

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO HENRIQUE PEREIRA DIAS

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DA TEORIA MODERNA DO PORTFÓLIO APLICADA A
ESTRATÉGIAS DE CRUZAMENTO DE MÉDIAS MÓVEIS EM AÇÕES DO
IBOVESPA**

LONDRINA

2025

PEDRO HENRIQUE PEREIRA DIAS

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DA TEORIA MODERNA DO PORTFÓLIO APLICADA A
ESTRATÉGIAS DE CRUZAMENTO DE MÉDIAS MÓVEIS EM AÇÕES DO
IBOVESPA**

**Analysis of the effectiveness of modern portfolio theory applied to moving
average crossover strategies in Ibovespa stocks**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Produção, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador(a): Doutor Rogerio Tondato

LONDRINA

2025



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

PEDRO HENRIQUE PEREIRA DIAS

**ANÁLISE DA EFICÁCIA DA TEORIA MODERNA DO PORTFÓLIO APLICADA A
ESTRATÉGIAS DE CRUZAMENTO DE MÉDIAS MÓVEIS EM AÇÕES DO
IBOVESPA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Produção, da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 26/06/2025

Rogério Tondato
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Ângelo Ferreira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Silvana Rodrigues Quintilhano
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**LONDRINA
2025**

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os envolvidos nesse processo, tanto acadêmico, quanto profissional, foram muitos os que tiveram sua parcela de contribuição para que esse trabalho fosse viabilizado.

Agradeço aos amigos, principalmente, Eduardo, Giovanni, João, e Leonardo, pois foram os grandes responsáveis por facilitar essa jornada, com muitas histórias, planos, risadas e trabalhos.

Também a minha irmã, Lorena, que foi a primeira a me ensinar a responsabilidade de cuidar e o prazer de ensinar. A minha tia Talita, que iniciou minha vida acadêmica, e ao me ensinar a ler, por meio de brincadeiras, foi a grande responsável pela gerar a vontade de buscar conhecimento. E a Gabrielle, minha parceira, encarregada de mostrar que a vida é mais que trabalho, que é preciso amor para se ter felicidade.

Por fim, aos meus pais Bruno e Tatiane, que foram os maiores exemplos de superação, integridade e inteligência que tive na vida. Sinto muita gratidão por terem me incentivado desde muito cedo a buscar o potencial que sempre acreditaram que tive, independente de distância, saudade ou qualquer outro ônus que isso poderia gerar.

“Risk comes from not knowing what you’re doing.”
(BUFFET, W, 1996).

RESUMO

O mercado brasileiro de ações apresentou um crescimento histórico nos últimos anos, tornando-se mais competitivo. Nesse cenário, a adoção de estratégias que visem à maximização dos retornos ajustados ao risco torna-se fundamental para investidores. Dentre essas estratégias, destaca-se o uso de médias móveis, amplamente empregado como indicador técnico para decisões de compra e venda. Paralelamente, a Teoria Moderna do Portfólio (TMP) desempenha um papel crucial na otimização e alocação de ativos, ao buscar o aumento do Índice Sharpe por meio da diversificação e balanceamento de riscos. Este estudo de natureza quantitativa e método experimental avaliou o desempenho da TMP quando aplicada à alocação de ativos brasileiros selecionados com base em uma estratégia de cruzamento de médias móveis. Os resultados apontam que quando comparada à aplicação isolada da estratégia de médias móveis, no longo prazo, a TMP proporciona uma melhora superior a 85% no retorno de uma carteira, atuando na redução da média de perdas diárias, denotando sua efetividade na mitigação do risco não sistemático e maximização dos retornos em carteiras de ações no mercado brasileiro.

Palavras-chave: Mercado de ações brasileiro; Teoria Moderna do Portfólio; médias móveis; estratégia de alocação de ativos; Índice Sharpe.

ABSTRACT

The Brazilian stock market has experienced historic growth in recent years, becoming increasingly competitive. In this context, adopting strategies aimed at maximizing risk-adjusted returns is essential for investors. Among these strategies, the use of moving averages stands out, widely employed as a technical indicator for buy and sell decisions. At the same time, Modern Portfolio Theory (MPT) plays a crucial role in asset allocation and optimization by seeking to increase the Sharpe Ratio through diversification and risk balancing. This quantitative and experimental study evaluated the performance of MPT when applied to the allocation of Brazilian assets selected based on a moving average crossover strategy. The results indicate that, when compared to the standalone use of moving averages, MPT improves portfolio returns by over 85% in the long term. It also reduces the average daily loss, demonstrating its effectiveness in mitigating unsystematic risk and maximizing returns in equity portfolios within the Brazilian market.

Keywords: Brazilian stock market; Modern Portfolio Theory; moving averages; asset allocation strategy; Sharpe ratio.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos do Trabalho	13
1.1.1	Objetivo Geral.....	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	Justificativa	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	O mercado de ações e o Ibovespa	15
2.1.1	Ações	15
2.1.2	Ibovespa.....	16
2.2	Teoria Moderna do Portfólio (TMP)	17
2.2.1	Fundamentos	17
<u>2.2.1.1</u>	<u>Retorno</u>	<u>17</u>
<u>2.2.1.2</u>	<u>Risco</u>	<u>17</u>
<u>2.2.1.3</u>	<u>Eficiência de Mercado</u>	<u>19</u>
2.2.2	Construção de um portfólio	19
<u>2.2.2.1</u>	<u>Premissas de Markowitz</u>	<u>19</u>
<u>2.2.2.2</u>	<u>Retorno de um portfólio</u>	<u>20</u>
<u>2.2.2.3</u>	<u>Risco de um portfólio</u>	<u>20</u>
2.2.2.3.1	<i>Covariância</i>	20
2.2.2.3.2	<i>Correlação</i>	21
2.2.2.3.3	<i>Diversificação</i>	21
2.2.2.3.4	<i>Cálculo do Risco</i>	22
<u>2.2.2.4</u>	<u>Otimização do Portfólio</u>	<u>23</u>
2.3	Alocação de ativos	24
2.3.1	Vertentes de análise	24
<u>2.3.1.1</u>	<u>Análise Fundamentalista</u>	<u>24</u>
<u>2.3.1.2</u>	<u>Análise Técnica</u>	<u>24</u>
2.3.2	Médias móveis.....	25
<u>2.3.2.1</u>	<u>Média Móvel Aritmética</u>	<u>25</u>
2.3.3	Estratégias de alocação	26
<u>2.3.3.1</u>	<u>Cruzamento de médias móveis</u>	<u>26</u>
2.4	Distribuições de Probabilidade	27
2.4.1	Distribuição normal.....	27

2.4.2	Distribuição log-normal.....	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1	Materiais	29
3.2	Métodos.....	29
3.2.1	Premissas.....	29
3.2.2	Composição das Carteiras	30
3.2.3	Estratégia para Compra	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1	Aplicação da estratégia nos ativos.....	33
4.2	Resultado das Carteiras	34
4.2.1	Carteira A vs. Carteira B.....	38
4.2.2	Carteira A vs. Carteira C	39
4.2.3	Carteira B vs. Carteira C	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A otimização da alocação de ativos em um portfólio representa um tema de relevante no âmbito das finanças, visto que é uma das variáveis para a maximização de retornos e gerenciamento de riscos, tratando-se de um elemento-chave para a construção de uma estratégia de investimento sólida e bem-sucedida (ELTON et al., 2014).

Neste contexto, a Teoria Moderna do Portfólio, delineada por Harry Markowitz, emerge como um componente de central importância, utilizando-se da premissa da eficiência dos mercados. Esta pesquisa almeja analisar a eficácia da Teoria Moderna do Portfólio quando aplicada a estratégias de compra baseadas na análise técnica em ativos que compõem o índice Ibovespa, levando em consideração as particularidades do mercado de ações brasileiro representado por este índice.

As decisões inerentes à seleção de ativos e à ponderação deles em um portfólio são tidas como pilares fundamentais para investidores e gestores de carteira (ELTON et al., 2014), tangenciando o cerne desta investigação, que busca a resposta da seguinte indagação: Em que medida a construção de um portfólio, mediante o emprego da Teoria Moderna do Portfólio associada a estratégia baseada em médias móveis, contribui para o aumento do retorno de um portfólio de ações no contexto do mercado financeiro brasileiro?

1.1 Objetivos do Trabalho

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em avaliar o desempenho de um agrupamento de ativos do mercado de ações, composto por instrumentos selecionados segundo a estratégia de cruzamento de médias móveis, cujas ponderações serão delineadas a partir dos princípios da Teoria Moderna do Portfólio.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, tem-se:

- Levantar referencial teórico sobre o tema;
- Coletar dados históricos referentes aos ativos que compõe o Ibovespa

- Criar carteiras de investimentos utilizando-se de estratégias da análise técnica para entrada em operações.
- Aplicar os fundamentos da teoria de portfólio na construção deste conjunto de ativos e a subsequente avaliação da eficácia desta abordagem.
- Avaliar os resultados e proposições das carteiras de investimentos.

1.2 Justificativa

Este estudo encontra justificativa a compreensão acerca das estratégias de alocação de ativos no contexto do mercado acionário brasileiro. Segundo Bodie, Kane e Marcus (2010), a alocação de ativos é responsável por grande parte do desempenho de uma carteira de investimentos, sendo um dos pilares centrais da Teoria Moderna do Portfólio. Além disso, constitui uma oportunidade de aplicação dos conceitos e competências concebidos pela Engenharia de Produção. Em última análise, esta pesquisa se destina a fornecer informações a investidores que buscam o aprimoramento de suas estratégias de investimento no contexto do mercado de ações brasileiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

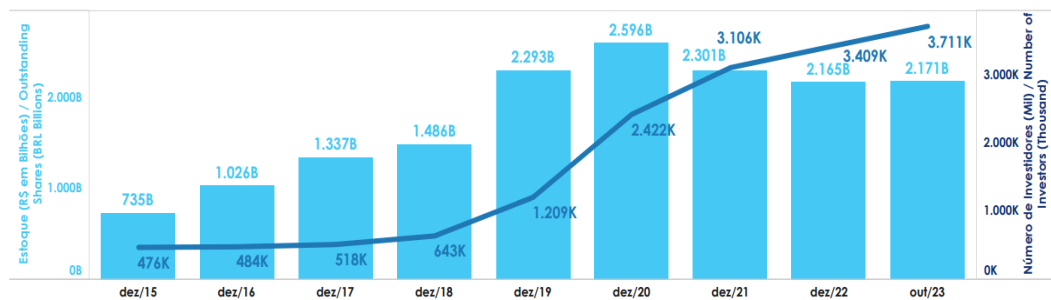
Neste capítulo foram fundamentados a luz de diversos autores os principais conceitos que permeiam o presente estudo. Aqui estão conceituadas noções intrínsecas do mercado financeiro brasileiro e seu principal índice (Ibovespa), além de conceitos primordiais para análise de um portfólio de ações e por fim descritas algumas estratégias para alocação de ativos por meio da análise técnica.

2.1 O mercado de ações e o Ibovespa

O mercado de ações brasileiro vem apresentando um crescimento jamais visto na história do país. Desde dezembro de 2023, o número de investidores cresceu cerca de 780% como mostram os dados do boletim mensal de ações da B3 (Boletim Mensal de Ações, 2023).

Figura 1 - Evolução do Estoque e número de investidores com posição em custódia

Evolução do estoque e número de investidores com posição em custódia
Evolution of outstanding shares and number of investors - Custody



Fonte: Boletim Mensal de Ações, outubro de 2023 (B3).

2.1.1 Ações

As ações são valores imobiliários, ou seja, títulos de propriedade, que são emitidos por sociedades anônimas e distribuídos via IPO ou *Follow On*, para investidores que desejam uma participação na sociedade da empresa. A principal motivação para uma sociedade anônima emitir ações refere-se à captação de recursos para o desenvolvimento de projetos ou para a mitigação de passivos, equivalendo-se a uma alternativa a tomada de crédito (via empréstimos e financiamentos) com instituições financeiras. Existem dois tipos distintos de ações, as ordinárias, que conferem ao detentor direito a voto em assembleias e as preferenciais,

que permitem ao acionista o recebimento de dividendos maiores em relação às ações ordinárias, bem como sua prioridade de recebimento (B3, AÇÕES).

A emissão de ações, além de representar um importante meio de financiamento para empresas, acarreta diversas vantagens, como a solução de problemas relacionados a processos sucessórias, a aquisição de um Selo de Governança Corporativa reconhecido internacionalmente, o ganho de visibilidade e um diferencial competitivo em relação a transparência e confiabilidade das informações (B3, AÇÕES).

Por outro lado, para o investidor, as ações apresentam uma oportunidade de rentabilidade, seja pela valoração da empresa a qual se tornou sócio ou pela distribuição de dividendos e Juros de Capital Próprio. Ademais, são instrumentos financeiros que não requerem grande quantidade de dinheiro a ser investido e possuem grande liquidez (B3, AÇÕES).

2.1.2 Ibovespa

Com o intuito de elaborar um indicador que refletisse o desempenho das ações negociadas na B3, foi-se criado o índice Ibovespa, que nos últimos 50 anos, tornou-se a referência para investidores no Brasil e no mundo. O índice reúne as empresas mais importantes negociadas no mercado financeiro brasileiro e é reavaliado a cada quadrimestre, resultando uma carteira teórica de ações e *units*, que atendam critérios de sua metodologia, correspondendo a cerca de 80% do número de negócios e do volume financeiro do mercado de capitais (B3, ÍNDICE IBOVESPA).

Quadro 1 – Construção da metodologia do índice Ibovespa

Universo de ativos elegíveis	Ações e units de ações
Crítérios de Seleção	Estar entre os ativos que representem 85% em ordem decrescente de Índice de Negociabilidade (IN) (buffer 90%); 95% de presença em pregão; 0,1% do volume financeiro no mercado a vista (lote-padrão); e não ser penny stock.
Ponderação	Valor de mercado do free float / cap 20% por empresa / cap 2x IN
Tipo de retorno	Total (R\$)
Rebalanceamento	Quadrimestral (1ª segunda-feira de Janeiro, Maio e Setembro)

Fonte: Índice Ibovespa (B3)

2.2 Teoria Moderna do Portfólio (TMP)

2.2.1 Fundamentos

2.2.1.1 Retorno

O retorno de um ativo pode ser entendido como o ganho (ou perda) em relação ao capital investido e sempre deve ser proporcional ao risco corrido (ROSS, 2015). Ao tratar-se de ativos como ações, o retorno possuirá dois componentes: a mudança de preços dos ativos e os proventos recebidos.

Em Cabral (2002) o retorno é tido como a meta de consumo obtida no futuro e o consumo abdicado no presente. Podendo ser absoluto, equivalendo a simples diferença em valores monetários entre o valor final de um investimento (incluindo proventos) e o valor de aquisição do ativo, ou ainda relativo, equivalendo a valorização ou desvalorização percentual do investimento, sendo este mais apto para análises comparativas entre diferentes ações, dado a diferença de preços absolutos entre elas.

Ademais, comumente não é sabido o retorno futuro que está associado a um investimento, dessa forma, é utilizado o valor esperado da quantia recebida para o cálculo do valor esperado do retorno.

Equação 2.1: Taxa de Retorno

$$E(\text{Retorno}) = \frac{E(\text{quantia recebida}) - \text{Investimento}}{\text{Investimento}} \quad (1)$$

2.2.1.2 Risco

Segundo Assaf Neto (2003) o risco de um investimento está fundamentalmente atrelado a imprevisibilidade do sucesso da operação, podendo ser relacionado como a parte que será perdida devido ao insucesso de um investimento é possível afirmar que o risco sistemático está presente em quaisquer ativos do mercado, tendo sua origem relacionada por acontecimentos econômicos, políticos ou sociais. Enquanto o risco não sistemático decorre por características próprias do ativo analisado.

Em Markowitz (1952) o autor utiliza-se do desvio padrão dos retornos dos ativos para a medida de volatilidade, e por consequência o risco associado a cada um dos investimentos analisados.

Para Ross (2013) o risco pode ser entendido como a parte do retorno não prevista de um investimento. Os riscos inerentes as operações de ações, são classificados em riscos sistêmicos (ou de mercado) e riscos não sistêmicos (ou específicos). Os chamados riscos de mercado são aqueles que atingem o mercado como um todo, referindo-se a macroeconomia, tal como: taxas de juros, PIB, decisões políticas etc. Já o risco específico, é tido como o risco que afeta um único ativo, ou um número pequeno de ativos, sendo relacionado a fatos ou notícias que dizem respeito a apenas um setor ou empresa.

Para Bodie, Kane e Marcus (2010) o risco pode ser descrito como a variância ou desvio padrão do retorno de um ativo. Sendo o desvio padrão a raiz quadrada da variância.

Equação 2.2: Risco segundo Bodie, Kane e Marcus (2010)

$$\sigma^2 = \sum_s \Pr(S) * [r_s - E(r)] \quad (2)$$

Em que:

- σ^2 : corresponde à variância;
- σ : ao desvio padrão.
- $\Pr(S)$: representa a probabilidade de que o retorno S ocorra;
- r_s : equivale ao retorno de s;
- $E(r)$: retorno esperado.

Segundos os autores (2010), é possível obter o risco anual ao multiplicar o risco pela raiz quadrada de 252 (número médio de dias em que há negociações na bolsa de valores).

2.2.1.3 Eficiência de Mercado

Em Ross (2013) é apresentado o conceito de mercado eficiente, no qual o preço das ações reflete o valor justo da ação, impossibilitando a existência de ativos que estejam sobrevalorizados, ou ainda subvalorizados. Dessa forma, os defensores dessa hipótese afirmam a inviabilidade de previsões de padrões de preços para a criação de estratégias.

A eficiência dos mercados pode ser compreendida como um tema controverso no mundo das finanças. Embora, haja muitos autores que dissertaram sobre o assunto, não há uma convergência assertiva a respeito. Em Tabak e Dourado (2014) foi constatado a eficiência do mercado no Brasil em 98% do período analisado.

Em contraponto, para Lemos (2015), a Teoria da Eficiência do Mercado comete um equívoco ao descaracterizar a possibilidade de utilização da análise gráfica e outros meios preditivos para a rentabilidade com operações baseadas na sobrevalorização ou desvalorização de ativos. Este deslize ocorre devido a premissa de que as informações relevantes para a previsão dos resultados futuros das empresas sejam igualmente distribuídas a todos os investidores.

Já em Damodaran (2005), o autor disserta sobre a preferência de um mercado eficiente, com breves espaços de ineficiência que possibilitem janelas de oportunidades em operações que garantam lucro. Para isso, pontua três fatores: a qualidade da análise, a capacidade do mercado de corrigir suas distorções e a sorte, sendo este último, contornável pela diversificação.

2.2.2 Construção de um portfólio

2.2.2.1 Premissas de Markowitz

Em 1952, Markowitz publica seu artigo *Portfolio Selection* no *Journal of Finance*, que lhe renderia o prêmio Nobel da economia em 1990. Neste artigo, o autor delimita conceitos fundamentais para a seleção de ativos para a composição de um portfólio.

Em Cassettari (2000) o autor traz à tona as premissas adotadas por Markowitz em seus estudos: i) as únicas variáveis a serem consideradas para as análises seriam os retornos esperados dos ativos e as variâncias a eles atrelados, ii) ao ter que escolher entre dois portfólios de mesmo risco, os investidores sempre optariam pelo

de maior retorno, iii) quanto postos entre a escolha de dois portfólios de mesmo retorno, os investidores escolheriam aquele de menor risco, iv) investidores podem comprar e vender quaisquer parcelas dos ativos, v) existe uma taxa livre de risco, vi) não há custos de transação, vii) não há divergência entre investidores quanto a probabilidade de retornos.

2.2.2.2 Retorno de um portfólio

Para Gitman (2010) o cálculo do retorno de uma carteira de investimentos, equivale a média dos retornos individuais de cada ativo ponderadas pelo peso, ou participação, na carteira.

Equação 2.3: Taxa de Retorno de uma Carteira de Investimentos (Gitman, 2010).

$$\text{Retorno do Portfólio} = \sum_i^n R_i * P_i \quad (3)$$

Em que:

- R_i : equivale a taxa de retorno do ativo i ;
- P_i : equivale a seu peso (ou representatividade na carteira), ou seja, o valor investido em i , dividido pelo montante investido na carteira.

Equação 2.4: Cálculo do Peso de um Ativo

$$\text{Peso}_i = \frac{V_i}{V_t} \quad (4)$$

Em que:

- V_i : representa o valor investido no ativo i ;
- V_t : valor total investido na carteira.

2.2.2.3 Risco de um portfólio

2.2.2.3.1 Covariância

Para Ross (2015) a covariância refere-se a uma medida que indica o quanto duas variáveis estão relacionadas. Em Bodie, Kane e Marcus (2010) a covariância é calculada através da fórmula:

Equação 2.5: Cálculo da Covariância

$$Cov(R_a R_b) = \sum_s \Pr(s) [R_a(s) - E(R_a)][R_b(s) - E(R_b)] \quad (5)$$

Em que:

- $Cov(R_a R_b)$: corresponde à covariância entre os retornos do ativo a com o ativo b;
- $\Pr(S)$: representa a probabilidade de que o retorno S ocorra;
- $R_a(s)$: Retorno associado ao ativo a e probabilidade S;

$E(R_a)$: retorno esperado do ativo a.

2.2.2.3.2 Correlação

A correlação pode ser definida como a tendência de um ativo variar em conjunto de outro ativo (Bodie, Kane e Marcus, 2010). Podendo variar de +1 (para correlações perfeitamente positivas, ou perfeitamente proporcionais) a -1 (correlações perfeitamente negativas, ou perfeitamente inversamente proporcionais).

Em Gitman (2010) é evidenciado que a composição de uma carteira de investimentos com ativos possuidores de retornos não correlacionados compreende a maneira mais eficaz de diminuição do risco. Porém, com ativos não correlacionados, há possibilidade de alcançar significativa redução.

2.2.2.3.3 Diversificação

A diversificação representa uma importante ferramenta para a gestão de investimentos, já que por meio da diluição dos riscos específicos atrelados aos ativos analisados, tem por expectativa o aumento da proporção entre o retorno e o risco.

A diversificação consiste na mescla de diferentes ativos com o intuito da redução dos riscos, como elencado por Ross (2015), o efeito o benefício da diversificação consiste na diluição do risco não sistemático de diferentes ativos, restando ao investidor somente o risco sistemático para se preocupar.

Segundo Cabral (2002) o risco de um portfólio está associado a quantidade de ativos que compõe esta carteira, de modo que, quando o número de ativos tender a infinito, o risco da carteira será equivalente ao risco sistémico.

Em Graham (2016) é recomendado que uma carteira de ações deve conter no mínimo 10 e no máximo 30 ativos, para que o risco seja diversificado sem comprometer o retorno esperado. Em acréscimo, deve-se ponderar, não somente a quantidade de ativos, mas também a correlação entre eles, tendo em vista que a valorização ou desvalorização de todos os ativos em conjunto também representaria um risco.

2.2.2.3.4 Cálculo do Risco

Para Gitman (2010) em situações reais, os riscos individuais de um ativo não devem ser levados em consideração para a tomada de decisão, tendo em vista os impactos deste novo investimento frente às aplicações anteriores.

Segundo Markowitz (1952) o risco de uma carteira pode ser calculado através da seguinte equação:

Equação 2.6: Risco de uma carteira de n ativos

$$\sigma_{RC} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i W_j COV(i,j)} \quad (6)$$

Em que;

- W_i : peso do ativo i ;
- W_j : peso do ativo j ;
- $COV(i,j)$: covariância dos retornos dos ativos i e j ;

Como demonstrado por Sharpe (1964), na prática a aplicação da equação 2.5 em dois ativos terá como resultado:

Equação 2.7: Risco de uma carteira de 2 ativos

$$\sigma_{RC} = \sqrt{\alpha^2 \sigma_{Ra}^2 + (1 - \alpha)^2 \sigma_{Rb}^2 + 2COV_{(Ra,Rb)} \alpha(1 - \alpha) \sigma_{Ra} \sigma_{Rb}} \quad (7)$$

Em que:

- σ_{RC} : desvio padrão ou risco da carteira;
- α : peso do ativo A na carteira;
- σ_{Ra} : desvio padrão dos retornos do ativo A;
- σ_{Rb} : desvio padrão dos retornos do ativo B;
- $COV_{(Ra,Rb)}$: Covariância entre os retornos de A e B;

2.2.2.4 Otimização do Portfólio

Para Markowitz (1952) os portfólios deveriam ser selecionados de modo a maximizar os retornos e diminuir os riscos. Em Sharpe (1989) é demonstrado o nomeado Índice Sharpe, que acaba por sim a função objetivo do portfólio.

Equação 2.8: Índice Sharpe

$$Sh_t = \frac{R_{pt} - R_i}{\sigma_{pt}} \quad (8)$$

Em que:

- R_{pt} : taxa de retorno esperada em t;
- R_i : taxa livre de risco em t;
- σ_{pt} : desvio padrão dos retornos;

Em Bodie, Kane e Marcus (2010) é apresentado o índice Sharpe de uma maneira simplificada, em que a taxa livre de risco é desconsiderada, essa maneira simplificada pode ser utilizada em contextos em que a taxa livre de risco é a mesma para todos ativos analisados.

2.3 Alocação de ativos

Em Cabral (2002) é inferido que a alocação de ativos, consiste na maneira com a qual o investidor direcionará seu capital em instrumentos do mercado financeiro. Pela ótica da TMP, os investidores buscarão pelo maior retorno ante o menor risco, porém a metodologia a ser utilizada para a alocação varia de investidor para investidor, assim como a abordagem preferencialmente utilizada.

2.3.1 Vertentes de análise

A decisão de um investimento parte de uma metodologia própria de análise de um investidor ou ainda de uma recomendação por um analista. A APIMEC (2023), órgão responsável pela certificação CNPI que busca credenciar analista de investimentos, subdivide as vertentes de análise em Fundamentalista e Técnica.

2.3.1.1 Análise Fundamentalista

Em Lemos (2015), a análise fundamentalista é descrita como um método que se utiliza de diversos fatores econômico-financeiros para a projeção de preços-alvos para um ativo. Neste processo, essa modelagem desconsidera o efeito de outros investidores que podem distorcer o preço de análise e criar condições de volatilidade que impossibilitem a operação.

2.3.1.2 Análise Técnica

A análise técnica, segundo Palex (2014) ser definida como o conjunto de métodos e técnicas que busca prever o movimento de preço de ativos através do

comportamento passado do mercado, através da identificação de padrões, buscando o melhor *timing* para iniciar ou encerrar uma operação.

Para Lemos (2015), a análise técnica consiste na antecipação do movimento do mercado e é pautada em três pilares: i) a ação do mercado desconta tudo – todas informações estão embutidas nos preços dos ativos, ii) os preços movem-se em tendência e a tendência vigente tem maior probabilidade de permanecer ativa, iii) a história se repete – os padrões que funcionaram no passado, tendem a continuar dando resultados no futuro.

2.3.2 Médias móveis

Para Elder (2006), as médias móveis são compreendidas como uma das ferramentas mais antigas, simples e úteis para os operadores, auxiliando na identificação de tendências e sinalizando possíveis áreas para o início de operações.

Segundo Palex (2014), as médias móveis devem ser calculadas a partir do preço de fechamento das ações, visto que, este representa o consenso dos investidores acerca da tendência das movimentações de preços que ocorreram em determinado período. O autor também discorre sobre a importância das médias na captura de tendência dos ativos, funcionando como um suavizador dos preços.

Em Murphy (1999) a média móvel é descrita como um dos indicadores mais versáteis e mais utilizado por investidores. Devido sua simplicidade e facilidade de programação, é utilizado como base para uma série de outros indicadores técnicos

2.3.2.1 Média Móvel Aritmética

Em Palex (2014) a média móvel aritmética é descrita como um indicador em que seus dados possuem o mesmo peso. Em seu cálculo, quando há entrada de um novo dado, há exclusão do dado mais antigo, podendo gerar distorções devido a entrada ou saída de valores que de grande variabilidade.

Equação 2.9: Média Móvel Aritmética

$$MMA_t = \frac{1}{n} * \sum_{i=t-n}^t P_i \quad (9)$$

Em que:

- $MMAa_t$: corresponde ao valor da média móvel no período t ;
- n : corresponde ao valor de termos a ser utilizado na média móvel;
- P_i : compreende o preço no período i ;

2.3.3 Estratégias de alocação

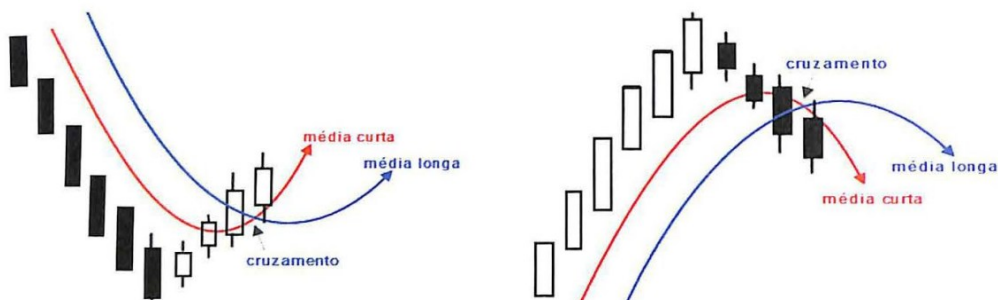
As estratégias de alocação correspondem a metodologia para a escolha de ações para a composição de um portfólio. Investidores e analistas, buscam por meio da Análise Técnica ou Fundamentalista, gatilhos que permitam o início da operação. Neste tópico serão abordadas estratégias da análise técnica baseada em médias móveis. Em Sent (2017) é constatado a eficácia e eficiência da utilização das médias móveis para a obtenção de lucro no mercado de ações brasileiro, corroborando com as escolhas de estratégias aqui fundamentadas.

2.3.3.1 Cruzamento de médias móveis

Em Palex (2014) são abordadas duas metodologias de operações utilizando cruzamento de médias móveis. Em ambos os casos, utiliza-se duas médias móveis aritméticas para a emissão de sinais, uma mais curta (periodicidade menor de 5 ou 9 períodos) e uma mais longa (de 21 períodos). Utilizando-se das regras dispostas temos que:

- Após a média curta (5 ou 9 períodos) cruzar a média mais longa, é emitido um sinal de compra no período em que ocorrer o cruzamento.

Figura 2 – Cruzamento de médias móveis



Fonte: PALEX, 2014 - Setups utilizando médias móveis

2.4 Distribuições de Probabilidade

De acordo com Meyer, P. L. (2010) uma distribuição de probabilidade é uma descrição matemática de como a probabilidade está associada aos possíveis resultados de uma variável aleatória. Ou seja, é uma função que associa a cada resultado de x_i de uma variável aleatória X , uma probabilidade $P(X = x_i)$.

2.4.1 Distribuição normal

Segundo Meyer, P. L. (2010) a distribuição normal é uma distribuição contínua e simétrica em torno da média.

Em Bodie, Kane e Marcus (2010), é demonstrado que, as variações diárias de uma ação podem ser descritas por uma distribuição normal.

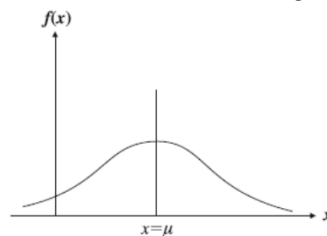
Equação 2.10: Distribuição Normal (Meyer, P. L. 2010)

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (10)$$

Em que:

- μ : média;
- σ^2 : variância.

Figura 3 – Gráfico da Distribuição Normal

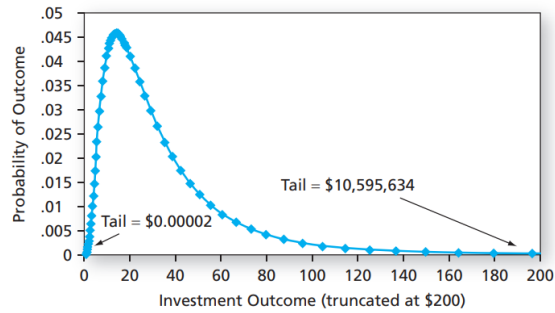


Fonte: MEYER, P. L. (2010) – Algumas variáveis aleatórias contínuas importantes

2.4.2 Distribuição log-normal

A distribuição log-normal é aplicada quando o logaritmo de uma variável aleatória segue uma distribuição normal (Bodie, Kane e Marcus, 2010). E é caracterizada por uma longa cauda a direita do gráfico.

Figura 4 – Exemplo de gráfico de Distribuição Log-Normal



Fonte: BODIE, KANE E MARCUS (2010) – Retornos Normais e Log-Normais

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo tem natureza quantitativa, uma vez que as hipóteses aqui levantadas podem ser medidas para sua verificação, além de demonstrar uma relação de causa e efeito e serem coletados dados e estatísticas referentes a estratégias da bolsa de valores. Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 69) a pesquisa quantitativa define-se como: “considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas”.

Quanto ao objetivo da pesquisa será descritiva, uma vez que a pesquisa terá como características a observação dos fatos, assim como sua análise e interpretação, visando a explicação do fenômeno estudado sem interferência do pesquisador sobre ele. De acordo com Silveira e Córdova (2009, p.37), esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (Apud TRIVIÑOS, 1987).

Em relação aos métodos de pesquisa, será adotado o método de pesquisa experimental, definidos por Silveira e Córdova (2009, p. 36) a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto (Apud GIL, 2007).

3.1 Materiais

Como ferramenta para coleta, tratativa e análise de dados foram utilizados o *python* e bibliotecas a ele associados, sendo estas: i) *yfinance*, ii) *pandas*, iii) *numpy*. De forma semelhante, o uso do Excel auxiliou em análises preliminares e conferência dos resultados obtidos pelo *python*.

3.2 Métodos

3.2.1 Premissas

Com o intuito de facilitar a compreensão dos estudos aqui dispostos, as seguintes premissas foram adotadas:

- a) Os ativos foram considerados infinitamente divisíveis, sendo possível realizar operações com quaisquer parcelas de ativos – dessa forma, os

pesos basearam-se em proporções percentuais entre 0 e 1, não havendo restrições de lotes de compra.

- b) Custos de operações, emolumentos e outras taxas foram desconsiderados para a análise.
- c) Os valores de entrada da operação foram considerados como o preço de fechamento do dia analisado.
- d) Foi considerado o desmanche total da carteira e sua recompra a cada dia, com intuito de respeitar os novos pesos de ativos encontrados.
- e) A cada dia, será alocado 100% do capital obtido no dia anterior.
- f) O período de análise foi de 01/01/2014 a 31/12/2024, totalizando 2.983 dias de operações

3.2.2 Composição das Carteiras

Tendo em vista o objetivo de averiguar a eficiência das carteiras otimizadas segundo a lógica de Markowitz, serão avaliadas 3 diferentes carteiras para cada uma das estratégias utilizadas para a construção dos portfólios.

Quadro 2 – Carteiras

Carteira	Peso dos Ativos
A	Pesos iguais para cada um dos ativos
B	Pesos otimizados (função objetivo: Reduzir o risco)
C	Pesos otimizados (função objetivo: Maximizar a relação Retorno / Risco)

Fonte: Autoria própria (2025)

As ações que analisadas compreendem a carteira teórica de ações do Índice Ibovespa do período de maio de 2025 a agosto de 2025. Ademais, para o cálculo dos retornos e riscos médios a serem aplicados nas fórmulas serão levados em conta os 55 dias de operações que antecederam a aplicação, ou seja, o dia de aplicação é desconsiderado nos retornos.

Além disso, as carteiras serão otimizadas via criação de pesos randômicos, aos quais serão geradas, para cada nova operação, 10.000 carteiras e escolhida a com melhor função objetivo.

Quadro 3 – Ações do IBOVESPA

Código	Empresa	Código	Empresa	Código	Empresa	Código	Empresa	Código	Empresa
VALE3	VALE	RENT3	LOCALIZA	TIMS3	TIM	MULT3	MULTIPLAN	IRBR3	IRBBRASIL RE
ITUB4	ITAUUNIBANCO	SUZB3	SUZANO S.A.	ENGI11	ENERGISA	CMIN3	CSNMINERACAO	RECV3	PETRORECSA
PETR4	PETROBRAS	PRIO3	PETRORIO	ASAI3	ASSAI	SMFT3	SMART FIT	BRAP4	BRADESPAR
PETR3	PETROBRAS	ENEV3	ENEVA	KLBN11	KLABIN S/A	TAE11	TAESA	SLCE3	SLC AGRICOLA
BBDC4	BRADESCO	BBSE3	BBSEGURIDADE	MOTV3	MOTIVA SA	CPFE3	CPFL ENERGIA	MGLU3	MAGAZ LUIZA
SBSP3	SABESP	RAIL3	RUMO S.A.	HAPV3	HAPVIDA	CYRE3	CYRELA REALT	AURE3	AUREN
ELET3	ELETROBRAS	VBBR3	VIBRA	ELET6	ELETROBRAS	MRFG3	MARFRIG	VIVA3	VIVARA S.A.
B3SA3	B3	TOTS3	TOTVS	SANB11	SANTANDER BR	AZZA3	AZZAS 2154	BRKM5	BRASKEM
BBAS3	BRASIL	VIVT3	TELEF BRASIL	ALOS3	ALLOS	CSNA3	SID NACIONAL	SMT03	SAO MARTINHO
ITSA4	ITAUSA	CPL6	COPEL	EGIE3	ENGIE BRASIL	FLRY3	FLEURY	USIM5	USIMINAS
WEGE3	WEG	BBDC3	BRADESCO	CSAN3	COSAN	STBP3	SANTOS BRP	VAMO3	VAMOS
ABEV3	AMBEV S/A	CMIG4	CEMIG	PSSA3	PORTO SEGURO	COGN3	COGNA ON	RAIZ4	RAIZEN
BPAC11	BTGP BANCO	GGBR4	GERDAU	ISAE4	ISA ENERGIA	GOAU4	GERDAU MET	BEEF3	MINERVA
EMBR3	EMBRAER	RADL3	RAIADROGASIL	HYPE3	HYPERA	POMO4	MARCOPOLO	MRVE3	MRV
JBSS3	JBS	LREN3	LOJAS RENNER	CXSE3	CAIXA SECURI	IGT11	IGUATEMI S.A	PCAR3	P.ACUCAR-CBD
EQL3	EQUATORIAL	UGPA3	ULTRAPAR	NTCO3	GRUPO NATURA	DIRR3	DIRECIONAL	PETZ3	PETZ
RDOR3	REDE D OR	BRFS3	BRF SA	BRAV3	BRAVA	YDUQ3	YDUQS PART	CVCB3	CVC BRASIL

Fonte: Composição da carteira (B3, 2025)

. Das ações acima, foram selecionadas as 60 ações abaixo, seguindo o critério de negociações suficiente para o cálculo dos retornos de diários (ou seja, 55 dias de movimentação no primeiro pregão de 2013) e movimentação em todos os pregões de 2013 a 2024.

Quadro 4 – Ações analisadas

Ações Analisadas					
ABEV3	CMIG4	ELET6	ITUB4	POMO4	SUZB3
AZZA3	COGN3	EMBR3	JBSS3	PRIO3	TAE11
B3SA3	CPFE3	ENEV3	LREN3	PSSA3	TIMS3
BBAS3	CPL6	ENGI11	MGLU3	RADL3	TOTS3
BBDC3	CSAN3	EQL3	MRFG3	RENT3	UGPA3
BBDC4	CSNA3	FLRY3	MRVE3	SANB11	USIM5
BEEF3	CYRE3	GGBR4	MULT3	SBSP3	VALE3
BRAP4	DIRR3	GOAU4	PCAR3	SLCE3	VIVT3
BRFS3	EGIE3	HYPE3	PETR3	SMT03	WEGE3
BRKM5	ELET3	ITSA4	PETR4	STBP3	YDUQ3

Fonte: Autoria própria (2025)

3.2.3 Estratégia para Compra

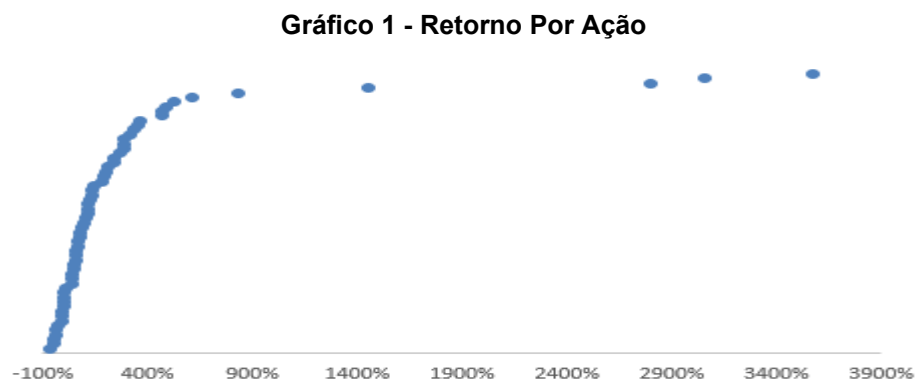
A estratégia consiste na utilização do cruzamento da média móvel aritmética de 5 períodos (MA5) com a média móvel aritmética de 21 períodos (MA21), desconsiderando-se o dia atual para o cálculo. Ou seja: Se $MA5 > MA21$ realize a compra no valor do preço de fechamento do dia e vendo no preço de fechamento do dia seguinte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aplicação da estratégia nos ativos

Primeiramente, a estratégia de cruzamento de médias móveis foi aplicada em cada um dos ativos elencados no tópico anterior, de maneira isolada. Ou seja, foram consideradas 60 carteiras de investimento, cada uma composta por um único ativo em que o peso do ativo correspondeu a 100%. Essa análise preliminar permitiu identificar se a estratégia era válida, ou seja, se trazia retornos positivos na maior parte dos ativos.

Dos 60 ativos analisados, 49 apresentaram resultados positivos (retorno maior do que 0) e 35 apresentaram um índice Sharpe ajustado (taxa de retorno dividido pelo risco) acima de 1 (gráfico 1).



Fonte: Autoria própria (2025)

Pode-se observar que estão dispostos no eixo X o percentual de retorno realizado por cada uma das ações e o eixo Y um índice gerado a partir do ordenamento das ações por taxa de retorno, ou seja, a de maior retorno recebeu o índice 60 e a de menor retorno recebeu o índice 1. Verifica-se, que uma curva de tendência logarítmica, ou seja, com a maior parte das ações se apresentando a esquerda do gráfico, e poucas a direita, ocasionando em uma distorção da média, como em uma distribuição log-normal.

Nesse contexto, é possível aferir que, poucas ações foram responsáveis por grande parte dos retornos observados na aplicação da estratégia, visto que, algumas ações chegaram a entregar retornos acima de 3.800% (MGLU3). Ainda assim, vemos uma mediana com uma expectativa de retorno de 117%, superior ao retorno entregue pelo índice Ibovespa no período de 99%.

Levando em consideração o risco do período (desvio padrão dos retornos diários multiplicado pela raiz quadrada da quantidade de dias analisados) e o índice Sharpe ajustado (excluindo a taxa livre de risco da equação), foram obtidas as seguintes estatísticas da tabela 1.

Tabela 1 – Resumo Resultados da aplicação da MA5XMA21 nos ativos

Métrica	Menor	1º Quartil	Mediana	2º Quartil	Maior
Retorno	-63,6%	38,1%	116,0%	302,7%	3808,0%
Risco	56,3%	75,5%	90,6%	106,3%	158,4%
Sharpe	-0,57	0,39	1,26	3,63	26,79

Fonte: Autoria própria (2025)

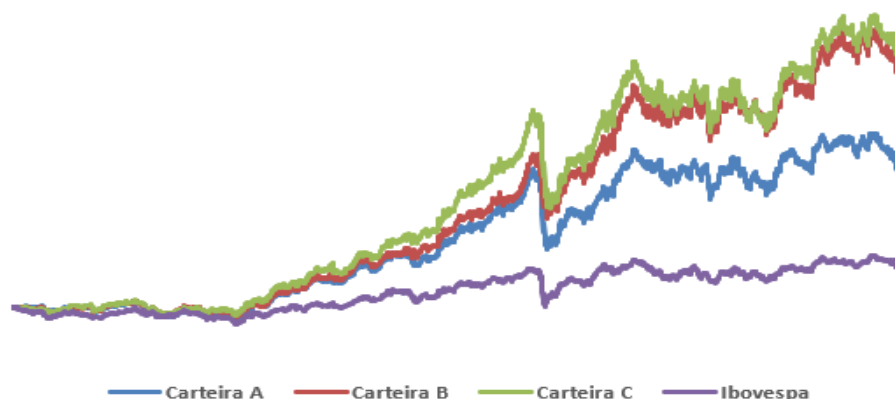
4.2 Resultado das Carteiras

Após a constatação da efetividade da estratégia de cruzamento de médias móveis, foi realizada sua aplicação com uso do *python* para a criação das três carteiras seguindo as premissas previamente mencionadas.

Para isso, foi gerado um algoritmo que a partir do histórico das ações, verificava as condições de entrada (médias móveis cruzadas) e selecionava o ativo para carteira. Após isso, conforme a carteira, foram elencados os pesos, sendo que, a carteira A apresentou o mesmo peso para todos os ativos, enquanto a carteira B e C tinham as funções objetivo citadas anteriormente,

Todas as carteiras apresentaram um retorno superior ao Ibovespa no período analisado. A Carteira C teve o melhor desempenho, entregando um retorno de 609%, conforme gráfico 2.

Gráfico 2 – Retorno por Carteira

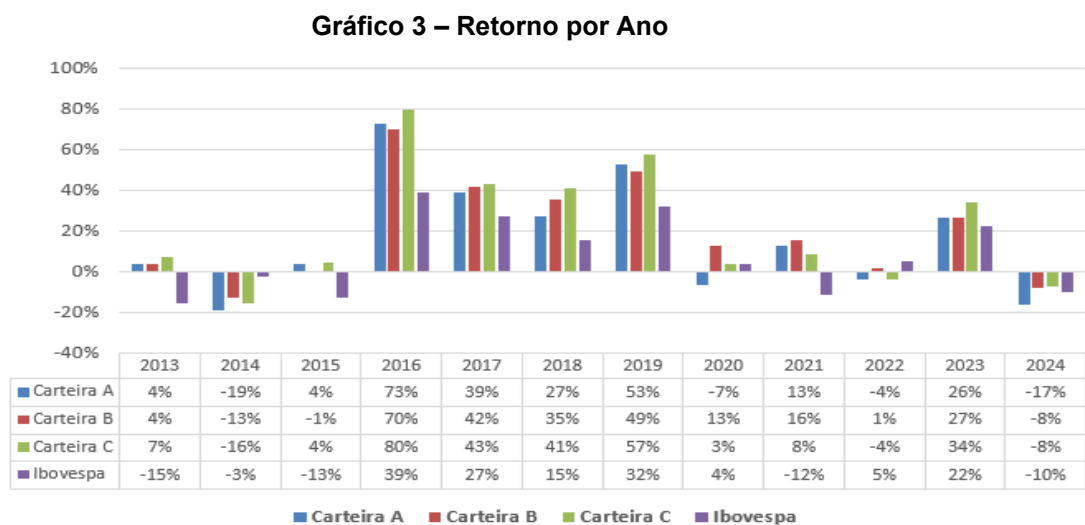


Fonte: Autoria própria (2025)

Em relação a distribuição dos ganhos ao longo do tempo, verifica-se que a estratégia, independentemente da carteira, segue a tendência do Ibovespa. Ou seja, nos anos de boa performance do índice, é esperado um retorno maior das carteiras, levando em consideração que as empresas analisadas compõem o índice, já era de se esperar esta tendência, porém, a melhora da performance indica que a estratégia e a alocação dos ativos foram benéficas para a redução das perdas em períodos de baixa do mercado financeiro brasileiro.

Nota-se que as carteiras B e C, que tiveram seus pesos otimizados tiveram um desempenho superior a carteira A, que considerou um peso igual para todos os ativos, mostrando os impactos da aplicação da Teoria Moderna do Portfólio.

Analisando ano a ano, verifica-se que, não há variabilidade nos retornos trazidos, uma vez que foram concentrados período entre 2016 e 2019, porém a aplicação da estratégia e a otimização dos pesos, permitiu a redução das perdas em relação ao Ibovespa mesmo em anos negativos (gráfico 3).



Fonte: Autoria própria (2025)

Em relação à taxa de acerto, é percebida que a implementação da estratégia, seja em qualquer uma das carteiras, é responsável por uma melhora da assertividade quando comparada ao Ibovespa. Já entre as carteiras, verifica-se que a alocação dos ativos seguindo os critérios estipulados cumpriram com o objetivo, visto que, a carteira B, que tinha como intuito a redução do risco, apresentou a menor taxa de dias negativos (tabela 2).

Tabela 2 – Taxa de Acerto das Carteiras vs. Ibovespa

Carteira	Dias Positivos	Dias Negativos	Dias Neutros
A	53,2%	46,2%	0,6%
B	53,3%	45,8%	0,9%
C	53,4%	46,0%	0,6%
Ibovespa	51,1%	48,6%	0,3%

Fonte: Autoria própria (2025)

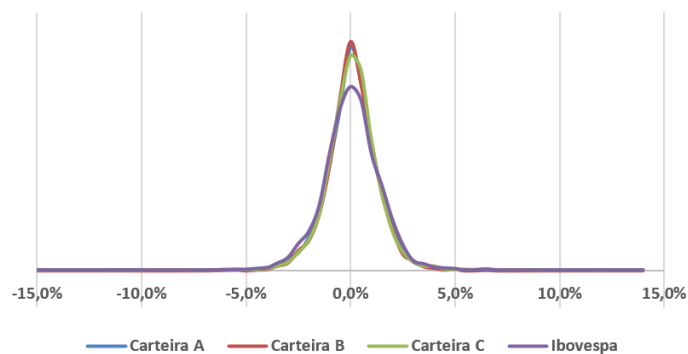
Os retornos diários tanto do Ibovespa quanto das carteiras, seguiram uma distribuição normal, com suas médias e desvios padrões evidenciados na tabela 3 e no gráfico 4.

Tabela 3 – Média e Desvio Padrão dos Retornos Diários das Carteiras vs. Ibovespa

Carteira	Média	σ
A	0,058%	1,321%
B	0,071%	1,239%
C	0,074%	1,273%
Ibovespa	0,034%	1,500%

Fonte: Autoria própria (2025)

Gráfico 4 – Distribuição Normal dos Retornos Diários das Carteiras vs. Ibovespa



Fonte: Autoria própria (2025)

Em relação aos retornos diários, percebe-se que, tanto na média quanto no desvio padrão, não há variações significativas. Porém, as variações encontradas, são suficientes para gerar uma melhora significativa no longo prazo. Ao considerarmos os 2.983 dias da análise, obtém-se as seguintes estatísticas: da tabela 4.

Tabela 4 – Resultados das Carteiras vs. Ibovespa

Estadística	A	B	C	Ibovespa
Retorno	328%	565%	609%	99%
Risco	72%	68%	70%	82%
Sharpe	4,6	8,4	8,8	1,2
Média Ganho	0,943%	0,914%	0,926%	1,076%
Média Perda	-0,961%	-0,908%	-0,914%	-1,062%
Dias Positivos	53,20%	53,27%	53,37%	51,12%
Dias Negativos	46,20%	45,79%	46,03%	48,58%
Dias Neutros	0,60%	0,94%	0,60%	0,30%
Média dos Retornos Diários	0,058%	0,071%	0,074%	0,034%

Fonte: Autoria própria (2025)

É notório o melhor desempenho da Carteira C em relação as demais. Ao mesmo tempo, verifica-se que a Carteira B atingiu seu objetivo, visto que, embora não tenha desempenhado com o mesmo retorno acumulado da Carteira C, conseguiu entregar o menor risco das carteiras analisadas.

Para entender melhor os impactos gerados pela otimização, considere a fórmula da média como:

Equação 2.11: Fórmula da Média Reescrita

$$\mu = \frac{r^p}{n} \cdot \bar{r}^p + \frac{r^n}{n} \cdot \bar{r}^n + \frac{r^0}{n} \cdot \bar{r}^0$$

Em que:

- μ : média;
- n : quantidade de dias analisados;
- r^p : número de dias com retornos positivos;
- \bar{r}^p : média dos dias com retornos positivos;
- r^n : número de dias com retornos negativos;
- \bar{r}^n : média dos dias com retornos negativos;
- r^0 : número de dias com retornos nulos;
- \bar{r}^0 : média dos dias com retornos nulos.

Como $\bar{r}^0 = 0$, a média pode ser considerada como:

$$\mu = p(r^p) \cdot \bar{r}^p + p(r^n) \cdot \bar{r}^n$$

Em que:

- $p(r^p) = \frac{r^p}{n}$
- $p(r^n) = \frac{r^n}{n}$

Sabendo que:

$$\mu A = 0,943\% \cdot 53,20\% + (-0,961\%) \cdot 46,2\%$$

$$\mu B = 0,914\% \cdot 53,27\% + (-0,906\%) \cdot 45,79\%$$

$$\mu C = 0,926\% \cdot 53,37\% + (-0,914\%) \cdot 46,03\%$$

Agora, ao comparar as Carteiras A, B e C, e decompondo seus fatores podemos verificar se a melhora do desempenho ocorreu devido à: i) aumento da taxa de acerto; ii) aumento da média de ganhos; iii) diminuição da taxa de erro; iv) diminuição da média de perdas.

$$Total (\Delta\mu) = \mu B - \mu A$$

$$\Delta\mu = \text{Impacto } p(r^p) + \text{Impacto } \bar{r}^p + \text{Impacto } p(r^n) + \text{Impacto } \bar{r}^n$$

Em que:

$$\text{Impacto } p(r^p) = [p(r^p)A - p(r^p)B] \cdot \bar{r}^p A$$

$$\text{Impacto } \bar{r}^p = p(r^p)B \cdot [\bar{r}^p B - \bar{r}^p A]$$

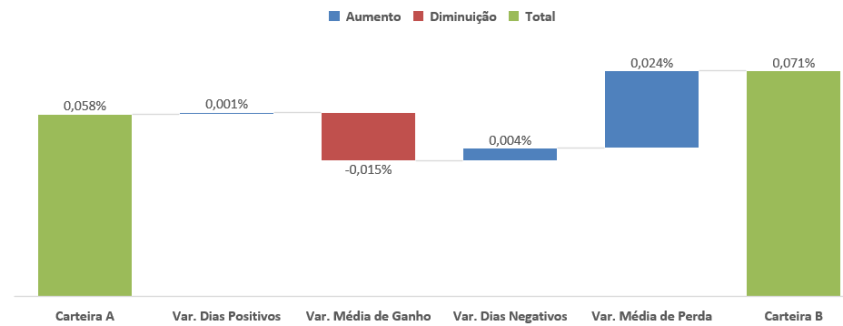
$$\text{Impacto } p(r^n) = [p(r^n)A - p(r^n)B] \cdot \bar{r}^n A$$

$$\text{Impacto } \bar{r}^n = p(r^n)B \cdot [\bar{r}^n B - \bar{r}^n A]$$

4.2.1 Carteira A vs. Carteira B

Ao realizar uma otimização dos pesos dos ativos visando uma redução do risco, tem-se uma perda significativa na média de ganho dos retornos diários, porém, essa perda é inferior ao ganho obtido pela redução da média de dias com variações negativas (gráfico 5).

Gráfico 5 – Decomposição da Variação da Média entre Carteiras A e Carteira B

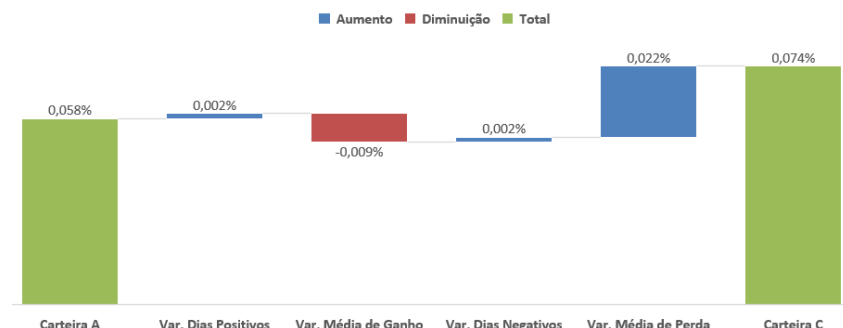


Fonte: Autoria própria (2025)

4.2.2 Carteira A vs. Carteira C

De maneira semelhante, ao analisar a decomposição da variação da média dos retornos diários entre a Carteira A e a Carteira C, nota-se que, há uma média de ganho inferior na Carteira C, porém há uma compensação e um acréscimo advindos da redução da variação da perda média. (gráfico 6)

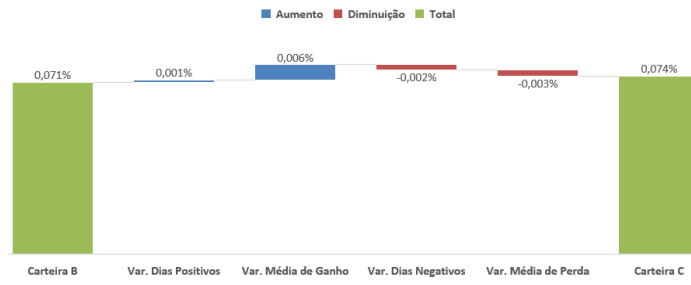
Gráfico 6 – Decomposição da Variação da Média entre Carteiras A e Carteira C



Fonte: Autoria própria (2025)

4.2.3 Carteira B vs. Carteira C

Já em relação as Carteiras B e C, é percebido que por mais que a Carteira B apresente vantagens na redução das perdas, a otimização do índice Sharpe simplificado na Carteira C contribui para um aumento da média de ganhos que compensa o maior risco corrido (gráfico 7).

Gráfico 7 – Decomposição da Variação da Média entre Carteiras A e Carteira C

Fonte: Autoria própria (2025)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, o resultado obtido pela aplicação da estratégia de cruzamento de médias móveis superou os resultados do Ibovespa em quaisquer das metodologias utilizadas para a definição da alocação de ativos.

Além disso, as funções objetivos mostraram-se úteis para o cumprimento de seus propósitos, visto que, a Carteira B obteve a menor risco enquanto a Carteira C a melhor relação de Retorno / Risco, denotando que, i) o retorno dos últimos 55 dias foi uma métrica eficaz para mensuração de riscos e retornos futuros e ii) a utilização do risco de carteiras segundo Markowitz é uma ferramenta eficaz na redução do risco e consequente aumento dos retornos de um portfólio de ações.

A utilização do índice Sharpe contribuiu para a obtenção de um retorno de 85,7% acima do retorno obtido pela utilização de pesos iguais para todos os ativos, mostrando a eficácia dessa teoria quando aplicada a uma estratégia de cruzamento de médias móveis.

Ademais, foi perceptivo que, a principal contribuição da teoria é com a redução do risco, visto que, a média dos retornos diários se altera principalmente devido a redução da média de perdas dos dias negativos.

REFERÊNCIAS

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

APIMEC (Associação dos Analistas e Profissionais de Investimento do Mercado de Capitais do Brasil). **Sobre o CNPI**. Disponível em: [https://www.apimec.com.br/certificacao/sobre-o-cnpi/#:~:text=A%20certifica%C3%A7%C3%A3o%20est%C3%A1%20dividida%20em,pleno%20\(fundamentalista%20e%20t%C3%A9cnico\)](https://www.apimec.com.br/certificacao/sobre-o-cnpi/#:~:text=A%20certifica%C3%A7%C3%A3o%20est%C3%A1%20dividida%20em,pleno%20(fundamentalista%20e%20t%C3%A9cnico)) Acesso em: novembro de 2023.

B3. **Ações**. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/acoes.htm Acesso em: novembro de 2023.

B3. **Boletim Mensal de Ações**. Stocks Newsletter: out de 2023. Disponível em: <https://www.b3.com.br/data/files/9C/35/B1/67/A24BB810F2AB77B8AC094EA8/Boletim%20Acoes%20-%2010M23.pdf> Acesso em: novembro de 2023.

B3. **Composição da carteira**. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-amplos/indice-ibovespa-ibovespa-composicao-da-carteira.htm Acesso em: novembro de 2023.

B3. **Índice Ibovespa**. Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/indices/indices-amplos/ibovespa.htm Acesso em: novembro de 2023.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS A. J. **Investimentos**. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

BUFFET, W. (1996). Entrevista à **CNBC**

CABRAL, R.B. **Mercados Financeiros: uma metodologia de ensino de estratégias de investimento**. Tese de Doutorado – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2002.

CASSETTARI, A. **Uma forma alternativa para alocação ótima de capital em carteiras de risco**. Revista de Administração, São Paulo, vol. 36, n. 3, p. 70-85. Julho/setembro, 2001.

CÓRDOVA, F. P.; SILVEIRA, D. T. Métodos de Pesquisa. In: **A Pesquisa Científica**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. p. 31-42

DAMODARAN, A. **Valuation: Como Avaliar Empresas e Escolher as Melhores Ações**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

DOURADO, G. A.; TABAK, B. M. **Teste da Hipótese de Mercados Adaptativos para o Brasil**. Revista Brasileira de Finanças (online), Rio de Janeiro, vol. 12, n. 4., p. 517-553. Dezembro, 2014.

ELDER, A. **Aprenda a operar no Mercado de Ações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

ELTON, Edwin J.; GRUBER, Martin J.; BROWN, Stephen J.; GOETZMANN, William N. **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**. 9ed. Wiley, 2014.

FREITAS, E. C.; PRODANOV, C. C. Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. In: cap 3. **Pesquisa Científica**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. p. 41-118.

GITMAN, L. J. Princípios de Administração Financeira. In: cap 5. **Risco e Retorno**. 10 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2010. p. 182-223.

GRAHAM, B. **O investidor inteligente**. 4 ed. Rio de Janeiro: HarperCollins Brasil, 2016.

LEMOS, F. **Análise Técnica dos Mercados Financeiros**: um guia completo e definitivo dos métodos de negociação de ativos. 1 ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2015.

MARKOWITZ, H. **Portfolio Selection**. The Journal of Finance, vol. 7, n. 1, p. 77-91. Março, 1952.

MEYER, Paul L. **Probabilidade: Aplicações à Estatística**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. *E-book*. p.i. ISBN 9788521638476. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521638476/>. Acesso em: 07 jun. 2025.

MURPHY, J. J. **Technical Analysis of the Financial Markets**. New York: NYIF, 1999.

PALEX. **Fundamentos de Análise Técnica de Ações**. 1 ed. Rio de Janeiro: Alexandre Fernandes, 2014.

PALEX. **Estratégias Operacionais de Análise Técnica de Ações**. 1 ed. Rio de Janeiro: Alexandre Fernandes, 2014. p. 1-36

ROSS, S. A. et al. **Administração Financeira**. 10 ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. p. 329-361.

SENT, E. L. D. **Análise Técnica de Ações: Decisão de investimento com base nas médias móveis**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

SHARPE, W. F. **Capital Asset Prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk**. The Journal of Finance, vol. 19, n. 3. Setembro, 1964. (set., 1964)

SHARPE, W. F. **Investments**. 4 ed. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, 1989.