



**CONFORME SOLICITAÇÃO DO AUTOR, ESTA
PRODUÇÃO INTELECTUAL POSSUI
RESTRIÇÃO DE ACESSO**

**CAXIAS DO
SUL 2022**

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
MESTRADO PROFISSIONAL**

RAFAEL FERREIRA

**MODELO DE MÉDIA-VARIÂNCIA DE MARKOWITZ EM CONJUNTO COM
MODELO ARIMA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA MAXIMIZAÇÃO DE
RESULTADOS FINANCEIROS EM OPERAÇÕES APLICÁVEL EM ENGENHARIA**

CAXIAS DO SUL

2022

RAFAEL FERREIRA

**MODELO DE MÉDIA-VARIÂNCIA DE MARKOWITZ EM CONJUNTO COM
MODELO ARIMA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA MAXIMIZAÇÃO DE
RESULTADOS FINANCEIROS EM OPERAÇÕES APLICÁVEL EM ENGENHARIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia Mecânica pela Universidade de
Caxias do Sul.

Área de Concentração: Projeto e Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Luís Corso

CAXIAS DO SUL

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

F383m Ferreira, Rafael

Modelo de média-variância de Markowitz em conjunto com modelo ARIMA e inteligência artificial para maximização de resultados financeiros em operações aplicável em engenharia [recurso eletrônico] / Rafael Ferreira. – 2022.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2022.

Orientação: Leandro Luís Corso.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Pesquisa operacional. 2. Redes neurais (Computação). 3. Média móvel autoregressiva integrada. 4. Investimentos. 5. Inteligência artificial. I. Corso, Leandro Luís, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 519.8

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)
Márcia Servi Gonçalves - CRB 10/1500

RAFAEL FERREIRA

**MODELO DE MÉDIA-VARIÂNCIA DE MARKOWITZ EM CONJUNTO COM
MODELO ARIMA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA MAXIMIZAÇÃO DE
RESULTADOS FINANCEIROS EM OPERAÇÕES APLICÁVEL EM ENGENHARIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia Mecânica pela Universidade de
Caxias do Sul.

Área de Concentração: Projeto e Fabricação.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Luís Corso

Aprovado em 28/09/2022

Banca Examinadora

Prof. Dr. Leandro Luís Corso
Orientador
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Marcos Alexandre Luciano
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dra. Marilda Machado Spindola
Universidade de Caxias do Sul

Prof. Dr. Oscar Alfredo Garcia de Suarez
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

possível.

À minha família e a Deus, que tornam tudo

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por tornar possível a conclusão dessa importante fase de minha vida, que muito contribuiu para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus pais, Adilson e Edila, por serem sempre um exemplo a ser seguido, pelo apoio constante e por sempre me incentivarem a estudar e acreditar que o estudo é o caminho para uma vida melhor. Ao meu irmão Daniel, por sempre estar presente, apesar da distância, dando apoio as maiores decisões na minha vida.

A minha esposa Gisele pelo carinho, apoio e pela compreensão nas diversas vezes que precisei me ausentar para atingir esse grande objetivo. Ao meu filho Arthur, que me inspira a ser a cada dia uma pessoa melhor.

Ao meu sogro José Américo, pelas longas conversas e pelos constantes ensinamentos através do exemplo. A minha sogra Lourdes, por todo apoio prestado sempre.

A todos os professores do PPGMEC, pela contribuição em minha formação. Em especial ao meu amigo e orientador, professor Leandro Corso, por me apresentar a inteligência artificial, por incentivar-me a ingressar no mestrado e pelo apoio incondicional na construção desse trabalho.

Gostaria de agradecer também aos meus amigos e colegas de aula, em especial ao Rodrigo Biasuz, que me auxiliou diversas vezes na programação do meu modelo em Python.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram nessa jornada, o meu muito obrigado.

“Investir em conhecimento rende sempre os melhores juros.”

Benjamin Franklin

RESUMO

As expectativas sobre o resultado futuro dos mercados e das empresas são grandes responsáveis pelas suas cotações. A forma de variação dos dados envolvidos pode ser considerada como complexa, uma vez que vários métodos são desenvolvidos de forma a tentar realizar previsões e, ao mesmo tempo, gerar maiores retornos em investimentos como a renda variável, assunto que nos últimos anos tem despertado o interesse de uma parcela cada vez maior da população. No mercado financeiro, a possibilidade de obtenção de taxas de retorno acima das taxas obtidas em renda fixa é um dos principais fatores que levam a migração de recursos da renda fixa para a renda variável. Esse retorno maior está atrelado a um maior risco assumido pelo investidor, e utilizar de conhecimentos matemáticos para nortear a tomada de decisão é altamente recomendado. Esse trabalho visou o estudo e aplicação das Redes Neurais Artificiais (RNA) e do modelo autorregressivo integrado de médias móveis (ARIMA), assim como o modelo de Média-Variância de Markowitz no mercado de capitais brasileiro, com o objetivo de maximizar a criação de valor ao investidor por meio do controle de risco da carteira e da predição da cotação dos seus ativos. Para isso, utilizou-se critérios de seleção de ativos, para em seguida, prever a cotação das empresas listadas e posteriormente aplicar o modelo de Média-Variância para o cálculo dos percentuais de participação de cada ativo, montando assim a Carteira Otimizada. Para essa prognose, foi realizada uma comparação dos modelos de previsão de séries temporais em 243 dias de negociações da bolsa de valores brasileira (B3) no ano de 2021, com o uso de RNA e ARIMA. Resultados prévios mostram que a metodologia é capaz de gerar retornos financeiros, podendo ser aplicada a casos similares.

Palavras-chave: Redes Neurais Artificiais; ARIMA; Markowitz; Seleção de Portfólio.

ABSTRACT

Expectations about the future outcome of markets and companies are largely responsible for their quotations. The form of variation of the data involved can be considered complex, since several methods are developed in order to try to make predictions and, at the same time, generate greater returns in investments such as variable income, a subject that in recent years has awakened the interest of an increasing portion of the population. In the financial market, the possibility of obtaining rates of return above the rates obtained in fixed income is one of the main factors that lead to the migration of resources from fixed income to variable income. This greater return is linked to a greater risk assumed by the investor, and using mathematical knowledge to guide decision-making is highly recommended. This work aimed at the study and application of Artificial Neural Networks (ANN) and the integrated autoregressive moving averages model (ARIMA), as well as the Markowitz Mean-Variance model in the Brazilian capital market, with the objective of maximizing the creation of value to the investor by controlling the risk of the portfolio and predicting the price of its assets. For this, asset selection criteria were used, to then predict the quotation of listed companies and later apply the Mean-Variance model to calculate the participation percentages of each asset, thus creating the Optimized Portfolio. For this prognosis, a comparison of time series forecasting models was carried out in 243 trading days of the Brazilian stock exchange (B3) in the year 2021, using RNA and ARIMA. Previous results show that the methodology is capable of generating financial returns and can be applied to similar cases.

Keywords: Artificial Neural Networks; ARIMA; Markowitz; Portfolio Selection.