Mecanismos Empíricos de Otimização de Portfólio: Uma Aplicação ao Mercado Financeiro Brasileiro



Bruno José Bezerra Silva[1]; Jakcney Luan Azevedo de Sousa [2] ; Tatiane Tenório da Gama Leite de Freitas [3]
[1,2,3] *Universidade Federal da Paraíba*

RESUMO

A dinâmica de otimização de carteiras de investimentos é um processo essencial para obter retornos satisfatórios diante dos riscos existentes no mercado. Nesse sentido, o presente trabalho visa analisar um conjunto de ações contidas na bolsa de valores brasileira. Para alcançar tal objetivo, considerou-se os diferentes modelos econométricos que subsidiam o processo de seleção de portfólios e análise de investimentos, por exemplo: CAPM, Cadeias de Markov e o modelo de Markowitz. Seguindo essa linha de raciocínio, afirma-se que foram selecionadas dez ações no período de jan. de 2012 a dez. de 2022. Por fim, os resultados da pesquisa mostram os retornos do CAPM são mais voláteis que os retornos de mercado; a maior parte dos ativos apresenta tendências positivas; os papéis de WEGE3 e FESA4 detêm pesos e retornos expressivos.

Palavras-chave: Portfólio. Markowitz. CAPM. Markov. Investimentos.

ABSTRACT

The dynamics of optimizing investment portfolios is an essential process to obtain satisfactory returns in the face of existing market risks. In this sense, the present work aims to analyze a set of shares contained in the Brazilian stock exchange. To achieve this objective, the different econometric models that support the portfolio selection and investment analysis process were considered, for example: CAPM, Markov Chains and the Markowitz model. Following this line of reasoning, it is stated that ten stocks were selected in the period of Jan. from 2012 to Dec. 2022. Finally, the research results show CAPM returns are more volatile than market returns; most assets show positive trends; WEGE3 and FESA4 shares have significant weights and returns.

Key Words: Portfolio. Markowitz. CAPM. Markov. Investments

1. INTRODUÇÃO

A alocação eficiente em uma carteira de investimentos busca equilibrar a relação risco e retorno dos ativos, de modo a minimizar as perdas, maximizar os ganhos e auxiliar na tomada de decisão. Nesse sentido, é importante e necessário o gerenciamento dos investimentos, não só no que tange o estudo entre risco e retorno, mas também através da mensuração e previsão dos retornos esperados.

Diante disso, diversos trabalhos e investidores buscam analisar, através de diferentes técnicas e ferramentas, qual a melhor forma de gerenciar um portfólio e alcançar o capital ideal. Um dos modelos utilizados com tal intuito é o modelo CAPM (Capital Asset Pricing Model), que permite analisar a relação risco e retorno em mercados complexos e de forma simples. (PRAMONO et al., 2022)

O trabalho de Hundal, Eskola e Tuan (2019), por exemplo, aplica o modelo CAPM no mercado de ações finlandês, com objetivo de analisar a relação de risco e retorno do mesmo, e compará-lo com uma carteira hipotética composta por 90 ações. A pesquisa conclui que o mercado é mais volátil que tal carteira hipotética, mas frisa que devido o mercado finlandês ser ainda pequeno, é de se esperar que o mesmo não seja totalmente eficiente.

Seguindo o mesmo modelo CAPM, o trabalho de Pramono et al. (2022) traz uma grande contribuição para o mercado indonésio, formando uma carteira de ações ideal, que apresenta tanto a composição dos ativos, quanto suas quantidades e proporções. Da mesma forma, a pesquisa de Tsuji (2017) utiliza o CAPM no mercado asiático e conclui que as ações japonesas apresentam melhores resultados no que tange a diversificação, se comparado com ações do pacífico da Ásia.

Um outro modelo que analisa risco e retorno, mas com objetivo diferente, é o modelo de Markowitz, que também é conhecido como a teoria do portfólio. Esse modelo utiliza uma abordagem estatística para relacionar vários ativos, seus retornos e seus riscos esperados, avaliando tais relações.

No Brasil, alguns trabalhos publicados mostraram a eficiência desse modelo no que diz respeito às vantagens de diversificação de carteiras de investimento. Coelho et al. (2021) utilizaram oito ativos numa carteira e a partir do modelo de Markowitz conseguiram

fazer comparações do desempenho de cada ativo com a própria carteira e da mesma com o IBOVESPA.

Os autores supracitados concluíram que o risco de um ativo mantido fora da carteira é diferente do seu risco quando incluído nela. Além do mais, esse risco depende da sua participação no investimento total e de como os elementos da carteira se relacionam entre si.

No trabalho de Vieira e Mendes (2022), o modelo de Markowitz é utilizado como ferramenta principal para a elaboração de uma carteira ótima, no sentido de que minimiza riscos e maximiza retornos. Os resultados mostraram que as proporções ótimas de investimentos em cada ativo superaram positivamente, em relação a retornos e redução de risco, a carteira formada aleatoriamente por um investidor que aloca igualmente seus investimentos para cada ativo.

Seguindo tais pressupostos no presente trabalho, pergunta-se: quais mecanismos os novos investidores com perfis arrojados podem utilizar para mitigar os riscos e aumentar os retornos financeiros? A principal hipótese é que a diversificação de ativos colabora significativamente para a redução de riscos e prejuízos monetários desastrosos.

Assim, o objetivo central da pesquisa é analisar um conjunto de ativos listados na bolsa de valores brasileira, enquanto os objetivos específicos são: i) identificar a correlação entre os ativos; ii) mensurar a relação de risco e valor esperado aplicado ao CAPM; iii) calcular a probabilidade de transição de tendência em determinado espaço de tempo; e iv) apresentar uma carteira de ativos com seus respectivos pesos e retornos.

Para tal, a presente pesquisa considera os seguintes critérios: i) o indivíduo escolhe apenas ações preferenciais e ordinárias; ii) seleciona apenas um ativo de cada setor (tendo o índice de retorno sob ativo como referência de seleção), em virtude da hipótese de diversificação mencionada anteriormente; e iii) investidor deseja obter dados de cotação nos últimos dez anos.

Tendo em vista os objetivos mencionados anteriormente, usou-se o teste de coeficiente de correlação para identificar a relação entre as variáveis no curto prazo. Em seguida, utilizou-se o CAPM para calcular a relação entre os riscos e os retornos esperados dos ativos. Além disso, buscou-se calcular as probabilidades de transição de estado

(tendência positiva para tendência negativa e vice-versa) dos ativos, para isso, usou as cadeias de Markov. Por fim, buscou-se otimizar a carteira selecionada e, para isso, usou-se o modelo de Markowitz.

Depois de ter feito o processo de filtragem, selecionou-se os dez seguintes ativos: Ambev (ABEV3), Eternit (ETER3), Ferbasa (FESA4), Itausa (ITSA4), Klabin S/A (KLBN4), Metal Leve (LEVE3), Petrobras (PETR4), Tegma (TGMA3), Vale (VALE3) e WEG (WEGE3). Pretendendo a precisão nos resultados, porém respeitando a disponibilidade das informações, escolheu-se o período de janeiro de 2012 até dezembro de 2022. Além disso, os dados foram coletados na plataforma Economatica e Yahoo Finanças (YF) que disponibilizam as informações com frequência diária.

Além desta introdução, este artigo está dividido em mais três seções. Na segunda seção é realizada o detalhamento dos dados e os mecanismos metodológicos para alcançar os objetivos propostos. A terceira seção exibe os resultados obtidos e discussões analíticas. Por fim, na quarta seção, são feitas as considerações finais.

2. METODOLOGIA

2.1 Hipóteses

O presente trabalho considera as seguintes hipóteses: i) o indivíduo investe apenas em ações preferenciais e ordinárias, dessa forma, outras categorias de investimentos são descartadas; ii) o investidor seleciona apenas um ativo por setor, tendo em vista a diversificação da carteira de investimentos; iii) o indivíduo possui um perfil arrojado; iv) pertence a classe média; v) e detém conhecimento mediano sobre o mercado financeiro; vi) os testes e modelos estimados são ferramentas que fundamentam as tomadas de decisão, porém pode haver outras variáveis que interferiram nas estratégias de investimentos; vii) o indivíduo avalia os respectivos investimentos em uma frequência mensal.

O processo de filtragem e seleção dos ativos ocorreu da seguinte forma: 1) considerou-se a base de dados distribuídas em vinte setores distintos da economia, contida na plataforma economatica; 2) escolheu-se o Retorno sobre Ativos (ROA) como métrica,

dessa forma, os papéis com maior índice ROA foram selecionados; 3) verificou-se a disponibilidade dos dados ao longo do período selecionado para a análise.

2.2 Teste do coeficiente de correlação

De acordo com Gujarati (2019), o coeficiente de correlação (*r*) objetiva medir a relação linear entre duas variáveis (X, Y), desse modo, resultando em um número puro, sem quaisquer unidades. Nesse sentido, cabe destacar que o teste de coeficiente de correlação não resulta necessariamente na causalidade. De modo algébrico, Gujarati e Porter (2011) afirmam que o coeficiente de correlação é expresso pela seguinte equação:

$$r = \frac{\sum_i x_i^2}{\sqrt{\sum_i x_i^2 \sum_i y_i^2}} \quad (1)$$

Segundo Hill, Judge George e Griffiths (2010), o produto do coeficiente de correlação pode variar entre -1 e 1. Considerando que *r* seja 1 ou -1, indica que há uma função linear perfeita positiva ou negativa, respectivamente. Se r for 0, indica que não há nenhuma associação entre as variáveis X e Y. Entretanto, Gujarati (2019) ressalta que se o coeficiente de correlação entre duas variáveis (X, Y) for igual a 0, esse resultado não indica necessariamente que ambas as variáveis sejam estatisticamente independentes.

Seguindo essa linha de raciocinio, Hill, Judge George e Griffiths (2010) destacam que para os demais valores possíveis de r, indica o grau de associação entre as variáveis; ou seja, quanto maior o valor absoluto de r, maior o grau de associação linear entre as variáveis. De acordo com Callegari-Jacques (2009), a avaliação qualitativa quanto à intensidade do r pode ser executada usando o seguinte critério: 0 (nula); 0 < r |0,3| (fraca); |0,3| < r |0,6| (regular); |0,6|< r |0,9| (forte); |0,9| < r |1| (muito forte); 1 (plena ou perfeita).

2.3 Capital Asset Pricing Model (CAPM)

O modelo de precificação de ativos financeiros, conhecido mundialmente pela sigla CAPM, é muito usado por investidores e profissionais de finanças corporativas, que

buscam a melhor estratégia para maximizar os retornos para uma certa quantia de risco de mercado.

O principal objetivo do modelo é analisar a relação entre o risco e o rendimento do investimento em uma carteira diversificada, dessa maneira, determinando uma taxa esperada de retorno. Para isto, é estudada a expectativa de retorno que um ativo possui, baseado em uma série de variáveis. Uma delas é o beta, que mede a sensibilidade de uma ação ou de um portfólio ao risco de mercado (Cornett Troy A. Adair Jr. (2013)).

Matematicamente, a formulação do modelo é considerada simples e é dada por:

$$E(R) = R_f + \beta(R_m - R_f) \quad (2)$$

Onde E(R) denota a expectativa de retorno do ativo, Rf é a taxa livre de risco, Rm é o retorno esperado do mercado, e β é a medida de volatilidade de um ativo ou portfólio em comparação com o mercado como um todo. O CAPM se mostra, portanto, uma ótima ferramenta para comparativos entre os retornos de uma carteira selecionada de ativos, por exemplo, com o mercado como um todo.

2.4 Cadeias de Markov

De acordo com Petkovic, Bozinovic e Stojanovic (2018), as cadeias de Markov é um processo estocástico realizado várias vezes e no qual cada evento t + 1 depende, apenas, do evento previamente anterior, t. Nesse sentido, o modelo é adequado para prever resultados de situações que evoluem de maneira não determinística e, por isso, a previsão é realizada a partir de probabilidades.

Conforme Svoboda e Rihová (2021), a cadeia de Markov, portanto, é considerado um processo "sem memória", realizado por um conjunto contável chamado de espaço de estado, e é descrito formalmente como:

$$P(X_{n+1} = x_{n+1}/X_1 = x_1, X_2 = x_2, \ldots, X_n = x_n) = P(X_{n+1} = x_{n+1}/X_n = x_n) \quad (3)$$

A probabilidade de transição em que o processo começa no estado i e se move para o estado j pode ser representado pela matriz formalmente descrita por $p_{ij} = P\ (X_n = S_j \ \ X_{n\ \ 1} = S_i)$, onde i e j variam de 1 até n. Nesse sentido, de acordo com Svoboda e Rihová (2021) o objetivo é encontrar estados nos quais as tendências de preços mudam com uma probabilidade alta.

Para aplicação da cadeia de Markov nos ativos que compõem a carteira sugerida pelo presente trabalho, o período discreto, ou passos, para analisar a tendência e transições dos preços, serão definidos em seis meses consecutivos, assim, os dados serão trabalhados de forma mensal.

Ademais, serão definidos dois estados: um estado de preço positivo, caso o preço de fechamento atual da ação seja maior que o do período imediatamente anterior (tendência positiva); e o estado de preço negativo (tendência negativa), caso contrário.

2.5 Modelo de Markowitz

Conforme explica Bodie, Kane e Marcus (2015), uma carteira diversificada apresenta retorno esperado maior e desvio-padrão menor, se comparado com o investimento único. Assim, considerando o princípio da diversificação e dada as possibilidades de combinação de diversos ativos, a carteira eficiente será aquela que, para o mesmo nível de risco, apresente o maior retorno.

Vale ressaltar, porém, que a diversificação eficiente necessita considerar a covariância entre os ativos, o que, por sua vez, depende da correlação entre os mesmos. Tal fato se faz necessário, pois, de acordo com Assaf (2018) a redução do risco acontece quando os ativos apresentam um grau de relação inversa, ou seja, seus retornos respondem de maneira contrária as expectativas, de forma a se compensarem.

O modelo de portfólio que considera tais pressupostos, conforme explicitado por Bodie, Kane e Marcus (2015) é o desenvolvido por Markowitz, e considera, portanto, que o retorno esperado e desvio-padrão de uma carteira são obtidos, respectivamente por:

$$E(r_p) = \sum_{i=1}^{n} w_i E(r_i) \quad (4)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} w_i \, w_j COV(r_i r_j) \quad (5)$$

Portanto, o retorno esperado da carteira depende do retorno individual de cada ativo, E((*ri*), e do peso, wi, que cada ativo terá na composição do portfólio. Já o risco depende, além dos pesos, da covariância entre os investimentos, COV ((*ri*, (*rj*), devido a importância da relação inversa entre os mesmos para a redução do risco.

No presente trabalho, será feito a otimização com base em minimização de risco, e o retorno dado será calculado pela própria otimização do modelo, considerando o equilíbrio e eficiência entre essas duas variáveis. Vale frisar que no processo de minimização de risco também será considerado a posição longa (de compra) e que os dados, assim como nas cadeias de Markov, serão mensais.

2.6 Base de dados

Considerando as hipóteses apresentadas no início da presente seção, foi feito um processo de filtragem nas plataformas Economatica e YF, ponderando, em tal processo, o período de análise da presente pesquisa, a saber, de janeiro de 2012 a dezembro de 2022. Assim, respeitando tais hipóteses e a disponibilidade de informações no período selecionado, obteve-se dez ativos, conforme detalhados na tabela abaixo.

Tabela 1 – Descrição dos ativos, período de análise e fonte de dados

Ativo	Sigla	Setor	Intervalo de tempo	Fonte
Ambev S/A	ABEV3	Alimentos e bebidas	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Eternit	ETER3	Minerais não metais	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Ferbasa	FESA4	Siderurgia e Metalurgia	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Itausa	ITSA4	Outros	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Klabin/SA	KLBN4	Papel e Celulose	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Metal Leve	LEVE3	Veiculos e peças	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Petrobras	PETR4	Petróleo e gás	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Tegma	TGMA3	Transporte e serviços	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Vale	VALE3	Mineração	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF
Weg	WEGE3	Máquinas industriais	jan.2012 - dez.2022	Economatica e YF

Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Percebe-se, analisando a tabela acima, que o portfólio apresenta um certo grau de diversificação no que tange a área de atuação das empresas; é perceptível, também, que a maioria das ações são indústrias consolidadas no mercado mobiliário brasileiro, como a Petrobras, Ambev e Vale. Diante da seleção, os dados obtidos de tais empresas referem-se aos preços de fechamento diário, e suas estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Estatística descritiva dos ativos selecionados

Ativo	Média	Mediana	Máx	Mín.	Desvio Padrão	Curtose	Obs.
ABEV3	13.78	14.17	20.37	6.95	2.41	0.33	2721
ETER3	10.48	10.49	30.94	1.53	5.95	-0.89	2721
FESA4	15.22	7.97	57.38	3.25	13.97	1.00	2721
ITSA4	5.68	5.30	10.47	2.23	2.43	-1.53	2721
KLBN4	2.68	2.55	5.54	0.96	1.06	-0.54	2721
LEVE3	16.41	14.79	35.68	6.98	4.92	0.97	2721
PETR4	9.78	8.34	33.00	1.85	5.23	2.71	2721
TGMA3	16.32	16.04	36.62	2.32	6.93	-0.21	2721
VALE3	33.41	22.31	94.87	5.58	23.04	0.12	2721
WEGE3	12.79	6.73	44.47	2.16	12.01	-0.28	2721

Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

De acordo com a tabela 2, os ativos com as mais elevadas médias, são: VALE3 (33.41), LEVE3 (16.41) e TGMA3 (16.32). Em sentido contrário, KLBN4 (2.68), ITSA4 (5.68) e PETR4 (9.78) apresentam as médias menores no período selecionado. De forma similar, as maiores medianas são da VALE3 (22.31), TGMA3 (16.04) e LEVE3 (14.79). Por outro lado, KLBN4 (2.55) e ITSA4 (5.30), seguida da WEGE (6.73) apresentaram os menores resultados.

Seguindo essa linha de raciocínio, nota-se que os destaques de pontos de máximos, são: VALE3 (94.87), FESA4 (57.38) e WEGE3 (44.47); e os menores pontos de são protagonizados por KLBN4 (5.54), ITSA4 (10.47) e ABEV (20.37). Do lado oposto, os maiores pontos de mínimo são da LEVE3 (6.98), ABEV3 (6.95) e VALE3 (5.58); e os pontos mais baixos são da KLBN4 (0.96), ETER3 (1.53) e PETR4 (1.85).

Nesse contexto, a VALE3 (23.04), FESA4 (13.97) e WEGE3 (12.01) apresentam altas no quesito desvio-padrão; e a KLBN4 (1.06), ABEV3 (2.41) e ITSA4 (2.43) mostram os menores resultados. Segundo Barboza e Zilberman (2018); Souza, Zabot e Caetano (2019) e Chavez (2022), o desvio-padrão é um indicador importante e bastante utilizado nos estudos sobre a análise da incerteza econômica, mercado financeiro e demais variáveis; pois mede o nível de volatilidade dos itens selecionados. Por fim, os maiores números da curtose são da FESA4 (1.00), LEVE3 (0.97) e ABEV (0.33); e os pontos mínimos dessa métrica são da ITSA4 (-1.53), ETER3 (-0.89) e KLBN4 (-0.54).

3. RESULTADOS

3.1 Teste do coeficiente de correlação

Nesta subseção deseja-se descrever as variáveis utilizadas, período de análise, abrangência territorial do estudo, tamanho da amostra e as fontes de dados, bem como apresentar uma tabela com uma sumarização estatística das variáveis usadas (média, mediana, máximo, mínimo desvio padrão, curtose e número de observações).

Tabela 3 – Teste de coeficiente de correlação dos ativos selecionado

Ativo	ABEV3	ETER3	FESA4	ITSA4	KLBN4	LEVE3	PETR4	TGMA3	VALE3	WEGE3
ABEV3	1,00	-0,47	0,27	0,54	0,40	0,47	0,12	-0,13	0,19	0,18
ETER3	-0,47	1,00	0,09	-0,43	-0,10	-0,03	0,04	-0,04	0,14	0,06
FESA4	0,27	0,09	1,00	0,72	0,74	0,88	0,88	0,24	0,92	0,83
ITSA4	0,54	-0,43	0,72	1,00	0,76	0,74	0,69	0,47	0,75	0,73
KLBN4	0,40	-0,10	0,74	0,76	1,00	0,69	0,57	0,15	0,82	0,92
LEVE3	0,47	-0,03	0,88	0,74	0,69	1,00	0,72	0,21	0,78	0,71
PETR4	0,12	0,04	0,88	0,69	0,57	0,72	1,00	0,45	0,82	0,71
TGMA3	-0,13	-0,04	0,24	0,47	0,15	0,21	0,45	1,00	0,36	0,27
VALE3	0,19	0,14	0,92	0,75	0,82	0,78	0,82	0,36	1,00	0,90
WEGE3	0,18	0,06	0,83	0,73	0,92	0,71	0,71	0,27	0,90	1,00

Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

De acordo com a tabela acima, nota-se um cenário misto com as variáveis correlacionadas em diferentes graus (nula, fraca, regular, forte, muito forte e plena). Seguindo essa linha de raciocínio, destaca-se as seguintes combinações classificadas

como muito forte: KLBN4 - WEGE3 (0.92) e VALE3 - FESA4 (0.92). Por outro lado, percebe-se que a ETER3 - FESA4 (0.09) e KLBN4 - TGMA3 (0.15) são combinações correlacionadas fracamente.

Nesse sentido, é importante afirmar que quanto menor for o coeficiente de correlação entre os ativos, mais diversificada será a carteira de investimentos. Nessa perspectiva, é interessante ao investidor manter um portfólio com baixos graus de correlação, pois indicará que há a diversificação entre os ativos, bem como reduzindo os riscos de prejuízos.

Outro elemento relevante apresentado na tabela 3 refere-se aos casos de correlações negativas, nas quais o aumento numa variável indica um decréscimo nos seus pares. Nesse sentido, a ETER3 mostra diversas correlações negativas, por exemplo: ETER3 - ABEV3 (-0.47) e ETER3 - ITSA4 (-0.43).

3.2 Retorno da carteira de investimentos baseado no CAPM

Nesta subseção busca-se uma comparação entre os retornos esperados do portfólio selecionado com os retornos de mercado.

Figura 1 – Comparação entre os retornos calculados pelo CAPM vs retornos



Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

De acordo com a figura 1, observa-se que os retornos via CAPM alcançam diversos pontos extremos de alta e baixa. Esse resultado pode indicar que o proprietário dessa carteira de investimento estar propenso ao risco e buscando retornos elevados. Seguindo essa linha de raciocínio, é importante afirmar que essa volatilidade deve ser suavizada por meio do aumento de números de ativos contidos no portfólio.

É através da volatilidade (medida β) dos ativos que se pode estabelecer a relação desses retornos. Nos testes feitos, foi possível identificar que, dentre os ativos escolhidos, PETR4, TGMA3 e ETER3 são mais voláteis com medida β = 1.74, 1.38 e 1.25, respectivamente. Por outro lado, os ativos KLBN4, WEGE3 e ABEV3 são menos voláteis com β = 0.38, 0.40 e 0.46, respectivamente.

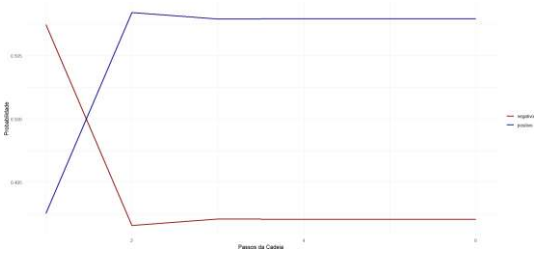
Em uma análise temporal, nota-se que de 2012 à 2014 a carteira tem comportamento muito similar ao mercado, enquanto nos anos de 2015 à meados de 2016 o mercado se comporta melhor para o investidor, com maiores retornos positivos e menores picos de retornos negativos. Nota-se ainda que a partir de 2019 a volatilidade da carteira objeto do trabalho, aumenta em relação ao mercado de referência. Neste caso, os picos de retornos negativos são maiores do que o mercado e os picos de retornos positivos também superam a referência.

Em valor absoluto, pode-se observar ainda que a carteira selecionada atinge seu menor retorno no segundo trimestre do ano de 2020, o que pode ser explicado pela origem da pandemia da COVID-19 e, por outro lado, atinge seus maiores picos de retornos positivos na transição dos anos de 2020 e 2021, e nos últimos meses do ano de 2022. Tendo esses retornos positivos, inclusive, bem superiores ao que é alcançado pelo mercado.

3.3 Probabilidade de transição de estados dos ativos

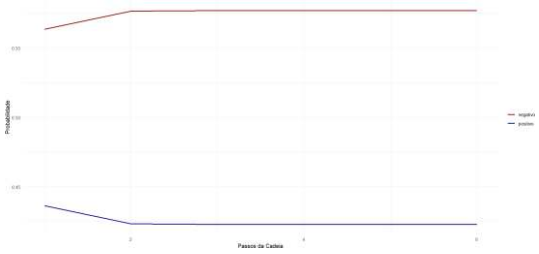
Nesta subseção pretende-se analisar a aplicação das cadeias de Markov, ou seja, a probabilidade do retorno dos ativos que compõem a carteira selecionada, serem positivos e/ou negativos. As figuras abaixo (2-11) apresentam os resultados para as dez ações selecionadas.

Figura 2 – ABEV3



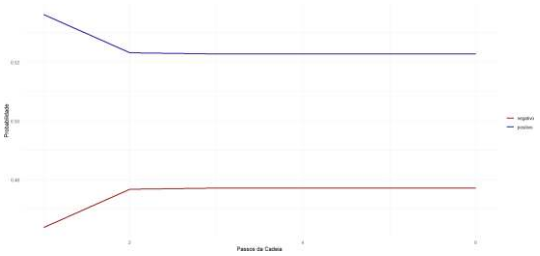
Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 3 – ETER3



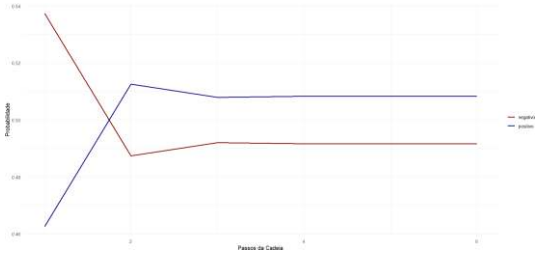
Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 4 – FESA4



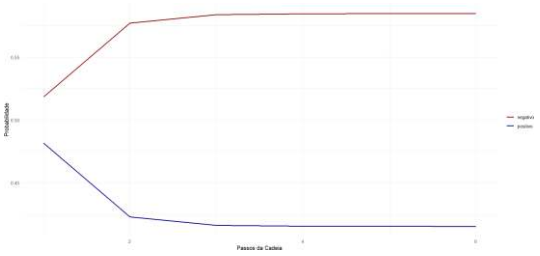
Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 5 – ITSA4



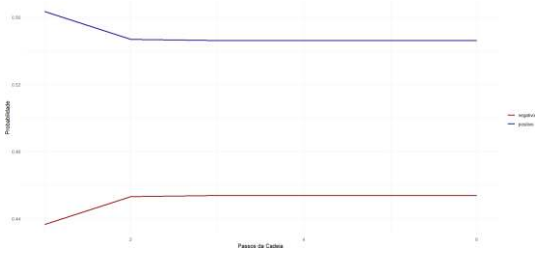
Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 6 – KLBN4



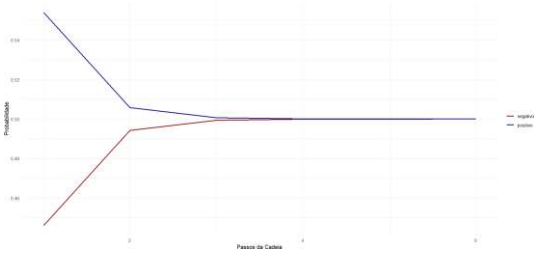
Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 7 – LEVE3



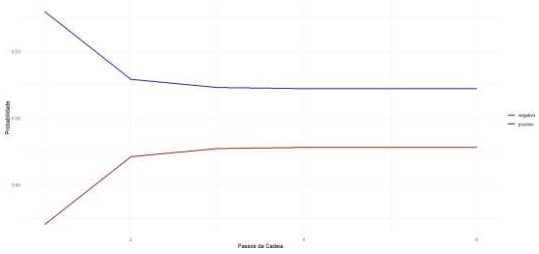
Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 8 – PETR4



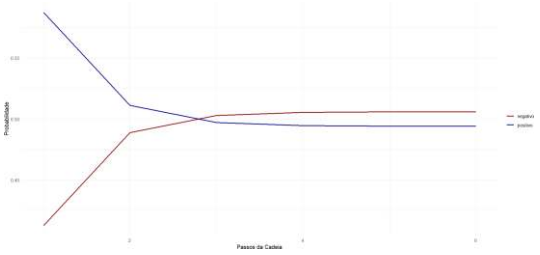
Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 9 – TGMA3



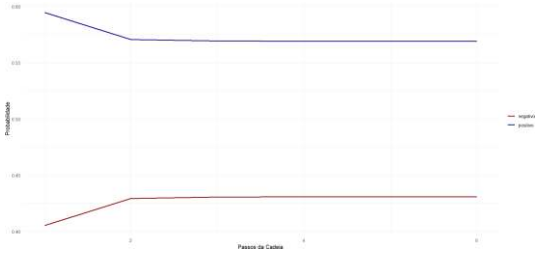
Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 10 – VALE3



Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Figura 11 – WEGE3



Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Observa-se, a partir dos resultados acima, que as ações ABEV3, FESA4, LEVE3 e WEGE3, apresentam uma probabilidade acima de 0,5 para resultados positivos a partir do segundo mês. Ademais, a probabilidade de tais resultados positivos fica acima, significativamente, da probabilidade de preços negativos em todos os passos em diante. Assim, tais ações, apresentam fortes tendências de contribuírem positivamente para o retorno do portfólio.

Ainda, duas ações que apresentam resultados positivos, porém, mais baixos que as ações acima, são as ITSA4 e TGMA3. Ao analisar as estatísticas descritivas das 6 ações, percebe-se que as mesmas apresentam, ao mesmo tempo, um desvio-padrão menor e retorno mínimo maior se comparado com as demais ações que compõem a

carteira estudada. Tal tendência de positividade, portanto, é justificado pela histórico das ações, que apresentam um desempenho mais favorável com menor volatilidade.

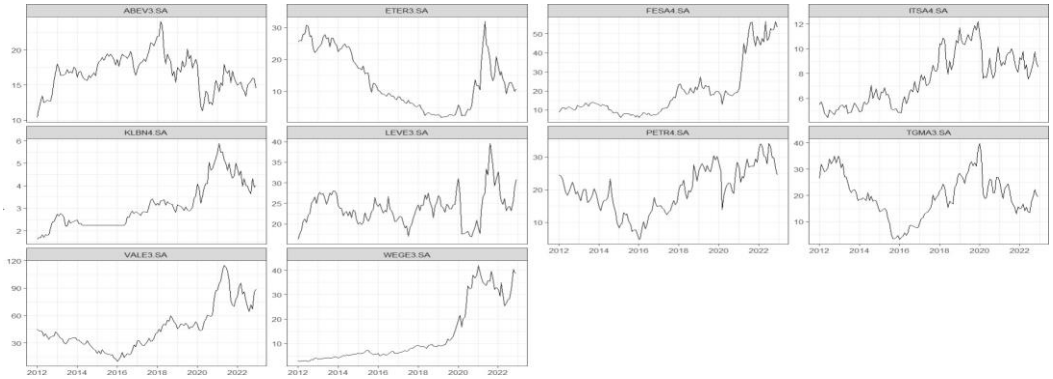
No que tange as ações ETER3, KLBN4 e VALE3, ocorre o inverso, as mesmas apresentam uma probabilidade maior de resultados negativos; para as duas primeiras, tal tendência inicia-se no passo 2, enquanto para a última é a partir do passo 3. As três ações apresentam um retorno mínimo muito baixo e/ou desvio-padrão do retorno muito elevado, afetando tal tendência.

Por fim, a ação da PETR4 apresenta uma probabilidade igual, a partir do passo 3, para preços negativos e positivos. Tal fato pode ser justificado, principalmente, pela falta de uma tendência clara sobre a alta e baixa do preço do ativo em questão.

3.4 Otimização da carteira de ativos

O primeiro passo para otimização do portfólio selecionado pela presente pesquisa, é obter, graficamente, a série temporal de preço de fechamento diário para cada ação. A figura 12 abaixo apresenta tal resultado, demonstrando uma grande variação dos preços ao longo do tempo para todas elas.

Figura 12 – Cotações de cada ativo que compõe a carteira de investimentos.

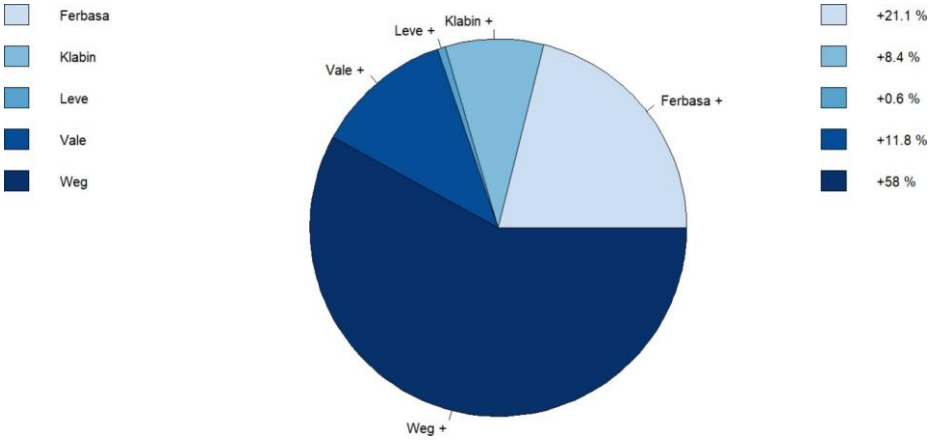


Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Após a construção da série, é possível combinar os retornos de cada ação, para, finalmente, obter os pesos ideais de cada uma delas na composição ótima da carteira analisada. É possível perceber, pela figura 13, que os ativos ABEV3, ETER3, ITSA4,

PETR4 e TGMA3 apresentaram pesos 0 após a otimização, de modo que não foram selecionados para a carteira.

Figura 13 – Peso para cada ativo que compõe a carteira de investimentos.



Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Como o objetivo da otimização foi minimizar o risco, uma justificativa para tal exclusão dos ativos é que os mesmos podem aumentar o risco da carteira como um todo e, ao mesmo tempo, não contribuir para o equilíbrio entre risco e retorno do portfólio.

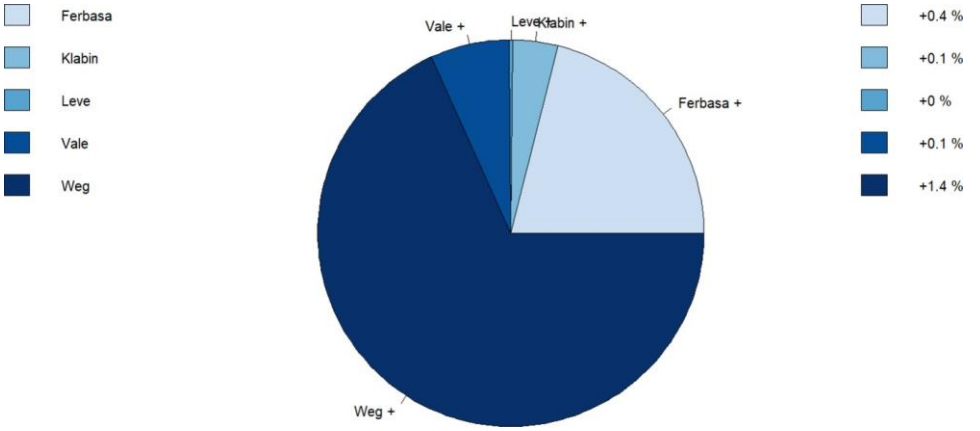
Assim, conforme a figura 13 acima, é possível perceber que o ativo com maior peso é o WEGE3, compondo, aproximadamente, 57,97% da carteira. Tal resultado é obtido, pois este é o ativo que, dentre os não excluídos, apresentou curtose negativa, e, ao mesmo tempo, maior retorno.

A curtose negativa implica, conforme Milhomem e Dantas (2020), que a distribuição dos retornos do ativo é mais extrema que uma distribuição normal, o que significa que o ativo

contribui significativamente na diversificação do risco, já que diminui a correlação com os demais ativos que compõem a carteira. O ativo FESA4 fica com o segundo peso, pela mesma justificativa.

Assim, com os pesos determinados é possível verificar a contribuição de cada ativo para o retorno total do portfólio. As contribuições maiores são, como consequência da explicação acima, dos ativos WEGE3 e FESA4. A figura 14 abaixo mostra os resultados.

Figura 14 – Retorno de peso para cada ativo que compõe a carteira de investimentos.



Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Como o presente artigo considera a série temporal de jan. 2012 a dez. 2022, conforme apresentado anteriormente. Todavia, ao longo das pesquisas, surgiu o seguinte questionamento: será que diferentes janelas de tempo proporcionam alterações significativas nos retornos dos ativos? Para responder essa indagação usou-se o modelo de Markowitz para onze janelas temporais distintas, conforme apresentado na tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Modelo de Markowitz com múltiplas janelas temporais.

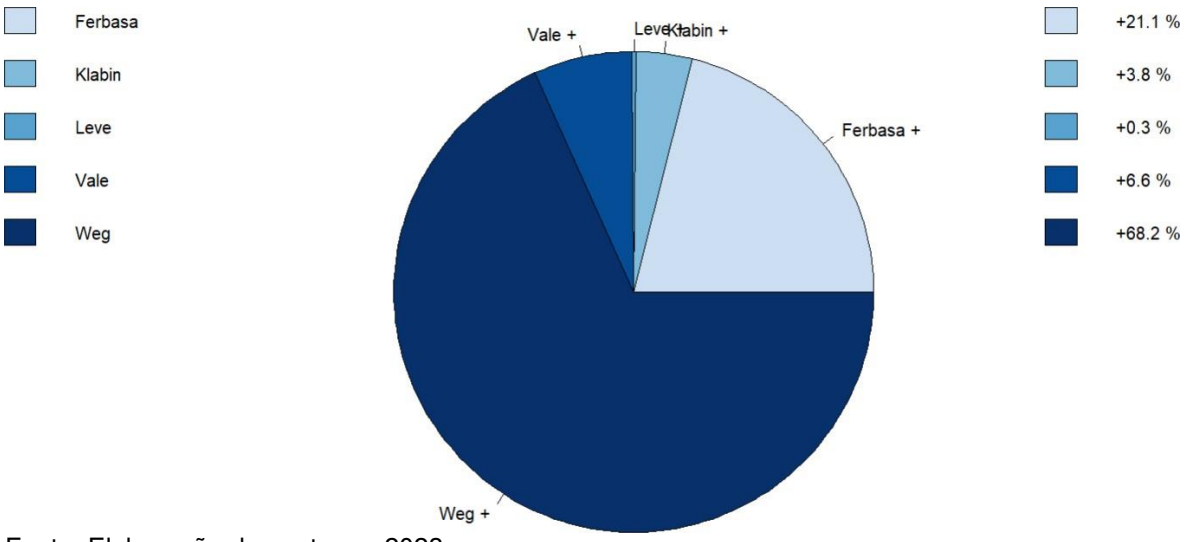
Data/Ativo	ABEV	ETER	FESA	ITSA	KLBN	LEVE	PETR	TGMA	VALE	WEGE
2012-2022	0,00	0,00	0,21	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	0,12	0,58
2013-2022	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,64
2014-2022	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,63
2015-2022	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50
2016-2022	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,32	0,42
2017-2022	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,48
2018-2022	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,51
2019-2022	0,00	0,05	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,51

2020-2022	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,37
2021-2022	0,09	0,00	0,64	0,00	0,00	0,03	0,12	0,00	0,00	0,12
2022-2022	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,24	0,32

Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Percebe-se que os pesos para as ações com participação zero não apresentaram resultados diferentes para a maioria das janelas de tempo, reforçando, assim, o resultado já encontrado na otimização para o período completo. Quanto ao risco total da carteira, a figura 15 mostra que os ativos que mais contribuem para o mesmo é, também, os ativos que possuem maior peso percentual em sua composição, consequência de tal participação, e que ainda assim, é o resultado que minimiza o risco total da mesma.

Figura 15 – Orçamentos de risco de covariância.

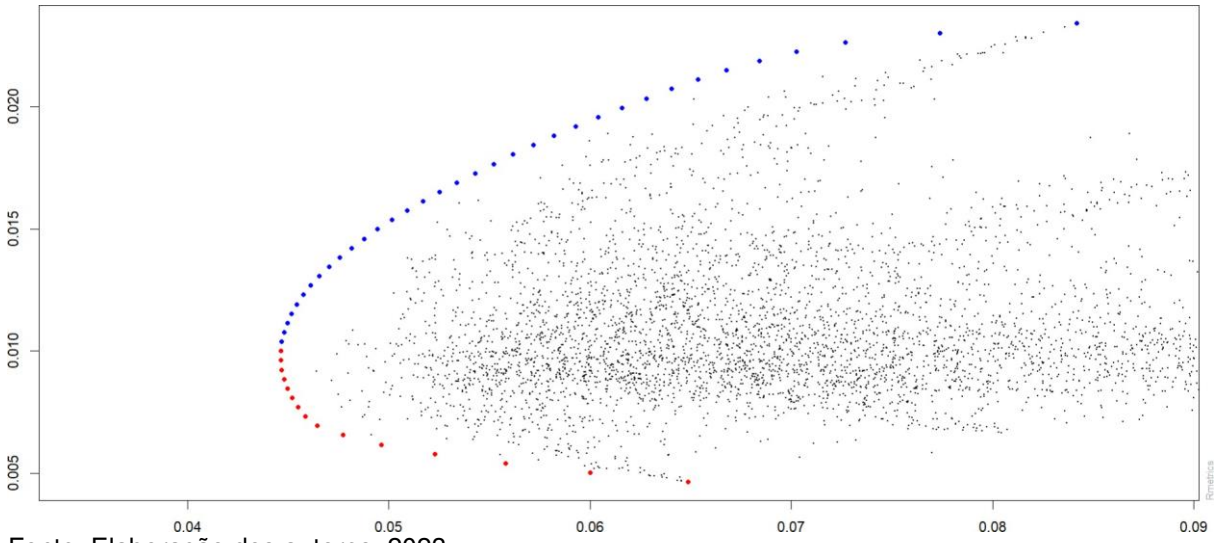


Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

Diante do exposto, é possível traçar a fronteira eficiente de Markowitz, que mostra as possíveis combinações de carteiras, ponderando o risco vs retorno. A figura 16 mostra tal fronteira para os resultados de otimização calculados, de modo que os pontos

vermelhos são os ativos excluídos das possibilidades de composição (baixos retornos para o mesmo nível de risco), e os azuis são os ativos incluídos.

Figura 16 – Fronteira eficiente de Markowitz para a carteira de investimentos.



Fonte: Elaboração dos autores, 2023.

A carteira ótima está sob tal fronteira e apresenta, portanto, um retorno de 1,99% e um risco total de 8,29%, risco este que é mínimo para o retorno calculado na otimização e para os ativos selecionados. Vale frisar que os pontos inseridos no gráfico foram gerados a partir da simulação de Monte Carlo e ajudam a identificar o trade-off entre retorno e risco.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo objetivou analisar um conjunto de ativos listados na bolsa de valores brasileira, no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2022; tendo como objetivos específicos: i) identificar a correlação entre os ativos; ii) mensurar a relação de risco e valor esperado aplicado ao CAPM; iii) calcular a probabilidade de transição de tendência em determinado espaço de tempo; e iv) apresentar uma carteira de ativos com seus respectivos pesos e retornos.

A priori, observou-se o coeficiente de correlação dos ativos selecionados. O teste mostrou que, majoritariamente, as correlações são positivas, porém com diferentes graus.

Ademais, percebeu-se que as únicas combinações correlacionadas negativamente envolvem, pelo menos, a ETER3 ou TGMA3.

Em seguida, calculou-se o retorno da carteira de investimentos, considerando o CAPM. Os resultados apontam que os retornos alcançados indicam comportamentos extremos em ganhos e perdas; enquanto os retornos de mercado são menos voláteis.

Além disso, visando atender o terceiro objetivo específico do presente trabalho, calculou- se as as cadeias de Markov que, por sua vez, mostraram que a maior parte dos ativos selecionados têm probabilidades de transição positiva, ou seja, o preço no tempo presente é maior do que o preço no tempo passado.

Por fim, calculou-se os pesos e retornos para a carteira selecionada via o modelo de Markowitz. Nesse sentido, verificou-se que a WEGE3 e FESA4 ocupam quase 70% de peso e obtém os retornos mais altos. Além disso, notou-se que a alteração na janela de tempo não provoca uma modificação significativa nos pesos dos ativos.

Em pesquisas futuras, recomenda-se aumentar o conjunto de ativos selecionados, dessa forma, espera-se que os retornos do CAPM sejam menos voláteis ao longo da série de tempo. Ademais, sugere-se identificar quais os ativos que impactam mais nas bolsa de valores brasileira e suas respectivas justificativas.

REFERÊNCIAS

ASSAF, A. N. **Mercado Financeiro**. [S.l.: s.n.], 2018. 482 p. ISBN 978-85-97-01805-9.

BARBOZA, R. d. M.; ZILBERMAN, E. Os efeitos da incerteza sobre a atividade econômica no brasil. **Revista Brasileira de Economia**, SciELO Brasil, v. 72, p. 144–160, 2018.

BODIE, Z.; KANE, A.; MARCUS, A. J. **Investimentos**. [S.l.]: AMGH, 2015.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. [S.l.]: Artmed Editora, 2009.

CHAVEZ, R. M. **Incerteza política econômica e decisões de investimento: evidências para o Brasil**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2022.

COELHO, M. S. et al. Diversificação do risco de um portfólio de ativos modelo de Markowitz. **Revista eletrônica do departamento de ciência contábeis e departamento de atuária e métodos quantitativos da FEA**, v. 7, p. 19–34, 2021.

CORNETT TROY A. ADAIR JR., J. N. M. M. **Finanças**. [S.l.: s.n.], 2013. 231 p. ISBN 978-85-8055-215-7.

GUJARATI, D. **Econometria: princípios, teoria e aplicações práticas**. Saraiva Educação SA, 2019.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HILL, R. C.; JUDGE GEORGE, G.; GRIFFITHS, W. E. **Econometria**. [S.l.]: Saraiva Editora, 2010.

HUNDAL, S.; ESKOLA, A.; TUAN, D. *Risk–return relationship in the Finnish stock market in the light of Capital Asset Pricing Model (CAPM).* ***Journal of Transnational Management***, p. 1–18, 2019. ISSN 1547-5778.

MILHOMEM, D. A.; DANTAS, M. J. P. *Analysis of new approaches used in portfolio optimization: a systematic literature review*. ***Systematic Review***, 2020.

PETKOVIC, N.; BOZINOVIC, M.; STOJANOVIC, S. ***Portfolio optimization by applying markov chains***., 2018.

PRAMONO, P. E. S. et al. *Analysis Investor Index Indonesia with Capital Asset Pricing Model (CAPM)*. ***Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT),*** v. 40, p. 35–46, 2022. ISSN 2655-8807.

SOUZA, M. C. d.; ZABOT, U. C.; CAETANO, S. M. Dinâmica e transição da incerteza no brasil: Uma investigação de autorregressão quantílica. **Estudos Econômicos** (São Paulo), SciELO Brasil, v. 49, p. 305–335, 2019.

SVOBODA, M.; RIHOVá, P. *Stock price prediction using markov chains analysis with varying state space on data from the czech republic*. **EM Economics and Management**, 2021.

TSUJI, C. *An Exploration of the Time-varying Beta of the International Capital Asset Pricing Model: The Case of the Japanese and the Other Asia-Pacific Stock Markets*. ***Accounting and Finance Research***, p. 86–93, 2017.

VIEIRA, A. S.; MENDES, D. A. A. Análise ótima para portfólio de investimentos aplicando o modelo de Markowitz. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, p. 91–119, 2022.