinada carteira de ativos.

Essa relação de risco retorno é expressa pelo Índice Sharpe (IS), que representa a relação entre o prêmio pago pelo risco assumido e o risco do investimento, como explicado por Assaf Neto (2014) e demonstrado na fórmula a seguir:

$$\text{Índice Sharpe (IS)} = \frac{E(R_M) - R_F}{\sigma_{R_M}}$$

onde:  $E()$  = retorno esperado;

$R_M$  = é o Retorno de uma carteira constituída por ativos com risco;

$R_F$  = a taxa de juro de ativos livres de risco;

$\sigma_M$  = o desvio-padrão (risco) dessa carteira.

O índice visa demonstrar o prêmio pago por um ativo para cada percentual adicional de risco (desvio-padrão) que o investidor assume, ou seja, ele revela a relação direta entre o retorno e o risco do ativo. Portanto, quanto maior o Índice Sharpe, melhor é essa relação entre risco e retorno.

No nosso trabalho, que se concentra na comparação entre carteiras de ações - a carteira da XP e uma carteira teórica na qual foi aplicada a Teoria Moderna do Portfólio - não consideramos a taxa livre de risco. Isso ocorre porque a taxa livre de risco é a mesma para ambas as carteiras e não afetaria os cálculos.

Ao fazermos as análises no trabalho, veremos onde se encontram, dentro da Fronteira Eficiente, os pontos que representam as carteiras automatizadas da XP Investimentos, escolhidas pelos Analistas da corretora, e se seria possível maximizar o retorno destas carteiras, e se essas carteiras são eficientes, do ponto de vista da teoria apresentada.

Quanto à carteira automatizada, é um produto semelhante a um fundo de investimento em ações (FIA). A gestão, ou seja, a troca de ativos quando necessário, é realizada pelos analistas responsáveis por aquela carteira, neste caso os analistas da XP. Como o nome sugere, uma carteira automatizada, tem sua gestão feita automaticamente, o que significa que, após aderir ao produto, o cliente não precisa tomar nenhuma ação adicional.

A XP Investimentos atualmente oferece uma variedade de carteiras, algumas das quais são gerenciadas pelos seus próprios analistas, enquanto outras são gerenciadas por casas de análises parceiras da instituição. Isso proporciona uma ampla gama de opções de carteiras automatizadas para os investidores escolherem.

Apesar da similaridade das carteiras com os Fundos de Investimentos em Ações (FIA), existem algumas diferenças notáveis que merecem destaque. Por exemplo, ao contrário dos FIAs, que são obrigados a investir pelo menos 67% da carteira em ações, as carteiras automatizadas investem 100% do capital em ações. Além disso, este é um produto sem carência, o que significa que os investidores podem optar por encerrar seus investimentos no produto (e, consequentemente, em ações) a qualquer momento, simplesmente realizando a venda das ações.

Outra distinção importante é a transparência. Os clientes têm acesso a informações claras sobre quais ativos estão incluídos em suas carteiras, ao contrário dos fundos, nos quais as posições só são reveladas após um período de até 3 meses, como medida de proteção para as estratégias utilizadas.

Entretanto, existem desvantagens que merecem consideração. A carteira automatizada tende a ter uma alta rotatividade de ativos, uma vez que a corretagem é uma fonte significativa de receita, e ela é gerada apenas por meio da compra e venda de ações. Isso significa que, visando aumentar suas receitas, a corretora pode sugerir trocas de ativos nas carteiras, mesmo quando não seja o momento ideal para tais transações, considerando apenas seu próprio benefício. Isso pode criar um conflito de interesse entre os objetivos da corretora e os interesses do investidor. Além disso, as despesas com corretagem, que geralmente são mensais devido às frequentes mudanças feitas pelos analistas nas carteiras, podem superar os custos da taxa de administração cobrada por um FIA. Do mesmo modo, essas despesas com corretagem exigem que o investidor tenha recursos disponíveis todos os meses para pagá-las, o que não ocorre com um FIA, pois esses custos estão embutidos na taxa de administração.

Nesta análise, examinaremos duas carteiras automatizadas da XP: a carteira ‘Top Small Caps’, que investe em empresas classificadas como small caps, ou seja, empresas com capitalização de mercado inferior a R\$10 Bilhões, desde que apresentem boas perspectivas de crescimento e *valuation* atraente. Além disso, a carteira ‘Top 10 Ações’ tem como objetivo superar o Índice Ibovespa, que serve como *benchmark*. Essa carteira investe em empresas que demonstram perspectivas de crescimento sólido e apresentam *valuation* atrativo, com foco no longo prazo e diversificação setorial.

Para a elaboração da análise e simulações, utilizaremos software de programação em Python, uma ferramenta altamente eficaz para a análise de dados e visualização de informações. Através do uso de suas bibliotecas especializadas, como ‘Pandas’ e ‘NumPy’, para tratamento e análise de dados, juntamente com ‘Matplotlib’, uma biblioteca para criação

de gráficos, e ‘Yfinance’, uma biblioteca específica para coleta de informações de ativos financeiros, seremos capazes de criar e visualizar as comparações necessárias.

Dessa forma, poderemos concluir se a aplicação da Teoria Moderna do Portfólio na gestão desses ativos, no momento da alocação, teria resultado em uma rentabilidade superior.

### **3. UMA ANÁLISE EMPÍRICA A RESPEITO DA APLICAÇÃO DA TEORIA MODERNA DO PORTFÓLIO (TMP) NA AVALIAÇÃO DE CARTEIRAS DE ATIVOS**

O presente capítulo tem como objetivo comparar a rentabilidade das carteiras automatizadas da corretora XP com uma carteira teórica que replica os mesmos ativos, aplicando a Teoria Moderna do Portfólio (TMP) de Harry Markowitz, buscando otimizar a rentabilidade da carteira através da alteração dos pesos de cada um dos ativos da carteira de investimento. Para que essa comparação seja a mais realista possível, é necessário obter informações sobre o preço médio de compra e de venda - médio pois, em operações com alto volume de negociações, o preço final da compra (ou da venda) é dado por uma média ponderada, ou seja, preço médio de compra é o preço médio ponderado pela quantidade de ativos comprados pela corretora.

Ao baixarmos os dados utilizando a biblioteca ‘YFinance’ do Python, conseguimos acessar informações como preço de abertura, mínima, máxima, fechamento e fechamento ajustado - que é quando se desconta do preço da ação, os valores pagos pelas empresas em dividendos e juros sobre capital próprio ao longo do tempo. O problema reside no fato de que as compras e vendas de cada ativo ocorrem ao longo do dia, formando os preços médios. Para obter os preços pagos à corretora, seria necessário acesso a uma base de dados que envolve informações sensíveis, como estratégias utilizadas nas operações, eventual uso de algoritmos, e outros detalhes, o que inviabiliza o acesso a essas informações.

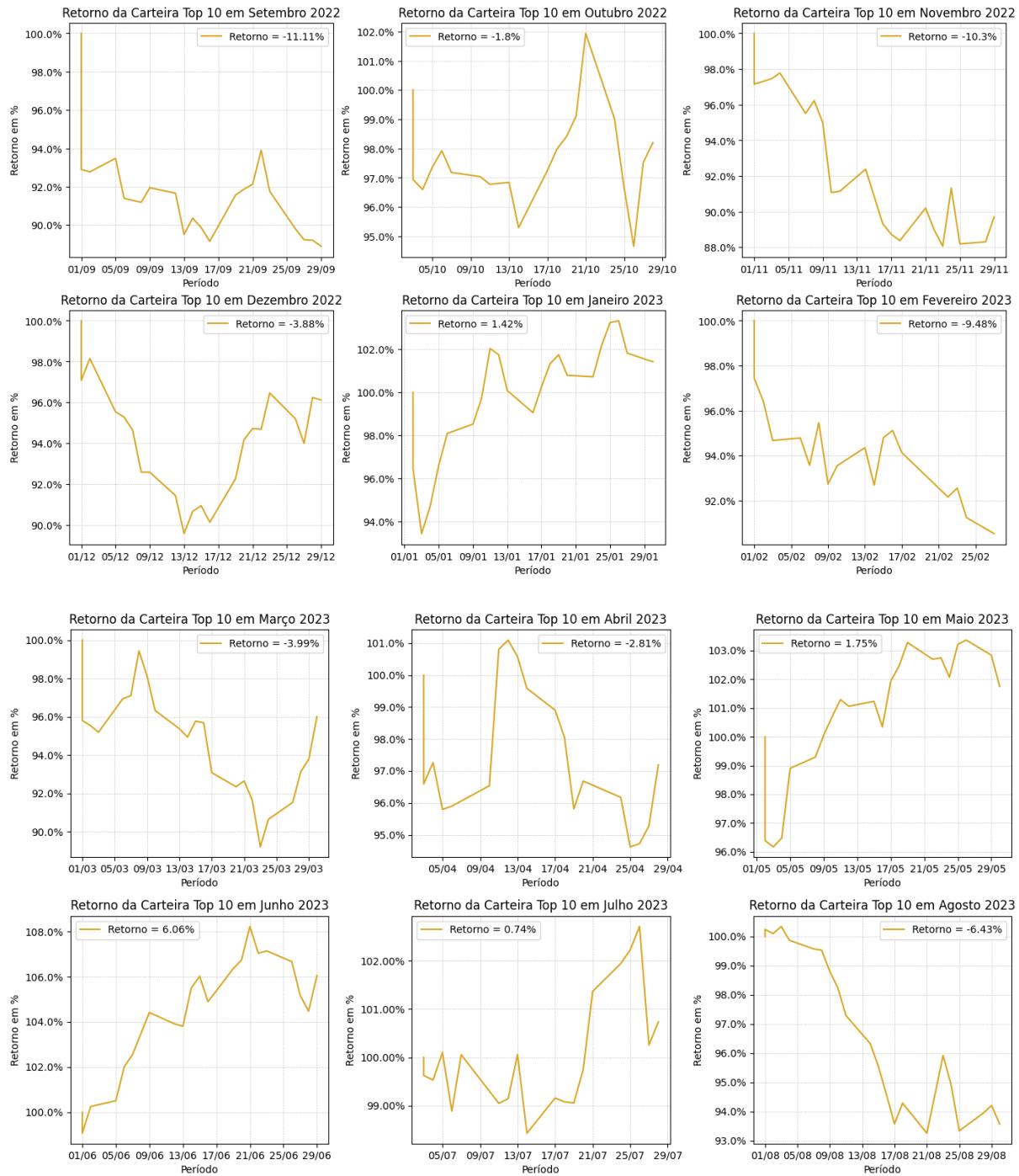
Para superar esse obstáculo, a comparação será realizada com base nos retornos mensais, desde a abertura do pregão da bolsa no primeiro dia do mês até o fechamento do pregão no último dia do mês. Dessa forma, os dados obtidos através do ‘YFinance’ partem de um ponto de referência em comum (abertura e fechamento do pregão), permitindo uma comparação sem diferenças significativas. Além disso, a escolha dos ativos para cada mês, realizada pelos analistas da XP, será mantida inalterada, o que é crucial para garantir maior fidelidade possível na comparação.

Portanto, ao estabelecer que a rentabilidade das carteiras, tanto da XP quanto para a carteira teórica baseada na TMP, está sendo avaliada no mesmo período de tempo (da abertura do primeiro pregão do mês até o fechamento do último pregão do mês) e levando em consideração os mesmos ativos escolhidos para cada mês, garantimos uma comparação justa e realista.

Para a base de comparação, foram selecionadas as carteiras automatizadas: “Top Small Caps XP” e “Top 10 Ações XP”. Utilizando programação em Python, com o auxílio das bibliotecas ‘Matplotlib’, para a criação dos gráficos, ‘Yfinance’, para extração dos dados de

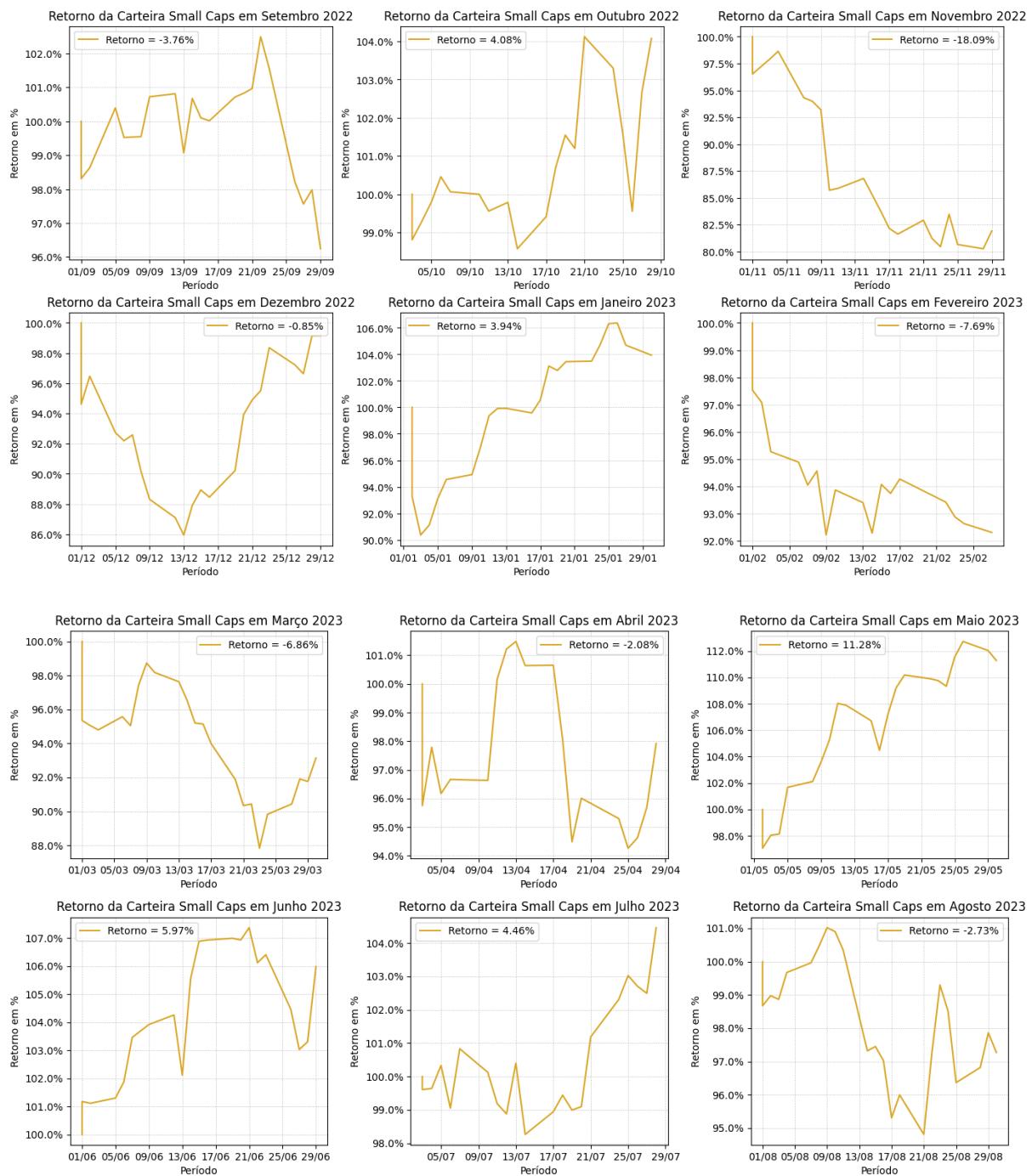
retorno dos ativos, e ‘Pandas’ para a coleta e tratamento destes dados, foi possível verificar a rentabilidades dessas carteiras ao longo do período de 01 de setembro de 2022 à 30 de Agosto de 2023.

Sendo, a rentabilidades, mês a mês, para a carteira ‘Top 10’:



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

E para a carteira ‘Small Caps’:



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

E a rentabilidade de todo o período, da carteira ‘Top 10 Ações’:



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

E da carteira ‘Small Caps’:



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

É importante destacar que o gráfico que ilustra a rentabilidade das carteiras é influenciado pelos pagamentos de dividendos realizados pelas empresas. Quando uma empresa distribui dividendos no valor de X, esse montante é subtraído do preço da ação, resultando em uma rentabilidade aparentemente inferior àquela que o investidor realmente obteve com a carteira (ou ativo, por extensão). No entanto, uma vez que nosso modelo também incorpora esse impacto e não diverge dos dois cenários, ele não afetará a precisão de nossa comparação.

A partir da rentabilidade observada durante o período mencionado, aplicaremos a TMP para determinar os pesos ideais de cada ativo. Nossa objetivo é otimizar as carteiras, buscando uma seleção ótima de ativos que resulte em carteiras com o maior retorno possível e a menor volatilidade, mês a mês.

Para essa otimização, será levado em consideração os dados históricos de cada ativo, nos três anos anteriores à sua inclusão na carteira. Por exemplo, se o ativo ABCD3 foi escolhido pelos analistas para fazer parte da carteira em dezembro de 2022, consideraremos o período de 1º de dezembro de 2019 a 30 de novembro de 2022, para determinar o peso percentual ideal para esse ativo.

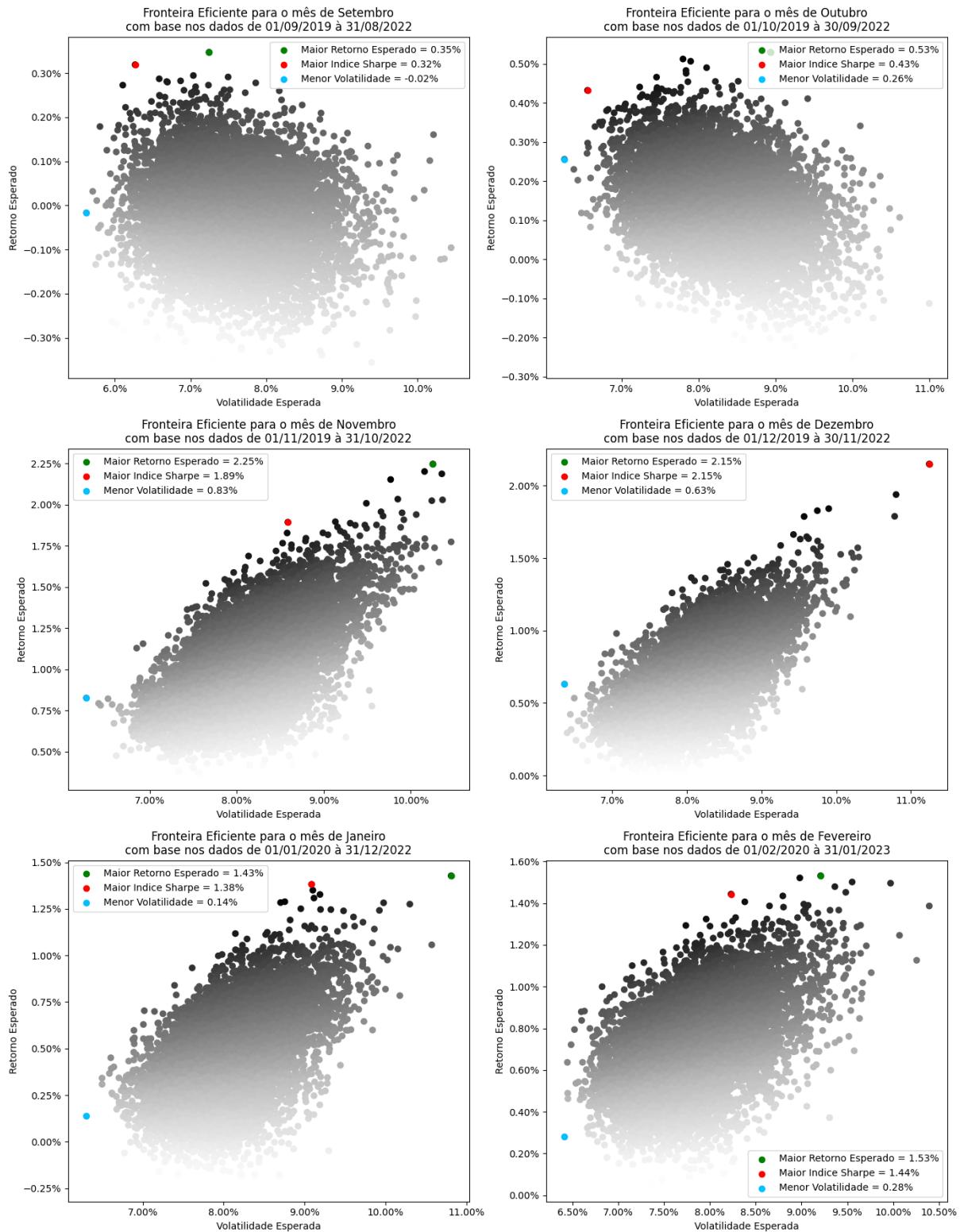
Dessa forma, o percentual de cada ativo na carteira, que pode variar ao longo do tempo, será sempre baseado na análise histórica. No entanto, respeitamos a seleção inicial de ativos feita pelos analistas da XP. Para essa seleção, realizaremos simulações de 10.000 combinações diferentes a cada mês, uma tarefa que pode ser facilmente executada por meio do uso do Python.

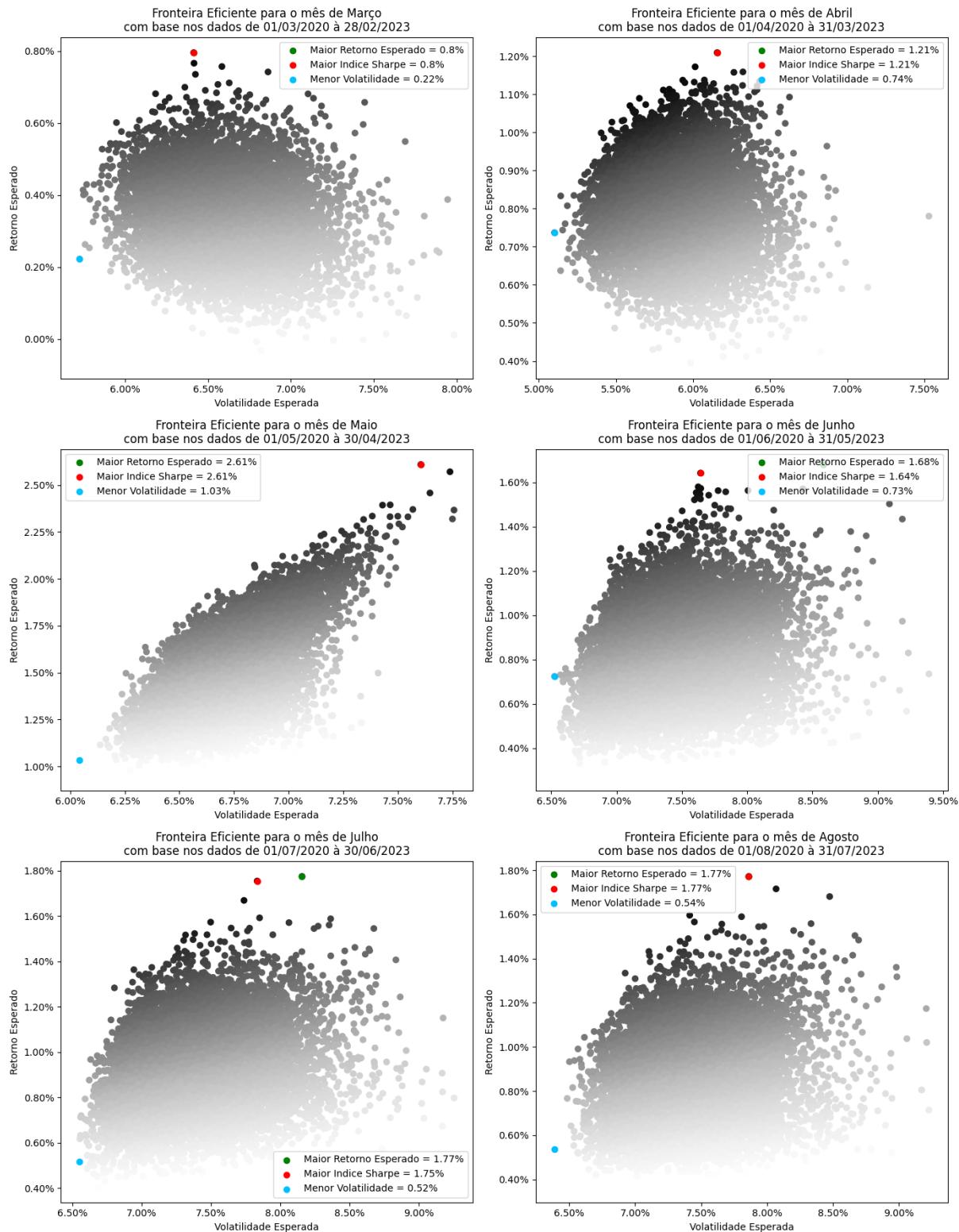
Em cada simulação, utilizaremos um percentual mínimo de 3% e um máximo de 40% que pode ser alocado em um ativo. A razão para isso é garantir que nenhum ativo seja excluído da carteira, ou seja, com alocação de 0%, uma vez que não faria sentido um analista escolher um ativo que não alocamos e, ao mesmo tempo, evita uma concentração excessiva em um único ativo. Além disso, essa abordagem parece ser mais realista quando consideramos investimentos e diversificação, refletindo as práticas dos investidores em suas carteiras.

Ao realizar as simulações, projetaremos três carteiras teóricas: ‘Maior Retorno Esperado’, ‘Maior Índice Sharpe’ e ‘Menor Volatilidade’. Utilizaremos os conceitos estatísticos de Retorno Esperado, Volatilidade Esperada e Covariância, conforme exemplificado anteriormente. Esses conceitos serão aplicados aos dados importados da biblioteca ‘YFinance’ por meio do Python. Uma vez que essas simulações têm como objetivo projetar o desempenho dos ativos até o final do mês, considerando a subsequente troca realizada pelos analistas, o período de 21 dias será levado em consideração durante esse processo de projeção futura.

Sendo assim, obtivemos os seguintes resultados para a carteira “Top 10 Ações”:

Simulações com base na carteira Top 10 para o fim dos meses.

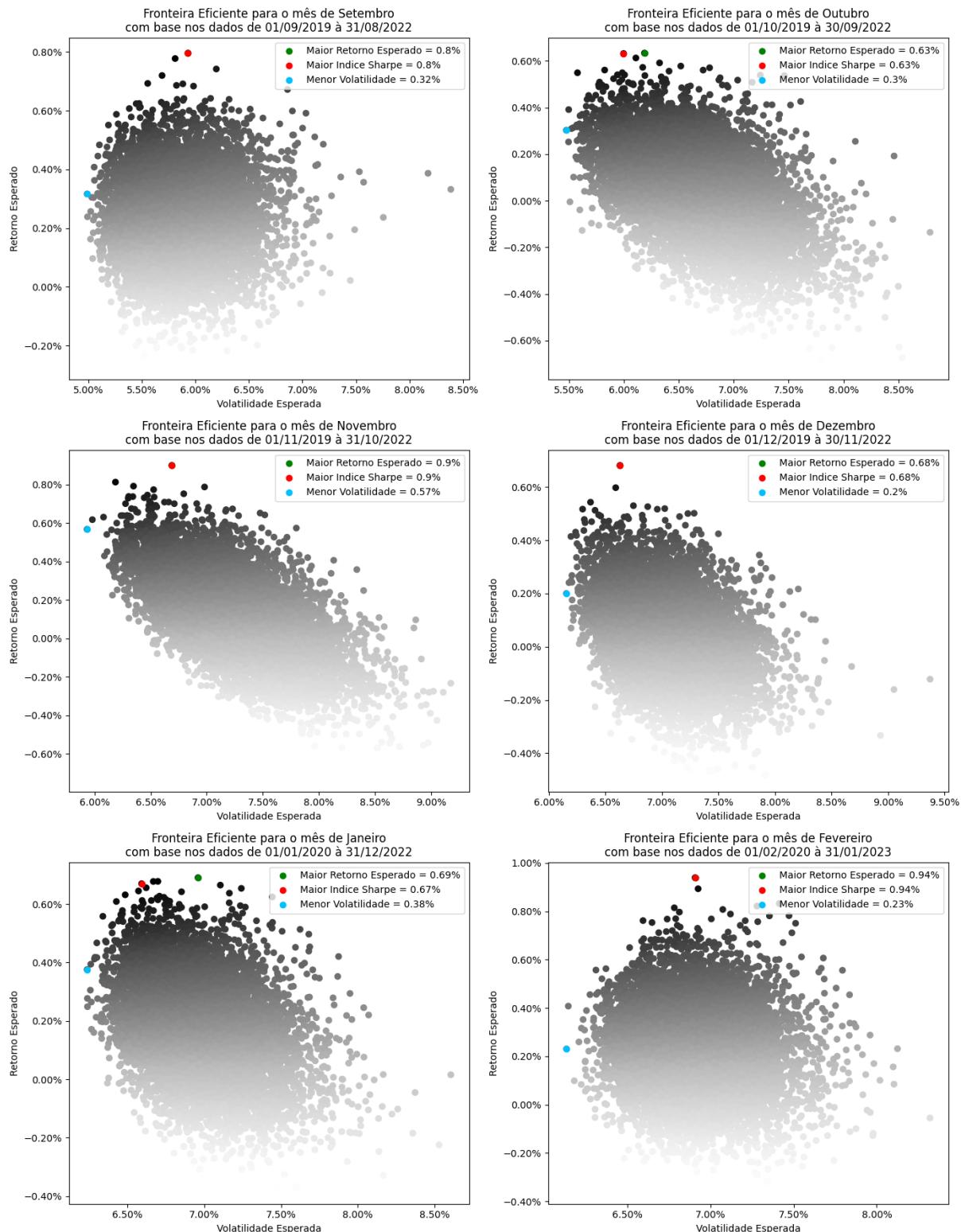


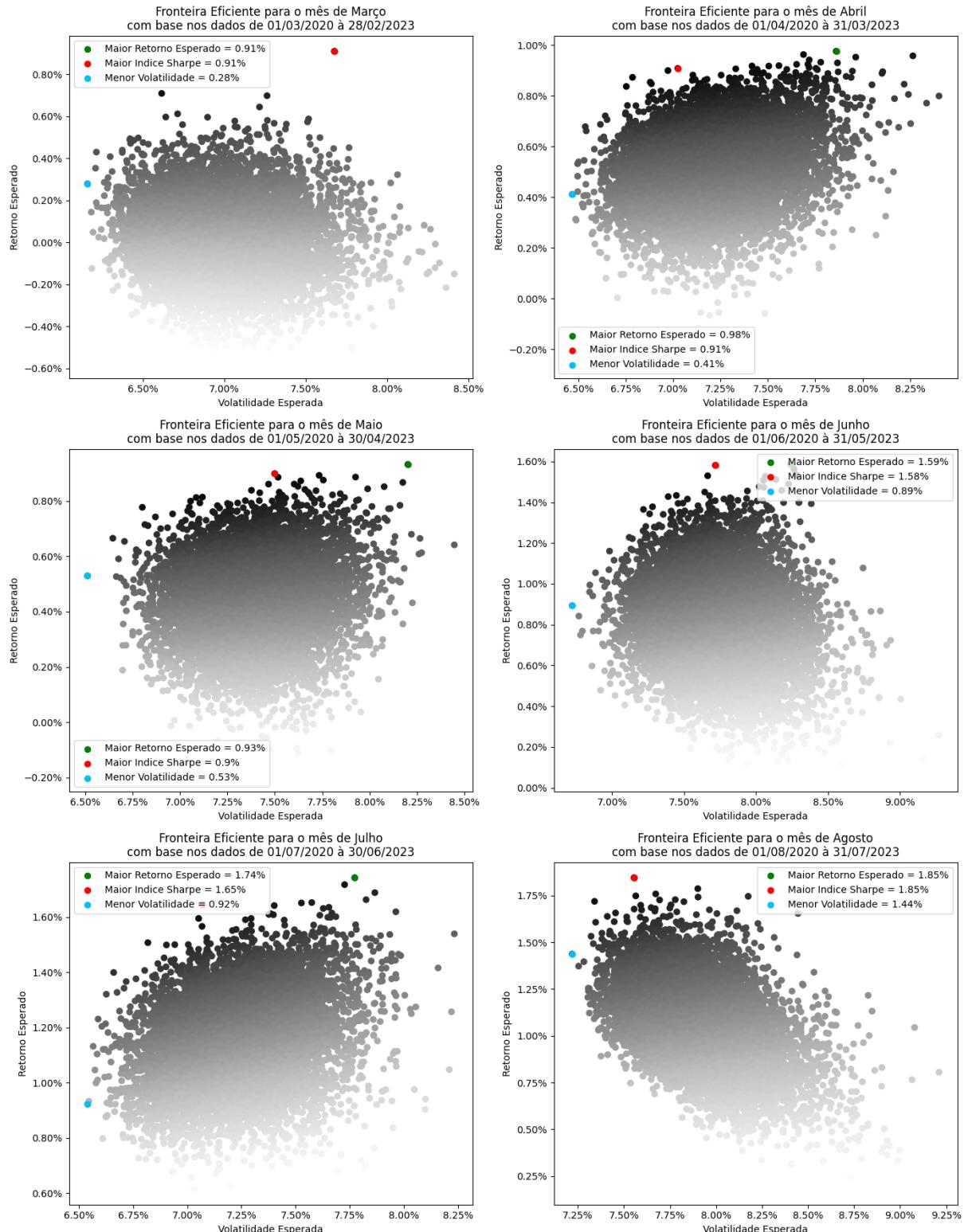


Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

E para a carteira “Small Caps”:

Simulações com base na carteira Small Caps para o fim dos meses.

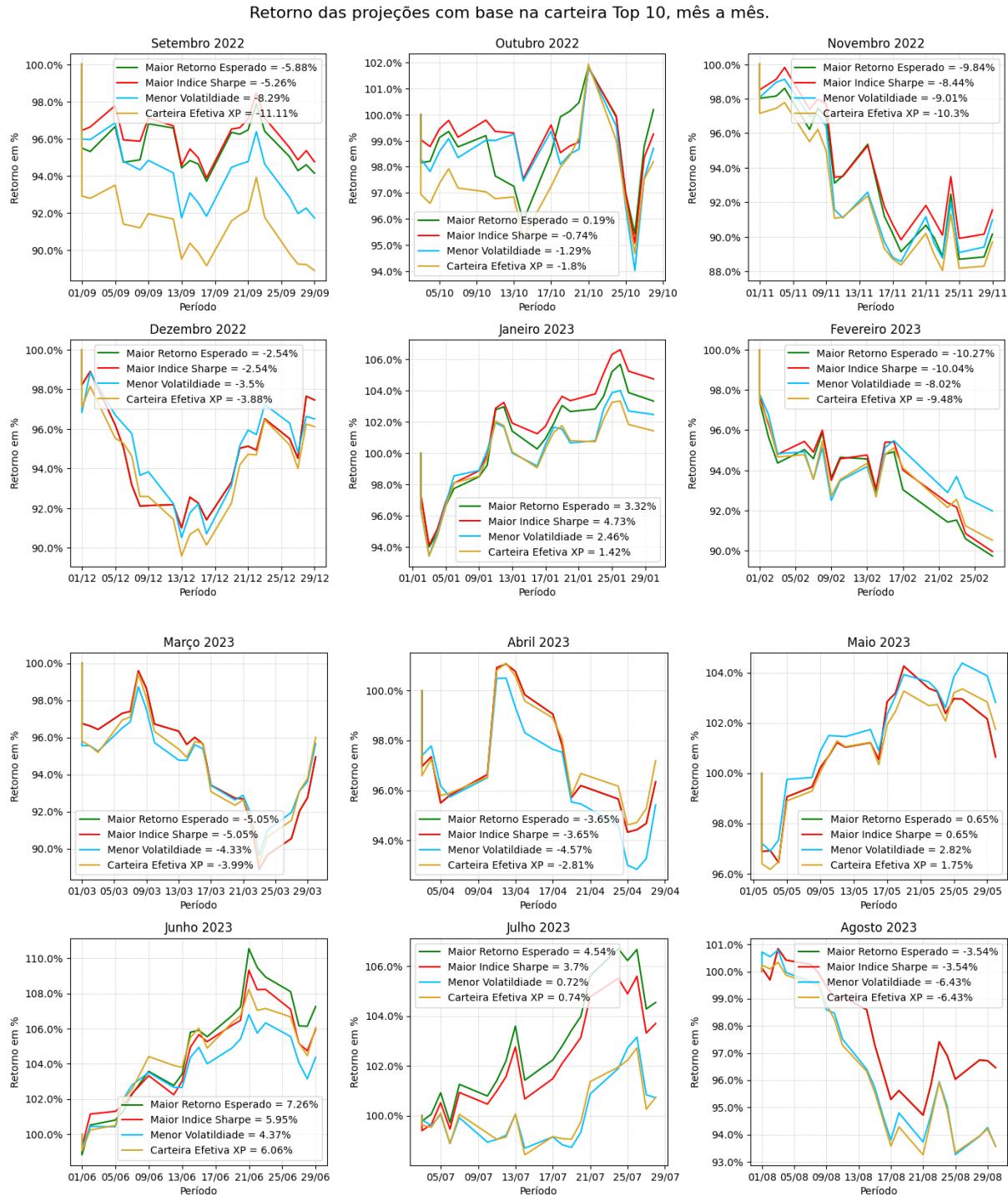




Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

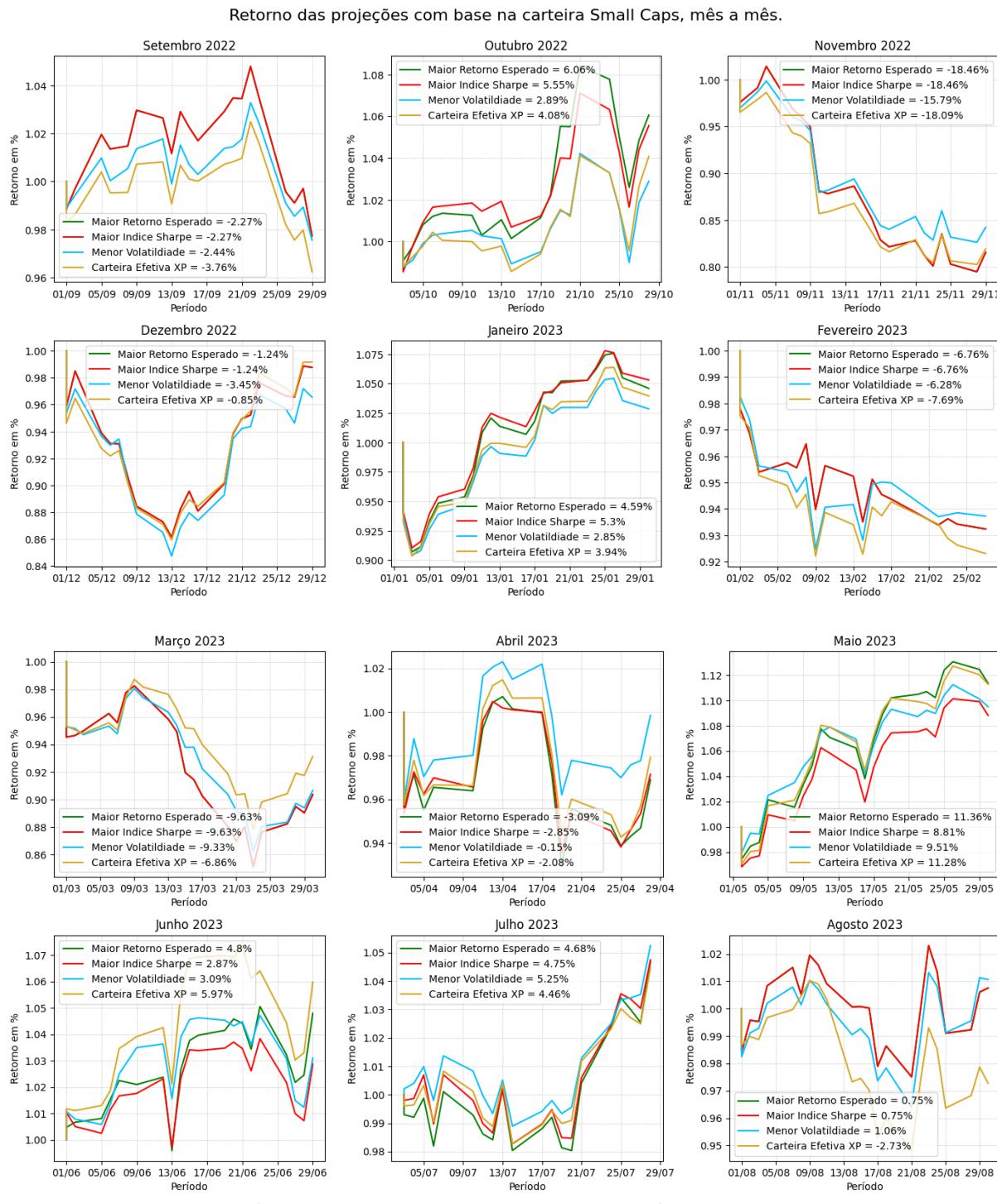
Cada ponto no gráfico representa uma simulação, ou seja, uma carteira teórica contendo os mesmos ativos, porém com pesos diferentes, para o final do mês, 21 dias após os dados que levamos em consideração. É importante ressaltar que as marcações no gráfico em verde, vermelho e azul, representam nossas carteiras teóricas de Maior Retorno Esperado,

Maior Índice Sharpe e Menor Volatilidade, respectivamente. Ao analisarmos essas carteiras, obtivemos os seguintes retornos, mês a mês, para a carteira “Top 10 Ações”:



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

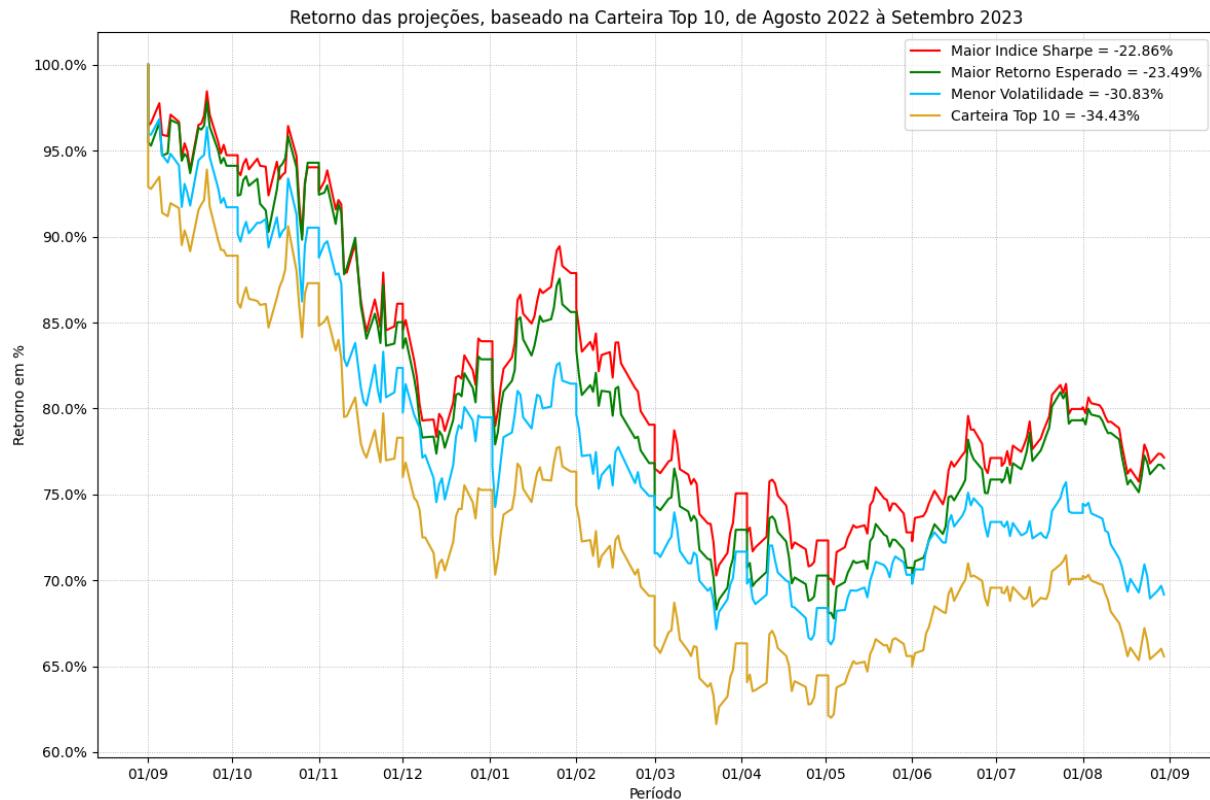
E para a carteira “Small Caps”:



Um detalhe importante, exemplificado nos gráficos, é que quando realizamos simulações de carteiras e os pontos nos gráficos de dispersão se sobrepõem, como ocorreu nos casos do ‘Maior Retorno Esperado’ e ‘Maior Índice Sharpe’, o retorno efetivo dessas carteiras (como demonstrado no último conjunto de gráficos) é idêntico. Isso é esperado, uma vez que

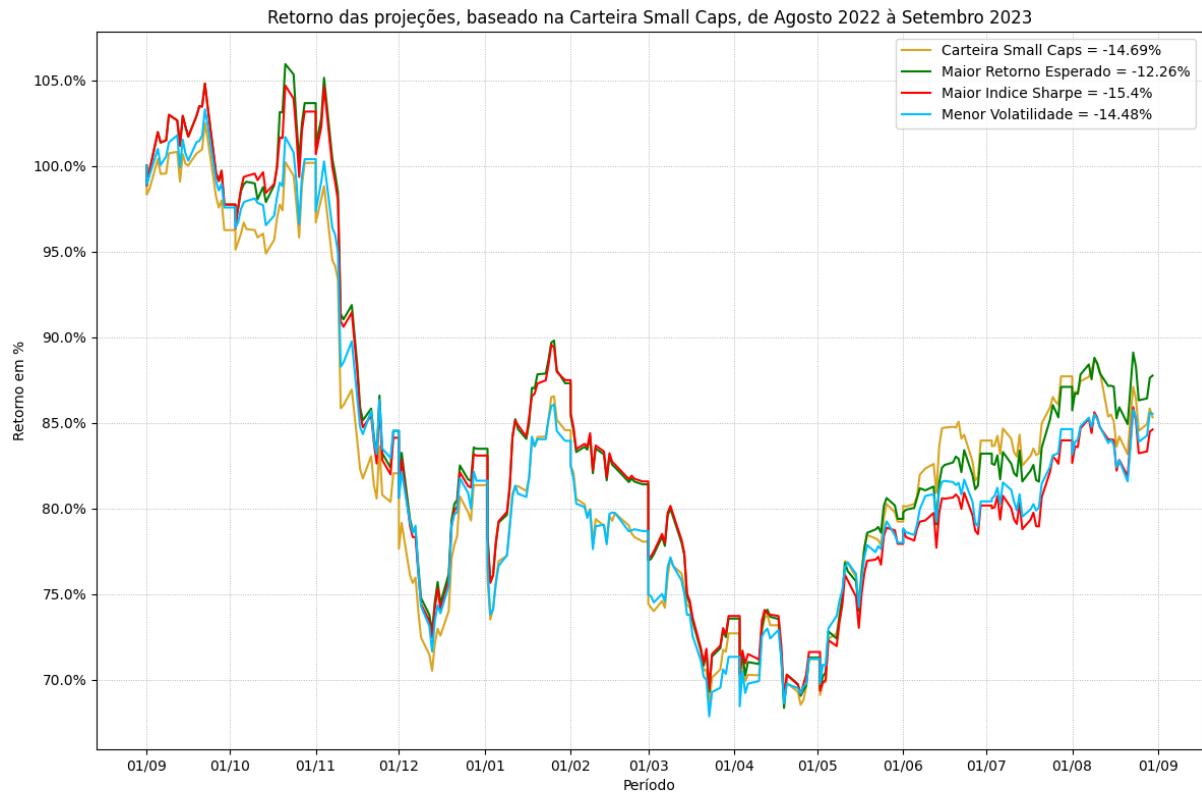
essas carteiras possuem os mesmos pesos, ou seja, essencialmente representam a mesma carteira. Refletindo simultaneamente o ‘Maior Retorno Esperado’ e o ‘Maior Índice Sharpe’.

Dessa forma, ao consolidarmos esses retornos em um único gráfico, temos que, para a carteira “Top 10 Ações”:



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

E para a carteira “Small Caps”:



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

Os gráficos consolidados com a rentabilidade ao longo do período proporcionam uma visão mais abrangente da rentabilidade e, de certa forma, da volatilidade ao longo do ano para as carteiras. A marcação em amarelo representa a carteira efetiva da XP, enquanto as marcações (em verde) de “Maior Retorno Esperado”, (em vermelho) “Maior Índice Sharpe” e (em azul) “Menor Volatilidade” correspondem às nossas carteiras teóricas projetadas mês a mês.

## **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste estudo, traçamos um panorama da história das finanças e seu desenvolvimento ao longo do tempo, destacando as diferentes eras e os principais personagens que moldaram essa disciplina. Entre essas figuras proeminentes, Harry Markowitz se destaca como o foco central de nossa pesquisa. No capítulo inicial, apresentamos uma compreensão aprofundada de seus estudos e descobertas, que serviram como alicerce para nosso trabalho.

Utilizando ferramentas de programação em Python e fundamentando-nos nos conceitos e teorias de estatística e finanças discutidos em detalhes no primeiro capítulo, aplicamos nossa análise ao novo produto financeiro. Ao realizar análises e comparações abrangentes, pudemos obter insights valiosos sobre estratégias de investimento e a otimização de carteiras. Tornou-se evidente que a Teoria Moderna do Portfólio é uma ferramenta poderosa para buscar maior rentabilidade, equilibrando adequadamente risco e retorno.

Com base nas nossas simulações, conduzimos análises detalhadas comparando a carteira da XP com nossas carteiras teóricas, isso nos proporcionou obter uma visão abrangente do desempenho ao longo do tempo, considerando as diferentes métricas e objetivos de investimento de cada uma.

Em resumo, este estudo afirma a relevância contínua da Teoria Moderna do Portfólio na construção e otimização de carteiras de ações. Além disso, destaca a importância crítica de métricas como o Índice Sharpe na avaliação de desempenho. As descobertas aqui apresentadas servem como uma base sólida para orientar futuras decisões de investimento e estratégias financeiras, consolidando a contribuição duradoura de Markowitz e ressaltando a importância contínua de aprimorar as estratégias de investimento em um cenário financeiro em constante evolução.

## 5. IMAGENS

Ativos e seus respectivos percentuais da carteira Top 10 Ações, mês a mês.



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos.

Ativos e seus respectivos percentuais da carteira teórica de Maior Retorno Esperado, com base na carteira Top 10 Ações, mês a mês.

Mes de Setembro de 2022



VALE3: 24.30%
ASAI3: 16.35%
BBAS3: 3.78%
SOMA3: 8.49%
HYPE3: 16.57%
IGTI11: 10.27%
ITUB4: 3.37%
PETR4: 6.60%
RAIZ4: 4.60%
RAIL3: 5.67%

Mes de Outubro de 2022



VALE3: 8.32%
ASAI3: 3.88%
ELET3: 3.70%
SOMA3: 8.37%
HYPE3: 19.57%
IGTI11: 5.84%
ITUB4: 4.51%
PETR4: 4.95%
RAIL3: 5.54%
TOTS3: 35.34%

Mes de Novembro de 2022



VALE3: 5.68%
ASAI3: 8.23%
ELET3: 3.50%
SOMA3: 13.68%
HYPE3: 8.76%
IGTI11: 3.40%
ITUB4: 6.28%
PRI03: 28.89%
RAIL3: 8.30%
TOTS3: 13.27%

Mes de Dezembro de 2022



VALE3: 4.66%
ASAI3: 5.57%
ELET3: 8.81%
SOMA3: 14.19%
HYPE3: 5.10%
IGTI11: 5.91%
ITUB4: 9.63%
JBSS3: 5.15%
PRI03: 36.39%
RAIL3: 4.58%

Mes de Janeiro de 2023



VALE3: 14.98%
ASAI3: 3.69%
ELET3: 19.89%
SOMA3: 5.67%
HYPE3: 10.14%
IGTI11: 4.32%
ITUB4: 6.72%
JBSS3: 4.33%
PRI03: 26.03%
RAIL3: 4.21%

Mes de Fevereiro de 2023



VALE3: 11.24%
ASAI3: 11.51%
ELET3: 3.15%
SOMA3: 6.58%
HYPE3: 11.54%
IGTI11: 11.45%
ITUB4: 3.38%
JBSS3: 5.41%
PRI03: 26.82%
VAMO3: 8.93%

Mes de Março de 2023



VALE3: 21.49%
ASAI3: 20.12%
EQTL3: 7.46%
SOMA3: 6.79%
HYPE3: 7.65%
IGTI11: 4.17%
ITUB4: 3.28%
SUZB3: 5.56%
SMTO3: 3.97%
VAMO3: 19.50%

Mes de Abril de 2023



VALE3: 19.44%
ASAI3: 5.26%
EQTL3: 7.99%
SOMA3: 4.44%
HYPE3: 12.18%
IGTI11: 3.24%
ITUB4: 4.24%
SUZB3: 8.69%
SMTO3: 16.68%
VAMO3: 17.84%

Mes de Maio de 2023



VALE3: 9.26%
BBAS3: 4.35%
CPLE6: 9.89%
EQTL3: 19.43%
HYPE3: 5.92%
IGTI11: 5.08%
ITUB4: 3.10%
RENT3: 7.42%
PRI03: 29.14%
SMTO3: 6.41%

Mes de Junho de 2023



VALE3: 3.16%
BBAS3: 10.13%
CPLE6: 4.74%
GMAT3: 3.24%
IGTI11: 9.47%
ITUB4: 5.43%
RENT3: 9.33%
PETR4: 16.46%
PRI03: 28.00%
RAIL3: 10.03%

Mes de Julho de 2023



VALE3: 8.06%
BBAS3: 3.03%
CPLE6: 3.02%
GMAT3: 6.47%
IGTI11: 6.24%
ITUB4: 7.93%
RENT3: 19.51%
PETR4: 10.79%
PRI03: 28.07%
RAIL3: 6.88%

Mes de Agosto de 2023



ITUB4: 5.02%
ASAI3: 5.55%
CPLE6: 7.34%
GGBR4: 15.03%
SOMA3: 3.54%
IGTI11: 15.07%
RENT3: 6.28%
PETR4: 9.24%
PRI03: 27.56%
RAIL3: 5.37%

Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

Ativos e seus respectivos percentuais da carteira teórica de Maior Índice Sharpe,  
com base na carteira Top 10 Ações, mês a mês.

Mes de Setembro de 2022



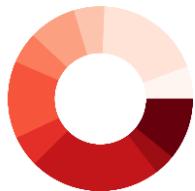
VALE3: 15.61%
ASAI3: 19.61%
BBAS3: 4.25%
SOMA3: 12.36%
HYPE3: 15.00%
IGTI11: 16.87%
ITUB4: 4.04%
PETR4: 4.92%
RAIZ4: 4.16%
RAIL3: 3.17%

Mes de Outubro de 2022



VALE3: 15.76%
ASAI3: 24.56%
ELET3: 3.92%
SOMA3: 15.06%
HYPE3: 11.00%
IGTI11: 10.01%
ITUB4: 4.47%
PETR4: 3.18%
RAIL3: 4.67%
TOTS3: 7.36%

Mes de Novembro de 2022



VALE3: 5.73%
ASAI3: 18.60%
ELET3: 5.35%
SOMA3: 8.32%
HYPE3: 5.46%
IGTI11: 13.54%
ITUB4: 5.47%
PRI03: 22.95%
RAIL3: 3.73%
TOTS3: 10.86%

Mes de Dezembro de 2022



VALE3: 4.66%
ASAI3: 5.57%
ELET3: 8.81%
SOMA3: 14.19%
HYPE3: 5.10%
IGTI11: 5.91%
ITUB4: 9.63%
JBSS3: 5.15%
PRI03: 36.39%
RAIL3: 4.58%

Mes de Janeiro de 2023



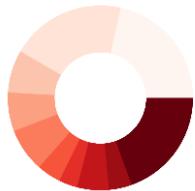
VALE3: 13.15%
ASAI3: 20.70%
ELET3: 3.79%
SOMA3: 8.41%
HYPE3: 5.82%
IGTI11: 3.86%
ITUB4: 8.71%
JBSS3: 6.64%
PRI03: 24.72%
RAIL3: 4.20%

Mes de Fevereiro de 2023



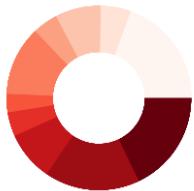
VALE3: 10.42%
ASAI3: 15.47%
ELET3: 4.18%
SOMA3: 4.36%
HYPE3: 5.26%
IGTI11: 8.10%
ITUB4: 4.67%
JBSS3: 6.41%
PRI03: 20.25%
VAMO3: 20.89%

Mes de Março de 2023



VALE3: 21.49%
ASAI3: 20.12%
EQLT3: 7.46%
SOMA3: 6.79%
HYPE3: 7.65%
IGTI11: 4.17%
ITUB4: 3.28%
SUZB3: 5.56%
SMTO3: 3.97%
VAMO3: 19.50%

Mes de Abril de 2023



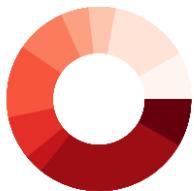
VALE3: 19.44%
ASAI3: 5.26%
EQLT3: 7.99%
SOMA3: 4.44%
HYPE3: 12.18%
IGTI11: 3.24%
ITUB4: 4.24%
SUZB3: 8.69%
SMTO3: 16.68%
VAMO3: 17.84%

Mes de Maio de 2023



VALE3: 9.26%
BBAS3: 4.35%
CPLE6: 9.89%
EQLT3: 19.43%
HYPE3: 5.92%
IGTI11: 5.08%
ITUB4: 3.10%
RENT3: 7.42%
PRI03: 29.14%
SMTO3: 6.41%

Mes de Junho de 2023



VALE3: 8.26%
BBAS3: 13.88%
CPLE6: 4.73%
GMAT3: 4.84%
IGTI11: 8.78%
ITUB4: 12.75%
RENT3: 7.61%
PETR4: 3.42%
PRI03: 27.40%
RAIL3: 8.35%

Mes de Julho de 2023



VALE3: 3.69%
BBAS3: 5.80%
CPLE6: 11.50%
GMAT3: 10.70%
IGTI11: 6.61%
ITUB4: 4.00%
RENT3: 22.35%
PETR4: 4.84%
PRI03: 26.88%
RAIL3: 3.64%

Mes de Agosto de 2023



ITUB4: 5.02%
ASAI3: 5.55%
CPLE6: 7.34%
GGBR4: 15.03%
SOMA3: 3.54%
IGTI11: 15.07%
RENT3: 6.28%
PETR4: 9.24%
PRI03: 27.56%
RAIL3: 5.37%

Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

**Ativos e seus respectivos percentuais da carteira teórica de Menor Volatilidade,  
com base na carteira Top 10 Ações, mês a mês.**

Mes de Setembro de 2022



VALE3: 5.51%
ASAI3: 17.28%
BBAS3: 6.22%
SOMA3: 7.59%
HYPE3: 9.95%
IGTI11: 19.37%
ITUB4: 5.27%
PETR4: 3.67%
RAIZ4: 17.46%
RAIL3: 7.67%

Mes de Outubro de 2022



VALE3: 8.07%
ASAI3: 27.21%
ELET3: 3.90%
SOMA3: 13.93%
HYPE3: 6.04%
IGTI11: 19.57%
ITUB4: 4.08%
PETR4: 7.95%
RAIL3: 5.82%
TOTS3: 3.43%

Mes de Novembro de 2022



VALE3: 8.39%
ASAI3: 19.59%
ELET3: 6.29%
SOMA3: 6.78%
HYPE3: 12.51%
IGTI11: 27.63%
ITUB4: 3.85%
PRI03: 6.05%
RAIL3: 5.64%
TOTS3: 3.26%

Mes de Dezembro de 2022



VALE3: 16.15%
ASAI3: 28.89%
ELET3: 4.90%
SOMA3: 10.03%
HYPE3: 7.47%
IGTI11: 13.98%
ITUB4: 6.26%
JBSS3: 4.35%
PRI03: 3.53%
RAIL3: 4.45%

Mes de Janeiro de 2023



VALE3: 3.25%
ASAI3: 23.98%
ELET3: 4.34%
SOMA3: 11.98%
HYPE3: 6.55%
IGTI11: 19.82%
ITUB4: 12.83%
JBSS3: 9.72%
PRI03: 3.30%
RAIL3: 4.24%

Mes de Fevereiro de 2023



VALE3: 3.08%
ASAI3: 22.48%
ELET3: 5.74%
SOMA3: 8.06%
HYPE3: 6.41%
IGTI11: 18.97%
ITUB4: 12.49%
JBSS3: 14.16%
PRI03: 3.60%
VAMO3: 5.02%

Mes de Março de 2023



VALE3: 5.82%
ASAI3: 13.80%
EQLT3: 12.73%
SOMA3: 3.05%
HYPE3: 5.03%
IGTI11: 22.28%
ITUB4: 13.30%
SUZB3: 16.82%
SMTO3: 3.70%
VAMO3: 3.46%



VALE3: 14.63%
ASAI3: 13.33%
EQLT3: 7.63%
SOMA3: 3.03%
HYPE3: 6.39%
IGTI11: 19.19%
ITUB4: 5.55%
SUZB3: 22.45%
SMTO3: 3.61%
VAMO3: 4.20%

Mes de Maio de 2023



VALE3: 12.96%
BBAS3: 3.19%
CPLE6: 5.25%
EQLT3: 13.13%
HYPE3: 18.69%
IGTI11: 21.37%
ITUB4: 10.82%
RENT3: 5.22%
PRI03: 4.01%
SMTO3: 5.36%

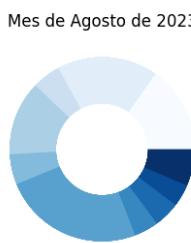


VALE3: 16.64%
BBAS3: 6.65%
CPLE6: 7.56%
GMAT3: 8.69%
IGTI11: 25.94%
ITUB4: 9.05%
RENT3: 5.23%
PETR4: 4.37%
PRI03: 8.87%
RAIL3: 6.99%

Mes de Julho de 2023



VALE3: 15.12%
BBAS3: 4.10%
CPLE6: 13.89%
GMAT3: 9.77%
IGTI11: 14.52%
ITUB4: 13.37%
RENT3: 6.11%
PETR4: 3.04%
PRI03: 3.87%
RAIL3: 16.21%



ITUB4: 15.24%
ASAI3: 17.61%
CPLE6: 4.98%
GGBR4: 13.06%
SOMA3: 5.32%
IGTI11: 24.65%
RENT3: 4.28%
PETR4: 4.54%
PRI03: 3.91%
RAIL3: 6.41%

Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

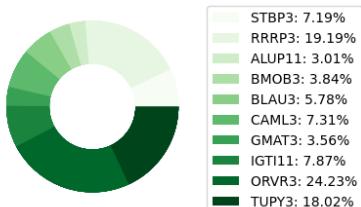
Ativos e seus respectivos percentuais da carteira Small Caps, mês a mês.



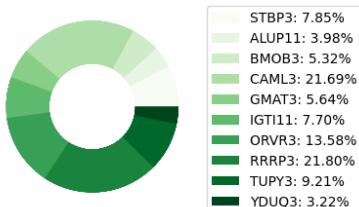
Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos.

**Ativos e seus respectivos percentuais da carteira teórica de Maior Retorno Esperado,  
com base na carteira Small Caps, mês a mês.**

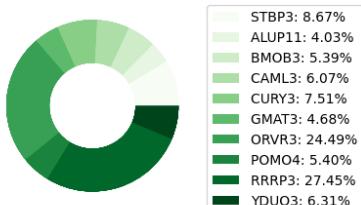
Mes de Setembro de 2022



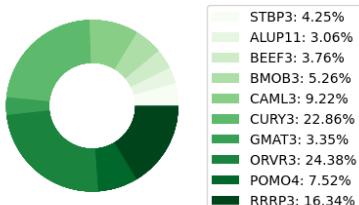
Mes de Outubro de 2022



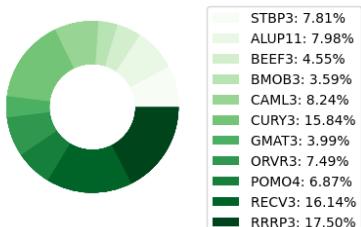
Mes de Novembro de 2022



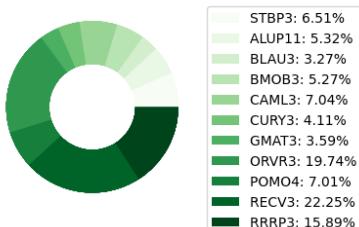
Mes de Dezembro de 2022



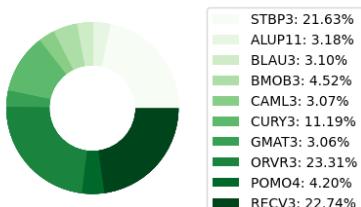
Mes de Janeiro de 2023



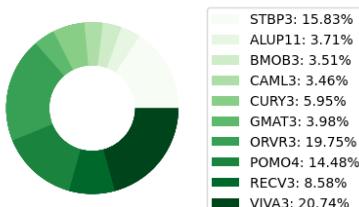
Mes de Fevereiro de 2023



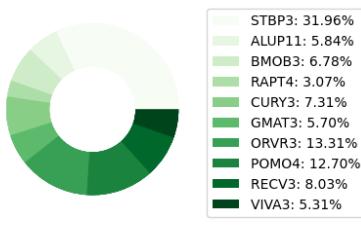
Mes de Março de 2023



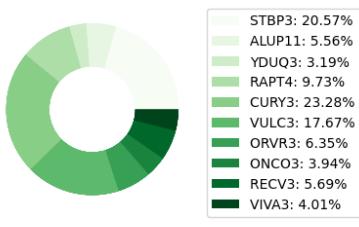
Mes de Abril de 2023



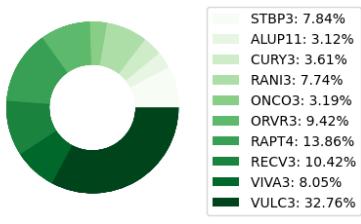
Mes de Maio de 2023



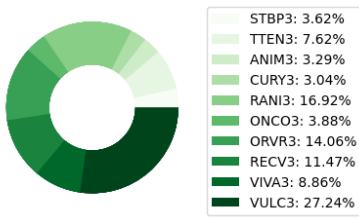
Mes de Junho de 2023



Mes de Julho de 2023



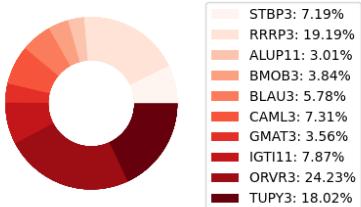
Mes de Agosto de 2023



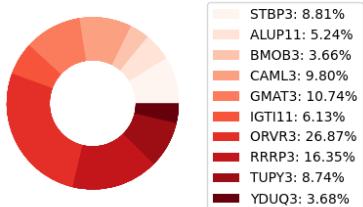
Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

Ativos e seus respectivos percentuais da carteira teórica de Maior Índice Sharpe, com base na carteira Small Caps, mês a mês.

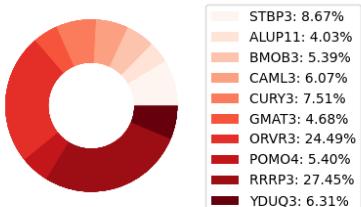
Mes de Setembro de 2022



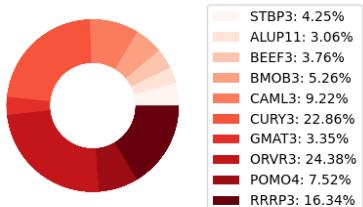
Mes de Outubro de 2022



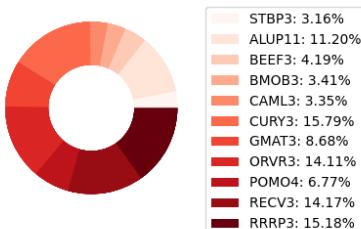
Mes de Novembro de 2022



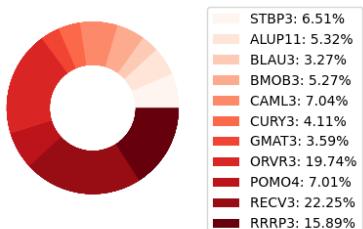
Mes de Dezembro de 2022



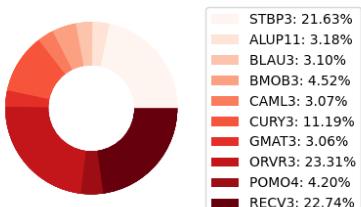
Mes de Janeiro de 2023



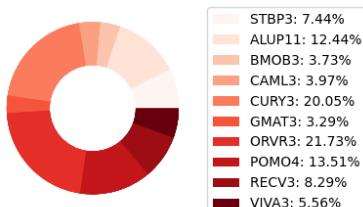
Mes de Fevereiro de 2023



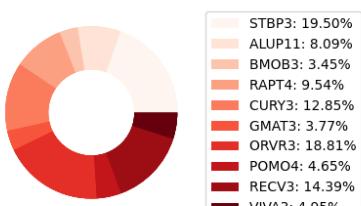
Mes de Março de 2023



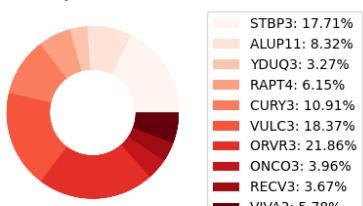
Mes de Abril de 2023



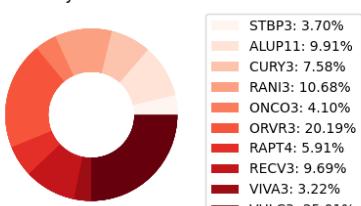
Mes de Maio de 2023



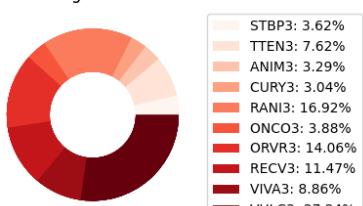
Mes de Junho de 2023



Mes de Julho de 2023



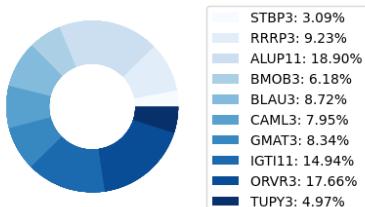
Mes de Agosto de 2023



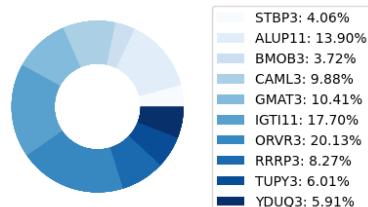
Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

**Ativos e seus respectivos percentuais da carteira teórica de Menor Volatilidade,  
com base na carteira Small Caps, mês a mês.**

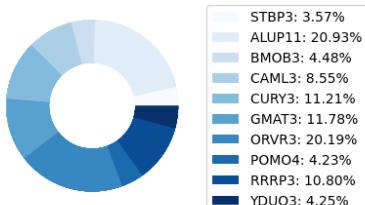
Mes de Setembro de 2022



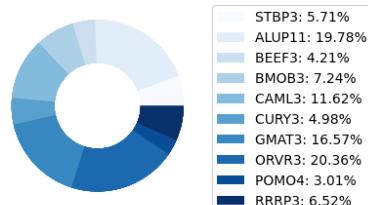
Mes de Outubro de 2022



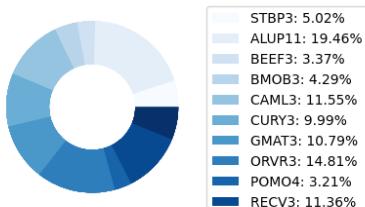
Mes de Novembro de 2022



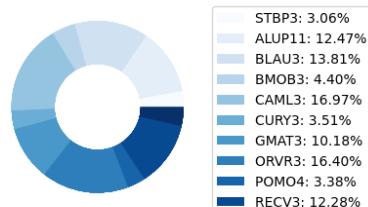
Mes de Dezembro de 2022



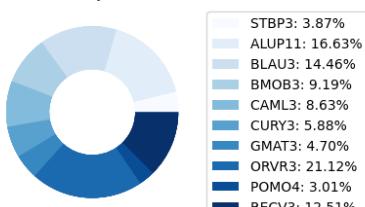
Mes de Janeiro de 2023



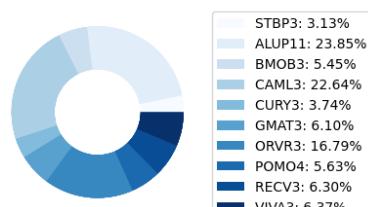
Mes de Fevereiro de 2023



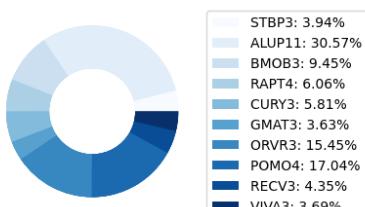
Mes de Março de 2023



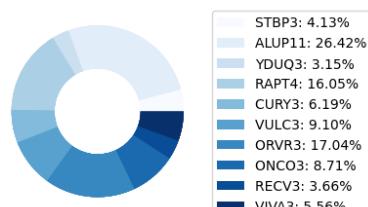
Mes de Abril de 2023



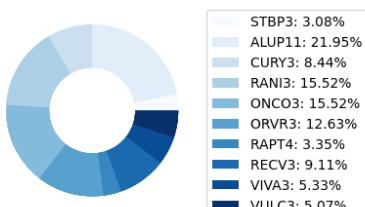
Mes de Maio de 2023



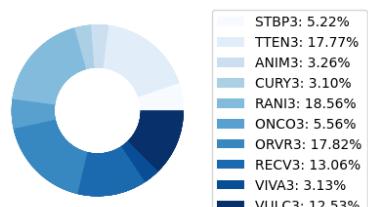
Mes de Junho de 2023



Mes de Julho de 2023



Mes de Agosto de 2023



Fonte: Elaboração própria com os dados da XP Investimentos e do Yahoo Finance, através da biblioteca do Python 'YFinance'.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANÁLISE MACRO. Seleção de Carteira e Teoria de Markowitz. Disponível em: <https://analisemacro.com.br/mercado-financeiro/selecao-de-carteira-e-teoria-de-markowitz/>. Acesso em: 20/09/2023.

ASSAF NETO, Alexandre. **Mercado Financeiro**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

ASSAF NETO, Alexandre. **Matemática Financeira e suas aplicações**. 12. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

B3 - BRASIL, BOLSA, BALCÃO. Perfil das Pessoas Físicas - Gênero. Disponível em: [https://www.b3.com.br/pt\\_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/consultas/mercado-a-vista/perfil-pessoas-fisicas/genero/](https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/consultas/mercado-a-vista/perfil-pessoas-fisicas/genero/). Acesso em: 16/04/2023.

BARCELLOS, Tuany Esthefany; SANTOS, Daiane Rodrigues do; SANFINS, Marco Aurélio do Santos. “Modelo Markowitz na otimização de carteiras de investimento usando o software R”. **Revista Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 31005-31018, Dezembro 2019.

DEWING, Arthur Stone. **The Financial Policy of Corporations**. 5. ed. New York: The Ronald Press, 1926.

ELTON, Edwin J.; GRUBER, Martin J.; BROWN, Stephen J.; GOETZMANN, William N. **Moderna Teoria de Carteiras e Análise de Investimentos**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012.

GRAHAM, Benjamin; DODD, David L. **Security Analysis**. New York: McGraw-Hill, 1934.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. **Estatística Aplicada**. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

MARKOWITZ, Harry. **Portfolio Selection**. The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1, Mar., 1952, pp. 77-91. Publicado por Wiley para a American Finance Association.

SCHIROKY, Marco Moisés. **Seleção de Carteira Através do Modelo de Markowitz**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Administração). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TURING TALKS. Teoria Moderna do Portfólio em Python. Disponível em: <https://medium.com/turing-talks/teoria-moderna-do-portf%C3%83lio-em-python-e8bad41eb8b>. Acesso em: 20/09/2023.

XP INVESTIMENTOS. Carteiras Automatizadas - Conheça. Disponível em: <https://conteudos.xpi.com.br/aprenda-a-investir/relatorios/carteiras-automatizadas-conheca/>. Acesso em: 16/04/2023.

XP INVESTIMENTOS. Renda Variável - Carteira Automatizada. Disponível em: <https://experiencia.xpi.com.br/renda-variavel/carteira-automatizada/#/>. Acesso em: 16/04/2023.

ZANINI, Francisco Antônio Mesquita; FIGUEIREDO, Antonio Carlos. “As Teorias de Carteira de Markowitz e de Sharpe”. **Revista de Administração Mackenzie**, Ano 6, n. 2, 2005, p. 37-64.

ZULIAN, Guilherme. **Análise de Carteira de Ativos pela Teoria Moderna de Portfólio de Markowitz**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.