

XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

**APLICAÇÃO DE PESQUISA OPERACIONAL PARA CONSTRUÇÃO DE UMA
CARTEIRA DE INVESTIMENTOS MULTIPERÍODOS**
**APPLICATION OF OPERATIONAL RESEARCH TO BUILD A MULTI-PERIOD
INVESTMENT PORTFOLIO**
**APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN OPERACIONAL PARA CONSTRUIR UNA
CARTERA DE INVERSIONES MULTIPERÍODO**

Pedro Henrique Cardoso¹

Área Temática: Economia Internacional e Finanças

JEL Code : (<https://www.aeaweb.org/econlit/jelCodes.php?view=jel&print>)

Resumo: O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo a construção de uma carteira de investimentos formada por ativos negociados na BOVESPA para o ano de 2024, utilizando como principal ferramenta a Pesquisa Operacional, e adentro dessa ciência matemática, utilizar teorias do universo da Economia, como por exemplo a Teoria de Markowitz. A modelagem matemática se deu através da utilização de equações lineares, construindo um problema de Programação Linear para a otimização de um portfólio de investimentos, no qual a solução desse problema é fornecido por meio do Método Simplex, com o auxílio do software MATLAB. Os ativos inseridos na pesquisa, se referem a uma análise do desempenho dos mesmos referente ao ano de 2023, na qual foram analisados os dez melhores ativos durante esse período, e selecionados os cinco ativos que tiveram as melhores correlações. O trabalho também foi acrescido com conceitos de Matemática Financeira e de alguns Parâmetros Estatísticos.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; Teoria de Markowitz; Programação Linear; Método Simplex; Matemática Financeira.

Abstract: The present research work aimed to build an investment portfolio formed by assets traded on BOVESPA for the year 2024, using Operational Research as the main tool, and within this mathematical science, use theories from the universe of Economics, such as example the Markowitz Theory. Mathematical modeling took place through the use of linear equations, constructing a Linear Programming problem for optimizing an investment portfolio, in which the solution to this problem is provided through the Simplex Method, with the help of MATLAB software. The assets included in the research refer to an analysis of their performance for the year 2023, in which the ten best assets during this period were analyzed, and the five assets that had the best correlations were selected. The work was also added with concepts of Financial Mathematics and some Statistical Parameters.

Key-words: Operational Research; Markowitz Theory; Linear Programming; Simplex Method; Financial Math.

Resumen: El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo construir un portafolio de inversiones formado por activos negociados en BOVESPA para el año 2024, utilizando como herramienta principal la Investigación Operativa, y dentro de esta ciencia matemática, utilizar teorías

¹ Universidade Federal de São Carlos Campus Sorocaba; Brasil; <https://orcid.org/0009-0005-7512-3763>; pedrohenriquecardoso@estudante.ufscar.br.



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

del universo de la Economía, como por ejemplo la Teoría de Markowitz. El modelado matemático se realizó mediante el uso de ecuaciones lineales, construyendo un problema de Programación Lineal para la optimización de un portafolio de inversiones, en el cual la solución a este problema se brinda a través del Método Simplex, con ayuda del software MATLAB. Los activos incluidos en la investigación hacen referencia a un análisis de su desempeño para el año 2023, en el que se analizaron los diez mejores activos durante este período y se seleccionaron los cinco activos que tuvieron mejores correlaciones. El trabajo también se sumó con conceptos de Matemática Financiera y algunos Parámetros Estadísticos.

Palabras-clave: Investigación Operativa; Teoría de Markowitz; Programación lineal; Método Simplex; Matemática Financiera.

Introdução.

A Pesquisa Operacional (PO) se define como a ciência matemática que possui como principal objetivo a aplicação de diversos métodos científicos para a resolução de inúmeros problemas detentores de uma alta complexidade. A PO desempenha de maneira fundamental o papel de ferramenta para o auxílio na tomada de decisões, e de otimização da operação de recursos finitos.

A Programação Linear (PL) se estabelece como um modelo matemático empregado para descrever um determinado problema, na qual a palavra "linear" evidencia que todas as funções matemáticas existentes adentro desse modelo são funções lineares, enquanto a palavra "programação" se compreende como sinônimo de "planejamento".

O Método Simplex é um algoritmo utilizado para a busca de soluções de problemas de otimização linear, na qual o mesmo possibilita que computacionalmente consigam resolver problemas com um alto número de variáveis e restrições, e respectivamente encontrar a solução ótima do PPL de maneira eficiente. Ele se determina como um algoritmo de busca, que inicia sua procura em um vértice existente na região factível, e desloca-se pelos outros vértices do espaço factível, até obter o vértice ótimo, que contém a solução ótima do problema

Procedimentos Adotados.

• Previsão para o Cenário Econômico para o ano de 2024:

O ano de 2023, foi marcado no Brasil pelo início do corte das taxas de juros, na qual a taxa Selic terminou o ano em 11,75%. Os especialistas apontam que os juros continuem caindo ainda mais, sendo que segundo o Banco Central do Brasil, a projeção é que os juros cheguem a 9% no final do ano. Os investidores ficaram também mais otimistas, por inúmeros avanços políticos-fiscais aprovados pelo Congresso Nacional, como o arcabouço fiscal, a reforma tributária e o orçamento federal para 2024. A meta de inflação prevista pelo governo federal para o ano de 2024 é de 3%, e em abril de 2024 o IPCA (Índice de Preços ao Consumidor), o índice oficial de inflação do país, marcou 3,69%, sendo esse o IPCA acumulado de 12 meses.



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

- Modelagem da Carteira:

Tabela 1 - Correlação entre os Ativos

	VALE3	GOGL34	WEGE3	CSAN3	SBSP3	JBSS3	PETR4	DISB34	ITUB4	RADL3
VALE3	1									
GOGL34	-0,1607	1								
WEGE3	0,4036	-0,1290	1							
CSAN3	0,4539	0,0284	0,5284	1						
SBSP3	0,2514	0,3316	0,0590	0,6264	1					
JBSS3	0,5274	-0,3840	0,1980	0,5603	0,3486	1				
PETR4	0,0171	-0,2096	-0,0818	0,5103	0,2972	0,2091	1			
DISB34	0,5701	-0,0138	0,0888	-0,0336	-0,1860	0,0389	-0,0850	1		
ITUB4	0,3351	-0,1513	0,4511	0,7276	0,5559	0,6465	0,3455	0,2260	1	
RADL3	-0,0527	0,5032	0,1854	0,5481	0,5339	-0,0682	0,3580	0,0787	0,5087	1

Tabela 2 - Rendimento percentual médio dos cinco melhores ativos no ano de 2023

Ano	GOGL34	SBSP3	JBSS3	PETR4	DISB34
2023	3,2967%	2,9017%	1,8008%	5,2992%	-0,0242%

Levando em conta, que os ativos escolhidos GOGL34, SBSP3, JBSS3, PETR4 e DISB34 possuem um retorno individual médio anual de u_1 , u_2 , u_3 , u_4 e u_5 , respectivamente.

$$R_p = x_1u_1 + x_2u_2 + x_3u_3 + x_4u_4 + x_5u_5$$

no qual:

x_1 : peso do ativo GOGL34 (ALPHABET);

x_2 : peso do ativo SBSP3 (SABESP);

x_3 : peso do ativo JBSS3 (JBS);

x_4 : peso do ativo PETR4 (PETROBRÁS);

x_5 : peso do ativo DISB34 (WALT DISNEY).

- Modelagem da Carteira de Investimento em um Problema de Programação Linear:

Maximizar $f(x) = 0,032967x_1 + 0,029017x_2 + 0,018008x_3 + 0,052992x_4 - 0,000242x_5$

Sujeito a $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$

e $x_1 \geq 0$, $x_2 \geq 0$, $x_3 \geq 0$, $x_4 \geq 0$, $x_5 \geq 0$.

A resolução desse problema de otimização linear, se deu através de uma aplicação do Método Simplex com o uso do software MATLAB e da linha de comando Linprog, e a solução desse problema seria:

$$x_4 = 1 \text{ ou } x_4 = 100\%$$

E a função objetivo otimizada desse problema, ou seja a taxa de retorno da carteira (R_p) valeria:

$$f(x) = 0,052992 \text{ ou } f(x) = 5,2992\%.$$



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

Resultados e discussão.

Matematicamente, investir todo o capital em um único ativo pode ser seguro e rentável, mas em contrapartida, esse procedimento é demasiadamente arriscado, pois não ocorre a diversificação dos investimentos, como a Teoria de Markowitz defende. A empresa que detém o ativo, a mesma pode sofrer algum dano, podendo culminar em um enorme prejuízo para o investidor que aplicou todo o seu capital neste ativo.

Com o intuito de que o capital seja melhor distribuído entre os ativos, é necessário que outras restrições se juntem ao problema.

- **Carteira a ser Otimizada numa perspectiva no perfil de investidor moderado**

$$\text{Maximizar } f(x) = 0,032967x_1 + 0,029017x_2 + 0,018008x_3 + 0,052992x_4 - 0,000242x_5$$

$$\text{Sujeito a } x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$$

$$x_4 \leq 0,45$$

$$x_1 \geq 0,05$$

$$x_2 \geq 0,05$$

$$x_3 \geq 0,05$$

$$x_4 \geq 0,05$$

$$x_5 \geq 0,05$$

$$x_5 \leq 0,07$$

$$x_5 + x_2 \leq 0,3$$

$$x_1 + x_3 \geq 0,4$$

$$x_1 \leq 0,25$$

$$e \quad x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0.$$

Utilizando novamente o software MATLAB, e a linha de comando Linprog, para resolver o problema pelo Método Simplex, a otimização fornece os seguintes resultados:

$$f(x) = 0,037678950 \text{ ou } f(x) = 3,767895\%$$

$$x_1 = 0,2500 \text{ ou } x_1 = 25\%$$

$$x_2 = 0,1000 \text{ ou } x_2 = 10\%$$

$$x_3 = 0,1500 \text{ ou } x_3 = 15\%$$

$$x_4 = 0,4500 \text{ ou } x_4 = 45\%$$

$$x_5 = 0,0500 \text{ ou } x_5 = 5\%$$

Com essa informação, conseguimos determinar que a taxa de retorno da carteira diversificada foi menor que o portfólio não diversificado, mas em compensação a diversificação traz menores chances de riscos do que investir em apenas um único ativo.

Considerações Finais.

Não é possível construir um modelo de carteira ótima, pois cada uma delas é formada para um tipo



XVI ECOPAR

Encontro de Economia Paranaense

V International Meeting on Economic Theory and Applied Economics

II Jornada Internacional de Comunicação Científica

de perfil de investidor específico. Desta forma, observa-se que a formação de um portfólio, bem como sua modelagem, é algo extremamente pessoal. Por fim, investir em uma carteira ações podem ser benéfico para os indivíduos que têm a o discernimento de dar os passos corretos. Todo o estudo matemático presente nesta pesquisa serve para que este fim seja alcançado. A Matemática não garante na prática a rentabilidade dada em seus resultados, porém direciona o investidor para o horizonte que almeja, minimizando possíveis resultados indesejáveis.

Agradecimentos.

Esse trabalho contou com o apoio financeiro da PIBIC/CNPq/UFSCar (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) - Processo: **167007/2023-8**.

Referências

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R., YANASSE, H. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007;
BAZARAA, M. S.; JARVIS, J. J. **Linear Programming and Network Flows**. New Jersey: John Wiley & Sons, 1977;
ASSAF, A. **Mercado Financeiro**. São Paulo: Atlas, 2014.

