



SÁVIO CARDOSO GARCIA

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PORTFÓLIOS DE
INVESTIMENTOS, A PARTIR DE CRITÉRIOS ESG, NO
MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO**

**LAVRAS - MG
2025**

SÁVIO CARDOSO GARCIA

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PORTFÓLIOS DE INVESTIMENTOS, A PARTIR
DE CRITÉRIOS ESG, NO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Estratégia de Negócios Globais e Finanças Corporativas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. José Willer do Prado
Orientador

**LAVRAS - MG
2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Cardoso Garcia, Sávio .

Análise de Desempenho de Portfólios de Investimentos, a Partir de Critérios
ESG, no Mercado Acionário Brasileiro / Sávio Cardoso Garcia. - 2025.
158 p. : il.

Orientador: José Willer do Prado

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. ESG. 2. Precificação de Ativos. 3. Modelos ARCH. 4. Mercado Financeiro. I.
do Prado, José Willer . II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

SÁVIO CARDOSO GARCIA

**ANÁLISE DE DESEMPENHO DE PORTFÓLIOS DE INVESTIMENTOS, A PARTIR
DE CRITÉRIOS ESG, NO MERCADO ACIONÁRIO BRASILEIRO**

**PERFORMANCE ANALYSIS OF INVESTMENT PORTFOLIOS, BASED ON ESG
CRITERIA, IN THE BRAZILIAN STOCK MARKET**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Estratégia de Negócios Globais e Finanças Corporativas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de março de 2025.

Prof. Dr. Lélis Pedro de Andrade

Prof. Dr. André Luis Ribeiro Lima

Prof. Dr. Ednilson Sebastião de Ávila

IFMG

UFLA

UFLA

Prof. Dr. José Willer do Prado
Orientador

**LAVRAS - MG
2025**

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Lavras, a todos os servidores e professores do Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA-UFLA) e aos demais da universidade que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento. Meu agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

Diversas estratégias de investimentos em ativos financeiros têm sido propostas ao longo do tempo. Neste contexto, os analistas, gestores e investidores adotam diferentes abordagens na formação das carteiras de investimento. Por outro lado, alguns investidores estão inserindo critérios ambientais, sociais e de governança, como estratégia nas decisões de alocação de capital financeiro. Portanto, a presente pesquisa tem como objetivo investigar o desempenho dos portfólios de investimento formados a partir dos critérios ESG no mercado acionário brasileiro. A fim de atender essa proposta, foram desenvolvidos 3 artigos: O primeiro artigo foi realizado um levantamento da temática sobre a teoria do portfólio e a precificação de ativos financeiros nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, apoiando-se de ferramentas como o *R Studio*, *Excel* e o *EndNote*. No segundo artigo foi formado os portfólios com critérios ESG, E, S, G através da média-variância de Markowitz (1952) e das pontuações estabelecidas pela *Thomson Reuters Refinitiv ESG* e foi investigado se critérios ESG são considerados fatores de risco e se os modelos de precificação de ativos tradicionais com cinco fatores conseguem explicar os retornos dos portfólios ESG. Por último, os filtros estabelecidos anteriormente formaram fatores ESG, E, S e G, sendo incrementados em um modelo de precificação. Por fim, no terceiro artigo foram modelados a volatilidade condicional dos portfólios ESG, E, S, G, e dos índices de sustentabilidade e de governança e do Ibovespa no mercado acionário brasileiro, por meio das extensões do modelo ARCH e GARCH (EGARCH, TGARCH e APARCH). No primeiro artigo foi encontrado através de técnicas bibliométricas que trabalhos seminais como o de Markowitz (1952) e de Sharpe (1964) ainda são bases fundamentais para outras pesquisas. Na temática proposta, há um aumento de pesquisas incorporando outros fatores de risco, incluindo critérios ESG nos modelos de precificação. No segundo artigo, os portfólios com critérios ESG tiveram rentabilidade maior e menores *drawdowns* que os índices dos *benchmarks*. Os modelos de regressão revelaram que fatores ESG e de Governança (GOV) têm o poder de explicação dos retornos das ações brasileiras, induzindo que investidores estejam precificando práticas de sustentabilidade e de governança. Por fim, no último artigo, os portfólios ESG apresentaram maior persistência na volatilidade e efeito alavanca em comparação aos índices dos *benchmarks*. Fatores macroeconômicos e políticos podem estar ligados à amplificação da volatilidade das séries temporais analisadas. Essa pesquisa contribui para a literatura acadêmica sobre finanças sustentáveis, ao subsidiar a relação entre investimentos com critérios ESG, retorno e risco no mercado acionário brasileiro, ao levantar e explorar tendências de pesquisas sobre a temática proposta (Artigo 1), avaliação do retorno e risco desses portfólios ESG formados (Artigo 2) e por fim, uma análise mais apurada sobre risco, utilizando de modelos de volatilidade condicional (Artigo3).

Palavras-chave: ESG; precificação de ativos; modelos ARCH; mercado financeiro.

ABSTRACT

Various investment strategies in financial assets have been proposed over time. In this context, analysts, managers, and investors adopt different approaches in portfolio formation. On the other hand, investors are increasingly aware of environmental, social, and governance factors and, consequently, take such factors into account in allocation decisions. However, academic literature still lacks more studies on the effect of ESG criteria on investment portfolios, considering, primarily, an emerging country like Brazil. Therefore, the present research aims to investigate the performance of investment portfolios formed based on ESG criteria in the Brazilian stock market. To meet this objective, three articles will be developed: The first article conducted a thematic review on portfolio theory and asset pricing in the Web of Science and Scopus databases, using tools such as R Studio, Excel, and EndNote. The second article formed portfolios with ESG, E, S, and G criteria through Markowitz's (1952) mean-variance approach and the scores established by Thomson Reuters Refinitiv ESG. It investigated whether ESG criteria can be considered a risk factor and whether traditional asset pricing models can explain the returns of ESG portfolios. Lastly, the previously established filters will form ESG, E, S, and G factors, which will be incorporated into a pricing model. Finally, in the third article, the conditional volatility of ESG, E, S, and G portfolios, as well as sustainability and governance indices and the Ibovespa in the Brazilian stock market, was modeled using ARCH and GARCH model extensions (EGARCH, TGARCH, and APARCH). In the first article, bibliometric techniques found that seminal works such as Markowitz (1952) and Sharpe (1964) are still fundamental bases for other research. In the proposed theme, there is an increasing number of studies incorporating other risk factors, including ESG criteria in pricing models. In the second article, the portfolios had higher returns and lower drawdowns than the benchmark indices. The regression models revealed that ESG and Governance (GOV) factors have explanatory power over the returns of Brazilian stocks, suggesting that investors may be pricing sustainability and governance practices. Finally, in the last article, ESG portfolios showed higher volatility persistence compared to benchmark indices and leverage effects. Macroeconomic and political factors may be linked to the amplification of volatility in the analyzed time series. This research contributes to the academic literature on sustainable finance by supporting the relationship between ESG criteria investments, return, and risk in the Brazilian stock market, raising and exploring future research trends on the proposed theme (Article 1), evaluating the return and risk of these ESG portfolios (Article 2), and finally, conducting a more detailed risk analysis using conditional volatility models (Article 3).

Keywords: ESG; asset pricing; ARCH models; financial market.

INDICADORES DE IMPACTO

Esse trabalho, intitulado como "Análise de Desempenho de Portfólios de Investimentos, a Partir de Critérios ESG, no Mercado Acionário Brasileiro", indica impactos potenciais nas vertentes econômica, tecnológico e social. Na primeira vertente, a pesquisa evidencia que portfólios baseados em critérios ambientais, sociais e de governança (ESG) no mercado acionário brasileiro obtiveram maior rentabilidade e menores *drawdowns* frente a índices tradicionais, com fatores ESG explicando o retorno das ações do Brasil, apontando a valorização de tais critérios. Tecnicamente, o trabalho avançou na modelagem de volatilidade e nas simulações dos portfólios, com ferramentas de linguagem de programação (R e *Python*) e modelos ARCH/GARCH. No âmbito social, essa pesquisa tem o potencial de fomentar o crescimento de setores e empresas com elevada transparência nos mercados financeiros, reduzindo assimetrias de informação e promovendo uma participação mais equitativa tanto para investidores institucionais quanto individuais. Embora não atue diretamente em ações extensionistas tanto ao público interno quanto externo ou docentes/estudantes/técnicos, a pesquisa visa impactar a sociedade no geral para quem atua ou se interessa pelo mercado financeiro. O trabalho está alinhado com os vários objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, como o ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico) pela alocação de recursos de forma eficiente, ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) contribuindo para o fortalecimento do mercado acionário brasileiro e o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) ao incentivar os investidores a aportarem recursos financeiros em investimentos sustentáveis.

IMPACT INDICATORS

This work, entitled "Performance Analysis of Investment Portfolios, Based on ESG Criteria, in the Brazilian Stock Market", indicates potential impacts in the economic, technological, and social spheres. In the first aspect, the research shows that portfolios based on environmental, social, and governance (ESG) criteria in the Brazilian stock market achieved higher profitability and lower drawdowns compared to traditional indices, with ESG factors explaining the return of Brazilian stocks, highlighting the valuation of such criteria. Technologically, the work advanced in volatility modeling and portfolio simulations, using programming language tools (R and Python) and ARCH/GARCH models. In the social sphere, this research has the potential to foster the growth of sectors and companies with high transparency in financial markets, reducing information asymmetries and promoting more equitable participation for both institutional and individual investors. Although it does not directly engage in extension activities for internal or external audiences, or faculty/students/technicians, the research aims to impact society in general for those who work in or are interested in the financial market. The work is aligned with several United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), such as SDG 8 (Decent Work and Economic Growth) through efficient resource allocation, SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure) by contributing to the strengthening of the Brazilian stock market, and SDG 12 (Responsible Consumption and Production) by encouraging investors to allocate financial resources to sustainable investments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo conceitual da dissertação	22
Figura 2 – Fronteira eficiente e CAPM.	26
Figura 3 – Classificações da pesquisa por categoria.	32
Figura 4 – Síntese metodológica da dissertação	35
Figura 5 – Tendência temporal.....	56
Figura 6 – Evolução do volume de publicações por país	59
Figura 7 – Países do autor correspondente.	60
Figura 8 – Periódicos com maiores volumes de publicações.	61
Figura 9 – Autores mais citados	62
Figura 10 – Gráfico de três campos: Volume de publicações por autor.....	62
Figura 11 – Tópicos de tendências	63
Figura 12 – Concorrência de palavras-chave	64
Figura 13 – Mapa temático do campo de estudos	65
Figura 14 – Agenda de estudos futuros	67
Figura 15 – Fronteira eficiente desenvolvida por Markowitz.	84
Figura 16 – Simulações de Monte Carlo para a criação da fronteira eficiente de Markowitz .	91
Figura 17 – Retornos acumulados das carteiras e índices financeiros	94
Figura 18 – Retornos anuais das carteiras e índices financeiros	95
Figura 19 – Drawdowns das carteiras e dos índices financeiros	97
Figura 20 – Volatilidade condicional anualizada (APARCH)	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estágio de Elaboração do Estudo.	53
Quadro 2 – Strings.....	55
Quadro 3 – Artigos com maiores volumes de citações.	57
Quadro 4 – Empresas que compuseram as carteiras ESG_maior e ESG_menor.	154
Quadro 5 – Empresas que compuseram as carteiras ENV_maior e ENV_menor.....	155
Quadro 6 – Empresas que compuseram as carteiras SOC_maior e SOC_menor.....	156
Quadro 7 – Empresas que compuseram as carteiras GOV_maior e GOV_menor.....	157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Matriz de Correlação de Pearson das Carteiras e Índices Financeiros.	92
Tabela 2 – Índices de Desempenho e Risco das Carteiras e dos Índices Financeiros	96
Tabela 3 – Retornos de mercado e aplicação do modelo de precificação de ativos.....	98
Tabela 4 – Retornos anormais e aplicação dos modelos de precificação de ativos.....	100
Tabela 5 – Estatística descritiva dos retornos diários das carteiras e índices financeiros	123
Tabela 7 – Testes de estacionariedade das carteiras e dos índices financeiros	123
Tabela 8 – Modelos ajustados	124
Tabela 9 – Teste da presença de efeitos ARCH	124
Tabela 10 – Modelos ajustados	125

LISTA DE SIGLAS

ADF	Dickey-Fuller Aumentado
AIC	<i>Akaike Information Criterion</i>
APARCH	<i>Asymetric Power Autoregressive Conditional Heteroskedasticity</i>
APT	<i>Arbitrage pricing theory</i>
ARCH	<i>Autoregressive Conditional Heteroscedasticity</i>
ARMA	Autorregressivo de Média Móvel
B3	Brasil, Bolsa e Balcão
BIC	<i>Bayesian Information Criterion</i>
DI	Depósito Interfinanceiro
CMA	<i>Conservative Minus Aggressive</i>
CAPM	<i>Capital Asset Pricing Model</i>
EGARCH	<i>Exponential Generalized Autorregressive Conditional Heteroskedasticity</i>
ENV	<i>Environmental</i>
ESG	<i>Environmental, Social and Governance</i>
FAC	Função de Autocorrelação
FACP	Função de Autocorrelação Parcial
GOV	<i>Governance</i>
HME	Hipótese do Mercado Eficiente
HML	<i>High Minus Low</i>
IBOV	Índice da Bolsa de Valores de São Paulo
ICO2	Índice Carbono Eficiente
IGC	Índice de Ações com Governança Corporativa Diferenciada
IS	Índice Sharpe
ISE	Índice de Sustentabilidade Empresarial
LM	Multiplicador de Lagrange
MKT	Excesso de retorno na carteira de mercado
MPT	Teoria Moderna do Portfólio
ONU	Organização das Nações Unidas
PP	Phillips-Perron
RMW	<i>Robust Minus Weak</i>
SML	<i>Small minus big</i>
SOC	<i>Social</i>

TGARCH	<i>Threshold Generalized Autorregressive Conditional Heteroskedasticity</i>
VaR	<i>Value-at-Risk</i>
VIF	<i>Variance inflation factor</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Contextualização do tema	17
1.2 Problema de pesquisa	19
1.3 Objetivo geral.....	19
1.4 Objetivos específicos.....	19
1.5 Justificativas de pesquisa	20
1.6 Estrutura do trabalho	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 Teoria Moderna do Portfólio	23
2.2 <i>Capital Asset Price Model</i> (CAPM)	24
2.3 Modelo de três fatores de Fama-French	27
2.4 Ativos e Portfólios ESG	28
3 METODOLOGIA GERAL	31
3.1 Resumo da metodologia do trabalho	35
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS	38
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	45
ARTIGO 1 - TEORIA DO PORTFÓLIO E PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS FINANCEIROS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA	46
1 INTRODUÇÃO	48
2 REFERENCIAL TEÓRICO	49
2.1 O que tem se pesquisado sobre a teoria do portfólio e precificação de ativos	49
3 METODOLOGIA.....	52
3.1 Operacionalização da pesquisa.....	54
3.2 Procedimento de pesquisa.....	54
3.3 Procedimento de seleção	55
3.4 Análise da produção científica	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1 Tendência temporal e análise de volume de publicação	56
4.2 Análise de artigos mais citados.....	56
4.3 Análise do país de origem	58
4.4 Análise dos periódicos mais citados	60

4.5 Análise de autores citados.....	61
4.6 Análise das palavras-chave.....	63
4.7 Agenda de Estudos Futuros.....	66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
REFERÊNCIAS	70
ARTIGO 2 – USO DE CRITÉRIOS ESG PARA FORMAÇÃO DE PORTFÓLIOS DE AÇÕES NO BRASIL	77
1 INTRODUÇÃO	79
2 REFERENCIAL TEÓRICO	80
2.1 <i>Environmental, social and governance</i> (ESG).....	80
2.2 Formação de carteiras através da Teoria Moderna do Portfólio.....	83
2.3 Seleção de Carteiras de Investimentos.....	84
2.4 Abordagem dos modelos de precificação com o fator ESG no Brasil.....	85
3 METODOLOGIA.....	86
3.1 Amostra e coleta de dados.....	86
3.2 Construção dos portfólios	87
3.3 Métricas de análise	88
3.4 Construção dos Fatores ESG.....	88
3.5 Modelos econométricos	89
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	91
4.1 Montagem dos portfólios e estatísticas descritivas dos retornos obtidos das carteiras e dos benchmarks	91
4.2 Análise das regressões dos portfolios e os retornos anormais	97
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	101
REFERÊNCIAS	104
ARTIGO 3 – MODELAGEM DA VOLATILIDADE DE CARTEIRAS ESG E DOS ÍNDICES FINANCEIROS DE SUSTENTABILIDADE E DE GOVERNANÇA DA B3: APLICAÇÃO DAS EXTENSÕES DO MODELO ARCH E GARCH	109
1 INTRODUÇÃO	111
2 REFERENCIAL TEÓRICO	112
2.1 Retorno, Risco e Volatilidade	112
2.2 Volatilidade de Carteiras aderindo a critérios ESG.....	115
2.3 Modelos de Volatilidade Condicional	116
2.3.1 GARCH	117

2.3.2 EGARCH.....	117
2.3.3 TGARCH.....	118
2.3.4 APARCH.....	118
3 METODOLOGIA.....	119
3.1 Amostra e Coleta dos dados.....	119
3.2 Análise dos dados.....	120
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	122
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	130
REFERÊNCIAS	133
APÊNDICE A – Código em Python para a formação e análise das carteiras	138
APÊNDICE B – Código em R para análise das regressões e dos modelos de volatilidade condicional (Extensões dos modelos ARCH e GARCH).....	146
APÊNDICE C – Tabelas de todas as empresas que compuseram os portfólios	153

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Esta seção introdutória traz o entendimento inicial do estudo. Os elementos que compõem a introdução contêm a contextualização do tema, seguida pelo problema de pesquisa, objetivo geral da pesquisa, objetivos específicos que serão estruturados em artigos e a justificativa que apresenta a relevância da pesquisa. Por fim, será detalhada a estrutura do trabalho.

1.1 Contextualização do tema

O mercado acionário tem papel fundamental nas economias ao conseguir emitir e negociar títulos, para captação de recursos de curto e longo prazo para as empresas de modo que auxilie no aumento dos investimentos, da produtividade e dos níveis empregatícios (Bernardelli; Castro, 2020). Didier *et al.* (2021) salientam que a aprimoração das capacidades produtivas das instituições com a viabilidade de um crescimento acelerado se dá pela captação de recursos.

Considerando que as organizações das mais variadas dimensões com diversas necessidades para captação de recursos financeiros são elementos que compõe o mercado. Por outro lado, investidores alocam seus recursos com a intencionalidade de obter retorno financeiro a partir dos seus investimentos considerando diferentes horizontes temporais e com variados níveis de risco (Mello, 2022). Vale considerar, que em relação aos investimentos, a partir da alocação de recursos financeiros não há retorno garantido.

Empresas e investidores estão dependentes da volatilidade ocorrida em diferentes contextos, que por vez, afeta o funcionamento da bolsa de valores considerando a recorrência de fatores extrínsecos que eventualmente aparecem (Mello, 2022). Contudo, devido as constantes oscilações que os preços dos ativos passam, os acadêmicos e investidores tentam entender a formação do retorno a partir de tais fatores (Vieira *et al.*, 2017).

Em relação a formação de portfólios, o trabalho seminal de Markowitz (1952) denominado *Portfolio Selection* estabelece a otimização do binômio risco e retorno de carteiras. E é por meio da proposta de Markowitz (1952) que se consegue avaliar os melhores portfólios dado que o investidor possa assumir diferentes níveis de risco. Markowitz (1952) consegue explorar a importância da diversificação dos investimentos, sendo esse um redutor do risco, sem que necessariamente afete o retorno da carteira.

Por outro lado, acadêmicos e investidores, se esforçam para compreender quais os fatores são capazes de explicar o retorno dos ativos. Vieira *et al.* (2017) salientam que na literatura, tem-se buscado a formulação de um modelo de precificação com fatores-chaves que expliquem o retorno do mercado com a maior precisão possível. Entre os quais cita-se o modelo introduzido por Sharpe (1964) conhecido como *Capital Asset Price Model* (CAPM) e logo a difusão dos modelos multifatoriais mais conhecidos de Fama e French (1993, 2015), Carhart (1997) e Amihud (2002).

Neste contexto, diversas estratégias de investimentos em ações foram abordadas ao longo dos anos, muitas delas partindo das premissas a respeito dos preços e do comportamento dos agentes econômicos (Palazzo *et al.*, 2018). Para tanto, analistas e fundos de investimentos abordam diferentes estratégias, como investimento em valor (*Value Investing*), crescimento (*Growth Investing*), *Long Short*, por arbitragem e outros para a composição de suas carteiras de investimentos, sobretudo em ações (Peralva, 2020). Por outro lado, a determinação de uma taxa mínima de retorno de um investimento, avaliação e mensuração de risco, previsibilidade de retornos são alguns dos pilares mais abordados no campo das finanças modernas (Biondo Silva, 2019).

Ademais, diversos investidores estão levando em consideração os critérios ambientais, sociais e de governança em suas decisões (Olli, 2021). Considerando os grandes investidores institucionais, a inclusão de critérios *Environmental, Social and Governance* (ESG) tem ganhado importância (Cornell; Damodaran, 2020). De acordo com Broadstock *et al.* (2021), a capitalização de portfólios focados em ESG atingiram mais de 30 bilhões de dólares nos principais mercados em 2019. Ainda de acordo com os autores, os investidores preocupam-se com investimento ESG pelo menos por dois motivos:

- Priorizar investimentos ESG, promovem práticas de investimento ético, Renneboog; Horst e Zhang (2008) relatam que investidores que presam pela sustentabilidade estão dispostos a aderir um desempenho financeiro abaixo do ideal, para seguir objetivos sociais e éticos;
- Cada vez mais, investimentos ESG têm o potencial de melhorar o desempenho de um portfólio, aumentando os retornos e diminuindo os riscos. De acordo com Broadstock *et al.* (2021), evidências são postas de que empresas com alta sustentabilidade tendem a ter menor risco de queda e são mais resilientes em tempos turbulentos.

Na literatura, o impacto dos critérios ESG no desempenho das ações é extenso, no entanto apresenta diversos resultados (Prol; Kim, 2022). O estudo conduzido por Whelan *et al.* (2021) abordam mais de mil artigos publicados entre 2015 e 2020. Estes, demonstraram que

58% da amostra apresentam relação positiva entre ESG e o desempenho financeiro, 8% mostraram uma relação negativa e 34% dos artigos encontraram resultado misto.

O entendimento sobre a formação de portfólios e a precificação de carteiras em mercados emergentes são fundamentais para entender as melhores escolhas de alocação de recursos financeiros, bem como os fatores que impactam nos retornos dos ativos financeiros. As diversas estratégias de investimento em ações, abordadas ao longo dos anos, aliado a crescente importância dos aspectos ambientais, sociais e de governança por parte dos investidores nas decisões de investimento são aspectos a serem considerados. Logo, torna-se importante explorar como a inclusão desse critério pode impactar na construção e no desempenho das carteiras de ações, no mercado acionário brasileiro.

1.2 Problema de pesquisa

Diante do exposto, a presente pesquisa busca responder o seguinte problema de pesquisa: **Qual é o desempenho dos portfólios de investimentos formados, a partir dos critérios ESG, no mercado acionário brasileiro?**

1.3 Objetivo geral

Portanto, o objetivo geral desse estudo trata-se de investigar o desempenho e a volatilidade dos portfólios de investimento formados, a partir dos critérios ESG, no mercado acionário brasileiro.

1.4 Objetivos específicos

Para alcançar o proposto, elaborou-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Artigo 1: Compreender a aplicação da teoria do portfólio e da precificação de ativos, a partir das bases *Scopus* e *Web of Science*;
- b) Artigo 2: Analisar a *performance* de carteiras formadas, a partir de critérios ESG, no mercado acionário brasileiro.
- c) Artigo 3: Modelar a volatilidade condicional de carteiras ESG e dos índices de sustentabilidade e governança da B3, por meio de modelos da família ARCH e GARCH.

1.5 Justificativas de pesquisa

A presente pesquisa justifica-se por representar um avanço a respeito da temática de investimento em um país emergente, favorecendo na investigação das relações de risco e retorno. A relevância desse estudo contribui para diversos grupos, como acadêmicos, gestores, analistas, investidores institucionais e individuais, fornecendo subsídio para o desenvolvimento teórico e para melhor alocação de ativos em portfólios de investimentos.

Pensando em **relevância gerencial**, esse trabalho fornece subsídio aos investidores, tanto institucionais, quanto os de pessoa física, devido a comparação sobre qual modelo de precificação pode oferecer melhor resultados na predição de retornos das ações no mercado acionário brasileiro. Em um caso particular, considera-se que a alta procura por investimento em renda variável, devido a entrada de novos investidores no mercado de ações brasileiro que, muitas vezes, está desprotegido dos riscos que podem causar prejuízos financeiros consideráveis. Logo, faz-se necessário a utilização de alternativas viáveis para a otimização das carteiras de investimentos. A partir disto, é possível alinhar as expectativas de retornos e riscos tomados por parte dos investidores, para o alcance de metas financeiras.

Para a **relevância social**, um entendimento mais apurado dos fatores que influenciam os retornos dos ativos é capaz de levar a uma alocação mais eficiente de recursos na economia, favorecendo o crescimento de setores e empresas subavaliadas ou que apresentam potencial de crescimento significativo. A compressão de tais fatores eleva a transparência nos mercados financeiros, fornecendo informações e reduzindo a assimetria destas entre investidores institucionais e individuais, favorecendo uma participação mais equitativa no mercado acionário.

A **relevância política**, pode se dar através do fato dos modelos de precificação serem úteis para os governos, em relação ao planejamento financeiro de longo prazo, particularmente a respeito da gestão de ativos e passivos. Assim, contribui-se com o processo de decisão mais claro sobre investimentos e financiamento, trazendo uma gestão fiscal mais eficaz e sustentável. Esses modelos podem fornecer *insights*, a respeito do risco e retorno nos mercados acionários, favorecendo aos bancos centrais o melhor entendimento das expectativas dos investidores.

Por fim, a **relevância acadêmica** sustenta-se, pois esse trabalho apresenta diferentes contribuições. Primeira delas, trata-se do fato de investigar quais os principais fatores e sua explicação para o retorno dos ativos, considerando que o ESG vem tomando espaço na literatura financeira como métrica importante a ser considerada nos modelos de precificação. Considerando os modelos de precificação de ativos, principalmente o modelo de fator único.

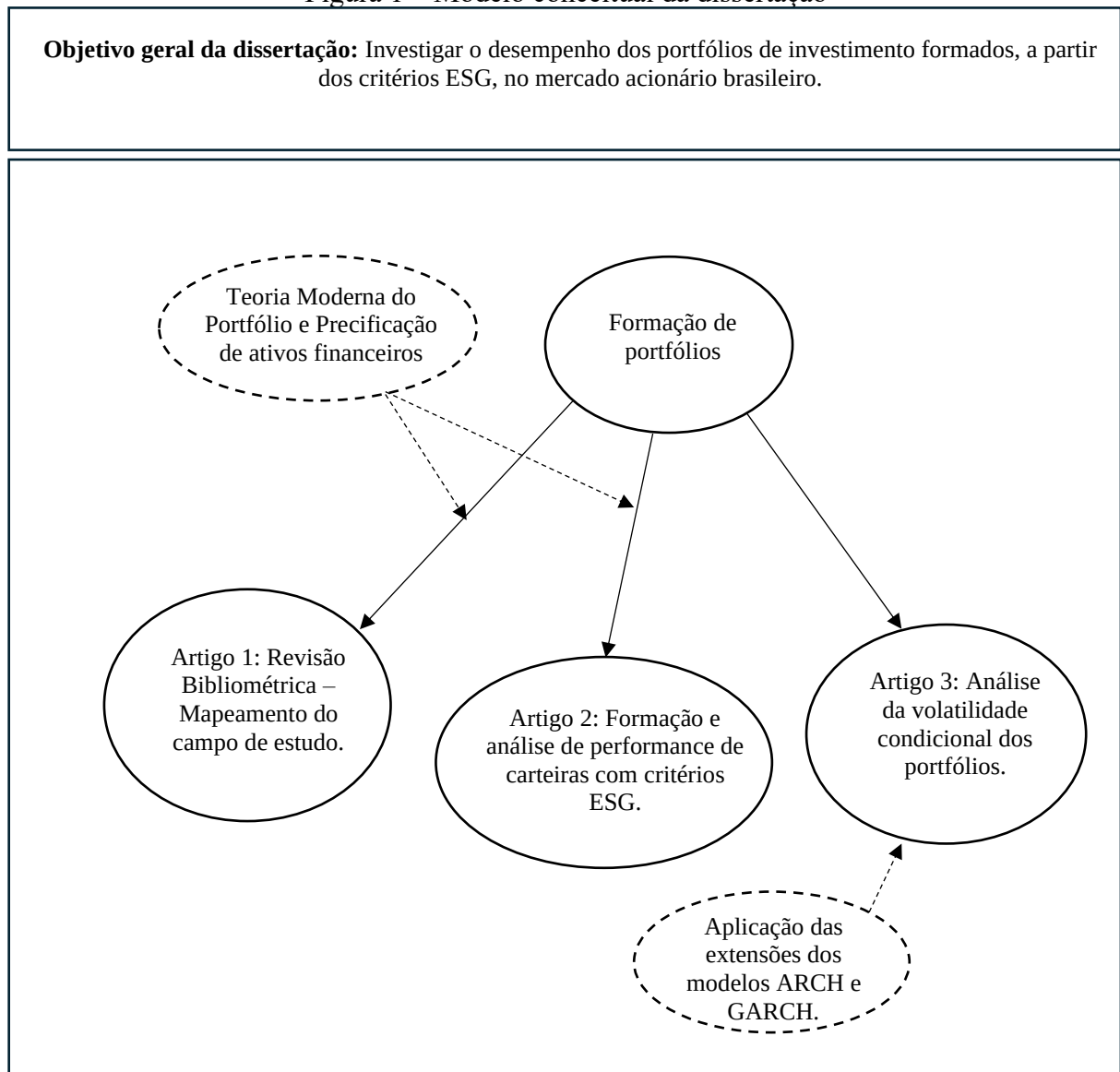
Embora o modelo de três, quatro e o de cinco fatores tenham sido amplamente estudados em diversos mercados acionários, é fato que, a partir de contexto específicos, a capacidade de avaliação e aplicabilidade requer uma investigação mais apurada e aprofundada (Kabir *et al.*, 2023).

A pesquisa a respeito da volatilidade contribui fortemente para a compreensão de questões em finanças econômicas, especialmente na mensuração de incertezas, tal como alocações de portfólios, precificação de ativos e administração de risco. Isto é, a volatilidade apoia-se no debate a respeito das discussões acadêmicas direcionadas às precificações e alocações de ativos.

1.6 Estrutura do trabalho

O presente trabalho será dividido em duas partes: a primeira parte compõe a temática geral do estudo, apresentando os elementos introdutórios deste estudo. A segunda parte é composta pelos artigos, que se propõem a atender os objetivos específicos. A parte inicial será formada pela introdução, referencial teórico e metodologias gerais do trabalho. A segunda parte terá a introdução, referencial teórico e metodologia de cada artigo, respondendo ao objetivo específico. Na Figura 1 apresenta-se o modelo conceitual da dissertação, que relaciona a junção dos três artigos desenvolvidos.

Figura 1 – Modelo conceitual da dissertação



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Nota-se que, o elemento central da Figura 1 é a formação de carteiras de investimentos. Para tanto, foi realizado uma pesquisa de revisão para mapear a teoria moderna do portfólio e precificação de ativos financeiros. O segundo artigo, por sua vez, objetiva analisar a *performance* de carteiras formadas, a partir de critérios ESG, no mercado acionário brasileiro. Por fim, o terceiro artigo tem como objetivo, modelar a volatilidade condicional de carteiras ESG e dos índices de sustentabilidade e governança da B3, por meio de modelos da família ARCH e GARCH.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico apresenta-se referencial teórico da primeira parte da dissertação. Para melhor entendimento da temática faz-se necessário a compreensão de alguns conceitos importantes. Sendo assim, estão elencados abaixo os conceitos da teoria moderna do portfólio, iniciada por Markowitz (1952), além dos modelos de precificação de ativos propostos por Sharpe (1964), Fama e French (1992;1993). Por último, tem-se os ativos e portfólios, que aderem a critérios ambientais, sociais e de governança.

2.1 Teoria Moderna do Portfólio

O surgimento das finanças modernas em 1952, se dá pelo economista Harry Markowitz, que elaborou a Teoria Moderna do Portfólio (MPT), mostrando ser uma estratégia baseada não no desempenho de um ativo individual, mas sim do desempenho e composição de um portfólio. Markowitz (1952) introduziu o conceito de diversificação e otimização de risco em portfólios de ativos financeiros, demonstrando que existe uma combinação eficiente de alocação de recursos quando se incrementa na análise o risco incorrido.

Em seu trabalho seminal, Markowitz (1952) traz o processo de seleção de portfólios em dois estágios. Em primeiro momento, o investidor faz uma avaliação baseada em sua experiência e observação, acerca do comportamento da carteira de investimento, e em seguida, do seu ponto de vista sobre o desempenho futuro dos ativos em análise. Em segundo momento, Markowitz busca uma metodologia de investimentos, que maximize o retorno de uma carteira considerando um dado nível de risco ou que minimize o risco para um determinado retorno. Logo, o conceito de diversificação é proposto como uma estratégia central, recomendando a alocação em uma gama de ativos para a formação do portfólio.

De acordo com Markowitz (1952), a seleção ótima de ativos com rentabilidade positiva está relacionada com a redução dos fatores de riscos (risco sistemático e risco não sistemático), o que pode ser alcançado por meio da diversificação da carteira de ativos. Risco não sistemático está relacionado com as empresas/ações específicas, que podem ser geridas. Por outro lado, o risco sistemático está relacionado ao risco associado a todo mercado, sendo não controlado (Sengupta *et al.*, 2024). A diversificação se baseia na ideia de investir em um número suficiente de ativos individuais, deixando o investidor exposto apenas ao risco sistemático.

Duas características fundamentais elaboradas por Markowitz (1952) são apresentadas em uma carteira: o retorno esperado e a variância, sendo essa última correspondendo ao risco da carteira. O retorno esperado vai ser definido como a média ponderada dos retornos dos ativos individuais, que compõem a carteira.

Depois do cálculo do retorno, tem-se o risco da carteira, que pode ser calculado através da variância ou analogamente pelo seu desvio-padrão fundamentado nas covariâncias e variâncias entre os ativos.

Outra medida importante na teoria de Markowitz é a covariância. De acordo com Farias (2020), a covariância é uma medida de associação linear entre duas variáveis, considerando duas variáveis aleatórias. Covariância positiva mostra que os pares de pontos comportam-se em direção a um mesmo sentido e apresentam uma associação linear positiva. Em contrapartida, uma covariância negativa informa que os pares caminham em direções diferentes, apresentando uma associação linear negativa.

As covariâncias entre n variáveis podem ser representadas por uma matriz de covariância. Logo, essa matriz é quadrada e simétrica, contendo as variâncias e covariâncias, relacionadas a diversas variáveis. Os desvios das variáveis são os elementos que estão alocados na diagonal e fora dessa diagonal, estão as variâncias entre os possíveis pares de variáveis.

Outro indicador importante é a correlação. De acordo com Figueiredo Filho e Silva Junior (2009), a correlação é uma medida de associação linear entre variáveis. O coeficiente de correlação varia de -1 a 1 (Figueiredo Filho; Silva Junior, 2009). Quando a correlação assume valores -1 ou 1 (correlação perfeita), demonstra que o escore de uma variável pode ser determinado ao se saber o escore da outra. Por outro lado, uma correlação de valor zero mostra que não apresenta uma relação linear entre as variáveis (Figueiredo Filho; Silva Junior, 2009).

Ressalta-se, que os conceitos de covariâncias e correlação são medidas importantes, pois uma carteira de investimento é composta por mais de um ativo. De acordo com Samanez (2007), quantificar o risco e o retorno de um portfólio implica também em investigar de que maneira esses ativos se comportam em relação ao outro.

2.2 *Capital Asset Price Model (CAPM)*

O *Capital Asset Pricing Model (CAPM)* se apresenta como um método para analisar a performance de ativos de investimentos. Sharpe (1964) com as contribuições de Lintner (1965), Mossin (1966) e Treynor (1962) elaboraram um modelo financeiro, que determina de forma simplificada, a relação do retorno de um ativo e o seu risco: o CAPM, elaborado no arcabouço

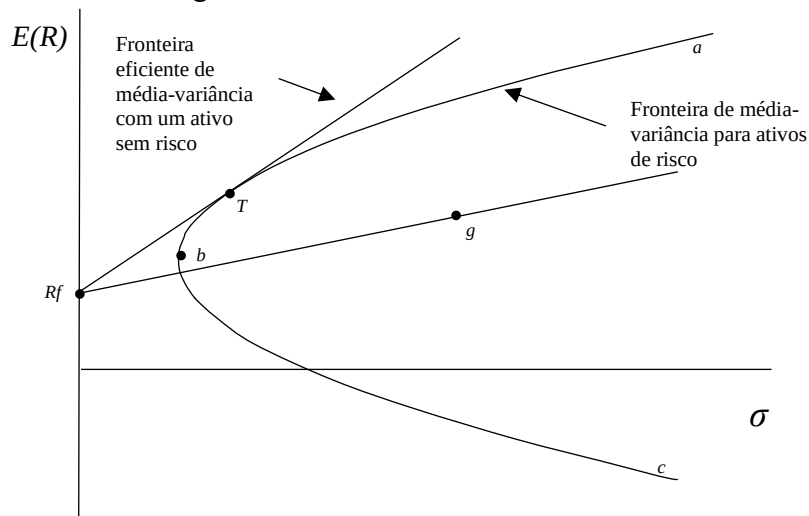
da teoria de média-variância de Markowitz (1952). O modelo tornou-se uma das principais bases das finanças modernas, embora existam críticas teóricas e empírica. Contudo, provou-se que nem todo investidor evita o risco em investimento de portfólios, de forma absoluta e global (Levy, 2022; Anuno; Madaleno; Vieira, 2023).

Sharpe (1964) notou os desafios na determinação das covariâncias entre os retornos dos ativos, que formavam portfólios. A partir de tal raciocínio, substitui a matriz de covariância pelo coeficiente de correlação linear, originando no modelo CAPM, incluindo a ideia do risco de mercado (risco sistêmico). Portanto, o modelo CAPM apresenta um conceito básico, que é a relação linear entre o risco de mercado e os retornos esperados dos ativos (Wang; Huang; Hu 2017; Anjum; Rajput 2021; Taussig, 2022).

A Figura 2 demonstra a intersecção entre o trabalho de Markowitz e o desenvolvimento do CAPM. No contorno da curva abc, na qual é definida como fronteira eficiente, observam-se as carteiras de ativos, que minimizam a variância do retorno em diferentes níveis de retorno esperado, considerando a restrição aos empréstimos com taxa livre de risco. Considerando a retirada da restrição da taxa livre de risco, a fronteira eficiente torna-se uma linha reta, como a que passa pelos pontos R_f e g.

Essas premissas do CAPM estão associadas com a fronteira eficiente referida por Markowitz (1952), e que por sua vez, todos os investidores têm acesso ao mesmo conjunto de oportunidades. Isto é, refere-se ao acesso a mesma carteira, representado no gráfico da fronteira eficiente (Figura 2, ponto T), considerando uma taxa livre de risco (Fama; French, 2004). Como as expectativas são homogêneas com todos os investidores, o portfólio de ativos de risco será a mesma para outros investidores, de modo que estando em equilíbrio ela será conhecida como carteira de mercado. Portanto, neste contexto, o investidor terá apenas duas opções de aplicação de investimento: carteira de mercado ou um ativo livre de risco (Casaccia *et al.*, 2011). Todavia, para que aconteça o equilíbrio do mercado de ativos, a carteira de mercado deve estar na fronteira de variância mínima (Fama; French, 2004).

Figura 2 – Fronteira eficiente e CAPM.



Fonte: Adaptado de Fama e French (2004, p. 27).

De acordo com Assaf Neto (2014), no CAPM, o risco de mercado de um ativo é conhecido pelo beta (β). A Equação 2.5 pode ser descrita da seguinte forma:

$$E(r) = R_f + \beta_i(R_m - R_f). \quad (2.1)$$

Onde $E(r)$ é o retorno mínimo exigido sobre o ativo, R_f é a taxa livre de risco, β_i é o risco de mercado do ativo e R_m é o retorno de mercado. O coeficiente beta mede a sensibilidade do ativo ao retorno do mercado (Claesson, 2021).

Para Assaf Neto (2014), o CAPM torna-se bastante utilizado no mercado de capitais, sendo uma ferramenta importante na avaliação da tomada de decisões considerando o risco a correr. Para Claesson (2021), com uma maior exposição ao risco de mercado (beta mais elevado), o investidor pode alcançar um retorno mais alto.

Considerando a má especificação do CAPM, os pesquisadores aceitaram os índices de mercado com aproximações próximas e passaram a apurar o comportamento de anomalias descobertas na formação de preços dos ativos, que não foram explicadas pelo CAPM (Matos; Rocha, 2009).

Buscando identificar outros fatores, vários estudos foram realizados para que melhor explicassem o retorno dos ativos. Como alternativa teórica e empírica ao CAPM, Ross (1976) desenvolveu a *Arbitrage Pricing Theory* (APT) que tem o mesmo objetivo que o modelo anterior. Porém, ao contrário do CAPM, o APT considera a existência de vários riscos

sistemáticos, sendo por fatores de natureza previsível ou não. A teoria defende que os retornos dos ativos podem ser analisados, a partir de diversas variáveis econômicas.

O modelo de Ross (1976) assume que pode haver um erro de precificação do mercado, sendo o oposto do que o CAPM aborda, onde considera que os mercados são totalmente eficientes na sua precificação. A carteira de mercado deixa de ser um dos elementos centrais e surgem novas discussões sobre outras variáveis econômicas, que poderiam impactar nos retornos dos ativos, considerando que o modelo não determina quais são os fatores importantes, nem seus prêmios de risco.

2.3 Modelo de três fatores de Fama-French

Baseado nos conceitos da *Arbitrage Pricing Theory* (APT) surgem os modelos multifatoriais, que buscam adicionar outras dimensões, além do fator de mercado, para explicar os retornos médios dos ativos. Logo, diversos estudos já mostravam anomalias no processo de precificação de ativos, como apontado por Basu (1977), Banz (1981), Keim (1983), De Bondt e Thaler (1985), Bhandari (1988), Jegadeesh e Titman (1993). Nas evidências empíricas utilizando o CAPM, os pesquisadores Fama e French (1993) propuseram uma reavaliação e ampliaram o modelo de precificação de ativos.

Fama e French (1993) utilizaram o excesso de retornos de 25 carteiras de ativos formadas por combinações de tamanho e valor para estimar os parâmetros do modelo de precificação. A amostra da pesquisa dos autores se compreendeu, a partir das ações das bolsas de valores *Nova York (NYSE)*, *NASDAQ* e *American Stock Exchange (Amex)* no período de julho de 1963 a dezembro de 1991. Constatou-se que os fatores tamanho e valor apresentam prêmios de risco, sendo que as estratégias apresentaram retornos acima do esperado, pelo CAPM.

Incorporaram mais dois fatores, além do risco de mercado, são eles: fator de tamanho (SMB) que se refere a diferença de retorno das ações de pequeno porte e as de grande porte e fator de valor (HML), que está ligado ao excesso de retorno de ações com alto índice *book-to-market*, em relação ao de baixo índice *book-to-market*. A equação proposta por Fama e French (1993) é expressa da seguinte forma:

$$R_{i,t} - R_{f,t} = \alpha + \beta_i(R_{m,t} - R_{f,t}) + s_iSMB_t + h_iHML_t + \varepsilon_{i,t} \quad (2.2)$$

Sendo que $R_{i,t}$ é a taxa de retorno no tempo t , $R_{f,t}$ é a taxa livre de risco no tempo t , $R_{m,t}$ é a taxa média de retorno do mercado no tempo t , SMB é a taxa de retorno do fator tamanho e HML é a taxa de retorno do índice *book-to-market*, β_i é o coeficiente de risco de mercado, s_i é o coeficiente do fator tamanho, h_i é o coeficiente do fator *book-to-market*, e $\varepsilon_{i,t}$ é o erro aleatório do modelo.

No Brasil, o autor Rizzi (2012) analisou e comparou os modelos CAPM com o modelo de três fatores proposto por Fama e French (1993), através de uma metodologia preditiva. Para tal, Rizzi (2012) considerou uma amostra de 513 empresas listadas na bolsa brasileira, no período de 1995 a 2011. O autor demonstrou que o modelo de Fama e French foi superior ao CAPM, para explicar os retornos das carteiras.

2.4 Ativos e Portfólios ESG

Por um longo tempo, vários gestores de investimentos e investidores tradicionais não incorporavam os critérios ESG em suas práticas de investimento, temendo a perda de oportunidade de investimento, formação de portfólios ineficientes e violações de seu dever fiduciário de maximizar os lucros (Lee; Fan; Wong, 2020). Vários autores tinham como consenso o fato de que a maximização do lucro e o investimento ESG não podiam ocorrer simultaneamente (Friedman, 1970; Fabozzi; Ma; Oliphant, 2008; Revelli; Viviani, 2015). Porém, desde o acordo com o UN PRI da Organização das Nações Unidas (ONU) introduzidos no ano de 2006, houveram mudanças por parte dos investidores, com relação à adoção e integração das práticas ESG (Lee; Fan; Wong, 2020).

Os investidores de ativos e gestores de carteira que administram trilhões de dólares procuram incrementar as considerações ambientais, sociais e de governança (ESG) em seus investimentos. Winegarden (2019) alega que os critérios ambientais, sociais e de governança são utilizados como orientações para a gestão corporativa e de investimentos, fazendo sentido em muitos casos. Contudo, como documentado por muitas pesquisas, essas condutas podem ser prejudiciais ao desempenho financeiro de uma empresa. Diante disso, Winegarden (2019) alega que é necessária uma visão objetiva e individualizada para analisar com precisão os méritos, ao considerar uma estratégia de investimento ESG.

A definição de investimento ESG enfatiza, tanto o desempenho dos indicadores financeiros, quanto os indicadores não financeiros (Wang, 2024). A NYU *Stern Center for Sustainable Business* em conjunto com *Rockefeller Asset Management* analisaram 1141

documentos acadêmicos, publicados no período de 2015 a 2020. Foram retratados que 59% das pesquisas mostraram relação positiva entre as características ESG e desempenho financeiro, e apenas 14% tinham relação negativa (Whelan; Atz; Clark, 2021).

De acordo com Barnett e Salomon (2006) as pesquisas na literatura sobre a relação das variáveis ESG e a *performance* dos portfólios podem ser categorizadas em três grupos: Portfólios com estratégias de investimento, baseado em ESG, tendem a performar sobre aquelas em que não é considerado os critérios ESG. Ou há uma relação inversa, onde critérios ESG impactam de forma negativa o retorno da carteira. No entanto, há estudos que mostram que não existe relação entre investimento ESG e o desempenho da carteira.

Alguns autores argumentam que o investimento responsável pode levar a benefícios econômicos para os investidores, bem como gerar um retorno razoável pela tomada de riscos. Nesse sentido, investir em empresa que não reportam informações ESG, apresentam claras desvantagens (Gao; Xiong; Feng, 2020; Useche; Martínez-Ferrero; Alayón-Gonzales, 2023). Friede, Busch e Bassen (2015) constataram que nos estudos que centraram no mercado dos Estados Unidos, 42,7% mostraram evidências da relação positiva entre o desempenho ESG e os retornos econômicos. O estudo de Albuquerque *et al.* (2020) mostrou que o desempenho das ações com classificações ambientais e sociais elevadas, obtiveram retornos mais altos e apresentaram menor volatilidade nos retornos, considerando as empresas dos Estados Unidos, durante a pandemia da Covid-19. Hua Fan e Michalski (2020) mostraram uma relação positiva entre as pontuações ESG e melhores retornos passados, particularmente durante os períodos de recessão econômica na Austrália. Abate, Basile e Ferrari (2021) utilizaram uma amostra de 634 fundos mútuos de investimento europeus. Estes, mostraram que são mais eficientes os fundos focados em títulos com classificação ESG alta.

No segundo grupo, onde há uma relação inversa, o estudo recente de Karoui e Nguyen (2022) utilizando uma amostra de ações dos Estados Unidos, no período de 1991 a 2019, encontraram a partir de uma análise univariada, que ações com elevadas sensibilidades ao *MSCI KLD 400 Social Index* tiveram desempenho inferior às ações com baixas sensibilidades. Considerando ainda os resultados do estudo, a partir da regressão multivariada, encontraram uma relação negativa da exposição ao índice social e o desempenho das ações. Hartzmark e Sussman (2019) não encontraram evidências de que fundos de alta sustentabilidade superem os fundos de baixa sustentabilidade. Nollet, Filis e Mitrokostas (2016) mostraram uma relação negativa significativa entre o desempenho social corporativo (CSP) e o retorno sobre o capital.

De acordo com Tan, Szulczyk e Sii (2023), vários estudos mostraram não haver relação da sustentabilidade com o desempenho. A pesquisa de Halbritter e Dorfleitnerl (2015) mostrou

não haver diferença significativa de carteiras com classificação ESG alta, em comparação às carteiras classificadas como baixa. Outra descoberta foi apresentada por Lee, Fan e Wong (2020). Os autores mostraram que não houve também diferença significativa no desempenho ajustado ao risco entre portfólios formados pela pontuação de desempenho social corporativo (Lee; Fan; Wong, 2020). Spiegeleer *et al.* (2023) analisaram carteiras com ativos com critérios ESG e não forneceram evidências claras de melhor desempenho de portfólios com pontuações ESG altas ou baixas. Naffa e Fain (2022) construíram carteiras ESG, porém não geraram alfas significativos, no período de 2015 a 2019, corroborando com a neutralidade. Não se sabe na totalidade, se as oportunidades de investimento com uma forte proposta ESG podem retornar aos investidores um desempenho superior.

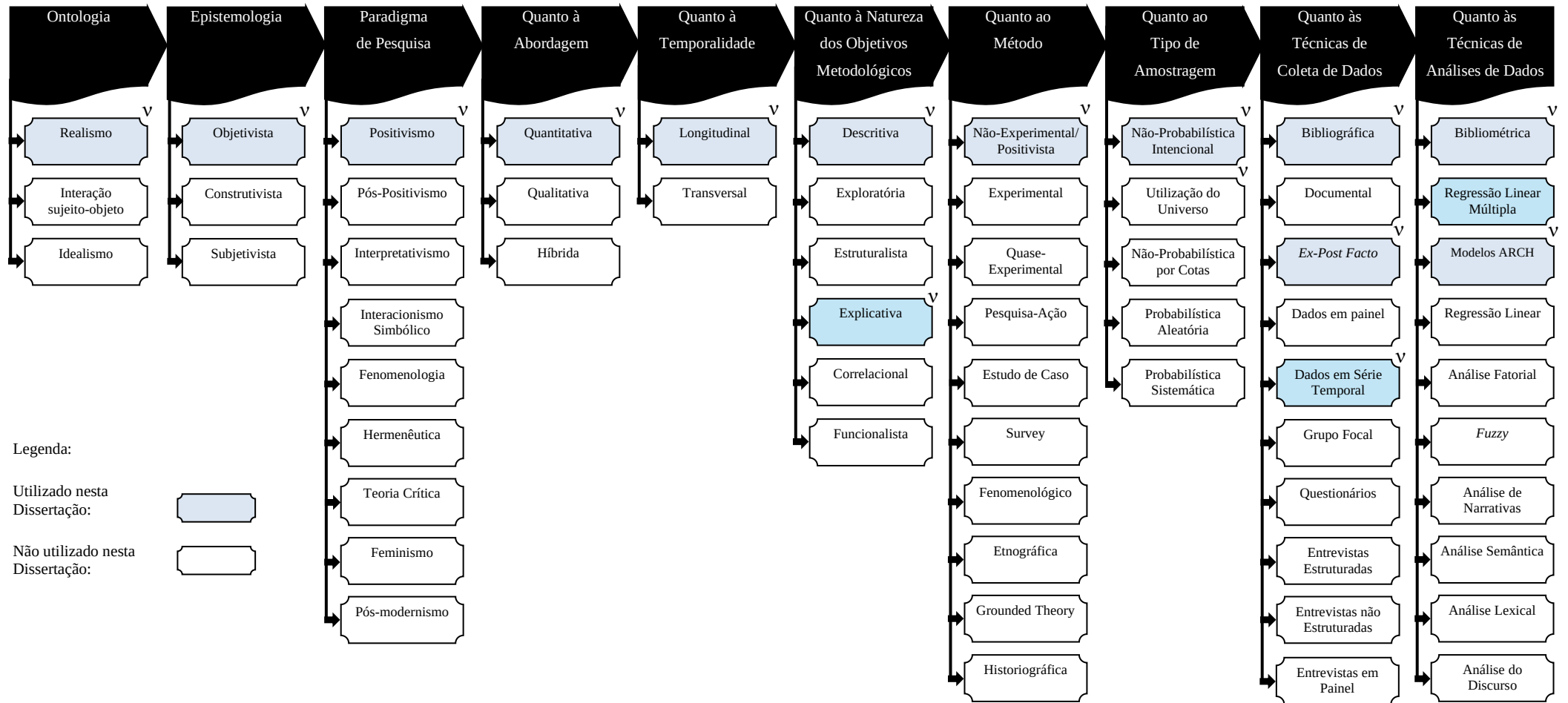
Pedersen, Fitzgibbons e Pomorski (2021) dizem que ainda há divergência se o ESG impacta de forma positiva ou negativa o desempenho, entre os acadêmicos e gestores. As orientações ESG reduzem o retorno esperado, de acordo com Hong e Kacperczyk (2009). Ademais, as empresas com classificação ESG baixa, produzem retornos mais elevados, do que as com classificação elevada, de acordo com o estudo de Lajili Jarjir, Nasreddine e Desban (2022). Por outro lado, Liu e Wan (2023) mostraram que é possível gerar retornos positivos e significativos, quando se compra ações de alto ESG e vende ações de baixo ESG. De acordo com Wang (2024), a literatura existente mostra que investimentos ESG têm influência benéfica sobre fundos de investimentos.

Os estudos de Maiti (2020) formularam o modelo de precificação, a partir do modelo de Fama e French (1993), sendo eles: fatores de mercado, tamanho e ESG. Concluíram que o modelo alterado com o novo fator de risco teve desempenho superior ao modelo tradicional, elaborado por Fama e French (1993). O estudo informa que fatores ESG desempenham um papel importante na previsão de retornos e não devem ser ignorados nas decisões de investimentos.

3 METODOLOGIA GERAL

De acordo com Prado (2019), os estudos são classificados em diversos tipos, logo, são categorizados quanto à ontologia, epistemologia, paradigma de pesquisa, abordagem, temporalidade, natureza dos objetivos metodológicos, método, tipo de amostragem, técnicas de coleta e análise de dados. A Figura 3 apresenta esses aspectos de forma esquemática.

Figura 3 - Classificações da pesquisa por categoria.



Fonte: Adaptado de Prado (2019).

De acordo com Saccol (2009), a ontologia está associada a questão do ser, a compreensão que temos de como as coisas são. Ainda de acordo com Sacool (2009), existem duas visões opostas na perspectiva ontológica escolhida e que molda a percepção do mundo e dos fenômenos a ser investigado: uma orientação realista e uma orientação idealista, no que diz respeito à natureza das coisas.

Neste trabalho, a classificação quanto a ontologia é realista, ou seja, o mundo natural existe independentemente da existência ou percepção do ser humano (Sacool, 2009). A pesquisa é elaborada a partir de uma visão determinística, quanto a natureza humana e utiliza-se de técnicas, sistematizações, quantificações e testes de hipóteses (Burrell; Morgan, 1979; Souza; Costa; Pereira, 2015).

Em relação a epistemologia, Sacool (2009) define a forma pela qual acredita-se que o conhecimento é criado, estando relacionado aos pressupostos ontológicos (como as coisas são). Ademais, existem três vertentes de pensamento epistemológicos, que se destacam: o subjetivismo, o objetivismo e o construtivismo (Sacool, 2009). Logo, a pesquisa se classifica como objetivista.

De acordo com Sacool (2009), existem diferentes paradigmas de pesquisa, que partem de atribuições filosóficas e estabelecem a metodologia de pesquisa. Contudo, essa pesquisa se classifica como positivista, sendo fortemente ligado a pesquisas quantitativas, fundamentada na ontologia realista (Saccol, 2009).

A abordagem desse estudo é categorizada como quantitativa. De acordo com Richardson (1989), o estudo quantitativo se dá pela quantificação, tanto nas etapas de coleta de informações, quanto no tratamento das técnicas estatísticas, considerando as técnicas mais simples até as mais complexas. A pesquisa quantitativa deve ser empregada quando o problema de pesquisa estiver bem definido, com informações e teoria bem consolidadas, acerca do objeto de estudo (Silva; Simon, 2005). Portanto, os três artigos abordarão o estudo quantitativo, por meio de indicadores bibliométricos e indicadores financeiros das empresas, aliado à aplicação de técnicas de estatísticas.

Em relação a temporalidade, esse estudo se classifica em longitudinal, uma vez que os estudos longitudinais são reconhecidos por investigar fenômenos, ao longo do tempo (Prado, 2019). Logo, a partir do primeiro artigo, faz-se metodologicamente através da investigação da temática, desde o início das publicações até o período atual. Nos dois últimos artigos se faz a análise do risco e retorno dos portfólios, levando em conta um período de 13 anos.

A pesquisa se classifica como descritiva e explicativa. De acordo Manzato e Santos (2012), a pesquisa descritiva tem por objetivo descobrir a frequência com que um fenômeno

ocorre e seu vínculo com outros fenômenos, sua natureza e características. Ainda de acordo com os autores, a pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona fenômenos (variáveis) sem alterá-lo. Por outro lado, de acordo com Moreira e Caleffe (2006), a pesquisa explicativa tem por objetivo central a identificação de fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Logo, a presente pesquisa tem como um dos objetivos específicos, a relação de variáveis através da análise de regressões e a identificação de um fator (ESG), que consiga explicar os retornos das carteiras de ações no Brasil.

Quanto ao método, é classificada como não-experimental, uma vez que para que as decorrências sobre o objeto de estudos sejam observadas, não há o controle das variáveis envolvidas (Appolinário, 2016).

A pesquisa, em relação a técnica de coleta de dados é bibliográfica. De acordo com Sousa, Oliveira e Alves (2021), a pesquisa bibliográfica objetiva aprimorar e atualizar o conhecimento, por meio de uma investigação científica de pesquisas já publicadas. Portanto, através das bases de dados *Web of Science* e *Scopus* buscou-se coletar as pesquisas que já foram realizados sobre a temática proposta (Artigo 1). No segundo e terceiro artigo foram coletados os dados de séries temporais dos ativos financeiros e índices, considerando que são uma forma de organizar, ao longo do tempo, as informações quantitativas (Antunes; Cardoso, 2015). Por fim, a adesão ao *ex-post facto* deve-se ao fato de que as informações utilizadas na pesquisa não são manipuláveis, pois já ocorreram (Vergara, 2016).

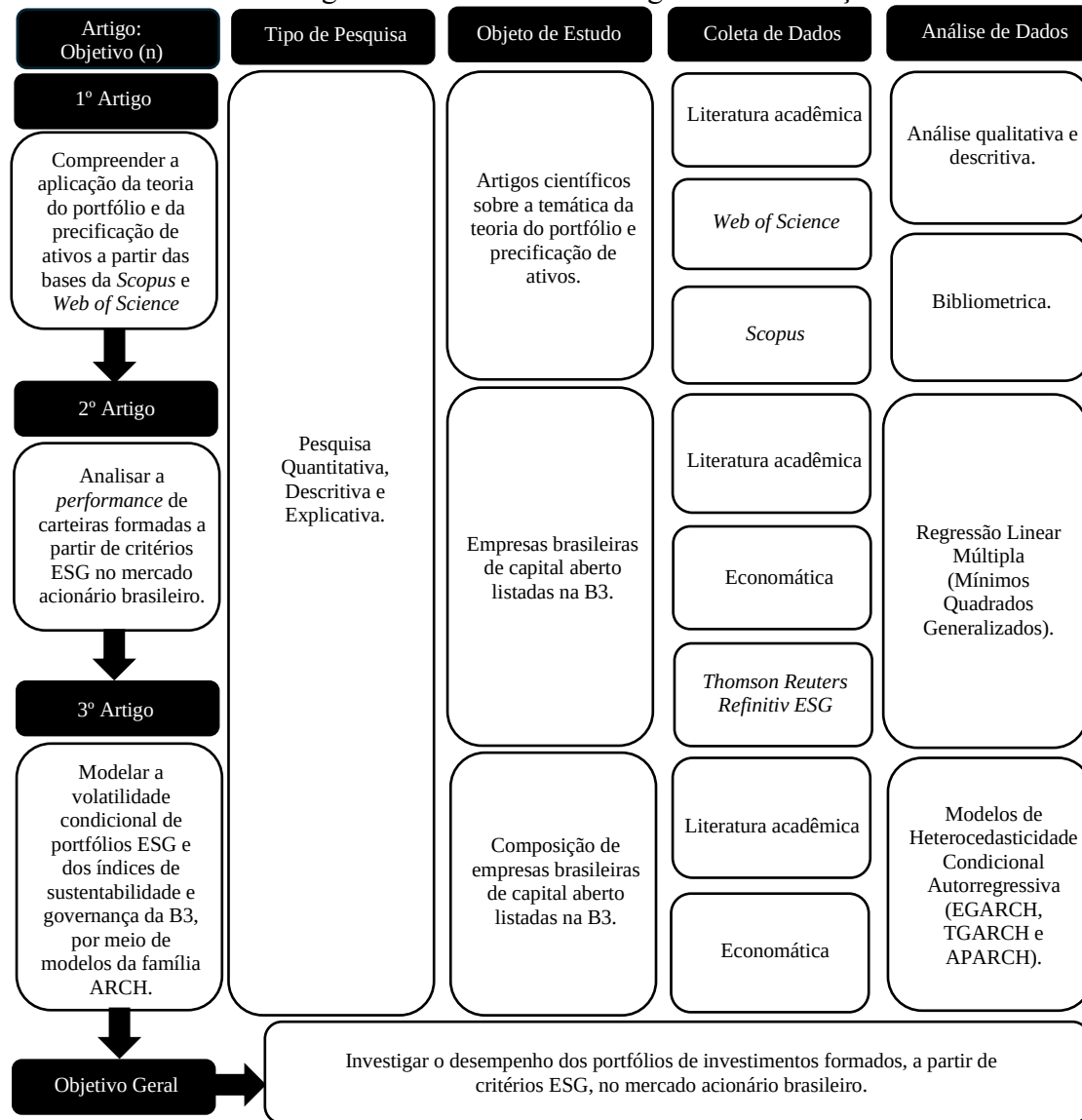
Quanto ao tipo de amostragem, a dissertação pode ser classificada como não probabilística e intencional, pois os indivíduos analisados foram escolhidos de forma intencional (Lakatos, 2019). Portanto, no primeiro artigo, foram coletadas as pesquisas da temática, de acordo com as *strings* de busca. No segundo e terceiro artigo foram usadas as ações das empresas brasileiras, listadas na B3.

Quanto as técnicas de análise de dados, foi utilizada em primeiro momento, a bibliometria (Artigo 1), considerando a bibliometria como uma ferramenta de análise, onde será possível a quantificação, análise e avaliação da produção acadêmica (Ramos-Rodríguez; Ruíz-Navarro, 2004; Ferreira, 2011), a respeito da temática proposta. A regressão linear múltipla foi a segunda técnica de análise de dados, utilizada no Artigo 2, considerando ter mais de uma variável explicativa (Fávero, 2014). Por último, no terceiro artigo, foram utilizados os modelos não-lineares heterocedásticos (EGARCH, TGARCH e APARCH), tendo em vista que a modelagem da volatilidade é parte de interesse da economia (Fioruci, 2012) e essa volatilidade como uma série temporal não-linear, gera incapacidade por parte dos modelos ARMA (Oliveira; Rodrigues; Franchini, 2021).

3.1 Resumo da metodologia do trabalho

Ante o exposto, evidencia-se que a dissertação foi organizada em artigos. Portanto, na Figura 4 apresenta-se um resumo dos procedimentos metodológicos das pesquisas.

Figura 4 – Síntese metodológica da dissertação.



Fonte: Adaptado de Antonialli (2018).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação teve como objetivo geral analisar o desempenho de portfólios de investimento, a partir de critérios ESG, no mercado de ações do Brasil. A partir da crescente relevância de investimentos com características sustentáveis e de governança no mercado de capitais, aliado a viabilidade de construção de portfólios, com tais características, atentando-se aos seus impactos na precificação de ativos, identifica-se a necessidade de uma compreensão mais detalhada a respeito da temática. Para isso, essa dissertação decorreu de três artigos que se interconectaram e conseguiram abranger, desde o mapeamento científico da temática até a modelagem estatística do comportamento dos portfólios ESG, em termos de risco e retorno.

O primeiro artigo intitulado como “Teoria do Portfólio e Precificação de Ativos Financeiros: Uma Revisão Bibliométrica”, teve por objetivo compreender as principais pesquisas sobre otimização de portfólios e dos modelos de precificação de ativos. A partir dos bancos de dados das principais bases de dados *Scopus* e *Web of Science*, foi possível identificar os principais artigos, autores, periódicos e países, que contribuíram para o desenvolvimento do campo, além das tendências recentes da temática. Os principais achados da pesquisa mostraram que a Teoria Moderna do Portfólio iniciada por Markowitz (1952) e a continuação de Sharpe (1964) com o modelo de precificação de ativos (CAPM) continuam sendo amplamente utilizados como base científica.

Ainda no primeiro artigo, foram encontradas tendências recentes sobre a relação de sustentabilidade e finanças nos últimos anos. Novos fatores de riscos, como governança corporativa e impacto ambiental têm surgido para incorporação dos modelos de precificação de ativos tradicionais (Ganz; Schlotefeldt; Rodrigues Junior, 2020; Mohanasundaram; Kasilingam, 2024). Ressalta-se, que mercados emergentes como o Brasil tem sido pouco explorados, a respeito dos modelos de precificação e desempenho dos portfólios, com critérios ESG. Logo, reitera-se que esta é uma lacuna a ser preenchida por pesquisa futuras.

No segundo artigo, “Uso de Critérios ESG para Formação de Portfólios de Ações no Brasil” teve como propósito analisar a *performance* dos portfólios formados, por ações listadas na bolsa de valores brasileira e que atendem a critérios ambientais, sociais e de governança (ESG). A partir de dados históricos foi possível analisar tais carteiras e compará-las aos principais índices de referência, como o Ibovespa e os índices de sustentabilidade da B3 (ISEE, IGC e ICO2).

O estudo conseguiu encontrar evidências empíricas de que carteiras que atendem a critérios ESG conseguem superar em termos de rentabilidade acumulada aos índices dos

benchmarks. Os *drawdowns* das carteiras, com critérios ESG, apresentaram menores quedas, em relação a sua cotação máxima, em comparação aos índices de referências. Isto sugere que tais portfólios não apenas contribuem para uma gestão de risco mais eficiente, como gerar retornos financeiros consistentes no longo prazo para os investidores.

Nos modelos de regressão do segundo artigo foi encontrado que o fator ESG agregado e de governança (GOV) apresentaram poder de explicação dos retornos das ações do Brasil, sugerindo que tais fatores são precificados por investidores no mercado acionário brasileiro. Outro achado importante é de que fatores tradicionais propostos por Sharpe (1964), Fama e French (1992; 1993), Carhart (1997) e Amihud (2002) conseguem explicar os retornos das ações do Brasil, na maioria dos modelos apresentados.

No último artigo (Artigo 3), intitulado como “Modelagem da Volatilidade de Carteiras ESG e dos Índices Financeiros de Sustentabilidade e Governança da B3: Aplicação das Extensões do Modelo ARCH e GARCH” teve por objetivo analisar a volatilidade condicional dos portfólios e dos índices com critérios ESG e do Ibovespa. Foram empregados modelos econométricos da família ARCH e GARCH, como o EGARCH, TGARCH e o APARCH.

Os achados mostraram que carteiras ESG apresentaram persistência maior na volatilidade em comparação aos índices de referências (ISEE, IGC, ICO2 e IBOV), indicando padrões na volatilidade distintos aos índices dos *benchmarks*. Esses resultados apontam para uma maior sensibilidade dessas carteiras, em relação a eventos externos, como eventos políticos e regulatórios. Modelos como EGARCH e o TGARCH apontaram o efeito alavancagem nos portfólios ESG, no qual choques negativos tem mais impacto do que choques positivos.

Diante de tais resultados, o presente estudo consegue contribuir com a literatura científica ao fornecer evidências empíricas sobre o desempenho e volatilidade de carteiras ESG, no mercado acionário brasileiro. Os achados reforçam a importância dos critérios ambientais, sociais e de governança corporativa na construção de portfólios de investimentos, sendo uma alternativa viável para se obter retornos competitivos e menor exposição a riscos extremos.

No entanto, algumas limitações a respeito dos três artigos precisam ser consideradas. O estudo analisou em um período específico no mercado acionário brasileiro, esses resultados apresentados podem variar em outros contextos econômicos, principalmente em outros mercados emergentes. A utilização de tais modelos, apesar de apresentar robustez e encontrar evidências importantes, podem ser aprimorados a partir de técnicas mais avançadas, como aprendizado de máquina e inteligência artificial.

REFERÊNCIAS

- ABATE, G.; BASILE, I.; FERRARI, P. The level of sustainability and mutual fund performance in Europe: An empirical analysis using ESG ratings. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, [s. l.], v. 28, n. 5, p. 1446–1455, 2021.
- ALBUQUERQUE, R.; KOSKINEN, Y.; YANG, S.; ZHANG, C. Resiliency of Environmental and Social Stocks: An Analysis of the Exogenous COVID-19 Market Crash. **The Review of Corporate Finance Studies**, [s. l.], v. 9, n. 3, p. 593–621, 2020.
- AMIHUD, Y. Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects. **Journal of Financial Markets**, v. 5, n. 1, p. 31–56, 2002.
- ANJUM, N.; RAJPUT, S. K. O. Forecasting Islamic equity indices alpha. **International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management**, v. 14, n. 1, p. 183–203, 2021.
- ANTONIALLI, F. **Business platforms for automated driving systems: a product-service system approach for mobility as a service**. 2018. 198 p. Tese (Doutorado e Administração) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.
- ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 3, p. 565–576, 2015.
- ANUNO, F.; MADALENO, M.; VIEIRA, E. Using the Capital Asset Pricing Model and the Fama–French Three-Factor and Five-Factor Models to Manage Stock and Bond Portfolios: Evidence from Timor-Leste. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 16, n. 11, p. 1–22, 2023.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da Científica**. 2ed. Boston, EUA: Cengage Learning, 2016.
- ASSAF NETO, A. **Mercado Financeiro**. 12. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2014.
- BALDI, F.; LAMBERTIDES, N. Exploring the role of ESG for the performance and risks of infrastructure investing: evidence from the international funds’ market. **Managerial Finance**, v. 50, n. 5, p. 92–117, 2023.
- BANZ, R. W. The relationship between return and market value of common stocks. **Journal of Financial Economics**, v. 9, n. 1, p. 3–18, 1981.
- BARNETT, M. L.; SALOMON, R. M. Beyond dichotomy: the curvilinear relationship between social responsibility and financial performance. **Strategic Management Journal**, v. 27, n. 11, p. 1101–1122, 2006.
- BASU, S. Investment performance of common stocks in relation to their price-earnings ratios: a test of the efficient market hypothesis. **The Journal of Finance**, v. 32, n. 3, p. 663–682, 1977.
- BERNARDELLI, L. V.; CASTRO, G. H. L. de. Mercado acionário e variáveis macroeconômicas: evidências para o Brasil. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 19, p. 1-15, 2020.

BHANDARI, L. C. Debt/Equity Ratio and Expected Common Stock Returns: Empirical Evidence. **The Journal of Finance**, v. 43, n. 2, p. 507–528, 1988.

BROADSTOCK, D.; CHAN, K.; CHENG, L. T. W.; WANG, X. The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China. **Finance Research Letters**, v. 38, p. 1-11, 2021.

BURRELL, G.; MORGAN, G. **Sociological Paradigms and Organisational Analysis**. Burlington, EUA: Routledge, 1979.

CARHART, M. M. On persistence in mutual fund performance. **Journal of Finance**, v. 52, n. 1, p. 57–82, 1997.

CASACCIA, M. C.; GALLI, O. C.; MACÊDO, G. R.; LEITÃO, C. Análise do desempenho de fundos de investimentos: um estudo em ações brasileiras no período de janeiro de 2004 a agosto de 2009. **Revista Organizações em Contexto**, v. 7, n. 13, p. 1-30, 2011.

CLAESSON, H.; BASK, M. **The Fama-French Asset Pricing Models: Emerging Markets**. 2021. 3-30. Dissertação (Mestrado em Economia) - Uppsala University, Uppsala, Suécia, 2021.

CORNELL, B.; DAMODARAN, A. Valuing ESG: Doing Good or Sounding Good?. **NYU Stern School of Business**, 2020.

COSTA, T. R. da. **Risco de insolvência: Uma análise de diferentes métodos de previsão e do efeito da estrutura de capital**. 2023. 169p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2023.

BONDT, W. F. M. de; THALER, R. Does the Stock Market Overreact?. **The Journal of Finance**, v. 40, n. 3, p. 793–805, 1985.

DIDIER, T.; LEVINE, R.; MONTANES, R. L.; SCHMUKLER, S. Capital market financing and firm growth. **Journal of International Money and Finance**, v. 118, n. 4, p. 2-31, 2021.

FABOZZI, F. J.; MA, K. C.; OLIPHANT, B. J. Sin Stock Returns. **The Journal of Portfolio Management**, v. 35, n. 1, p. 82–94, 2008.

FAMA, E. F. Contract costs, stakeholder capitalism, and ESG. **European Financial Management**, v. 27, n. 2, p. 189–195, 2020.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. A five-factor asset pricing model. **Journal of Financial Economics**, v. 116, n. 1, p. 1–22, 2015.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. **Journal of Financial Economics**, v. 33, n. 1, p. 3–56, 1993.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. The Cross-Section of Expected Stock Returns. **The Journal of Finance**, v. 47, n. 2, p. 427–465, 1992.

FAN, J. H.; MICHALSKI, L. Sustainable factor investing: Where doing well meets doing good. **International Review of Economics & Finance**, v. 70, p. 230–256, 2020.

FARIAS, A. M. L. de. **Variáveis Aleatórias Bidimensionais**. Rio de Janeiro, RJ: UFF, 2020.

FÁVERO, L. P. **Métodos quantitativos com Stata**: procedimentos, rotinas e análise de resultados. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: GEN LTC, 2014.

FERREIRA, M. A. S. P. V. A bibliometric study on Ghoshal's Managing across Borders. **Multinational Business Review**, v. 19, n. 4, p. 357–375, 2011.

FILHO, D. B. F.; JÚNIOR, J. A. S. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/politica hoje/article/view/3852/3156>. Acesso em: 11 set. 2024.

FIORUCI, J. A. **Modelagem de volatilidade via modelos GARCH com erros assimétricos**: abordagem Bayesiana. 2012. 90p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) - Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2012.

FRIEDE, G.; BUSCH, T.; BASSEN, A. ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. **Journal of Sustainable Finance & Investment**, v. 5, n. 4, p. 210–233, 2015.

FRIEDMAN, M. The social responsibility of business is to increase its profits. In: ZIMMERLI, W. C.; RICHTER, K.; HOLZINGER, M. **Corporate Ethics and Corporate Governance**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2007. p. 173–178.

GAO, Y.; XIONG, X.; FENG, X. Responsible investment in the Chinese stock market. **Research in International Business and Finance**, v. 52, n. 1, p.2-42, 2020.

HALBRITTER, G.; DORFLEITNER, G. The wages of social responsibility –where are they? A critical review of ESG investing. **Review of Financial Economics**, v. 26, n. 1, p. 25–35, 2015.

HARTZMARK, S. M.; SUSSMAN, A. B. Do Investors Value Sustainability? A Natural Experiment Examining Ranking and Fund Flows. **The Journal of Finance**, v. 74, n. 6, p. 2789–2837, 2019.

HONG, H.; KACPERCZYK, M. The price of sin: The effects of social norms on markets. **Journal of Financial Economics**, v. 93, n. 1, p. 15–36, 2009.

JEGADEESH, N.; TITMAN, S. Returns to Buying Winners and Selling Losers: Implications for Stock Market Efficiency. **The Journal of Finance**, v. 48, n. 1, p. 65–91, 1993.

KABIR, M. A.; LIPING, Y.; SARKER, S. K.; NAHIDUZZAMAN, M.; BORMAN, T. Portfolio optimization and valuation capability of multi-factor models: an observational evidence from Dhaka stock exchange. **Frontiers in Applied Mathematics and Statistics**, v. 9, p. 1-15, 2023.

KAROUI, A.; NGUYEN, D. K. Systematic ESG exposure and stock returns: Evidence from the United States during the 1991–2019 period. **Business Ethics, the Environment & Responsibility**, v. 31, n. 3, p. 604–619, 2022.

KEIM, D. B. Size-related anomalies and stock return seasonality: further empirical evidence. **Journal of Financial Economics**, v. 12, n. 1, p. 13–32, 1983.

JARJIR, S. L.; NASREDDINE, A.; DESBAN, M. Corporate social responsibility as a common risk factor. **Global Finance Journal**, v. 52, p. 1-46, 2022.

LEE, D. D.; FAN, J. H.; WONG, V. No more excuses! Performance of ESG-integrated portfolios in Australia. **Accounting & Finance, forthcoming**, v. 61, n. S1, p. 2407–2450, 2020.

LEVY, M. An inter-temporal CAPM based on First order Stochastic Dominance. **European Journal of Operational Research**, v. 298, n. 2, p. 734–739, 2022.

LINTNER, J. Security Prices, Risk, And Maximal Gains From Diversification. **The Journal of Finance**, v. 20, n. 4, p. 587–615, 1965.

LIU, X.; WAN, D. Retail investor trading and ESG pricing in China. **Research in International Business and Finance**, v. 65, n. 10, p.2-35, 2023.

MAITI, M. Is ESG the succeeding risk factor?. **Journal of Sustainable Finance & Investment**, v. 11, n. 3, p. 199–213, 2021.

MANZATO, A. J.; SANTOS, A. B. **A elaboração de questionários na pesquisa quantitativa**. São Paulo, Brasil: Departamento de Ciência de Computação e Estatística - IBILCE, UNESP, 2012. Disponível em: https://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Ensino_2012_1/ELABORACAO_QUESTIONARIOS_PESQUISA_QUANTITATIVA.pdf. Acesso em: 12 maio 2024.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.

MATOS, P. R. F.; ROCHA, J. A. T. da. Stocks and Mutual Funds: Common Risk Factors?. **Brazilian Business Review**, v. 6, n. 1, p. 21–41, 2009.

MELLO, R. C. de. **Desempenho de carteiras ESG na B3: Influência da incerteza nos períodos de crise e COVID-19**. 2022. 139p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2022.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MOREIRA, H.; CALEFFE, L. G. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2006.

MOSSIN, J. Equilibrium In A Capital Asset Market'. **Econometrica**, v. 34, p. 768–783, 1966.

NAFFA, H.; FAIN, M. A factor approach to the performance of ESG leaders and laggards. **Finance Research Letters**, v. 44, p.2-10, 2022.

NOLLET, J.; FILIS, G.; MITROKOSTAS, E. Corporate social responsibility and financial performance: A non-linear and disaggregated approach. **Economic Modelling**, v. 52, p. 400–407, 2016.

OLIVEIRA, B. M. de; FRANCHINI, A. A.; RODRIGUES, L. L. M. Modelagem da Taxa de Câmbio Real no Brasil: Uma Aplicação ARIMA-GARCH para o Período 2010-2018. **Revista Economia Ensaios**, v. 36, n. 2, p. 54-78, 2021.

OLLI, K. **Impact of ESG on financial performance**: Empirical evidence from the European market 2002–2019. 2021.p. 7-115 Dissertação (Mestrado em Contabilidade e Finanças) - University Of Turku, Turku, 2021.

PALAZZO, V.; SAVOIA, J. R. F.; SECURATO, J. R.; BERGMANN, D. R. Analysis of value portfolios in the Brazilian market. **Revista Contabilidade e Finanças**, v. 29, n. 78, p. 452–468, 2018.

PEDERSEN, L.; FITZGIBBONS, S.; POMORSKI, L. Responsible investing: The ESG-efficient frontier. **Journal of Financial Economics**, v. 142, n. 2, p. 572–597, 2021.

PERALVA, V. M. Múltiplos de ações e indicadores financeiros para seleção de carteiras: uma análise para o mercado acionário brasileiro. **Brazilian Journal of Business**, v. 2, n. 3, p. 2006–2027, 2020.

PRADO, J. W. DO. **Determinantes e implicações da estrutura de capital, da estrutura de propriedade e da governança corporativa**: um modelo multiteórico de análise. 2019. p.17-183. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

PROL, J. L.; KIM, K. Risk-return performance of optimized ESG equity portfolios in the NYSE. **Finance Research Letters**, v. 50, p. 2-8, 2022.

RAMOS-RODRÍGUEZ, A. R.; RUÍZ-NAVARRO, J. Changes in the intellectual structure of strategic management research: a bibliometric study of the Strategic Management Journal, 1980–2000. **Strategic Management Journal**, v. 25, n. 10, p. 981–1004, 2004.

RENNEBOOG, L.; TER HORST, J.; ZHANG, C. Socially responsible investments: Institutional aspects, performance, and investor behavior. **Journal of Banking and Finance**, v. 32, n. 9, p. 1723–1742, 2008.

REVELLI, C.; VIVIANI, J. L. Financial performance of socially responsible investing (SRI): what have we learned? A meta-analysis. **Business Ethics: A European Review**, v. 24, n. 2, p. 158–185, 2015.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e pesquisa. 2ed. São Paulo: Atlas, 1989.

RIZZI, L. J. **Análise comparativa de modelos para determinação do custo de capital próprio: CAPM, três fatores de fama e french (1993) e quatro fatores de carhart (1997)**.

2012. Dissertação (Mestrado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ROSS, S. A. The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. **Journal of Economic Theory**, v. 13, n. 3, p. 341–360, 1976.

SACCOL, A. Z. Um retorno ao básico: compreendendo os paradigmas de pesquisa e sua aplicação na pesquisa em administração. **Revista de Administração da UFSM**, v. 2, n. 2, p. 250–269, 2009.

SAMANEZ, C. P. **Gestão de Investimentos e Geração de Valor**. 1ed. São Paulo: Pearson/Prentice-Hall, 2007.

SENGUPTA, A.; JANA, P.; DUTTA, P. N.; MUKHERJEE, I. Optimal stock allocation for an automated portfolio recommender system in the perspective of maximum fund utilization. **Expert Systems with Applications**, v. 242, p. 2-14, 2024.

SHARPE, W. F. Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. **The Journal of Finance**, v. 19, n. 3, p. 425–442, 1964.

SILVA, A. P. A. R. da; RIBEIRO, R. R. M. Inovações Sustentáveis E Princípios Esg (Environmental, Social And Governance): Uma Análise Bibliométrica. **Revista Foco**, v. 17, n. 11, p. 1-25, 2024.

SILVA, D. da; SIMON, F. O. Abordagem quantitativa de análise de dados de pesquisa: construção e validação de escala de atitude. **Cadernos CERU**, v.16, n. 2, p. 11-27, 2005.

SILVA, L. T B. **Modelo de cinco fatores Fama-French: teste no mercado brasileiro**. 2019. 59p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Escola de Economia, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2019.

SOUSA, A. S. de; OLIVEIRA, G. S. de; ALVES, L. H. A Pesquisa Bibliográfica: Princípios E Fundamentos. **Cadernos da Fucamp**, v. 20, n. 43, p. 64–83, 2021.

SOUZA, E. M.; COSTA, A. S. M.; PEREIRA, S. J. N. A Organização (in)corporada: ontologia organizacional, poder e corpo em evidência. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 13, n. 4, p. 727–742, 2015.

SPIEGELEER, J. D.; HÖCHT, S.; JAKUBOWSKI, D.; REYNERS, S.; SCHOUTENS, W. ESG: a new dimension in portfolio allocation. **Journal of Sustainable Finance & Investment**, v. 13, n. 2, p. 827–867, 2023.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, W. R.; JAFFE, J.; LAMB, R. **Administração Financeira**. 10. ed. Porto Alegre, RS: AMGH, 2015.

TAN, Y. M.; SZULCZYK, K.; SII, Y. H. Performance of ESG-integrated smart beta strategies in Asia-Pacific stock markets. **Research in International Business and Finance**, v. 66, p.2-25, 2023.

TAUSSIG, R. D. New evidence on practical implications of the CAPM: In memory of Simon Benninga. **Journal of Corporate Accounting and Finance**, v. 33, n. 1, p. 72–77, 2022.

TREYNOR, J. L. How to rate management of investment funds. **Harvard Business Review**, v. 43, p. 63–75, 1965.

USECHE, A. J.; MARTÍNEZ-FERRERO, J.; ALAYÓN-GONZALES, J. L. Socially responsible portfolios, environmental, social, corporate governance (ESG) efficient frontiers, and psychic dividends. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 31, n. 2, p. 1323–1339, 2023.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 16ed. São Paulo, SP: Atlas, 2016.

VIEIRA, M. D. V.; MAIA, V. M.; KLOTZLE, M. C.; FIGUEIREDO, A. C. Modelo de Cinco Fatores de Risco: precificando carteiras setoriais no mercado acionário brasileiro. **Revista Catarinense da Ciência Contábil**, v. 16, n. 48, p. 86-104, 2017.

WANG, H. ESG investment preference and fund vulnerability. **International Review of Financial Analysis**, v. 91, p.2-12, 2024.

WANG, C. P.; HUANG, H. H.; HU, J. S. Reverse-Engineering and Real Options–Adjusted CAPM in the Taiwan Stock Market. **Emerging Markets Finance and Trade**, v. 53, n. 3, p. 670–687, 2017.

WHELAN, T.; ATZ, U.; CLARK, C. **ESG And Financial Performance: Uncovering the Relationship by Aggregating Evidence from 1,000 Plus Studies Published between 2015 – 2020**. Nova York, 2021. Disponível em: https://www.stern.nyu.edu/sites/default/files/assets/documents/NYU-RAM_ESG-Paper_2021.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

WINEGARDEN, W. **Environmental, Social, And Governance (ESG) Investing: An Evaluation of the Evidence**. San Francisco: Pacific Research Institute, 2019.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

Na segunda parte da dissertação, foram desenvolvidos os objetivos específicos do trabalho, considerando que estes foram desenvolvidos em forma de artigo. Portanto, ressalta-se a apresentação dos seguintes artigos:

- a) Artigo 1: Teoria do portfólio e precificação de ativos financeiros: uma revisão bibliométrica.
- b) Artigo 2: Uso de critérios ESG para formação de portfólios de ações no Brasil.
- c) Artigo 3: Modelagem da volatilidade de carteiras ESG e dos índices financeiros de sustentabilidade e de governança da B3: aplicação das extensões do modelo ARCH e GARCH.

ARTIGO 1 - TEORIA DO PORTFÓLIO E PRECIFICAÇÃO DE ATIVOS FINANCEIROS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi realizar uma revisão bibliométrica acerca da Teoria Moderna do Portfólio e da precificação de ativos financeiros, analisando a evolução das pesquisas na temática por meio das bases de dados da *Scopus* e *Web of Science*. A partir das ferramentas *Bibliometrix*, *VosViewer* e *Excel* foi possível identificar os principais trabalhos, autores, periódicos e tendências relacionadas a temática proposta. A pesquisa revela que trabalhos seminais como a seleção de portfólio pela média-variância proposta por Markowitz (1952) e os modelos de precificação de ativos propostos por Sharpe (1964), Fama e French (1992;1993;2015) continuam sendo base fundamentais na área. Estados Unidos e China lideram a produção científica do campo, no qual os periódicos *Journal of Financial Economics*, *Journal of Finance* e *Journal of Financial and Quantitative Analysis* centralizam as pesquisas mais citadas da área de estudo. Tópicos como otimização de portfólios, modelagem e identificação de fatores de risco ganham foco, obtendo crescimento expressivo no volume de estudos a partir da década de 1990. Nota-se, a convergência entre finanças e tecnologia, com técnicas de aprendizagem de máquinas, redes neurais e modelos econométricos mais robustos para melhorar modelos de investimento e precificação de ativos. A pesquisa também destaca outros novos fatores que estão sendo testados como fatores de sustentabilidade (ESG), liquidez e de governança corporativa, evidenciando aumento do interesse nos investimentos nos aspectos citados. Enfim, a pesquisa também retrata lacunas na literatura, como a necessidade de mais trabalhos e estudos em mercados emergentes, no qual ainda é pouco explorado na literatura científica a respeito do tema proposto. A pesquisa propõe como estudo futuro a incorporação de técnicas quantitativas mais robustas e expande a compreensão de novos fatores de risco. De forma geral, o estudo contribui para a sistematização do conhecimento a respeito da temática, servindo de guia para acadêmicos interessados no desdobramento da Teoria do Portfólio e da precificação de ativos financeiros.

Palavras-chave: bibliometria; teoria do portfólio; precificação de ativos; fatores de risco.

ABSTRACT

The objective of the research was to conduct a bibliometric review on Modern Portfolio Theory and the pricing of financial assets, analyzing the evolution of research on the topic through the Scopus and Web of Science databases. Using the Bibliometrix, VosViewer, and Excel tools, it was possible to identify the main studies, authors, journals, and trends related to the proposed theme. The research reveals that seminal works, such as the mean-variance portfolio selection proposed by Markowitz (1952) and the asset pricing models introduced by Sharpe (1964), Fama, and French (1992; 1993; 2015), continue to serve as fundamental bases in the field. The United States and China lead scientific production in this area, with journals such as the *Journal of Financial Economics*, *Journal of Finance*, and *Journal of Financial and Quantitative Analysis* concentrating the most cited research in the field. Topics such as portfolios optimization, modeling, and the identification of risk factors have gained prominence, experiencing significant growth in the volume of studies since the 1990s. There is a noticeable convergence between finance and technology, with machine learning techniques, neural networks, and more robust econometric models being applied to enhance investment models and asset pricing. The research also highlights emerging factors being tested, such as sustainability factors (ESG), liquidity, and corporate governance, demonstrating a growing interest in investments considering these aspects. Furthermore, the study identifies gaps in the literature, particularly the need for more research on emerging markets, which remains underexplored in the scientific literature on this topic. As future research directions, the study suggests incorporating more robust quantitative techniques and expanding the understanding of new risk factors. Overall, the research contributes to the systematization of knowledge on the subject, serving as a guide for academics interested in the developments of Portfolio Theory and financial asset pricing.

Keywords: bibliometrics; portfolio theory; asset pricing; risk factors.

1 INTRODUÇÃO

A moderna teoria do portfólio surge a partir do trabalho seminal de Markowitz (1952). Markowitz prescreve que o retorno esperado para um conjunto de ativos é a média ponderada dos retornos esperados dos ativos individuais. Por outro lado, o risco é uma função das variâncias individuais de cada ativo e de uma parcela das covariâncias entre os ativos, calculados dois a dois.

Markowitz avalia o *trade-off* ótimo entre retornos esperados e riscos em uma carteira de títulos financeiros, a partir da teoria de portfólio de média-variância (Botero; Mazo; Arboleda, 2024). Contudo, demonstra que seria possível obter combinações eficientes de alocação de recursos, tendo melhor relação de risco e retorno, indo contra ao pensamento dominante da época, de que a concentração de recursos deveria ser nos ativos que oferecessem maiores retornos esperados (Zanini; Figueiredo, 2005)

Porém, o modelo de Markowitz necessita de elevada quantidade de informação e de certa complexidade dos cálculos necessários naquela época. Portanto, Sharpe (1963; 1964) desenvolve um modelo simplificado (Zanini; Figueiredo, 2005). Sharpe não pressupõe que os retornos entre os ativos estão correlacionados entre si, conforme Markowitz (1952), mas sim, de um índice único que representa o retorno de todo o mercado onde estão sendo negociados os ativos. A partir desse princípio, o número de cálculos a serem efetuados cai sensivelmente.

Partindo da ideia inicial de Markowitz, os modelos de otimização de portfólio no processo de tomada de decisão financeira aumentaram ao longo do tempo e têm sido o ponto central de pesquisa desde o início (Batra; Taneja, 2024; Mandal; Thakur, 2024). Gestores de portfólios com o intuito de medir o risco mínimo e retorno máximo utilizando da metodologia mais comum: a média-variância de Markowitz proposta (Batra; Taneja, 2024). Após o trabalho seminal de Markowitz, vários pesquisadores (Kumar; Bhattacharya, 2012; Manchev, 2012; Shen, 2015; Han; Hjalmarsson; Kalayci *et al.*, 2019; Silva; Herthel; Subramanian, 2019; Wong, 2020) tentaram estender a média – modelo de carteira de variância, considerando diferentes aspectos relacionados à seleção de carteira.

Seguindo a direção proposta por Sharpe (1964), existem diversos modelos que adotam diferentes fatores para precificar os ativos financeiros, como o CAPM e os modelos multifatoriais. O CAPM tornou-se uma ferramenta vital para gestão de ativos financeiros nos últimos anos, devido a sua acessibilidade e simplicidade (Khoa; Huynh, 2023). Os modelos multifatoriais são modelos de precificação de ações, que possuem mais fatores para explicar o retorno dos ativos, como por exemplo, a teoria de preços por arbitragem (APT) proposta por

Ross (1976). Esta, presume (n) fatores capazes de explicar o retorno das ações, porém não são declarados quais fatores que explicam os retornos.

Logo, Fama e French (1993, 2015) propuseram os modelos de três e cinco fatores, sendo eles: Fator de mercado (CAPM), tamanho, *book-to-market*, rentabilidade e investimento, vários estudos tentam concentrar na descoberta de outros novos fatores ou na investigação de como os modelos se comportam em vários mercados financeiros do mundo. Por fim, na prática, é necessário investigar qual é o modelo mais eficiente, ou seja, qual o retorno esperado que mais se aproxima do preço real (Tao, 2022).

Levando em conta a importância da teoria do portfólio e precificação de ativos para tomada de decisões por parte dos agentes econômicos e financeiros, este estudo investigará como o campo da teoria do portfólio e precificação de ativos se apresentou ao longo do tempo. Portanto, essa pesquisa tem como objetivo compreender a aplicação da teoria do portfólio e da precificação de ativos, a partir das bases da *Scopus* e *Web of Science*.

Neste contexto, o presente trabalho torna-se relevante por dedicar-se ao levantamento de pesquisas envolvendo a temática: a teoria do portfólio e precificação de ativos financeiros. Assim, a partir de um amplo conjunto de dados, optou-se pela busca em duas bases de dados. Tal investigação possibilita a identificação das principais tendências para a confecção de novos trabalhos, a fim de responder novas lacunas sobre o tema em análise. Logo, a partir dessa pesquisa foi possível aprofundar o conhecimento sobre o que já foi produzido pela literatura e o mapeamento de trabalhos, autores, instituições e outros aspectos que são importantes para a compreensão e discussão desta temática.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O que tem se pesquisado sobre a teoria do portfólio e precificação de ativos

Objetivando-se a melhorar os mercados financeiros e as decisões de investimento, a área de otimização e gestão de portfólios de investimento tornam-se importantes. De acordo com Liesio *et al.* (2021), há elementos teóricos, métodos e práticas que auxiliam os tomadores de decisões a fazer a seleção múltiplas informadas de um conjunto de alternativas, a partir de modelos matemáticos que considera as restrições, preferencias e incertezas significativas, fazem parte da análise de decisão de portfólio de investimento.

A Média-Variância proposta por Markowitz (1952) é a formulação mais utilizada para seleção de portfólio (Batra; Taneja, 2024). Porém, o modelo apresenta um problema de programação quadrática, cujo o risco é modelado usando a variância do portfólio, sendo

necessário um tempo computacional significativo, quando se envolve diversos títulos (Mandal; Thakur, 2024).

Através do trabalho seminal de Markowitz, vários pesquisadores procuraram estender o modelo de média-variância, presumindo diversos aspectos relacionados a seleção de portfólios (Hjalmarsson; Manchev, 2012; Kumar; Bhattacharya, 2012; Shen, 2015; Kalayci; Ertenlice; Akbay, 2019; Silva; Herthel; Subramanian, 2019; Han; Wong, 2020). No entanto, para resolver os problemas de otimização de portfólio, diversos são os métodos aplicados em pesquisa (Milhomem; Dantas, 2020). Milhomem e Dantas (2020) apresentam técnicas como otimização robusta, otimização dinâmica, problemas multiobjectivos e algoritmos híbridos, que comumente aparecem em pesquisas de otimização de portfólio, demonstrando uma gama de possibilidades de combinações entre si, capazes de aumentar a chance de resolução do problema de otimização de carteiras.

Milhomem e Dantas (2020) identificaram em seu estudo, que existem algumas lacunas sobre o tema, que devem ser consideradas. Estas, envolvem a formulação de preditores robustos para o risco e retorno, cujo objetivo é aumentar a capacidade do modelo em otimizar uma carteira de investimentos, quais as restrições adicionais proporcionariam o modelo mais eficiente para otimização de carteiras, bem como a adição da restrição, para evitar que o modelo selecione ações altamente influenciadas pela volatilidade do mercado.

Ao longo tempo, a capacidade de explicação dos modelos de precificação tem aperfeiçoado e a literatura constantemente atualiza e complementa por investigações empíricas (Ganz; Schlotefeldt; Rodrigues Junior, 2020). Contudo, mesmo considerando a melhora nos modelos, observa-se que uma parcela nos excessos de retornos não consegue ser explicada pelo modelo, esse fenômeno é definido como anomalia de mercado (Cova; Souza; Soares Neto, 2011). Considerando o crescimento da literatura a respeito da teoria de precificação de ativos, os resultados são, até certo ponto, mistos e inconclusivos (Ali; Bashir, 2022).

De acordo com Rocha e Laurini (2023) há uma crescente variedade de potenciais fatores de riscos que podem ser incorporados em modelos econométricos, levando ao termo coloquial “*Factor Zoo*”. Logo, Harvey, Liu e Zhu (2015), Hou, Xue e Zhang (2015), McLean e Pontiff (2016) debatem sobre os diversos fatores de risco, que podem influenciar os procedimentos de precificação de risco.

O CAPM desenvolvido por Sharpe (1964) e Lintner (1965) foi o primeiro e mais conhecido modelo de precificação de ativos. No entanto, após as críticas ao modelo CAPM, a teoria de preços de arbitragem (APT), proposta por Ross (1976), levantou a questão de que apenas o risco de mercado não conseguiria por si só explicar a variação transversal total dos

retornos das ações. Diversos autores mostraram que haviam outras anomalias que seriam capazes de explicar os retornos das ações e propuseram isso no modelo de precificação, ou seja, fatores como valor, tamanho, *momentum*, investimento e rentabilidade seriam aspectos que explicariam o retorno das ações (Rosenberg; Reid; Lanstein, 1985; Fama; French, 1992; Fama; French 1993; Carhart, 1997; Titman; Wei; Xie, 2004; Novy-Marx, 2013; Fama; French, 2015).

O período de globalização e a remoção de barreiras internacionais desenvolvem um movimento contínuo de capital e comércio (Keshari; Gautam, 2023). Portanto, aspectos macroeconômicos ou características das empresas são propostos e aderidos aos modelos de forma empírica, sendo estes testados ao longo dos anos (Maciel *et al.*, 2021). Na literatura, ainda existem estudos que utilizam fatores como dividendos, governança, liquidez, sustentabilidade e outras variáveis, para relacionarem-se com o retorno do ativo.

O estudo de Viana (2022) mostrou que o “fator dividendos” auxiliou na explicação dos retornos das ações do Brasil, considerando carteiras formadas com 10 e 20 ativos, sugerindo que o fator dividendo é importante para a construção de portfólios e tem relevância quando adicionado ao modelo de cinco fatores.

A liquidez tem sido reconhecida pela sua importância na precificação de ativos. Dong *et al.* (2024) constroem uma medida de liquidez e constatarem que existe um prêmio de risco de liquidez, que impacta significativamente o mercado acionário chinês.

Os estudos de Ganz, Schlotefeldt e Rodrigues Junior (2020) com o objetivo de verificar se a governança corporativa pode ser um fator explicativo nos modelos de precificação, encontraram que o retorno das ações das pequenas empresas com níveis baixos de governança corporativa era afetado negativamente pelo fator de governança corporativa. Somado a isso, o inverso acontece com as grandes empresas, considerando altos níveis de governança corporativa (Ganz; Schlotefeldt; Rodrigues Junior, 2020). O estudo ainda demonstra que o tamanho de mercado, *book-to-market*, rentabilidade e investimento são fatores que impactam o retorno das ações brasileiras.

Nas últimas décadas, a sustentabilidade tornou-se um elemento significativo, uma vez que as organizações estão se concentrando na consciência sobre o aquecimento global e a finitude dos recursos naturais. Logo, grupos de investidores começaram a incluir princípios de sustentabilidade em suas estratégias de investimentos, considerando resultados ambientais, sociais e de governança nos seus investimentos (Mohanasundaram; Kasilingam, 2024). Os pesquisadores Xiao *et al.* (2013) incorporaram no modelo de três fatores de Fama e French (1993) o fator de sustentabilidade (fator ESG). Azevedo, Santos e Campos (2016), por sua vez, incorporaram no CAPM, o fator de sustentabilidade no mercado global. Mohanasundaram e

Kasilingam (2024) incorporaram no modelo de cinco fatores de Fama e French (2015), o fator sustentabilidade como um fato adicional e mostraram que o desempenho da sustentabilidade influencia os retornos dos ativos.

Por outro lado, Leite *et al.* (2018) e Carvalho *et al.* (2021) apontaram que a maior parte das pesquisas sobre precificação de ativos foram realizadas em mercados desenvolvidos, mesmo considerando o ganho de importância que os mercados acionários em países emergentes tiveram. Nesse sentido, ainda são escassos os modelos capazes de explicar os retornos nesse contexto. Ademais, várias pesquisas ao testarem o modelo de precificação de ativos no mundo todo, concluíram redundância de vários fatores considerando diferentes países (Chiah; Chai; Zhong, 2016; Guo *et al.*, 2017; Hu *et al.*, 2019; Lin, 2017). Com isso, tem-se a oportunidade de contribuir com a literatura ao explorar os modelos de precificação de ativos em economias emergentes.

3 METODOLOGIA

A pesquisa se caracteriza como um estudo bibliométrico. De acordo com Pereira *et al.* (2019), a bibliometria pode ser uma estratégia que objetiva averiguar a atividade científica, a respeito de temáticas específicas. A partir dessa investigação, destaca-se a importância de explorar tendências, através do estudo e análise da literatura mais representativa nos meios científicos. Vanti (2002) elenca algumas das possibilidades de aplicação das técnicas bibliométricas, sendo elas: identificar e prever as tendências de publicações, medir o crescimento de áreas e o surgimento de novos temas, apresentar os principais autores, países e periódicos, analisar o processo de citação e cocitação, além de outras aplicações.

Os estudos bibliométricos são importantes para elaboração de sínteses, que abordam uma variedade amplificada e diversificada de autores, contextos e reflexões, tendo em vista que essas análises são fundamentais para embasamento de conclusões de pesquisas. Essa importância deve-se a relação estabelecida entre os resultados provenientes de diversas fontes (Pereira *et al.*, 2019). De acordo com Pinto, Pulgarín e Escalona (2014), esse tipo de investigação tem sido explorado em diferentes temáticas dentro da área de negócios internacionais.

Nesse estudo, foram utilizadas duas bases de dados: *Scopus* e *Web of Science*. Estas, destacam-se como as bases de dados mais confiáveis e mais importantes para a realização de análises bibliométricas (Hoz-Correa; Munoz-Leiva; Bakucz, 2018; Maia *et al.*, 2019). A utilização das duas bases de dados, deve-se ao fato delas serem complementares e

proporcionarem uma visão ampliada do conhecimento e das tendências em uma determinada temática (Echchakoui; Barka, 2020).

Para a investigação e tendência do campo da Teoria Moderna do Portfólio e dos modelos de precificação de ativos, foi utilizado a biblioteca *Bibliometrix* do R Studio, tendo em vista sua popularidade e funcionalidade, permitindo analisar por exemplo, os autores mais relevantes pelo número de publicações ou dos documentos mais citados (Linnenluecke; Marrone; Singh, 2019).

A pesquisa apresenta etapas para a elaboração do estudo bibliométrico. Assim, apoia-se no trabalho de Prado *et al.* (2016). Ressalta-se, que os autores Taskin e Al (2014) evidenciam uma limitação desse tipo de pesquisa, referente a delimitação errada de termos ou até mesmo erro na coleta de dados. Portanto, a fim de diminuir tais erros e vieses, Prado *et al.* (2016) utilizam uma série de procedimentos, a fim de manter o rigor e confiabilidade da pesquisa. No Quadro 1 apresentam-se os estágios para a construção do estudo.

Quadro 1 – Estágio de Elaboração do Estudo.

Estágio	Procedimento	Descrição
1. Operação de pesquisa	1.1	Escolha da base científica de dados.
	1.2	Delimitação de termos que representam o campo.
2. Procedimentos de pesquisa (filtros)	2.1	Título (termos do campo).
	2.2	Uso de <i>underline</i> (expressão exata) e asterisco.
	2.3	Buscas individuais de cada termo.
	2.4	Retirada de termos não relacionados ao campo e adaptações.
	2.5	Nova busca a partir da adaptação da <i>string</i> .
	2.6	Buscas individuais de cada termo após adaptação.
	2.7	Filtro 1: Delimitações de artigos.
	2.8	Filtro 2: Todos os anos.
	2.9	Filtro 3: Todas as áreas.
	2.10	Filtro 4: idioma = inglês.
3. Procedimentos de seleção: Banco de dados	3.1	<i>Download</i> de referências - <i>software Zootero</i> .
	3.2	<i>Download</i> de referências em formato de planilha.
	3.3	<i>Download</i> de referências para uso nos softwares.
	3.4	Organização de referências no <i>Zootero</i> .
	3.5	Análise de matriz na organização de planilhas.
	3.6	Importação de dados para o <i>software</i> de análise.
4. Adequação e organização dos dados	4.1	Eliminação de artigos duplicados.
	4.2	Junção das bases de dados <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> por meio do <i>R Studio</i> .
5. Análise da produção científica	5.1	Análise de tendências temporais e de volumes de publicação.
	5.2	Análise de referências e artigos mais citados.
	5.3	Análise do país de origem.
	5.4	Análise de periódicos mais citados.
	5.5	Análise de autores citados e co-citados.
	5.6	Análise de palavras-chave.
	5.7	Estudo de tendências.

Fonte: Adaptado de Prado *et al.* (2016).

O presente estudo percorreu os cinco estágios elencados por Prado *et al.* (2016). Cada etapa foi orientada por um conjunto de procedimentos, detalhados a seguir. Em consonância com Prado *et al.* (2016), optou-se pela utilização desses estágios.

3.1 Operacionalização da pesquisa

Para o desenvolvimento da pesquisa foi formado um conjunto de palavras-chave, optando-se por utilizar a base de dados *Web of Science* e *Scopus*.

De modo a encontrar a *string* de busca, iniciou-se pela busca de artigos seminais e relevantes, assim como pela busca de artigos que abrangeram de forma geral a temática. No artigo seminal de Markowitz (1952) e Sharpe (1964), nos principais artigos de Fama e French (1992, 1993, 1995, 1996, 2004, 2006, 2012, 2015, 2017) e em outros artigos importantes da temática como o de Amihud (2002) foram encontradas as seguintes palavras-chave no título: “*price*”, “*asset pricing*”, “*return*” e “*portfolio*”. Os outros termos são: “*fama-french*”, “*market equilibrium*”, “*three-factor model*”, “*four-factor model*”, “*five-factor model*”, “*asset pricing model*”, “*CAPM*”.

Essas palavras-chave representam o bloco dos modelos de precificação de ativos e portfólios de investimentos. Outros termos relacionados com a moderna teoria do portfólio foram inseridos, sendo elas: “*markowitz*”, “*mean-variance*”, “*portfolio optimization*”, “*asset allocation*”, “*efficient frontier*”, “*variance*”, “*risk**”, “*stock market*”, “*portfolio theory*”. Vale ressaltar que, o incremento do caractere “*” se dá pela necessidade de se incluir possíveis variações terminológicas, como palavras no plural, gerúndio e outros.

3.2 Procedimento de pesquisa

O primeiro conjunto de palavras-chave foi definida, a partir dos trabalhos seminais e de importância para a temática. O segundo e terceiro bloco de palavras-chave foram formados, a partir de trabalhos da temática, sendo que o segundo bloco remete aos termos relacionados com a precificação de ativos e o terceiro bloco remete aos modelos de otimização de Markowitz.

Considerando as adaptações necessárias em alguns termos, apresentou-se na base *Web of Science*, 2.086 resultados e na *Scopus*, 3091 documentos. A data de pesquisa foi dia 25 de abril de 2024, portanto, os artigos até essa data foram considerados para a análise.

A partir dessa busca, foram adicionados outros filtros. Utiliza-se do filtro “Tipo de documento”, uma vez que se faz necessário para a realização das análises em *softwares*

bibliométricos (Prado *et al.*, 2016). Logo, para a pesquisa foram coletados apenas os documentos classificados como artigos empíricos e de revisão. Dessa forma, todos os outros campos foram selecionados e excluídos. A partir dos filtros, a base *Web of Science* retornou 1.578 artigos e a base *Scopus* retornou 2.332 artigos. O Quadro 2 apresenta as *strings* utilizadas para a busca.

Quadro 2 – *Strings*.

WEB OF SCIENCE
TI=((pric* AND return*) OR asset_pric* OR portfolio*) AND (TS=((Fama NEAR/1 French) OR "market equilibrium" OR "three-factor model" OR "four-factor model" OR "five-factor model" OR CAPM OR "Asset pricing model") OR (TS=("markowitz") AND TS=("mean-variance" OR "portfolio optimization" OR "asset allocation" OR "efficient frontier" OR variance OR risk* OR "stock market" OR "portfolio NEAR/1 theory")))
SCOPUS
TITLE((pric* AND return*) OR asset_pric* OR portfolio*)AND (TITLE-ABS-KEY((Fama W/1 French) OR "market equilibrium" OR "three-factor model" OR "four-factor model" OR "five-factor model" OR CAPM OR "Asset pricing model") OR (TITLE-ABS-KEY("markowitz") AND TITLE-ABS-KEY("mean-variance" OR "portfolio optimization" OR "asset allocation" OR "efficient frontier" OR variance OR risk* OR "stock market" OR "portfolio W/1 theory")))

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ressalta-se, que “TITLE”, “TITLE-ABS-KEY”, “TI”, “TS”, “AND”, “OR”, “NEAR/n”, “W/n” são os operadores booleanos das duas bases de dados.

Optou-se por mesclar as duas bases de dados (*Scopus* e *Web of Science*) utilizando o *software R*, com o intuito de remover trabalhos duplicados.

3.3 Procedimento de seleção

A amostra é demonstrada nas referências citadas pelas pesquisas. Estas, foram exportadas para o gerenciador de referências *EndNote* e posteriormente, os arquivos foram salvos, tanto em formato de planilha, quando a de texto. Para a realização das análises desses documentos, contou-se com o auxílio do *M.S. Excel*, *Software R Studio* e do *VosViewer*.

3.4 Análise da produção científica

A presente pesquisa utilizou da biblioteca do *R Studio (Bibliometrix)* e o *software VosViewer*. Foi possível realizar o mapeamento da temática de estudo, a partir dos trabalhos e periódicos mais citados, os países com maiores números de publicações, redes de coautoria e

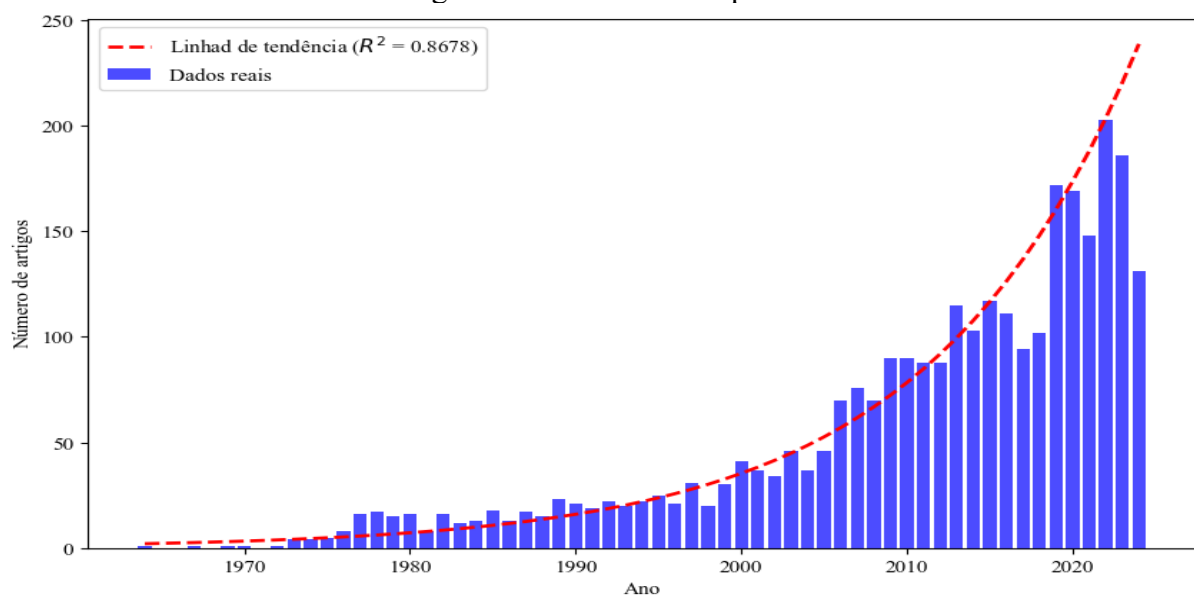
cocitação, as principais palavras-chave, o desenvolvimento da temática ao longo do tempo e outros elementos, a partir da utilização dessas ferramentas (Costa, 2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Tendência temporal e análise de volume de publicação

O ano inicial com o estudo publicado sobre a temática foi em 1964, elaborado por Sharpe (1964) e intitulado como “*Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk*”. Nota-se baixos volumes de publicações da temática de 1964 até final de 1997 e um crescimento exponencial, a partir de 1998, conforme ilustrado pela Figura 5. Ressalta-se o trabalho de Markowitz (1952), intitulado como “*Portfolio Selection*”, considerado o trabalho seminal da temática, não foi encontrado nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*.

Figura 5 – Tendência temporal.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2 Análise de artigos mais citados

Os trabalhos mais citados são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Artigos com maiores volumes de citações.

Títulos	Autores	Periódico	Ano	Citações
<i>Portfolio Selection</i>	Markowitz	J FINANC	1952	675
<i>Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk</i>	Sharpe	J FINANC	1964	486
<i>Common risk factors in the returns on stocks and bonds</i>	Fama e French	J FINANC ECON	1993	420
<i>The Market Price of Risk, Size of Market and Investor's Risk Aversion</i>	Lintner	REV ECON STAT	1965	332
<i>The Cross-Section of Expected Stock Returns</i>	Fama e French	J FINANC	1992	254
<i>Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests</i>	Fama e MacBeth	J POLIT ECON	1973	224
<i>An Intertemporal Capital Asset Pricing Model</i>	Merton	ECONOMETRICA	1973	207
<i>On Persistence in Mutual Fund Performance</i>	Carhart	J FINANC	1997	198
<i>A five-factor asset pricing model</i>	Fama e French	J FINANC ECON	2015	191
<i>Equilibrium in a Capital Asset Market</i>	Mossin	ECONOMETRICA	1966	166

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Por meio do Quadro 3 são identificados os trabalhos mais relevantes do campo de estudos. O trabalho seminal de Markowitz (1952) intitulado como *Portfolio Selection* aparece como o mais citado, com 675 citações. Nesse trabalho foi incorporado o conceito de diversificação. Markowitz (1952) mostra que o fato de combinar ativos de diferentes características de risco e retorno, o investidor consegue maximizar o retorno esperado para um dado nível de risco, conhecido como fronteira eficiente.

Em segundo, aparece o trabalho de Sharpe (1964), com 486 citações no período. O trabalho de Sharpe (1964) traz o primeiro modelo de precificação de ativos financeiros, que estabelece o retorno esperado de um título em uma determinada carteira, levando em conta o seu risco sistemático. Esse modelo marca a base da teoria da precificação de ativos, resultando no agradecimento ao autor, com o prêmio Nobel, em 1990 (Fama; French, 2007).

Em 1993, Fama e French adicionaram mais dois novos fatores de risco (tamanho e *book-to-market*) em seu trabalho intitulado como *Common risk factors in the returns on stocks and bonds*). O trabalho obteve 420 citações.

Lintner (1965) com seu trabalho *The Market Price of Risk, Size of Market and Investor's Risk Aversion* contribuiu com o desenvolvimento do CAPM. Seu artigo ampliou o conceito de

equilíbrio de mercado em contexto de risco. Este estudo teve 332 citações no período.

O trabalho de Fama e French (1992) - *The Cross-Section of Expected Stock Returns* - foi importante para o desenvolvimento do modelo de três fatores e instigou a capacidade do CAPM tradicional, sugerindo outros fatores que influenciam os retornos das ações. O trabalho apresentou 254 citações no período.

Fama e MacBeth (1973) com o trabalho intitulado *Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests* insere uma metodologia nova para testar modelos de precificação de ativos, conhecida como “regressão Fama-MacBeth”. Esta, é utilizada amplamente em pesquisa na área de Finanças. O trabalho apresenta 224 citações no período.

Merton (1973) com seu trabalho *An Intertemporal Capital Asset Pricing Model*, com 207 citações, propõe uma extensão do modelo CAPM, conhecido modelo intertemporal de precificação de ativos (ICAPM), onde leva em consideração a evolução das oportunidades de investimento, ao longo do tempo.

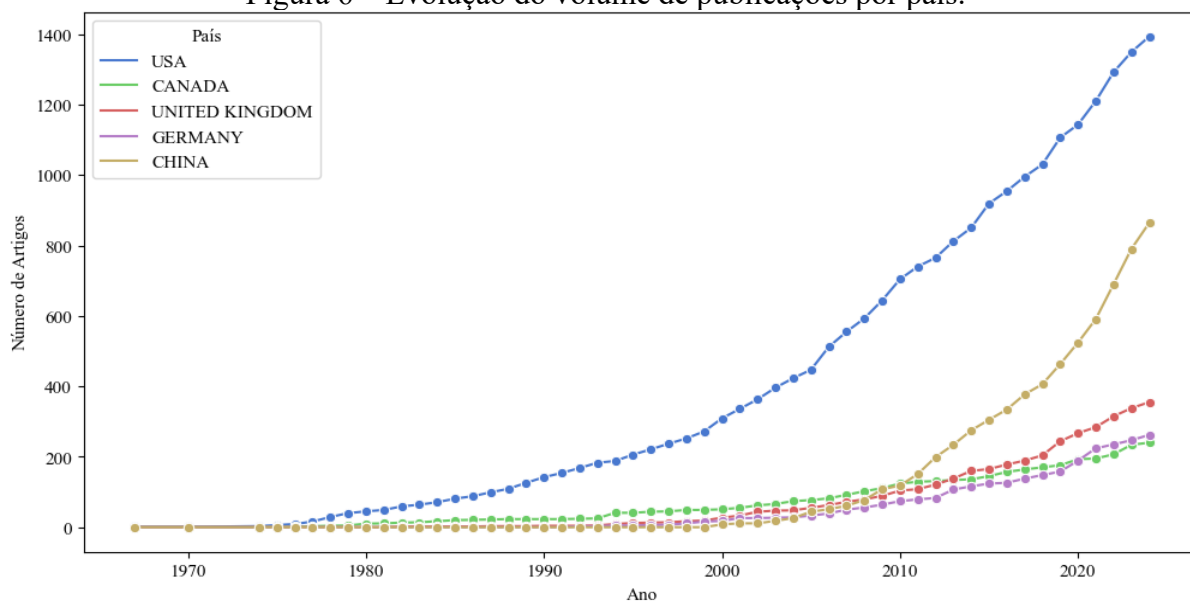
Carhart (1997) em seu trabalho *On Persistence in Mutual Fund Performance*, com 198 citações, adiciona outro novo fator no modelo de Sharpe (1964) e Fama e French (1993), conhecido como fator *momentum*. Este, é utilizado para explicar os retornos dos fundos de investimentos. Em seguida, o trabalho de Fama e French (2015) intitulado como “*A five-factor asset pricing model*” inseriram dois novos fatores de risco (investimento e rentabilidade) no modelo de três fatores de Fama e French (1993), totalizando 191 citações no período. Por fim, Mossin (1966) com 166 citações no período, contribui também com o desenvolvimento do CAPM em seu trabalho (*Equilibrium in a Capital Asset Market*), de maneira independente e quase simultânea com Sharpe (1964) e Lintner (1965). O autor dedicou-se a examinar as condições de equilíbrio no mercado acionário, sob risco.

Os principais trabalhos da temática convergem para o ponto de como os investidores equilibram o binômio risco e retorno. Os principais estudos apresentados trazem o conceito de diversificação, do risco sistemático e de outros fatores de risco como tamanho, valor, rentabilidade, investimento e *momentum*, na determinação dos preços dos ativos.

4.3 Análise do país de origem

A Figura 6 mostra a evolução dos países, em volume de publicações, ao longo dos anos. Os países com maiores frequências de publicações foram Estados Unidos (22.759), China (6.736), Canadá (3859), Reino Unido (3847) e Alemanha (2733).

Figura 6 – Evolução do volume de publicações por país.

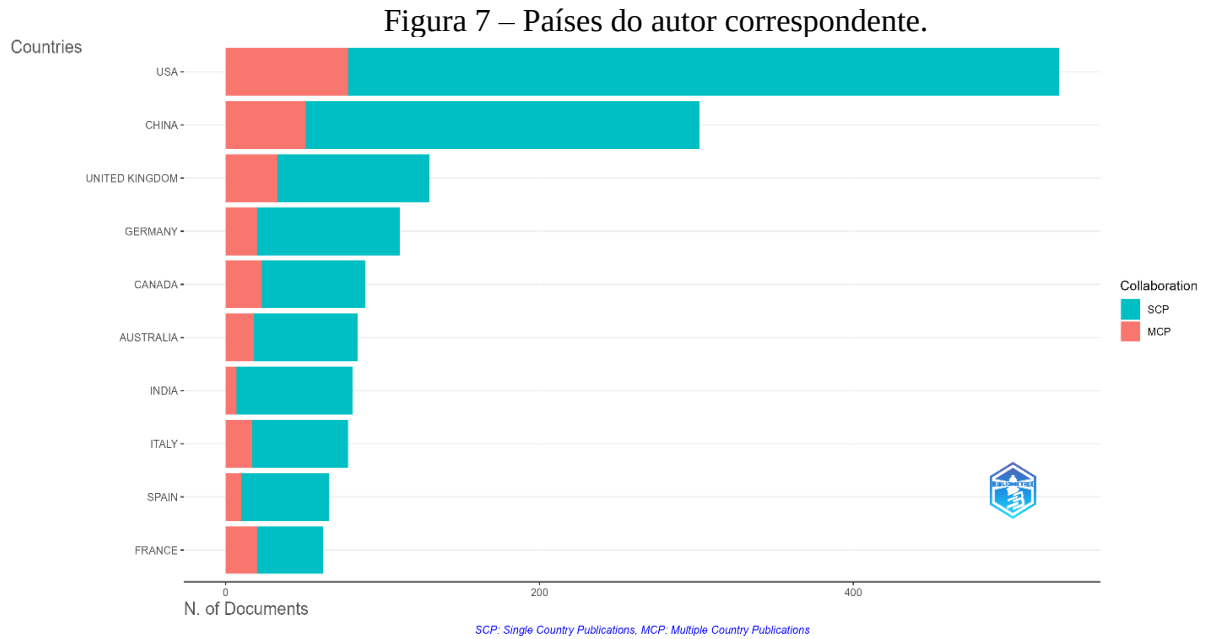


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Percebe-se que, os Estados Unidos é o principal país na evolução de volumes de publicações. Nota-se que a China ultrapassa os outros três países entre 2009 e 2012, em volume de publicações.

A Figura 7, por sua vez, apresenta os países dos autores correspondentes, mostrando a quantidade de trabalhos, que foram desenvolvidos por autores do mesmo país (SCP), bem como a quantidade de trabalhos que houve a colaboração de autores de países diferentes (MCP).

Os principais países em destaques foram os Estados Unidos, com 531 trabalhos, considerando 453 com autores do próprio país e 78 trabalhos em colaboração. Em segunda posição vem a China, com 302 trabalhos, sendo 251 com autores do país e 51 trabalhos com a parcerias de outros países. Em seguida, tem-se o Reino Unido, com 130 trabalho (97 trabalhos com autores do próprio país e 33 trabalhos com a parceria de autores de outros países). Em quarto e quinto lugar, tem-se a Alemanha e o Canadá. Cada um com 111 trabalhos (91 trabalhos com autores do próprio país e 20 trabalhos com a parceria de autores de outros países) e 89 trabalhos totais publicados (66 trabalhos com autores do próprio país e 23 trabalhos com a parceria de autores de outros países), respectivamente.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

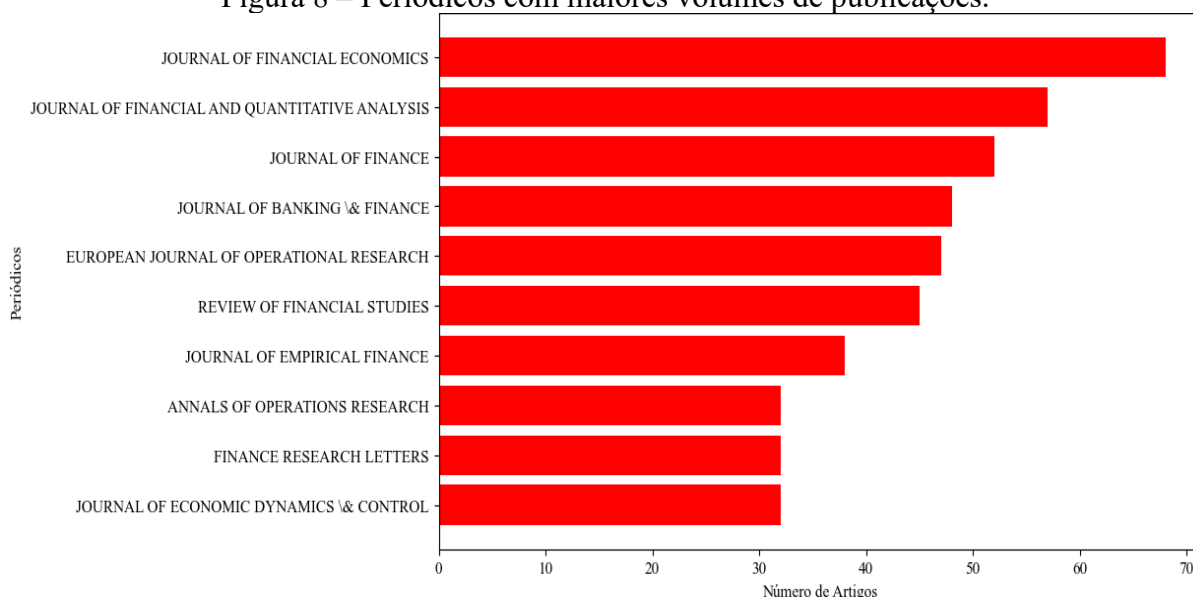
Nos Estados Unidos, em torno de 55% dos americanos tem algum tipo investimento em ações, seja por meio de fundos mútuos, pensões ou contas de aposentadoria (Dos Santos; Teixeira, 2023). Estados Unidos e China possuem o mercado financeiro aberto e desenvolvido com rápida evolução e expansão, considerando uma pesquisa do Fundo Internacional Monetário (FMI) (2024). Destaca-se que os Estados Unidos e China estão entre as maiores economias do mundo.

Várias análises bibliométricas sobre a teoria do portfólio e aos modelos de precificação de ativos vão ao encontro com os achados. Os autores Milhomem e Dantas (2020), Pakes, Rocha e Silva (2022), Valdetaro Salvador (2023), Costa e Ferreira (2023) mostraram os Estados Unidos e a China como principais lideranças nas pesquisas a respeito da temática.

4.4 Análise dos periódicos mais citados

Considerando a análise dos periódicos mais citados (ver Figura 8) foi possível localizar o que mais contribuíram para o desenvolvimento da temática. O principal periódico foi *Journal of Financial Economics*, com 68 trabalhos publicados. Em segundo lugar, tem-se o periódico *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, com 57 documentos publicados e em terceiro o *Journal of Finance*, com 52 documentos publicados.

Figura 8 – Periódicos com maiores volumes de publicações.



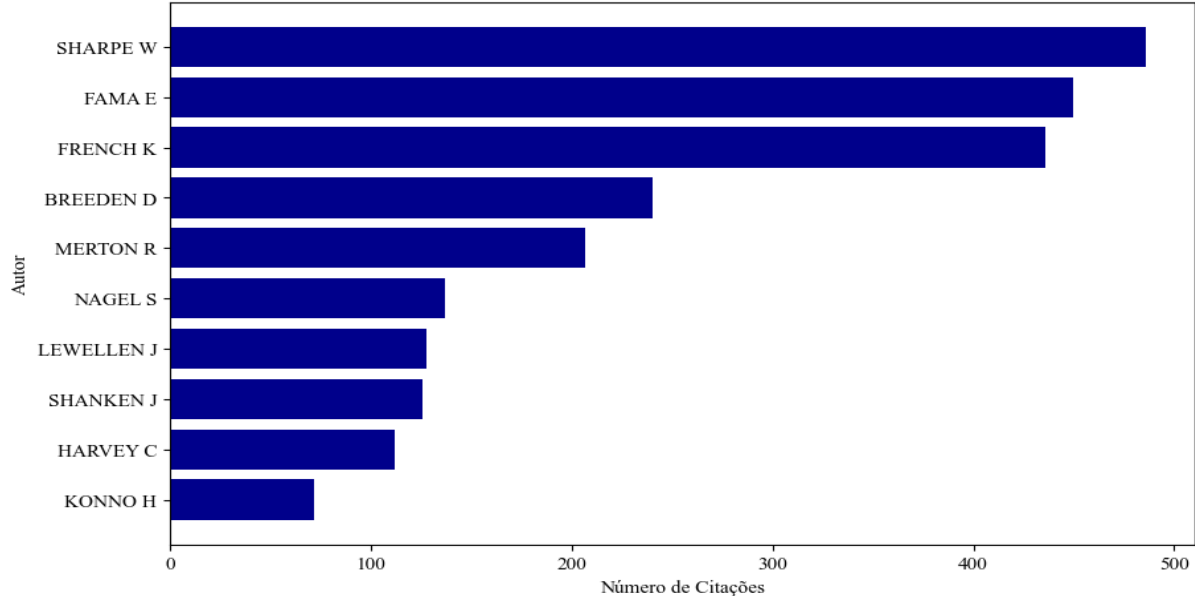
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os artigos do campo de estudo, estão sendo publicados nos melhores periódicos, considerando as revistas de *Qualis A1*, indicando excelência acadêmica e contribuindo para o desenvolvimento da temática. O *Journal of Financial Economics* tem seu escopo de pesquisa ligados aos temas de mercado de capitais, podendo incluir a temática proposta. O *Journal of Financial and Quantitative Analysis* publica pesquisas, tanto teóricas, quanto empíricas, incluindo tópicos em métodos quantitativos. Esse achado, pode indicar trabalhos com a utilização de técnicas econométrica e modelos estatísticos para previsão de cenários futuros relacionados a temática proposta. O *Journal of Finance* aparece na Figura 8, sendo uma das revistas mais prestigiadas da área, alcançado mais de 8.000 acadêmicos, profissionais de finanças, governos e instituições financeiras. Dedica-se aos temas relacionados com a economia financeira.

4.5 Análise de autores citados

Na Figura 9 são apresentados os autores mais citados, sendo possível identificar os principais autores do campo de estudo analisado. Os nomes mais citados foram Sharpe, com 486 citações, Fama, com 450 citações e French, com 436 citações.

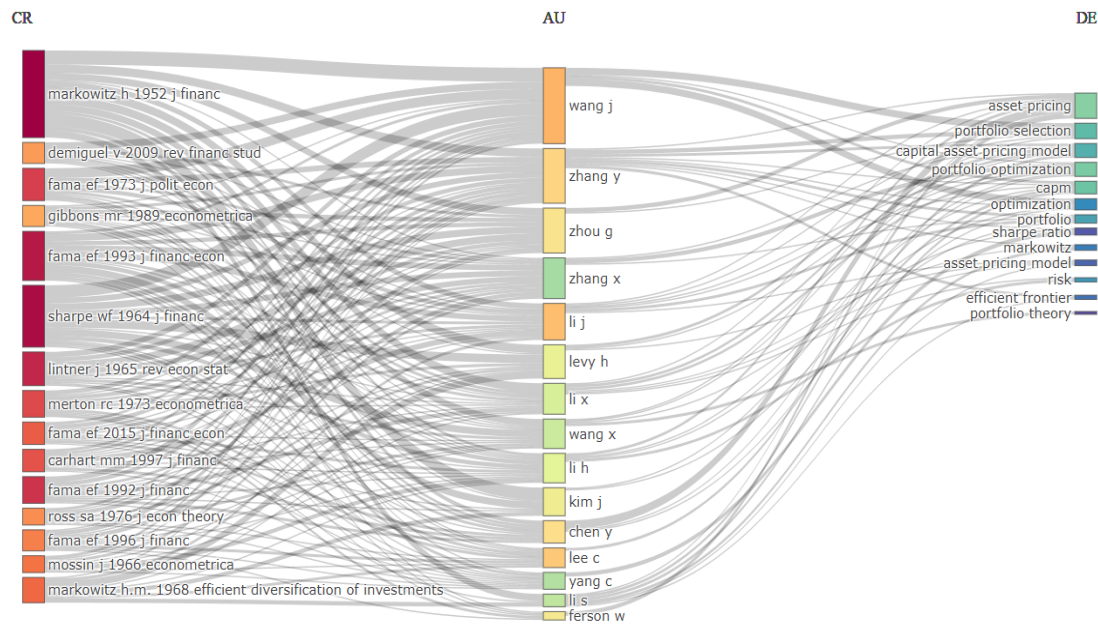
Figura 9 – Autores mais citados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Observa-se que a partir da Figura 10 torna-se possível analisar os autores com maiores volumes de trabalhos publicados sobre a temática (AU), bem como as raízes intelectuais (CR) e os termos pesquisados (DE).

Figura 10 – Gráfico de três campos: Volume de publicações por autor.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De acordo com a Figura 10, o autor Wang J. aparece com 54 trabalhos e os desenvolveu apoiado nos estudos seminais de Markowitz (1952), Sharpe (1964), Fama, MacBeth (1973),

DeMiguel Garlappi e Uppal (2009), dentre outros autores. Os conteúdos pesquisados envolvem: seleção de portfólio (*Portfolio Selection*), otimização (*Optimization*), CAPM e otimização de portfólio (*Portfolio Optimization*).

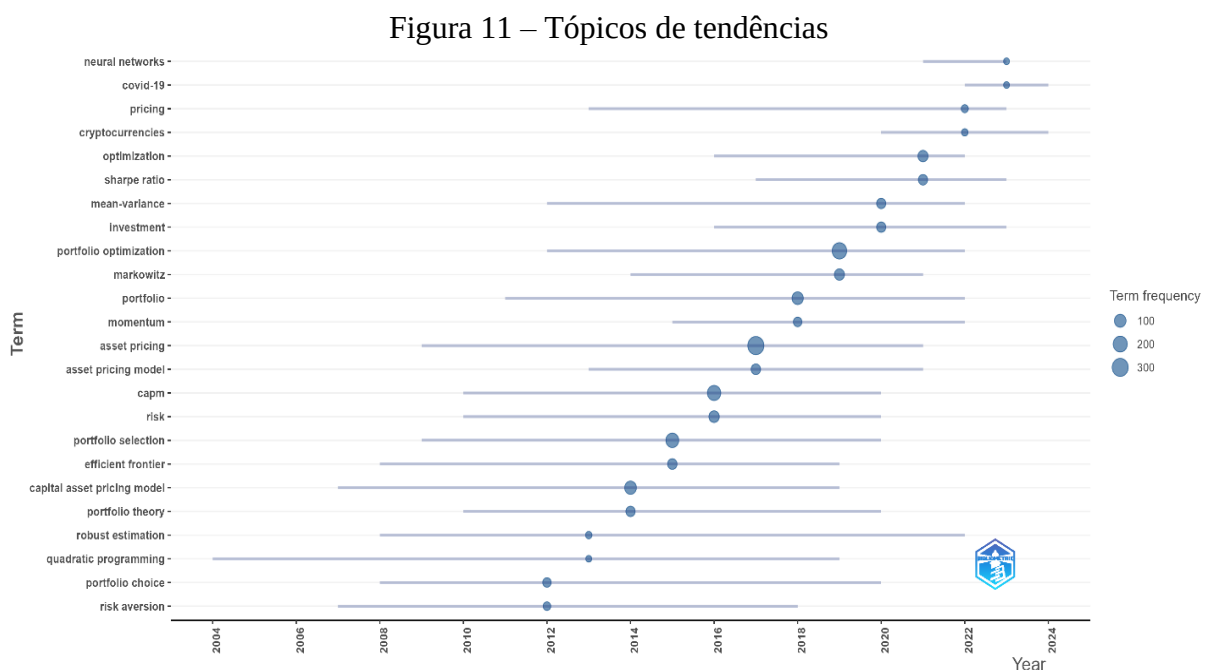
O autor Zhang Y. apresentou 39 trabalhos e os desenvolveu sustentados nos estudos seminais de Markowitz (1952), Sharpe (1964), Fama, MacBeth (1973), Fama e French (1993) e outros autores. Como palavras-chave mais utilizadas, destacam-se: seleção de portfólio (*Portfolio Selection*), modelo de precificação de ativos de capital (*Capital Asset Prices Model*), portfólio (*Portfolio*) e fronteira eficiente (*Efficient Frontier*).

O terceiro autor, teve 32 trabalhos publicados. Estes, apoiam-se nos mesmos trabalhos seminais que os demais. Isto é, os de Markowitz (1952) e Sharpe (1964), bem como os de Lintner (1965), Merton (1973) e outros autores. A palavra-chave mais utilizada em seus trabalhos foi: precificação de ativos (*Asset Pricing*).

A partir dessa análise, percebe-se que Markowitz (1952), Sharpe (1964), Fama, MacBeth (1973), Fama e French (1993) são trabalhos importantes para a temática, cujo demais autores embasam suas pesquisas.

4.6 Análise das palavras-chave

A Figura 11 mostra os principais tópicos de tendência ao longo do tempo, baseado nas palavras-chaves dos autores.

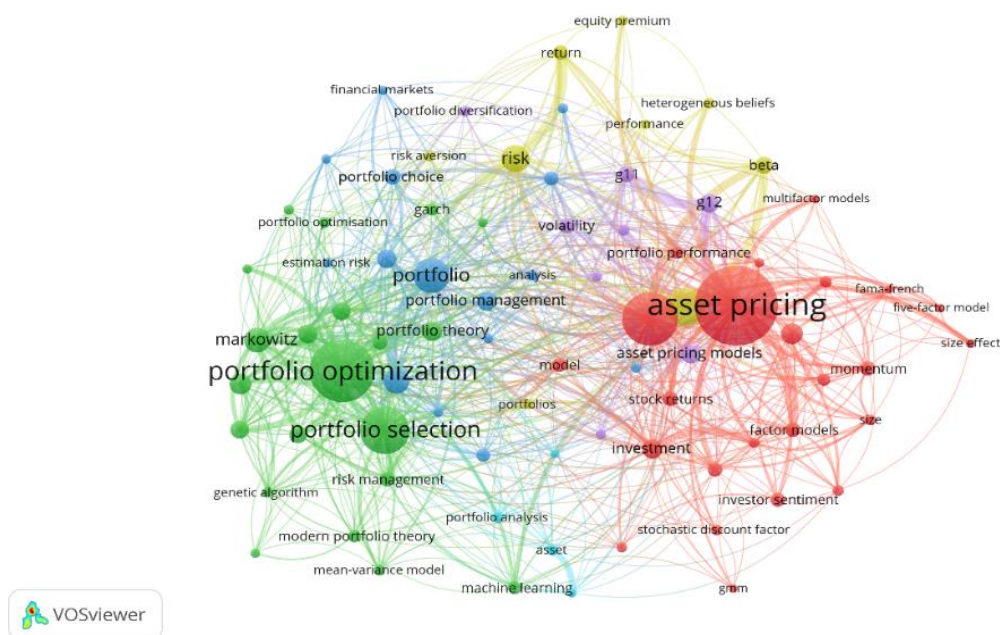


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 11 notam-se os tópicos nos últimos 5 anos, são eles: “*neural networks*”, “*covid-19*”, “*pricing*”, “*cryptocurrencies*”, “*optimization*”, “*sharpe-ratio*”, “*mean-variance*” e “*investment*”. As palavras-chaves mais citadas são as seguintes: “*portfolio optimization*”, “*asset pricing*”, “*CAPM*” e “*portfolio selection*”. Destacam-se que esses achados situam-se entre os anos de 2015 a 2019.

Na Figura 12, ilustra-se concorrência das palavras-chave dos autores nos trabalhos desenvolvidos.

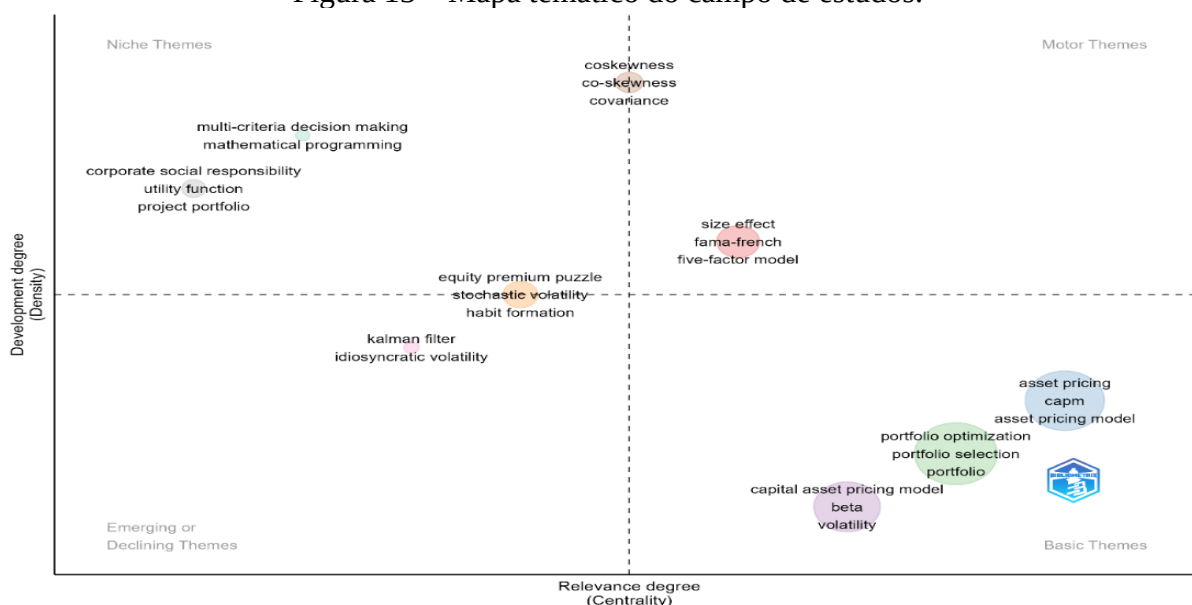
Figura 12 – Concorrência de palavras-chave.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Ante o exposto na Figura 12, formaram-se 6 *clusters*, com as principais palavras-chave: *asset pricing* (298), *portfolio optimization* (211), *capm* (168), *portfolio selection* (139), *capital asset pricing model* (102), *portfolio* (90), *risk* (64), *optimization* (56), *Markowitz* (55) e *efficient frontier* (44).

Figura 13 – Mapa temático do campo de estudos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Figura 13, o quadrante de temas motores, sendo considerado de alta centralidade e alta densidade, estão os temas *size effect*, *fama-french* e *five-factor model*. São temas estabelecidos e relevantes para o campo de estudos. No quadrante de temas básicos, considerado de alta centralidade e baixa densidade, estão os temas *portfolio optimization*, *portfolio selection*, *asset pricing*, *capm*, *beta*, *volatility* e outros. Consideram-se estes como temas relevantes, mas que ainda não foram amplamente desenvolvidos. No quadrante de temas emergentes ou em declínio (baixa centralidade e baixa densidade), estão os termos *kalman filter*, *idiosyncratic volatility*. São temas em declínio no campo de estudos.

Por fim, o quadrante de temas muito especializados (baixa centralidade e alta densidade), apresentaram-se os termos *corporate social responsibility*, *project portfolio*, *utility function*, *multi-criteria decision making*, *mathematical programming*. Observa-se que *equity premium puzzle*, *stochastic volatility*, *habit formation* estão na fronteira dos quadrantes, indicando que esses temas estão migrando de temas emergentes para temas altamente especializados. O mesmo acontece com os termos *coskewness*, *co-skewness* e *covariance*, migrando de temas muito especializados para temas motores.

Os termos mais recentes podem estar ligados ao fato da crescente interseção entre avanços tecnológicos e finanças. O termo *covid-19* pode estar relacionado pelo fato da pandemia ter impulsionado novas pesquisas, levando em consideração de como as crises impactam em mercados e estratégias de investimentos. Os termos *sharpe-ratio*, *mean-variance* e *optimization* podem ser indicativos de que modelos financeiros clássicos ainda são relevantes,

mas que provavelmente estão sendo otimizados com novas abordagens tecnológicas, como por exemplo, técnicas de inteligência computacional.

Em relação aos termos mais citados e coocorrência de palavras-chave, destacam-se as palavras-chave clássicas, como: *capital asset prices model*, *CAPM*, e *asset pricing*. Estas, mantêm sua relevância na pesquisa sobre precificação de ativos, apesar dos avanços dos modelos econométricos em finanças quantitativas, esse modelo simplório proposto por Sharpe (1964) ainda é referência central. Nota-se, que no cluster vermelho, as palavras-chave *momentum*, *size effect* e *factor models* podem estar ligados as anomalias de mercado e aos modelos multifatoriais, que tentam inserir mais fatores de risco, com o intuito de explicar os retornos dos ativos de forma mais precisa.

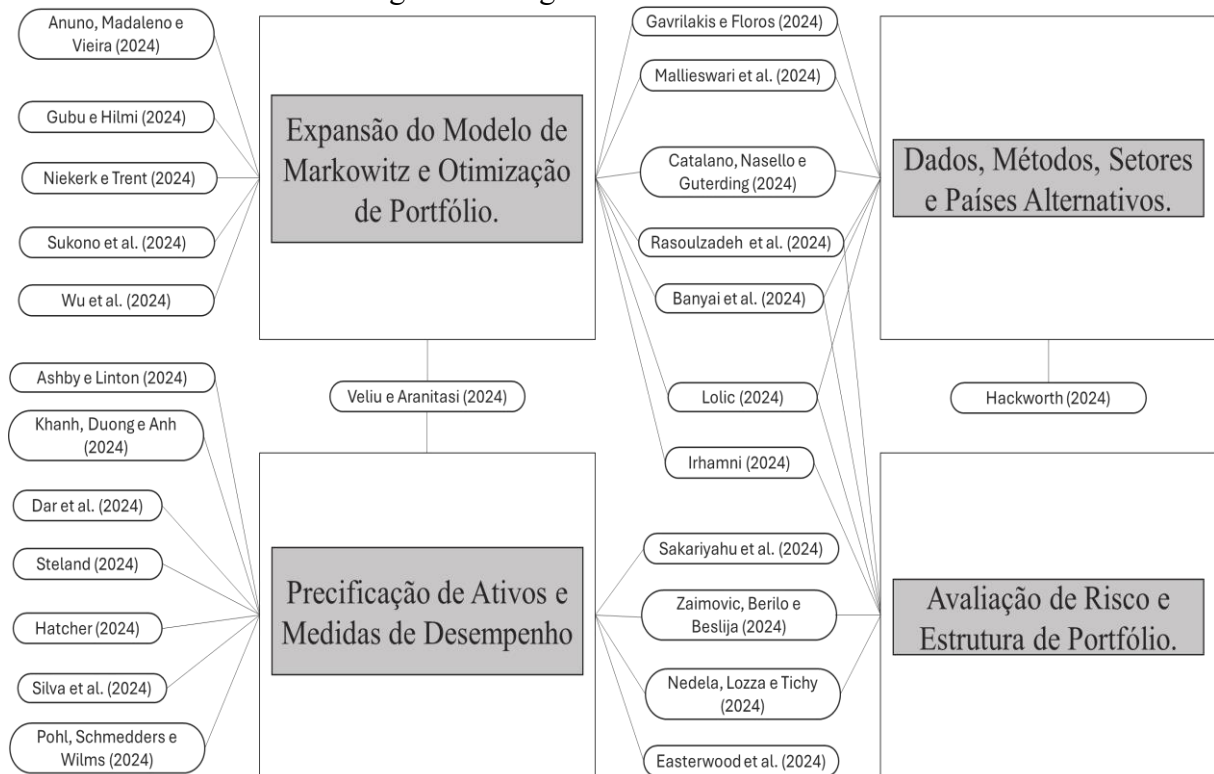
Por outro lado, os termos *portfolio optimization*, *portfolio selection*, *markowitz* e *efficient frontier* indicam que a teoria moderna de portfólio ainda mantém-se como um marco na literatura, considerando a otimização de carteiras. Observa-se, que nos clusters verdes com termos *machine learning*, *genetic algorithm* e *garch* podem estar relacionados a aplicações de modelos quantitativos avançados, aprendizado de máquina e modelos econométricos para otimização de carteiras, levando em consideração os avanços tecnológicos que se têm atualmente.

Salienta-se, que as temáticas de Teoria Moderna do Portfólio e Precificação de ativos estão interligadas, pois ambas tratam da relação entre risco e retorno em contextos de mercados acionários e da construção de portfólio de investimentos.

4.7 Agenda de Estudos Futuros

Avaliando a tendência de pesquisa futura, foram coletados artigos científicos de 2024, pois considera-se o ano mais recente possui propostas de pesquisa futuras, que provavelmente não foram desenvolvidos. Dos 131 artigos publicados da temática no ano de 2024, apenas 25 artigos estavam acessíveis para serem mapeados.

Figura 14 – Agenda de estudos futuros.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Foram criados 4 quadrantes, conforme mostra a Figura 14. No primeiro quadrante inclui a expansão do modelo de Markowitz e a Otimização de Portfólio, como exemplo, os trabalhos de Irhamni (2024) , Niekerk, Trent (2024), Gavrilakis e Floros (2024); Estes, sugerem a integração ESG ao modelo tradicional de Markowitz, considerar a seleção de portfólio multiperíodo sob retornos incertos, a utilização de outros modelos de otimização de carteiras como variância com assimetria, semivariância, valor em risco e minimax ou a utilização de novas técnicas, como método de aprendizado de máquina.

No segundo quadrante, são selecionados os trabalhos sobre precificação de ativos e medidas de desempenho. Como estudo futuro sugere-se que a inclusão de eventos corporativos possa impactar o retorno médio de portfólios (Easterwood *et al.*, 2024), a inclusão de variáveis como sentimento do investidor e fatores macroeconômicos podem ser utilizados para fortalecer a compreensão dos retornos esperados dentro do CAPM (Dar *et al.*, 2024).

No terceiro quadrante, intitulado como dados, métodos, setores e países alternativos sugerem para pesquisas futuras a incrementação de técnicas de aprendizado de máquina e inteligência artificial, como aprendizado profundo e redes neurais para a gestão de portfólio (Rasoulzadeh *et al.*, 2024), avaliação de desempenho e característica de risco aplicado a Exchange Traded Fund (ETFs) de criptomoedas (Bányai *et al.*, 2024) ou analisar a eficiência

do portfólio em outros setores e em outros países emergentes (Ramachandran *et al.*, 2024).

Em último quadrante, avaliação de risco e estrutura de portfólio sugere-se para pesquisas futuras incorporar análise de séries temporais, a fim de capturar as tendências e padrões em evolução nos retornos e riscos de ativos (Ramachandran *et al.*, 2024), utilização de outras estratégias de investimento para mostrar o benefício da diversificação, bem como o uso de medidas de desempenho do portfólio (Zaimovic; Arnaut-Berilo; Bešlija, 2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo, teve como objetivo responder a seguinte questão de pesquisa: compreender a aplicação da teoria do portfólio e da precificação de ativos, a partir das bases da *Scopus* e *Web of Science*. Logo, os objetivos foram alcançados, sendo possível a realização de uma análise da temática através do *Bibliometrix*, *VosViewer* e o *Excel* sobre a teoria moderna do portfólio e os modelos de precificação de ativos. Através desse estudo, foi possível identificar os principais trabalhos da área, autores e periódicos mais importantes da temática, bem como os principais termos utilizado e tendências dentro do campo.

Ressalta-se, que os *softwares bibliometrix* e o *VosViewer* foram importantes para o mapeamento minucioso do campo de estudo, colocando Markowitz, Sharpe, Fama e French como bases intelectuais, enquanto palavras-chave centrais foram identificadas como *portfolio optimization*, *asset pricing* e *CAPM*.

Por meio da análise dos gráficos apresentados, verificou-se que os estudos iniciaram em 1952, com o trabalho de Markowitz intitulado como *portfolio selection* e deram sequência com o trabalho de Sharpe (1964) nomeado como *Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk*. Destaca-se, que esses dois trabalhos ainda permanecem centrais na temática, uma vez que ainda são frequentemente citados e utilizados como base para outras pesquisas. A teoria moderna do portfólio e os modelos de precificação de ativos continuam a se modelar em resposta às mudanças dinâmicas, dos mercados de capitais globais.

Em relação a análise dos países, mostrou-se que os principais territórios se tratando do campo de estudo, adveio dos Estados Unidos, China, Reino Unido, Alemanha e Canadá. Essa predominância pode estar ligada a consolidação de seus mercados financeiros e a relevância do campo de estudos nesses contextos.

Ao longo do tempo, modelos multifatoriais, como os estabelecidos por Fama e French, tem seu papel importante, no que tange a expansão de montagem de portfólios, bem como a análise do risco e retorno. A adição de novos fatores como tamanho, *book-to-market*,

rentabilidade e investimento ampliam o horizonte, a respeito dos determinantes dos retornos financeiros. Ressalta-se, que a revisão também mostrou que trabalhos tentam incorporar novos fatores de risco, como ESG, liquidez e governança corporativa.

A pesquisa destacou a relevância dos periódicos de alto impacto, como *Journal of Financial Economics* e o *Journal of Finance*, tendo papel importante na disseminação do avanço da temática, concentrando os estudos mais influentes, apontando que o campo de estudo ainda é de grande interesse para a comunidade científica.

A união de finanças e tecnologia é uma tendência crescente. Esse aspecto foi evidenciado pela escolha de palavras-chave como *machine learning*, *neural networks* e *optimization*. Essas escolhas podem indicar que há o uso de métodos quantitativos robustos e em conjunto com a inteligência artificial para montagem e análise de portfólios e na precificação de ativos. Nota-se, que eventos extremos e recentes, como o período da pandemia de Covid-19 foi um fator indicado nessa revisão, sendo impulsionador para o desenvolvimento de novas pesquisas, considerando adoção de novas estratégias de investimentos.

Nessa revisão, foi identificado algumas lacunas na literatura. Há poucos estudos em mercados emergentes, permanecendo pouco explorado, tendo em vista a concentração de discussões no âmbito de mercados desenvolvidos. Apesar das contribuições da pesquisa desenvolvida, algumas limitações necessitam ser citadas. Dentre elas, destaca-se a não abrangência de outras bases de dados, sendo utilizada na presente pesquisa apenas a *Scopus* e a *Web of Science*.

Com base nos resultados dessa revisão, sugestões podem ser adotadas para pesquisas futuras, como: adaptação dos modelos clássicos considerando condições específicas em mercados emergentes, utilização de ferramentas quantitativas mais avançadas, como por exemplo, aprendizado profundo e algoritmos genéricos, aprofundamento na análise do ESG, como um fator de risco e a sua integração em outros modelos já desenvolvidos, considerando o aumento de investimentos sustentáveis, a análise também em como esses fatores impactam na relação risco e retorno em diferentes situações econômicas. Sugere-se, que novos estudos empíricos da temática tomem como base os tópicos de tendências dos últimos anos, analisando novos fatores de risco e a experimentação dos fatores já existente em países emergentes, bem como o apoio de ferramentas quantitativas atuais para a otimização de carteiras.

A inserção de temas como sustentabilidade, inteligência artificial, exploração de outros mercados emergentes podem ser caminhos promissores para pesquisas futuras. Essa revisão contribui para sistematizar o conhecimento, a respeito do campo de estudo e nortear pesquisadores e profissionais interessados a ampliar a temática, com novas perspectivas.

REFERÊNCIAS

- ALI, A.; BASHIR, H. A. Bibliometric study on asset pricing. **Qualitative Research in Financial Markets**, v. 14, n. 3, p. 433–460, 2022.
- AMIHUD, Y. Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects. **Journal of Financial Markets**, v. 5, n. 1, p. 31–56, 2002.
- ANUNO, F.; MADALENO, M.; VIEIRA, E. Testing of Portfolio Optimization by Timor-Leste Portfolio Investment Strategy on the Stock Market. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 17, n. 2, p.2-22, 2024.
- AZEVEDO, V. G. de; SANTOS, A. A. P.; CAMPOS, L. M. de S. Corporate sustainability and asset pricing models: empirical evidence for the Brazilian stock market. **Production**, v. 26, n. 3, p. 516–526, 2016.
- BATRA, L.; TANEJA, H. C. Comparative study of information measures in portfolio optimization problems. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, v. 15, n. 1, p. 2481–2503, 2024.
- BÁNYAI, A.; TIBOR, T.; THALMEINER, G.; PATAKI, L. Optimising Portfolio Risk by Involving Crypto Assets in a Volatile Macroeconomic Environment. **Risks**, v. 12, n. 4, P. 2-21, 2024.
- BOTERO, S. B.; MAZO, C. M. G.; ARBOLEDA, F. J. M. Power generation mix in Colombia including wind power: Markowitz portfolio efficient frontier analysis with machine learning. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 10, n. 4, p.2-12, 2024.
- CARHART, M. M. On persistence in mutual fund performance. **Journal of Finance**, v. 52, n. 1, p. 57–82, 1997.
- CARVALHO, G. A de; AMARAL, H. F.; PINHEIRO, J. L.; CORREIA, L. F. The pricing of anomalies using factor models: a test in Latin American markets. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 32, n. 87, p. 492–509, 2021.
- CATALANO, F.; NASELLO, L.; GUTERDING, D. Quantum Computing Approach to Realistic ESG-Friendly Stock Portfolios. **Risks**, v. 12, n. 4, p.2-20, 2024.
- CHIAH, M.; CHAI, D.; ZHONG, A. A Better Model? An Empirical Investigation of the Fama-French Five-Factor Model in Australia. **SSRN Electronic Journal**, v. 16, n. 4, p. 595-638, 2016.
- COSTA, M. T. D.; FERREIRA, B. P. Teoria do prospecto e precificação de ativos: Uma análise bibliométrica de 25 anos na Web of Science. **ReAC – Revista de Administração e Contabilidade**, v. 15, p. 92-114, 2023.

- COSTA, T. R. da. **Risco de insolvência**: Uma análise de diferentes métodos de previsão e do efeito da estrutura de capital. 2023. 169p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2023.
- COVA, C. J. G.; SOUZA, M. D.; SOARES NETO, G. G. A violação da Hipótese dos Mercados Eficientes com o uso de Indicador de Análise Técnica. *In*: COVA, C. J. G. **Finanças e mercados de capitais**: mercados fractais: a nova fronteira das finanças. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- DAR, A. A.; MALHOTRA, M.; ALAM, N.; FAROOQI, A. R.; KHAN, M. S. Unveiling influential factors in the capital asset pricing model: A novel approach utilizing Taguchi method. **Journal of Asian Scientific Research**, v. 14, n. 2, p. 266–276, 2024.
- DEMIGUEL, V.; GARLAPPI, L.; UPPAL, R. Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/N portfolio strategy?. **Review of Financial Studies**, v. 22, n. 5, p. 1915–1953, 2009.
- DONG, L.; YU, B.; QIN, Z.; LAM, K. S. Liquidity risk and expected returns in China's stock market: A multidimensional liquidity approach. **Research in International Business and Finance**, v. 69, p. 2-26, 2024.
- DOS SANTOS, V. P.; TEIXEIRA, M. L. M. Investimentos em bolsa de valores: um olhar sob a perspectiva do interacionismo simbólico. **Observatório De La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 11, p. 23157–23173, 2023.
- ECHCHAKOUI, S.; BARKA, N. Industry 4.0 and its impact in plastics industry: A literature review. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 20, p.2-14, 2020.
- EASTERWOOD, S.; NETTER, J.; PAYE, B.; STEGEMOLLER, M. Taking Over the Size Effect: Asset Pricing Implications of Merger Activity. **Journal of Financial and Quantitative Analysis**, v. 59, n. 2, p. 1-63, 2023.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. A five-factor asset pricing model. **Journal of Financial Economics**, v. 116, n. 1, p. 1–22, 2015.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. **Journal of Financial Economics**, v. 33, n. 1, p. 3–56, 1993.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. International tests of a five-factor asset pricing model. **Journal of Financial Economics**, v. 123, n. 3, p. 441–463, 2017.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Multifactor explanations of asset pricing anomalies. **Journal of Finance**, v. 51, n. 1, p. 55–84, 1996.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Profitability, investment and average returns. **Journal of Financial Economics**, v. 82, n. 3, p. 491–518, 2006.
- FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Size and Book-to-Market Factors in Earnings and Returns. **The Journal of Finance**, v. 50, n. 1, p. 131–155, 1995.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Size, value, and momentum in international stock returns. **Journal of Financial Economics**, v. 105, n. 3, p. 457–472, 2012.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. **Journal of Economic Perspectives**, v. 18, n. 3, p. 25–46, 2004.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. The Cross-Section of Expected Stock Returns. **The Journal of Finance**, v. 47, n. 2, p. 427–465, 1992.

FAMA, E. F.; MACBETH, J. D. Risk, Return, and Equilibrium: Empirical Tests. **University of Chicago Press**, v. 81, n. 3, p. 607–636, 1973.

GANZ, A. C. S.; SCHLOTEFELDT, J. O.; JUNIOR, M. M. R. Corporate Governance and Capital Asset Pricing Models. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 21, n. 2, p. 1–27, 2020.

GAVRILAKIS, N.; FLOROS, C. Volatility and Herding Bias on ESG Leaders' Portfolios Performance. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 17, n. 2, p. 1–22, 2024.

GUBU, L.; HILMI, M. R. Beyond Mean-Variance Markowitz Portfolio Selection: A Comparison of Mean-Variance-Skewness-Kurtosis Model and Robust Mean-Variance Model. **Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research**, v. 58, n. 1, p. 298–313, 2024.

GUO, B.; ZHANG, W.; ZHANG, Y.; ZHANG, H. The five-factor asset pricing model tests for the Chinese stock market. **Pacific-Basin Finance Journal**, v. 43, n. C, p. 84–106, 2017.

HAN, B.; WONG, H. Y. Mean–Variance Portfolio Selection Under Volterra Heston Model. **Applied Mathematics & Optimization**, v. 84, n. 1, p. 683–710, 2020.

HACKWORTH, P. The Current and Expected Pricing Markup as Derived from the Capital Asset Pricing Model and Tobin's Q and Applied to the UK's FTSE 100. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 17, n. 3, p. 2–17, 2024.

HARVEY, C. R.; LIU, Y.; ZHU, C. Heqing. ... and the Cross-Section of Expected Returns. **Review of Financial Studies**, v. 29, n. 1, p. 5–68, 2015.

HATCHER, M. Solving heterogeneous-belief asset pricing models with short-selling constraints and many agents. **Macroeconomic Dynamics**, v. 8, n. 8, p. 1–24, 2024.

HJALMARSSON, E.; MANCHEV, P. Characteristic-based mean-variance portfolio choice. **Journal of Banking & Finance**, v. 36, n. 5, p. 1392–1401, 2012.

HOU, K.; XUE, C.; ZHANG, L. Digesting Anomalies: An Investment Approach. **Review of Financial Studies**, v. 28, n. 3, p. 650–705, 2015.

HOZ-CORREA, A. de la; MUÑOZ-LEIVA, F.; BAKUCZ, Márta. Past themes and future trends in medical tourism research: A co-word analysis. **Tourism Management**, v. 65, n. C, p. 200–211, 2018.

HU, G. X.; CHEN, C.; SHAO, Y.; WANG, J. Fama–French in China: Size and Value Factors in Chinese Stock Returns. **International Review of Finance**, v. 19, n. 1, p. 3–44, 2019.

IRHAMNI, F. Constructing portfolio optimization: analysis in Indonesia non-cyclical industry (Markowitz approach and skewness and kurtosis). **Revista de Gestao Social e Ambiental**, v. 18, n. 5, p.1-28, 2024.

KALAYCI, C. B.; ERTENLICE, O.; AKBAY, M. A. A comprehensive review of deterministic models and applications for mean-variance portfolio optimization. **Expert Systems with Applications**, v. 125, p. 345–368, 2019.

KESHARI, A.; GAUTAM, A. Asset pricing in global scenario: a bibliometric analysis. **IIM Ranchi journal of management studies**, v. 2, n. 2, p. 48–69, 2022.

KHANH, P. D.; DUONG, L. Q.; ANH, P. V. Testing Multifactor Asset Pricing Models In The Stock Market. **Corporate and Business Strategy Review**, v. 5, n. 1, p. 117–126, 2024.

KHOA, B. T.; HUYNH, T. T. A comparison of CAPM and Fama-French three-factor model under Machine Learning approaching. **Journal of Eastern European and Central Asian Research (JEECAR)**, v. 10, n. 7, p. 1100–1111, 2023.

KUMAR, R.; BHATTACHARYA, S. Cooperative Search Using Agents for Cardinality Constrained Portfolio Selection Problem. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)**, v. 42, n. 6, p. 1510–1518, 2012.

LEITE, A. L.; KLOTZLE, M. C.; PINTO, A. C. F.; SILVA, A. F. da. Size, value, profitability, and investment: Evidence from emerging markets. **Emerging Markets Review**, v. 36, n. C, p. 45–59, 2018.

LIESIÖ, J.; SALO, A.; KEISLER, J. M.; MORTON, A. Portfolio decision analysis: Recent developments and future prospects. **European Journal of Operational Research**, v. 293, n. 3, p. 811–825, 2021.

LIN, Q. Noisy prices and the Fama–French five-factor asset pricing model in China. **Emerging Markets Review**, v. 31, n. C, p. 141–163, 2017.

LINNENLUECKE, M. K; MARRONE, M.; SINGH, A. K. Conducting systematic literature reviews and bibliometric analyses. **Australian Journal of Management**, v. 45, n. 2, p. 175–194, 2019.

LINTNER, J. Security Prices, Risk, And Maximal Gains From Diversification. **Journal of Finance**, v. 20, n. 4, p. 587–615, 1965.

LOLIC, M. Practical Improvements to Mean-Variance Optimization for Multi-Asset Class Portfolios. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 17, n. 5, p. 1-11, 2024.

MACIEL, C. F.; CORREIA, L. F.; AMARAL, H. F.; CAVALCANTI, J. M. M. Performance do modelo de cinco fatores de Fama e French na precificação de anomalias no mercado brasileiro. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, v. 18, n. 49, p. 145–161, 2021.

MAIA, S. C.; BENEDICTO, G. C. de; PRADO, J. W. do; ROBB, D. A. Mapping the literature on credit unions: a bibliometric investigation grounded in Scopus and Web of Science. **Scientometrics**, v. 120, n. 1, p. 929–960, 2019.

MALLIESWARI, R.; PALANISAMY, V.; SENTHILNATHAN, A. T.; GURUMURTHY, S.; SELVAKUMAR, J. J.; PACHIYAPPAN, S. A Stochastic Method for Optimizing Portfolios Using a Combined Monte Carlo and Markowitz Model: Approach on Python. **ECONOMICS - Innovative and Economics Research Journal**, v. 12, n. 2, p. 113–127, 2024.

MANDAL, P. K.; THAKUR, M. Higher-order moments in portfolio selection problems: A comprehensive literature review. **Expert Systems with Applications**, v. 238, n. 2, p.2-26, 2024.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.

MCLEAN, R. D.; PONTIFF, J. Does Academic Research Destroy Stock Return Predictability?. **The Journal of Finance**, v. 71, n. 1, p. 5–32, 2016.

MERTON, Robert C. An Intertemporal Capital Asset Pricing Model'Source: **Econometrica**, v. 41, n. 5, p. 867-887, 1973.

MILHOMEM, D. A.; DANTAS, M. J. P. Analysis of new approaches used in portfolio optimization: a systematic literature review. **Production**, v. 30, p. 1-16, 2020.

MOHANASUNDARAM, S.; KASILINGAM, R. The sustainability factor in asset pricing: Empirical evidence from the Indian market. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 94, n. 1, p. 206–213, 2024.

MOSSIN, J. Equilibrium in a capital asset market'. **Econometrica**, v. 34, n. 4, p. 768–783, 1966.

NEDĚLA, D.; ORTOBELLI, S.; TICHÝ, T. Dynamic Return Scenario Generation Approach for Large-Scale Portfolio Optimisation Framework. **Computational Economics**, v. 65. N. 2, p. 819-843, 2024.

NOVY-MARX, R. The other side of value: The gross profitability premium. **Journal of Financial Economics**, v. 108, n. 1, p. 1–28, 2013.

PAKES, P. R.; ROCHA, T. S. da; SILVA, B. B. Análise Bibliométrica Sobre Teoria Do Portfólio: Um Estudo Sobre As Principais Obras E Tendências Da Literatura. **Revista Foco**, v. 15, n. 3, p. 1-12, 2022.

PEREIRA, RAQUEL S.; SANTOS, I. C.; OLIVEIRA, K. D. S.; LEÃO, N. C. A. Meta-Analysis As A Research Tool: A Systematic Review Of Bibliometric Studies In Administration. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 20, n. 5, p. 1-33, 2019.

PINTO, M.; PULGARÍN, A.; ESCALONA, I. Viewing information literacy concepts: a comparison of two branches of knowledge. **Scientometrics**, v. 98, n. 3, p. 2311–2329, 2014.

- POHL, W.; SCHMEDDERS, K.; WILMS, O. Existence of the Wealth-Consumption Ratio in Asset Pricing Models with Recursive Preferences. **Review of Financial Studies**, v. 37, n. 3, p. 989–1028, 2024.
- PRADO, J. W.; ALCÂNTARA, V. C.; CARVALHO, F. M.; VIEIRA, K. C.; TONELLI, D. F.. Multivariate analysis of credit risk and bankruptcy research data: a bibliometric study involving different knowledge fields (1968–2014). **Scientometrics**, v. 106, n. 3, p. 1007–1029, 2016.
- RASOULZADEH, M.; EDALATPANAH, S. A.; FALLAH, M.; NAJAFI, S. E. A hybrid model for choosing the optimal stock portfolio under intuitionistic fuzzy sets. **Iranian Journal of Fuzzy Systems**, v. 21, n. 2, p. 161–179, 2024.
- ROCHA, R. D. dos S.; LAURINI, M. Factor Sufficiency in Asset Pricing: An Application for the Brazilian Market. **International Journal of Financial Studies**, v. 11, n. 4, p. 1-31, 2023.
- ROSENBERG, B.; REID, K.; LANSTEIN, R. Persuasive evidence of market inefficiency. **The Journal of Portfolio Management**, v., 11, p. 9-17, 1985.
- ROSS, S. A. The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. **Journal of Economic Theory**, v. 13, p. 341–360, 1976.
- SAKARIYAHU, R.; PATERSON, A.; CHATZIVGERI, E.; LAWAL, R.. Chasing noise in the stock market: an inquiry into the dynamics of investor sentiment and asset pricing. **Review of Quantitative Finance and Accounting**, v. 62, n. 4, p. 135–169, 2024.
- SALVADOR, R. V. Precificação de ativos e análise bibliométrica: risco, tamanho e valor como fatores preponderantes. **ReAC – Revista de Administração e Contabilidade**, v. 15, n. 1, p. 19-32, 2023.
- SHARPE, W. F. A simplified model for portfolio analysis. **Management Science**, v. 9, n. 2, p. 277-293, 1963.
- SHARPE, W. F. Capital Asset Prices: A Theory of market equilibrium under conditions of risk. **The Journal of Finance**, v. 19, n. 3, p. 425–442, 1964.
- SHEN, Y. Mean–variance portfolio selection in a complete market with unbounded random coefficients. **Automatica**, v. 55, p. 165–175, 2015.
- SILVA, M. D. da; SANTOS, J. O.; ALMEIDA-SANTOS, F.; JÚNIOR, C. J. C. Análise da relação entre o retorno de carteiras de mercado e o retorno das ações de Empresas do setor de petróleo. **Revista Ambiente Contábil**, v. 16, n. 1, p. 177–197, 2024.
- SILVA, Y. L. T. V.; HERTHEL, A. B.; SUBRAMANIAN, A. A multi-objective evolutionary algorithm for a class of mean-variance portfolio selection problems. **Expert Systems with Applications**, v. 133, p. 225–241, 2019.
- STELAND, A. Are minimum variance portfolios in multi-factor models long in low-beta assets?. **Mathematics and Financial Economics**, v. 18, n. 1, p. 151–170, 2024.

TAO, W. Comparison of CAPM and fama-french three-factor model. **BCP Business & Management**, v. 23, p. 243–248, 2022.

TAŞKIN, Z.; AL, U. Standardization problem of author affiliations in citation indexes. **Scientometrics**, v. 98, n. 1, p. 347–368, 2014.

TITMAN, S.; WEI, K. C. J.; XIE, F. Capital Investments and Stock Returns. **Journal Of Financial And Quantitative Analysis**, v. 39, n. 4, p. 677–700, 2004.

VAN NIEKERK, M.; TRENT, N. M. Do socially responsible and risk-tailored portfolios win? A comparative analysis. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 35, n. 1, p. 72–87, 2024.

VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, p. 369–379, 2002.

VELIU, D.; ARANITASI, M. Small Portfolio Construction with Cryptocurrencies. **WSEAS Transactions on Business and Economics**, v. 21, p. 686–693, 2024.

VIANA, D. M. da S. Uso do big and safe dividends para a formação de carteiras de ações no brasil: Uma análise sob a ótica do dividend investing. 2022.p.10-53. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Universidade Federal de João Pessoa, João Pessoa, 2022.

WU, Z.; XIE, G.; GE, Z.; SIMONE, V. de. Nonconvex multi-period mean-variance portfolio optimization. **Annals of Operations Research**, v. 332, n. 1–3, p. 617–644, 2024.

XIAO, Y.; FAFF, R.; GHARGHORI, P.; LEE, D. An empirical study of the world price of sustainability. **Journal of Business Ethics**, v. 114, n. 2, p. 297–310, 2013.

ZAIMOVIC, A.; ARNAUT-BERILO, A.; BEŠLIJA, R. International Portfolio Diversification Benefits: An Empirical Investigation of the 28 European Stock Markets During the Period 2014–2024. **South East European Journal of Economics and Business**, v. 19, n. 1, p. 96–112, 2024.

ZANINI, F. A. M.; FIGUEIREDO, A. C. As teorias de carteiras de markowitz e de Sharpe: uma aplicação no mercado brasileiro de ações entre junho/95 e junho/2000. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 6, n. 2, p. 37–64, 2005.

ARTIGO 2 – USO DE CRITÉRIOS ESG PARA FORMAÇÃO DE PORTFÓLIOS DE AÇÕES NO BRASIL

RESUMO

A presente pesquisa investiga a influência dos critérios ambientais, sociais e de governança (ESG) na formação de portfólios de ações no mercado acionário brasileiro, analisando sua relação com o binômio risco e retorno. Apropriou-se dos modelos de precificação já existente, como o modelo de Sharpe (1964), os modelos de Fama e French (1992;1993), Carhart (1997) e Amihud (2002), além da formação e incorporação do fator ESG de forma agregada e desagregada (E, S e G). A amostra da pesquisa são as ações brasileiras negociadas na B3 entre 2011 a 2023, cuja as informações relativas a preço e classificações ESG foram extraídos da base de dados da Economatica e *Refinitiv*. A formação das carteiras e os modelos de regressão foram conduzidas pelo *Jupyter Notebook (Python)* e o *R Studio*. Utilizou-se da base na média-variância de Markowitz para otimização da alocação das ações. Foi encontrado que carteiras ESG apresentaram retorno acumulado superior aos *benchmarks* (ISEE, IGC, ICO2 e IBOV) e tiveram menor volatilidade em períodos de crise, evidenciando a resiliência de ativos com critérios de sustentabilidade e de governança. Os modelos evidenciaram que fatores ESG e de Governança (GOV) tem o poder de explicação dos retornos das ações brasileiras, indicando que os investidores estão precificando práticas de sustentabilidade e de governança no mercado acionário brasileiro. Os indicadores de *performance* mostraram que os portfólios tiveram um desempenho ajustado ao risco superior aos *benchmarks* e o *drawdowns* máximo foi menor em carteiras ES, sugerindo que essas carteiras oferecem proteção contra perdas acentuadas em momentos de crise. Por outro lado, as carteiras ESG mostraram forte correlação com os índices de referências, mostrando que os portfólios podem atuar como investimentos resilientes e não como refúgios seguros. Por fim, os resultados mostraram que os critérios ESG podem ser uma estratégia eficiente para investidores que buscam o equilíbrio entre rentabilidade e sustentabilidade.

Palavras-chave: ESG; risco e retorno; precificação de ativos; mercado acionário.

ABSTRACT

The present research investigates the influence of Environmental, Social, and Governance (ESG) criteria on the formation of stock portfolios in the Brazilian stock market, analyzing their relationship with the risk-return tradeoff. The study employs existing asset pricing models, including the Sharpe model (1964), the Fama and French models (1992; 1993), Carhart (1997), and Amihud (2002), in addition to the construction and incorporation of the ESG factor in both aggregated and disaggregated forms (E, S, and G). The sample consists of Brazilian stocks traded on B3 from 2011 to 2023, with price and ESG classification data obtained from the Economatica and Refinitiv databases. Portfolio construction and regression models were conducted using Jupyter Notebook (Python) and R Studio. The study employed Markowitz's mean-variance optimization for asset allocation. The findings indicate that ESG portfolios achieved higher cumulative returns than benchmarks (ISEE, IGC, ICO2, and IBOV) and exhibited lower volatility during periods of crisis, highlighting the resilience of assets incorporating sustainability and governance criteria. The models demonstrated that ESG and Governance (GOV) factors have explanatory power over Brazilian stock returns, suggesting that investors are pricing sustainability and governance practices in the Brazilian stock market. Performance indicators showed that ESG portfolios outperformed benchmarks in risk-adjusted returns, while maximum drawdowns were lower in ESG portfolios, indicating that they provide protection against significant losses during crises. However, ESG portfolios showed a strong correlation with benchmark indices, suggesting that while they act as resilient investments, they do not function as safe-haven assets. Finally, the results indicate that ESG criteria can be an effective strategy for investors seeking a balance between profitability and sustainability.

Keywords: ESG; risk and return; asset pricing; stock market.

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade tornou-se um elemento importante, no qual as empresas estão apresentando de forma crescente a consciência sobre o aquecimento global e a finitude dos recursos naturais (Mohanasundaram; Kasilingam, 2024). Portanto, a sustentabilidade torna-se parte das decisões estratégicas das organizações (Mohanasundaram; Kasilingam, 2024). Embora não tenha consenso na literatura sobre o desempenho ESG nos retornos dos investimentos, a partir de pesquisas empíricas (Ni; Sun, 2023) alguns grupos de investidores começaram a incrementar os princípios de sustentabilidade em estratégias de investimento. Isto é, os investidores estão considerando resultados ambientais, sociais e de governança (ESG) nos seus investimentos (Mohanasundaram; Kasilingam, 2024).

Existem diversos motivos para os investidores estarem motivados a adotarem estratégias de investimento sustentável, como por exemplo, alguns têm o mandato de cumprir objetivos ambientais, sociais e de governança, alguns adotam por questões políticas, enquanto outros acreditam que carteiras com critérios ESG obterão retornos mais elevados a longo prazo (Maiti, 2021).

Com o objetivo de avaliar carteiras com critérios ESG, os modelos de precificação de ativos são os mais utilizados para explicar o retorno esperado de um portfólio ou de um ativo financeiro, logo *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) é o modelo clássico, que tenta mensurar a relação entre o *beta* de um ativo e o seu retorno esperado (Ma; Han; Wang, 2021). Adiante, outros fatores surgem com o intuito para explicar a seção transversal dos retornos dos ativos, como, por exemplo, o modelo proposto por Fama e French (1992;1993) passando a incluir além do fator de mercado, fatores de tamanho e valor. Carhart (1997) apresenta um modelo com quatro fatores, incluindo o fator *momentum* no modelo de três fatores. Amihud (2002) propõe o fator de risco liquidez.

De acordo com Maiti (2021), diversos estudiosos e profissionais do mercado investigam diferentes técnicas para integrar fatores ESG em suas carteiras de investimentos, sendo a mais conhecida delas, a utilização de fatores, como citada acima. Ainda de acordo com a autora, nos últimos anos têm-se gerado discussões significativas, em relação aos investimentos baseados em fatores.

Arelado a essas duas vertentes e como dito anteriormente, alguns pesquisadores exploram a viabilidade de estender os modelos de precificação de ativos, incluindo fatores de sustentabilidade de diversas maneiras. Por exemplo, Xiao *et al.* (2013) incluem no modelo de três fatores (Fama; French, 1996) o fator de sustentabilidade. Por outro lado, Azevedo, Santos

e Campos (2016) adicionam o fator de sustentabilidade ao CAPM e ao modelo de três fatores no mercado global. Já os pesquisadores Mohanasundaram e Kasilingam (2024) incluem o fator sustentabilidade no modelo de cinco fatores de Fama e French (2015). Contudo, não há um consenso na literatura, a respeito da temática. Porém, inserir os fatores ESG no modelo de precificação de ativos podem munir de informações mais amplas aos investidores e facilitar a integração de considerações nas estratégias de investimentos (Mohanasundaram; Kasilingam, 2024).

Portanto, torna-se pertinente a realização de um estudo abrangente sobre o efeito de cada componente ESG no desempenho das ações brasileiras e se os fatores tradicionais propostos por Sharpe (1964), Fama e French (1992;1993), Carhart (1997) e Amihud (2002) explicam o retorno das ações com critérios ESG em um país emergente, como o Brasil. Diante dessa contextualização, a presente pesquisa tem por objetivo analisar a *performance* de carteiras formadas, a partir de critérios ESG, no mercado acionário brasileiro.

O trabalho se justifica pela crescente tendência sobre o fato da integração de critérios ESG nas decisões de investimentos, impulsionada por questões práticas de sustentabilidade. No entanto, Tan, Szulczyk e Sii (2023) apontam para a necessidade de mais estudos para estabelecer um caminho claro aos investidores, especialmente em mercados emergentes, onde faltam tais comprovações.

Considera-se o fato de que, em mercados emergentes apresentam particularidade específicas, como maior risco que os investidores podem tomar. Este aspecto, tem sido um atrativo aos investidores pelo fato de os mercados emergentes oferecerem uma diversidade de portfólios (Lamounier; Nogueira, 2007; Fernandes; Linhares, 2017). Logo, ao analisar os portfólios com integração ESG no mercado de capitais brasileiro, a pesquisa busca preencher essa lacuna, contribuindo para a compreensão de tal critério. Ainda assim, os resultados podem oferecer *insights* relevantes para investidores, no sentido de alinhar suas estratégias com práticas sustentáveis, enquanto maximizam o retorno.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Environmental, social and governance* (ESG)

As dimensões ambientais, sociais e de governança (ESG) das operações corporativas têm chamado a atenção de muitos investidores e analistas de ações recentemente (Gubareva *et al.*, 2023). O desenvolvimento sustentável tornou-se temática importante em todo o mundo, uma vez que discorrem sobre possíveis respostas aos problemas graves de desenvolvimento

sustentável no ambiente, na sociedade e no mercado financeiro. Ademais, há o fato das organizações internacionais de todo os países apresentarem planos estratégicos no desenvolvimento sustentável, como o ESG, objetivando elaborar um quadro de desenvolvimento sustentável e abrangente na sociedade humana (Li *et al.*, 2021). A partir da formulação dos princípios ESG, que aconteceu em 2004, tem sido fortemente praticado na Europa, na América e em outros países desenvolvidos (Li *et al.*, 2021).

As práticas de divulgação e relatórios ESG emergem no setor corporativo e tomam espaço depois da governança corporativa (CG) e da responsabilidade social corporativa (CSR) (Vadithala; Tadoori, 2021). O conceito ESG inclui práticas corporativas relacionadas com o Meio Ambiente (E), Social (S) e de Governança (G) e a divulgação das mesmas, sendo um conceito ampliado do CG e CSR (Vadithala; Tadoori, 2021).

O CSR já é parte estratégica das finanças corporativas modernas, objetivando a maximização de valor para o acionista, a alteração do ônus do fornecimento de bens sociais dos governos para as empresas e alguns dos problemas de governança corporativa (Nilsson; Robinson, 2017). Nesse sentido, o investimento com base nos pilares ESG também permite os investidores romperem com a barreira das considerações financeiras tradicionais ao se centrar na maneira pela forma de como as empresas interagem com seus colaboradores e com as comunidades com locais em que operam. Comprometendo-se com o meio ambiente, com a mudança e a inovação (S&P GLOBAL, 2020).

O investimento ESG busca incorporar fatores ambientais, sociais e de governança objetivando gerar retornos financeiros sustentáveis e de longo prazo (Boffo; Patalano, 2020). Portanto, o termo ESG tem os seguintes pilares: ambiental, social e de governança. O pilar ambiental, está relacionado com estratégias por parte das organizações na gestão de resíduos, utilização de recursos energéticos renováveis e a mitigação das emissões de gases com efeito estufa. Esse critério está relacionado também na avaliação de quaisquer riscos ambientais, que a empresa possa enfrentar e de que forma a corporação trata esse risco (Sharma; Gupta, A.; Gupta, K., 2024),

Os fatores sociais estão ligados aos direitos humanos, eliminação do trabalho infantil, com o acordo de salários justos e condições de trabalho seguro (Rooh *et al.*, 2023). Nesse sentido, Carlos (2020) salienta a observância em relação às legislações trabalhistas, capacitações, bem-estar dos colaboradores, política de inclusão social e outras condutas socialmente responsáveis.

O último pilar, governança, está relacionado ao fato de os investidores poderem saber se os métodos contabilísticos abordados pelas organizações são corretos e transparentes, bem

como se os acionistas têm direito a votar em questões importantes. Este aspecto inclui a proteção das empresas que evitam ter conflitos de interesses na escolha de seus membros, não utilizem meios políticos para obtenção favorável indevida e não se envolvam em práticas ilegais (Chen, 2021). Portanto, ESG normalmente é visto como uma estratégia utilizada pelos investidores na avaliação do comportamento corporativo e do desempenho financeiro futuro (Li *et al.*, 2021).

O desempenho do ESG tem uma atribuição essencial na abertura de uma estrutura de governança encaminhada para o mercado, alinhada com incentivos para promoção do desenvolvimento e a transição sustentável dos negócios (Miralles-Quirós.; Miralles-Quirós; Redondo, 2019). O elemento central de uma empresa é o alinhamento de acordos entre as partes interessadas, porém a presença de incerteza inerente, a assimetria de informação, as restrições cognitivas e os altos custos de transação, que resultam em acordos corporativos incompletos (Jensen; Meckling, 1976). Portanto, a divulgação das informações sobre suas práticas ESG, minimizam a assimetria de informação e estabelece mais segurança aos *stakeholders* (Houque; Ahmed; Richardson, 2020).¹ Ao passo que tal ocorrência minimiza os custos de agência, como: elaboração contratual entre o principal e o agente, monitoramento das operações dos agentes pelo principal, as perdas residuais decorrentes da diminuição da riqueza do principal por eventuais divergências entre os agentes e aqueles que objetivam na maximização da riqueza do principal (Gjergji *et al.*, 2020).

O desempenho do ESG atua como um meio de comunicar ao mercado externo os feitos de uma empresa em termos de meio ambiente, de responsabilidade social e de governança corporativa, em compromisso abrangente com o desenvolvimento verde e sustentável (Zhao, 2022). Com a melhoria contínua das divulgações de informações ESG, as classificações ESG e os dados associados estabelecem a transparência informacional para o mercado financeiro, logo, podem influenciar investidores institucionais a aumentar suas ações, propagar sinais positivos e confiança ao mercado acionário e assim reduzir restrições financeiras (Bai *et al.*, 2022).

No contexto da cadeia de suprimento da empresa, há uma disposição maior por parte dos clientes a montante e a jusante em colaborar com empresas que atribuem importância aos interesses dos fornecedores e que promovem um espírito de desenvolvimento mais sustentável (Ahluwalia; Mahto; Guerrero, 2020). Considera-se também que empresas com classificações ESG altas tendem a dar prioridade ao bem-estar e ao crescimento profissional dos colaboradores, aumentando assim a atração por talentos e aumentando a produtividade no trabalho (Broadstock *et al.*, 2021).

Considerando o ganho de força na investigação e avaliação da sustentabilidade, considera-se que o mercado financeiro está cada vez mais atento a essa questão. As classificações ESG, que são medidas quantitativas fornecidas por agências de classificação, investigam até certo ponto as empresas que implementam os critérios ESG. Embora o desenvolvimento das classificações ESG possa parecer um pouco superficial, as agências de classificação estão dando ênfase, à medida que as consequências financeiras dos riscos relacionados com os critérios ESG se tornam mais claras (Khan, 2022).

A quantificação dos critérios ESG torna-se uma ferramenta analítica importante, considerando que através dessa quantificação, os investidores são capazes de investigar e obter uma compreensão aprofundada de como os mercados financeiros respondem aos diversos níveis de práticas sustentáveis implementada por diversas organizações (Olmedo *et al.*, 2019). Além do que, essas classificações surgem a partir das informações publicadas, como os relatórios anuais, fontes de dados sociais e ambientais, além de ferramentas de processamento de linguagem natural (Scalet; Kelly, 2010; Galbreath, 2013).

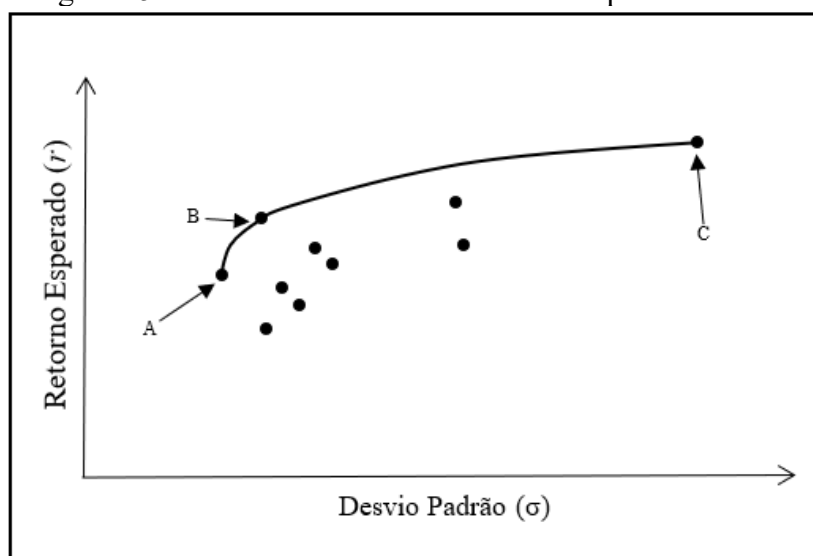
2.2 Formação de carteiras através da Teoria Moderna do Portfólio

Markowitz (1952) através da formulação da Teoria Moderna do Portfólio conseguiu encontrar carteiras que dado um nível de risco conseguiria maximizar o retorno esperado. Esses portfólios são denominados carteiras ótimas. O investidor deve buscar carteiras ótimas através da avaliação do risco e retorno de uma carteira, as quais apontam um conjunto de ativos em que não é possível aumentar o retorno esperado sem aumentar o risco e não sendo possível também, moderar o risco sem que o retorno não seja afetado.

Mangram (2013) corrobora ao afirmar que a fronteira eficiente proposta por Markowitz é o conceito-chave da teoria e representa a melhor combinação de títulos, que normalmente é representada em forma gráfica de uma curva em um plano cartesiano, comparando o risco com o retorno esperado de um portfólio. Ainda de acordo com o autor, nessa fronteira estão as carteiras ótimas, que possibilitam o maior retorno esperado considerando um dado nível de risco e o menor nível de risco para um dado retorno esperado.

A Figura 15 é uma representação gráfica da fronteira eficiente. No eixo vertical tem-se o retorno esperado e no eixo horizontal tem-se o nível de risco. Três carteiras eficientes estão localizadas no gráfico (Pontos A, B e C). Existe na fronteira eficiente o portfólio de menor risco, conhecido como carteira global de variância mínima (Ponto A).

Figura 15 – Fronteira eficiente desenvolvida por Markowitz.



Fonte: Adaptado de Brealy, Myers e Allen (2020).

Ainda no que se refere a Figura 15, pode-se observar que os portfólios que estão na fronteira eficiente e acima da carteira de mínima variância, são os portfólios com melhores relações de risco e retorno. Por exemplo, no ponto B está o portfólio com a melhor relação risco e retorno, o qual tangencia com a linha do mercado de capitais, indicando o maior índice Sharpe, ou seja, o maior retorno esperado por unidade de risco.

Por outro lado, os portfólios que estão abaixo da carteira de mínima variância apresentam um risco maior e retorno menor, em comparação a carteira de variância mínima e a partir disso, tornam-se ineficientes (representado pelos pontos azuis do gráfico). Os portfólios situados abaixo da fronteira eficiente também são ineficientes, pois qualquer uma delas é possível encontrar um portfólio com o mesmo risco, com retorno esperado maior.

2.3 Seleção de Carteiras de Investimentos

De acordo com Assaf Neto (2014) existem três fases de estudo para avaliação de carteiras de ativos: análise dos títulos, análise das carteiras e seleção das carteiras. A primeira fase alcança a análise e o desempenho esperado. Em seguida, a partir da teoria de Markowitz e de um conjunto de valores encontrados na primeira fase, compreende-se a análise de carteira. Por fim, busca-se encontrar a melhor combinação de ativos com menor risco e maior rentabilidade.

Alguns autores brasileiros trazem trabalhos aplicando a Teoria Moderna do Portfólio. Entre eles podemos citar os trabalhos de Siervo (2017) e Miranda (2021), que aplicaram a

Teoria Moderna do Portfólio no mercado acionário brasileiro considerando diferentes períodos e comparando com outros estudos. Alves (2020) utilizou a teoria de Markowitz para otimizar carteiras contendo fundos de investimentos. Leite (2021), por sua vez, avaliou a aplicação da teoria em fundos de investimentos imobiliários e comparou com outros investimentos.

2.4 Abordagem dos modelos de precificação com o fator ESG no Brasil

No Brasil, Azevedo, Santos e Campos (2016) incrementam no modelo de três fatores de Fama e French (1993) o fator Sustentabilidade Empresarial, com o objetivo de explicar o retorno dos ativos das empresas listadas na B3, considerando o período de 2006 e 2013. Os resultados mostraram que o Prêmio pelo fator Sustentabilidade é estatisticamente significativo e aumenta o coeficiente de determinação do modelo, passando de 76% com o modelo de três fatores de Fama e French para 78% com o incremento do fator de Sustentabilidade. O estudo demonstra que a adição de um novo fator aumenta o poder de explicação dos retornos das ações do mercado acionário brasileiro.

Teixeira (2016), a fim de avaliar a relação entre Responsabilidade Social Corporativa (RSC) e o retorno das ações do mercado acionário brasileiro, adiciona também o fator de sustentabilidade no modelo de três fatores de Fama e French (1993), como variável explicativa. Os resultados mostraram que, na maior parte dos testes realizados, existe uma relação negativa significativa entre o fator de sustentabilidade e o retorno das ações, logo, esses achados não corroboram com a hipótese de que os investidores associam práticas de RSC, com a queda de lucros à longo prazo. Porém, em algumas situações há uma relação positiva de maneira consistente, propondo que a RSC pode agregar valor à empresa, em função de suas características.

O autor Gama (2020) adiciona um fator ESG no modelo de quatro fatores de Carhart (1997) utilizando como amostra as empresas brasileiras, do período de 2010 a 2020. A criação desse fator ESG tem como *proxy* uma variável *dummy*, indicando se a empresa faz parte ou não do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) da B3. Porém, encontrou uma relação negativa entre a proxy ESG e o retorno acionário das empresas do mercado brasileiro.

3 METODOLOGIA

Nessa sessão metodológica serão detalhadas as informações sobre a amostra, coleta de dados, procedimento de análise, construção dos portfólios, métricas de análise e validação dos modelos econométricos.

3.1 Amostra e coleta de dados

A base de dados utilizada para cálculo das rentabilidades dos portfólios foi através do Economática. Por meio dela, foi possível a coleta dos preços de fechamento diários ajustado por proventos das ações das empresas brasileiras.

Já para a filtragem dos ativos que vão compor as carteiras ESG, E, S e G foi através da plataforma *Thomson Reuters Refinitiv ESG*. A utilização dessa plataforma se dá pelo seguinte motivo: No quesito ambiental (E), a plataforma avaliam as empresas em questões de emissões, água, resíduos, redução de recursos, biodiversidade, impacto ambiental dos produtos e serviços de uma organização, dentre vários outros aspectos. No quesito social (S) classificam as empresas em questões de qualidade do emprego, saúde, segurança ocupacional, diversidade, direitos humanos e responsabilidade pelo produto e outros pontos. Por fim, na dimensão de Governança (G) avaliam as empresas, de acordo com termos de qualidade de relatórios, política pública, estrutura de governança, controvérsias de ética empresarial, engajamento de acionistas e *stakeholders*, funções e estrutura do conselho (Aabo; Giorici, 2023).

Os fatores de risco foram extraídos do *site* do Núcleo de Pesquisa em Economia Financeira (NEFIN-USP) onde se basearam em trabalhos seminais sobre precificação de ativos adaptados ao mercado brasileiro. Ressalta-se, que a taxa livre de risco para a presente pesquisa foram os dados do NEFIN que consideram o DI (depósito interfinanceiro) de 30 dias. Esta escolha se dá por ser a taxa amplamente utilizada no mercado financeiro brasileiro.

Compara-se as carteiras formadas com critérios ESG com os principais índices de sustentabilidade e governança do Brasil e com o Ibovespa. Para tanto, nesta pesquisa foram coletadas também no Economática as cotações diárias do Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE B3), Índice Carbono Eficiente (ICO2 B3), Índice de ações com Governança Corporativa (IGC B3) e o Índice Bovespa (IBOV B3). Tais índices são utilizados como *benchmarks* pelas relevâncias no mercado brasileiro em termos de sustentabilidade, governança corporativa e de desempenho geral do mercado.

As amostras da pesquisa foram as empresas negociadas no mercado acionário brasileiro (B3), considerando o período de 2011 a 2023. O recorte ter sido dado a partir de 2011 se dá pela falta de dados dos anos anteriores de pontuações ESG das empresas. O ano final de coleta se deve ao fato de ser o último período com dados completos disponíveis. Para a análise, serão utilizados dados dos preços diários.

3.2 Construção dos portfólios

Para verificar o comportamento e desempenho de ativos ESG foram utilizadas três abordagens, sendo elas: comparar o desempenho de carteiras, sendo realizadas por outros autores e adicionar o fator ESG na equação, para avaliar se este é um fator explicativo dos retornos das ações no mercado brasileiro. Por fim, adicionar as carteiras como variável resposta com o intuito de avaliar e explicar o retorno em excesso dos portfólios.

Há 115 empresas listada na bolsa de valores brasileira que vão compor os portfólios ESG, com base nas pontuações ESG disponíveis, na base de dados *Thomson Reuters Refinitiv ESG*. Em um primeiro momento, foram criados dois portfólios, a partir do agrupamento de 12 ações: As 12 empresas com as pontuações mais altas em ESG e as 12 ações das empresas com notas mais baixas, seguindo Amon, Rammerstorfer e Weinmayer (2021), Prol e Kim (2022) e Useche, Martínez-Ferrero e Alayón-Gonzales (2023). Todo o processo citado anteriormente, será repetido para a formação de carteiras com critérios E, S e G.

Em termos de percentual de alocação dos ativos será baseada na média-variância de Markowitz (1952). Na fronteira eficiente foi selecionada a carteira tangente, ou seja, um outro caso especial de abordagem por média-variância. Os portfólios nesse ponto tendem a apresentar o maior índice Sharpe, representando a melhor combinação de ativos arriscado disponíveis. Os pesos para cada ativo no portfólio são calculados, a partir da ponderação dos resultados da multiplicação inversa da matriz de covariância e o vetor de e retornos anormais dos ativos.

Como técnica para a criação da fronteira eficiente de Markowitz (1952) e a definição dos pesos de cada ativo financeiro, utilizou-se da simulação de Monte Carlo (Caetano, 2021; Gaio, 2021). A simulação de Monte Carlo utiliza-se de números aleatórios e probabilidades para analisar e resolver problemas. É um método estatístico que para obter um resultado numérico, se apoia em *inputs* massivos de amostragens aleatórias. De acordo com Caetano (2021), o método é bastante utilizado e faz parte das ferramentas quantitativas utilizadas no dia a dia do mercado financeiro.

Vale ressaltar que, para as empresas que negociam mais de uma ação na B3 (ordinária, preferencial ou *unit*), foi selecionado para a formação das carteiras o ativo mais representativo da empresa. Esta divisão estabelecerá uma segmentação mutuamente excludente entre as ações.

3.3 Métricas de análise

Em relação às medidas de *performance* das carteiras, foram utilizados os modelos quantitativos mais empregados, sendo eles: o índice de Sharpe (1966) e Treynor (1965), todos esses dois índices avaliam o desempenho das carteiras com base no retorno ajustado ao risco.

O índice Treynor é uma medida de desempenho ajustada ao risco para um portfólio que estabelece o beta das carteiras (risco sistemático da carteira) como denominador (Sood *et al.*, 2023) e que se utiliza das premissas do CAPM. Ainda de acordo com Sood *et al.* (2023), o risco total é igual ao risco sistemático, quando um portfólio é diversificado de forma adequada. Quando maior o valor do índice de Treynor, melhor é o desempenho da carteira em análise.

O índice Sharpe é o instrumento de medição da relação retorno/risco criada por William Sharpe (1996). O índice compara o retorno de um investimento com a sua volatilidade (Sood *et al.*, 2023). A análise pelo método de Sharpe é baseada no prêmio de risco, sendo que o prêmio de risco é a diferença entre o desempenho médio gerado por um ativo ou portfólio e desempenho médio de ativos sem risco. De acordo com Hamid e Cahyadi (2019), quanto maior o índice Sharpe, melhor o desempenho.

A avaliação dos riscos será mensurada pelo *Drawdown risk*. O *drawdown* elucidam as perdas que ocorrem ao longo do tempo de um determinado ativo ou de uma carteira de investimento, a partir do seu ponto mais alto até o ponto mais baixo.

3.4 Construção dos Fatores ESG

Replicou-se o desempenho da estratégia *long* (compra) em ações brasileiras bem avaliadas, nas dimensões ambiental (ENV), social (SOC) e de governança (GOV) e agregada (ESG), e *short* (venda), em ações com pontuações mais baixas nos critérios estabelecidos. A partir disto, os fatores de risco com tais critérios são construídos pela diferença entre o retorno do portfólio com alta avaliação ESG, ENV, SOC e GOV e o portfólio com as menores pontuações ESG, ENV, SOC e GOV, no qual esse procedimento tem semelhança com o trabalho de Diniz (2023).

3.5 Modelos econométricos

Para minimizar o impacto dos *outliers* e garantir maior robustez nos resultados, foi realizada a *winsorização* a um nível de 2% (dois por cento), o que permite a variabilidade em 98% das variáveis. Essa abordagem preserva a estrutura dos dados e mitiga o efeito de valores atípicos, tornando as estimativas mais robustas sem distorcer excessivamente a distribuição original dos dados.

Inicialmente, os modelos foram estimados pelo método de Mínimos Quadrados Ordinários (OLS), amplamente utilizado na literatura para analisar a relação entre variáveis financeiras. No entanto, para garantir a adequação do modelo, foram realizados testes diagnósticos para verificar a presença de problemas estatísticos que poderiam comprometer a validade das estimativas.

O teste de *White* foi aplicado para detectar a presença de heterocedasticidade nos resíduos da regressão. Os resultados indicaram que a hipótese nula de homocedasticidade foi rejeitada, evidenciando a existência de heterocedasticidade nos dados. Para corrigir esse problema, os modelos foram reestimados utilizando o método de Mínimos Quadrados Generalizados (GLS), que permite obter estimadores eficientes na presença de variância dos erros não constante.

Além disso, foi aplicado o teste de Durbin-Watson para verificar a presença de autocorrelação serial nos resíduos. Esse teste avalia a independência dos resíduos ao longo do tempo, sendo fundamental para modelos que analisam séries temporais ou dados longitudinais. Os resultados não indicaram problemas significativos de autocorrelação.

Para verificar a presença de multicolinearidade entre as variáveis explicativas, foi calculado o Fator de Inflação da Variância (VIF). Esse teste permite identificar se algumas variáveis independentes apresentam correlação elevada entre si, o que poderia comprometer a precisão das estimativas dos coeficientes. Os valores do VIF ficaram abaixo do limite crítico de 5, indicando que a multicolinearidade não representava um problema relevante para a análise.

Todas as análises foram conduzidas no *software* R Studio (R Core Team, 2024), utilizando pacotes estatísticos adequados para cada teste. Nesse contexto, considerando as variáveis propostas e o escopo evidenciado pela pesquisa, os modelos econométricos propostos são representados pelas equações que se seguem:

$$IBOV = \alpha + \beta_1 MKT_t + \beta_2 SMB_t + \beta_3 HML_t + \beta_4 WML_t + \beta_5 IML_t + \beta_6 ESG_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3.1)$$

$$IBOV = \alpha + \beta_1 MKT_t + \beta_2 SMB_t + \beta_3 HML_t + \beta_4 WML_t + \beta_5 IML_t + \beta_6 ENV_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3.2)$$

$$IBOV = \alpha + \beta_1 MKT_t + \beta_2 SMB_t + \beta_3 HML_t + \beta_4 WML_t + \beta_5 IML_t + \beta_6 SOC_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3.3)$$

$$IBOV = \alpha + \beta_1 MKT_t + \beta_2 SMB_t + \beta_3 HML_t + \beta_4 WML_t + \beta_5 IML_t + \beta_6 GOV_t + \varepsilon_{i,t} \quad (3.4)$$

No qual, MKT_t é o retorno da carteira de mercado no ano t. SMB_t é o prêmio pelo fator tamanho no tempo t, sendo calculado pela diferença entre a média de retorno das ações de empresas de menor porte e de grande porte. HML_t é o prêmio pelo fator de valor, sendo calculado pela diferença entre a média de retorno das ações com alto e baixo índice de *book-to-market*. WML_t é o prêmio pelo fator *momentum* no tempo t, calculado pela diferença entre a média de retorno das ações de empresas com alto *momentum* e baixo *momentum*. IML_t é o prêmio pelo fator de liquidez no tempo t, calculado pela diferença dos retornos das ações de empresas com alta liquidez e baixa liquidez.

ESG_t , ENV_t , SOC_t e GOV_t são os prêmios pelos fatores ESG (Agregado), Ambiental, Social e de Governança no tempo t, sendo calculados pela diferença entre as médias dos retornos das ações com maiores e menores pontuações nos critérios ESG, E, S e G estabelecidos pela *Refinitiv*. Por último, os β_i são os coeficientes dos seus fatores.

Com o objetivo de avaliar e explicar o retorno em excesso dos portfólios, será empregado os modelos de precificação de Sharpe (1964), Fama e French (1992; 1993), Cahart (1997) e Amihud (2002), que apresentam os seguintes fatores: de mercado (MKT), Tamanho (SMB), Valor (HML), *momentum* (WML) e liquidez (IML).

$$ESG_maior = \alpha + \beta_1 MKT_t + \beta_2 SMB_t + \beta_3 HML_t + \beta_4 WML_t + \beta_5 IML_t \quad (3.5)$$

$$ENV_maior = \alpha + \beta_1 MKT_t + \beta_2 SMB_t + \beta_3 HML_t + \beta_4 WML_t + \beta_5 IML_t \quad (3.6)$$

$$SOC_maior = \alpha + \beta_1 MKT_t + \beta_2 SMB_t + \beta_3 HML_t + \beta_4 WML_t + \beta_5 IML_t \quad (3.7)$$

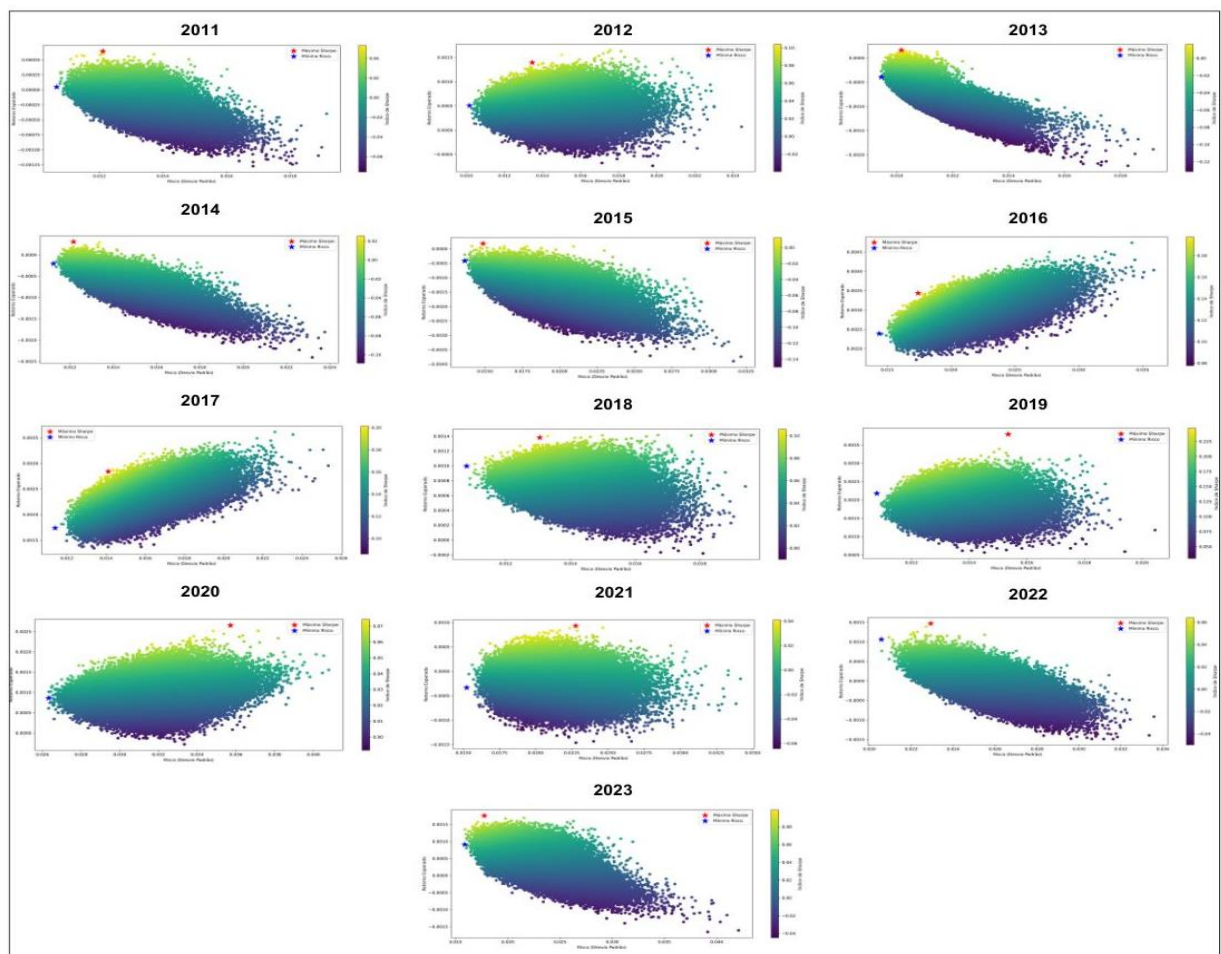
$$GOV_maior = \alpha + \beta_1 MKT_t + \beta_2 SMB_t + \beta_3 HML_t + \beta_4 WML_t + \beta_5 IML_t \quad (3.8)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Montagem dos portfólios e estatísticas descritivas dos retornos obtidos das carteiras e dos benchmarks

A partir das pontuações ESG de forma integrada e desintegrada (ENV, SOC e GOV), foram construídas as carteiras utilizando a média variância de Markowitz (1952) utilizando-se da técnica de Monte Carlo, para as simulações. Carteiras com altas e baixas pontuações com critérios ambientais, sociais e de governança foram formadas. Logo, na Figura 16, é possível ver as simulações a cada ano da carteira de investimento, com critérios ESG, que apresentaram maior rentabilidade ao longo do tempo.

Figura 16 – Simulações de Monte Carlo para a criação da fronteira eficiente de Markowitz.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os gráficos da Figura 17 mostram eixos de risco (eixo x) e retorno (eixo y). Essas simulações foram realizadas para todas as carteiras ano a ano (entre 2011 a 2023). Cada ponto do gráfico é um portfólio com o conjunto de ativos estabelecidos, porém variando os pesos de cada ativo. Ressalta-se, que foram simuladas 100 mil carteiras com pesos alternados. A partir disto, foi selecionado a carteira que apresentasse o maior índice Sharpe, ou seja, estabeleceria os pesos da carteira onde estivesse a melhor relação de risco e retorno. A partir dessa análise, as simulações foram realizadas para todas as carteiras formadas, ou seja, carteiras com as maiores e mais baixas pontuações ESG de forma integrada e desintegrada.

No final, foram formadas 8 carteiras com os critérios ESG, mas em cada portfólio haverá a entrada e saída de ativos, de acordo com as pontuações da *refinitiv* a cada ano.

A Tabela 1 mostra a matriz de correlação de Pearson entre as carteiras formadas pelos critérios ESG e os índices de mercado financeiro (ICO2, IGC, ISEE e Ibovespa). Tais valores, podem ajudar a compreender o nível de interdependência entre as séries analisadas.

Tabela 1 – Matriz de Correlação de Pearson das Carteiras e Índices Financeiros.

Portfólios	ESG_ maior	ESG_ menor	ENV_ maior	ENV_ menor	SOC_ maior	SOC_ menor	GOV_ maior	GOV_ menor	ICO2	IGC	ISEE	Ibov
ESG_maior	1.00											
ESG_menor	0.65	1.00										
ENV_maior	0.86	0.63	1.0									
ENV_menor	0.65	0.84	0.62	1.0								
SOC_maior	0.88	0.62	0.82	0.61	1.0							
SOC_menor	0.62	0.89	0.61	0.79	0.59	1.0						
GOV_Maior	0.87	0.65	0.79	0.65	0.81	0.62	1.0					
GOV_menor	0.64	0.76	0.63	0.72	0.62	0.78	0.66	1.0				
ICO2	0.86	0.71	0.84	0.72	0.80	0.68	0.84	0.70	1.0			
IGC	0.87	0.74	0.85	0.75	0.83	0.72	0.86	0.73	0.97	1.0		
ISEE	0.84	0.71	0.81	0.72	0.79	0.69	0.83	0.71	0.95	0.94	1.0	
IBOV	0.87	0.72	0.85	0.72	0.83	0.69	0.85	0.71	0.96	0.98	0.93	1.0

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em primeira análise, nota-se que as carteiras com os maiores critérios ESG de forma integrada e desintegrada apresentam correlações moderadas e fortes, com os índices financeiros referentes (ICO2, IGC, ISEE e o IBOV), em comparação as carteiras com menores pontuações ESG, de forma integrada e desintegrada. Podendo ser um indicativo de que empresas com

maiores critérios de sustentabilidade tendem a estar alinhados com o desempenho dos índices de mercados.

Observa-se, que os índices financeiros ICO2, IGC, ISEE e o Ibovespa apresentaram elevadas correlações entre si, com valores acima de 0,9, indicando conexão muito forte entre as séries financeiras. Isto, pode ser um indicativo de que a carteira do Ibovespa já está incorporando critérios de sustentabilidade. A definição de correlação de Pearson fraca (entre 0,31 e 0,5), moderada (entre 0,5 e 0,7), forte (entre 0,71 e 0,9) e muito forte (maior que 0,9) está alinhada com o trabalho de Mukaka (2012).

Para fins de proteção de uma carteira de investimento e estar ligado com a diversificação é necessário identificar pares de ativos, que apresentem correlações mais fracas ou negativas, no qual um ativo pode proteger contra perdas de outro. Porém, a matriz de correlação dá indícios de que em todas as carteiras de investimento apresentam movimento relativamente sincronizado, no qual não se pode afirmar que essas carteiras podem atuar como diversificadores, hedge ou refúgios seguros. Esses achados vão de encontro com o trabalho de Rubbaniy *et al.* (2022) e Santello (2024), cujas ações ESG podem não ser classificadas como ativos porto seguro.

A fim de verificar a eficiência da estratégia de selecionar ativos com critérios ESG, considerando o longo prazo, foi elaborado o gráfico com os retornos acumulado das carteiras formadas, a partir dos critérios ESG, em comparação aos principais índices de mercado relacionados com estratégias sustentáveis e o índice Ibovespa, como ilustrado na Figura 17.

No eixo y mostram a rentabilidade acumulada e no eixo x mostra o horizonte de tempo para todas as carteiras ESG e dos índices de referências. Nota-se que a carteira ENV_menor apresenta a maior rentabilidade acumulada (551,53%), considerando o horizonte temporal de 13 anos. Em seguida, aparece a carteira ESG_menor, com retorno acumulado de 545,98%, de 2011 a 2023. Os índices de comparação apresentaram os piores retornos acumulados: Ibov (107,19%), ISEE (92,23%), IGC (134,72%) e ICO2(118,87%).

Figura 17 – Retornos acumulados das carteiras e índices financeiros.

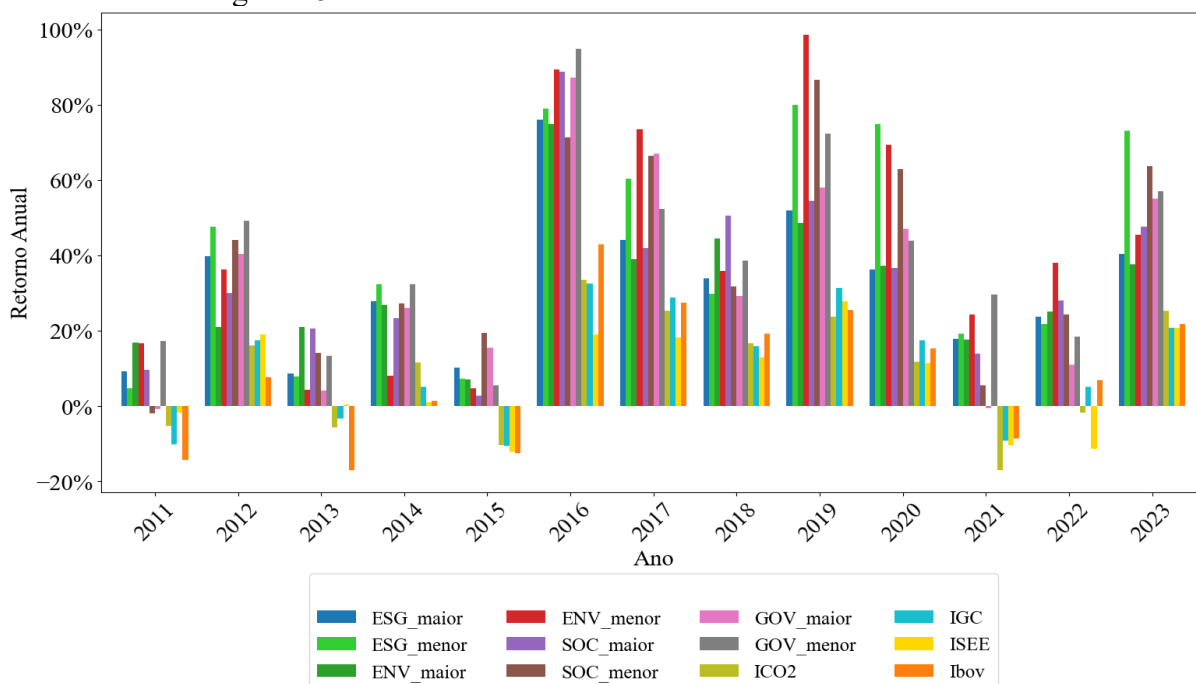


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Todos os portfólios formados, por critérios ESG, apresentaram desempenho superior aos índices do *benchmark*. Considerando que muitos portfólios se formam, a partir de critérios com base em fundamentos econômicos e financeiros, ou por apenas, baseados em critérios de liquidez ou volume de negociação como acontece com o índice Ibovespa, as carteiras formadas se dão por critérios sustentáveis.

A Figura 18 mostra o retorno das carteiras ao ano, em comparação ao índices de referências. Ressalta-se, que esse tipo de análise ajuda a perceber, de fato, se a estratégia adotada foi de fato eficiente ao longo dos anos. De acordo com Viana (2022), fundos de investimentos que têm por objetivo entregar resultados aos seus clientes à curto prazo utilizam-se, comumente, de tal estratégia.

Figura 18 – Retornos anuais das carteiras e índices financeiros.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Alguns anos, como 2016 e 2019, tiveram picos positivos mais altos de retorno, enquanto em 2011 e 2015, as carteiras e índices de investimentos analisados apresentaram quedas em rentabilidade. No entanto, quase todos os portfólios formados, a partir de critérios ESG, tiveram retorno anual negativo em 2011 e 2015, com exceção das carteiras SOC_menor e GOV_maior.

Quase em todos os anos, as carteiras formadas, com critérios ESG, apresentam rentabilidade superior aos índices de referências. Por outro lado, carteiras tradicionais como o Ibovespa apresentaram desempenho inferior em alguns anos, indicando que carteiras de investimento, com foco em sustentabilidade podem oferecer vantagens competitivas à longo prazo.

Pode-se indicar que o mercado de capitais percebe o valor de práticas sustentáveis. Essas descobertas vão de encontro com as pesquisas de Amaral, Iquiapaza (2013) e Mello (2022), cujos achados apontam que há um excesso de retorno ao longo do tempo, em ativos com critérios ESG, superando as demais empresas.

Em tempos de crise, como em 2015 e 2021, algumas carteiras apresentaram retornos negativos, refletindo o impacto negativo de eventos macroeconômicos, como recessão econômica e a pandemia da Covid-19. No entanto, carteiras de investimento, com critérios ESG, tiveram quedas menos acentuadas, em comparação as carteiras ISEE e IBOV. Sugere-se, que ativos baseados em critérios ESG, além de apresentarem constância com altos retornos, também podem atuar como protetores em condições de mercado adverso.

Esses resultados revelam a importância de incorporar critérios ESG na formação de portfólios de investimento, tanto para maximizar retorno, quanto para diminuir risco. As carteiras analisadas, com critérios ESG, evidenciam seu potencial de retorno como uma alternativa às estratégias de investimentos tradicionais.

A Tabela 2 apresenta as carteiras de investimento, com base em critérios ESG, e os índices de mercado, com seus respectivos indicadores de desempenho e risco. Índice Sharpe e de Treynor medem o desempenho do retorno ajustado ao risco, além do *drawdown*, que mostra a maior queda percentual de cada portfólio e índices. Portanto, a partir desses índices de desempenho e risco é possível comparar a *performance* dos portfólios, no binômio risco e retorno.

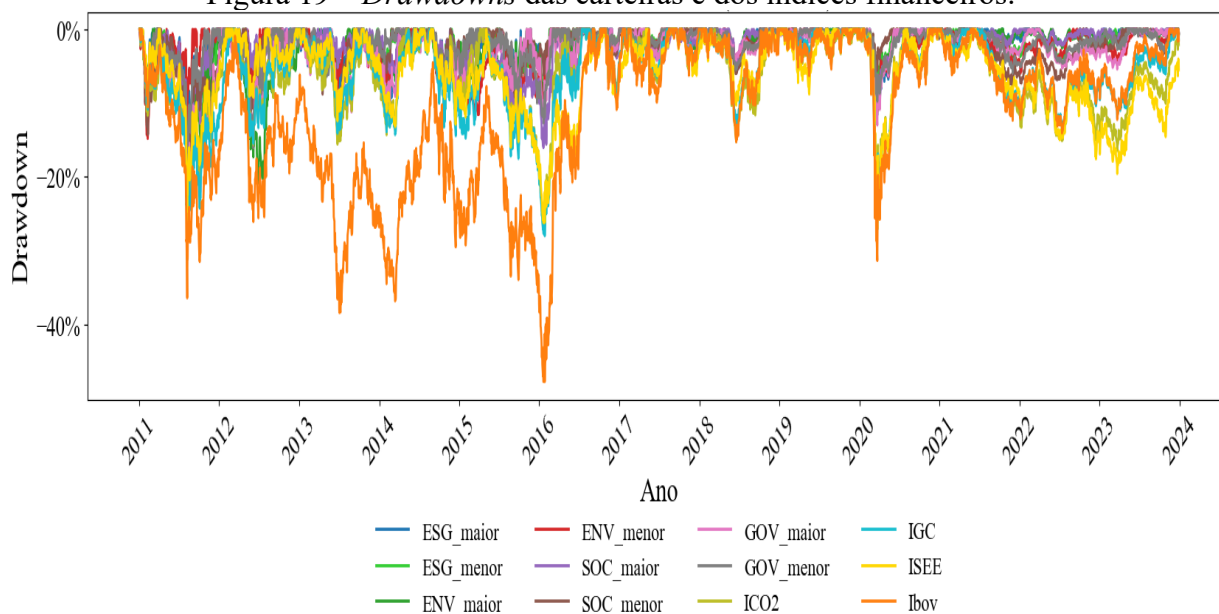
Tabela 2 – Índices de Desempenho e Risco das Carteiras e dos Índices Financeiros.

Portfólios	Índice de Sharpe	Índice de Treynor	Drawdown
ESG_maior	0.056	0.00105	-19.53
ESG_menor	0.074	0.00168	-22.77
ENV_maior	0.058	0.00111	-21.53
ENV_menor	0.07	0.00159	-14.81
SOC_maior	0.062	0.00121	-20.58
SOC_menor	0.072	0.00171	-22.4
GOV_Maior	0.053	0.00102	-28.32
GOV_menor	0.067	0.00155	-21.2
ICO2	0.001	0.00001	-29.89
IGC	0.004	0.00007	-31.21
ISEE	-0.005	-0.00008	-27.03
Ibov	-0.001	-0.00002	-47.78

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Tratando-se do melhor desempenho em termos de risco e retorno, os portfólios formados com menor exposição a critérios ESG, ambiental (ENV), social (SOC) e de governança (GOV) tiveram os maiores índices de Sharpe e de Treynor. Por outro lado, os índices de *benchmark*, como o Ibovespa e o ISEE, tiveram valores negativos, mostrando eficiência baixa, em relação ao binômio de risco e retorno.

A Figura 19 mostra os *drawdowns* das carteiras e índices financeiros no período de 2011 a 2023 e pode-se complementar, em termos de resultados com a Tabela 2.

Figura 19 – *Drawdowns* das carteiras e dos índices financeiros.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Nos resultados, o Ibovespa apresentou a maior retração (-47,78%), indiciando alta volatilidade e por outro lado, a carteira ENV_menor teve a menor queda (-14,81%), indicando maior resiliência. Os portfólios com exposições a critérios de sustentabilidade e de governança obtiveram menores *drawdowns*, em comparação aos índices do *benchmark*, podendo indicar uma gestão de risco mais eficiente, onde esse fator é importante para o investidor, que busca preservar capital e evitar quedas bruscas em momentos de mercado adverso.

Os resultados dessa pesquisa vão de encontro com os autores Nofsinger e Varma, (2014), Ouchen (2021) e Broadstock *et al.* (2022), os quais sugerem que investimentos em empresas com pontuação ESG, podem reduzir a exposição ao risco para o investidor, considerando um mesmo nível de retorno que uma carteira de mercado. Gupta e Chaudhary (2023) também mostraram empiricamente que o *drawdown* máximo em todos os índices ESG, em todos os países estudados - considerando o Brasil - o valor máximo de *drawdown* é menor, do que comparado ao índice de mercado. Isso pode ser preferível para construção de um portfólio por parte dos investidores, pois investidores racionais preferirão risco de baixa limitada (Gupta; Chaudhary, 2023).

4.2 Análise das regressões dos portfólios e os retornos anormais

Com a perspectiva de avaliação da estratégia de seleção de ações brasileiras, por meio dos critérios ESG, e verificar se há associação com os retornos das ações do Brasil, analisou-se

a série de retornos diários com um modelo de precificação de ativos. Foi adotado o índice Ibovespa (IBOV) como variável dependente, representando as ações como um todo do mercado financeiro brasileiro e a diferença de retornos entre carteiras com altas e baixas pontuações ESG, de forma integrada e de forma desintegrada (E, S e G separadamente), além da utilização dos fatores de risco tradicionais que já são concebidos pela literatura científica, para modelos de precificação.

A Tabela 3 apresenta os resultados das regressões para o Ibovespa, em função dos fatores formado pelas carteiras, com critérios ESG.

Tabela 3 – Retornos de mercado e aplicação do modelo de precificação de ativos.

Fatores de risco	Modelo ESG > IBOV	Modelo ENV > IBOV	Modelo SOC > IBOV	Modelo GOV > IBOV
Alpha (α)	0.0004***	0.0004***	0.0004***	0.0004***
MKT	1.0226***	1.0240***	1.0238***	1.0222***
SMB	0.0296**	0.0273*	0.0277*	0.0270*
HML	0.0620***	0.0625***	0.0616***	0.0631***
WML	-0.0384***	-0.0376***	-0.0378***	-0.0372***
IML	-0.0551***	-0.0550***	-0.0557***	-0.0521***
ESG	0.0166**			
ENV		0.0067		
SOC			0.0079	
GOV				0.0187**
Teste Durbin-Watson	0.5143	0.4927	0.5137	0.5283
Teste de White	0.000	0.000	0.000	0.000
VIF	1.5721			
R ²	0.8755	0.8754	0.8754	0.8756
AIC	-25126.94	-25122.35	25122.73	-25129.61
BIC	-25078.35	-25073.76	-25074.13	-25081.01

Legenda: As significâncias estatísticas dos testes são representadas por meio da seguinte simbologia: *10%; **5%; ***1%.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Fatores já estabelecidos pela literatura científica, como o SMB (fator tamanho da empresa), HML (fator valor), WML (Fator momento) e IML (Fator Liquidez) afetam de forma significativa estatisticamente o retorno do índice IBOV. Observa-se que o fator SMB sugere que há o prêmio pelo risco (0,0270*), onde empresas menores tendem a apresentar retornos ligeiramente superiores, em comparação as maiores empresas. Na mesma direção, o fator HML apresentaram o prêmio pelo risco (0,0631***), no qual empresas com alto valor contábil apresentam retornos esperado acima das empresas com baixo valor contábil. O fator *momentum* apresentou coeficiente negativo (-0,0372***) evidenciando que ações brasileiras com forte

desempenho passado tendem a ter retornos menores no futuro, fortalecendo o conceito de reversão a média. Enfim, o fator liquidez tem impacto negativo no índice Ibovespa (-0,0521***), sinalizando de que empresas menos líquidas podem ter menor desempenho relativo. Informa-se, que os resultados acima são apenas da primeira regressão, porém, as outras 3 regressões posteriores apresentaram coeficiente com valor próximo e com a mesma direção ao analisado acima.

Dentre os fatores específicos formados com critérios ESG, os Fatores ESG e GOV apresentaram coeficientes estatisticamente significantes (0,0166** e 0,0187**, respectivamente), apontando que práticas sustentáveis e de governança influenciam positivamente o desempenho do Ibovespa, no qual empresas com pontuações altas em critérios sustentáveis e de governança mostram maiores retornos esperado, em comparação as empresas com mais baixas pontuações. Esses resultados confirmam com o estudo de Diniz (2023), os quais demonstram que o desempenho ESG é uma informação precificada, por parte dos investidores do mercado acionário brasileiro. O trabalho de Maiti (2021) corrobora com a presente pesquisa, também sugerindo que o desempenho ESG de forma agregada ou desagregada (E, S e G) pode ser considerado um fator de risco no mercado acionário europeu.

Os fatores ENV e SOC apresentaram coeficientes não significativos estatisticamente, de maneira que não é possível afirmar que os retornos em excesso observados apresentam média diferente de zero. Outro ponto importante é o coeficiente de determinação R^2 , o qual mostrou forte explicação dos retornos do IBOV, uma vez que em torno de 87,5% da variação nos dados observados da variável resposta pode ser explicada pelas variáveis explicativas, incluídas no modelo. Observa-se, que no primeiro e quarto modelo, todos os fatores apresentaram significância estatística positiva com o retorno do Ibovespa, enquanto o segundo e terceiro modelo, os fatores ambiental e social não apresentaram significância estatística nos resultados.

Corroborando com a pesquisa de Maiti (2020), onde mostrou-se que o modelo de 3 fatores com fatores de mercado, tamanho e ESG tem-se melhor desempenho, em comparação ao modelo tradicional de Fama e French, de 3 fatores. Servaes e Tamayo (2013) alegam que empresas socialmente responsáveis provém o aumento de valor da empresa, estabelecem a concepção de uma boa imagem da organização e acarretam na redução de alguns riscos, consequentemente, conseguem gerar efeitos positivos no longo prazo.

Os estudos Ganz, Schlotefeldt e Rodrigues Junior (2020) mostraram que grandes empresas com altos níveis de governança impactam no retorno das ações brasileiras de grande porte. Os autores Terra e Lima (2006) afirmam que a boa governança traz relacionamento com os *stakeholders*, o que maximiza o retorno dos investidores e o valor da empresa. Ainda de

acordo com Silveira, Barros, Famá (2003), Vieira e Mendes (2004), a governança minimiza os problemas de agência e proporciona maior transparência, o que pode ser explicado com o aumento do retorno das empresas com melhor governança.

Na Tabela 4 apresentam-se os coeficientes estimados das quatro regressões. Foi realizado uma regressão para cada carteira, com as maiores pontuações ESG, ENV, SOC e GOV. As carteiras propostas estão como variável dependente do modelo. Destaca-se, que o Alpha (α) é o intercepto do modelo, sendo interpretado como o retorno anormal médio da estratégia adotada (Viana, 2022).

Tabela 4 – Retornos anormais e aplicação dos modelos de precificação de ativos.

ESG_maior	Coeficientes		
Alpha	0.0013***	Teste Durbin-Watson	0.9999
MKT	0.9258***	Teste de White	0.0000
SMB	-0.0119	VIF	2.4415
HML	0.0255*	R ²	0.6484
WML	0.0161		
IML	0.0654**		
ENV_maior	Coeficientes		
Alpha	0.0012***	Teste Durbin-Watson	0.9459
MKT	0.8763***	Teste de White	0.0000
SMB	-0.0212	VIF	2.4415
HML	0.0744***	R ²	0.6288
WML	0.0147		
IML	0.0187		
SOC_maior	Coeficientes		
Alpha	0.0014***	Teste Durbin-Watson	1
MKT	0.8509***	Teste de White	0.0000
SMB	-0.0489**	VIF	2.4415
HML	0.1125***	R ²	0.6000
WML	0.0188		
IML	0.1026***		
GOV_maior	Coeficientes		
Alpha	0.0014***	Teste Durbin-Watson	1
MKT	1.0302***	Teste de White	0.0000
SMB	0.1475***	VIF	2.4415
HML	-0.0071	R ²	0.6255
WML	-0.0267*		
IML	-0.0170		

Legenda: As significâncias estatísticas dos testes são representadas por meio da seguinte simbologia: *10%; **5%; ***1%.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Os coeficientes Alpha (α) apresentaram valores estatisticamente significativos em todas as quatro regressões, variando entre 0.0012 e 0.0014. Significa que há alguma parte do retorno

das ações brasileiras que não são explicadas pelos cinco fatores propostos, ou seja, a estratégia de selecionar ativos, com critérios ESG, gera retornos anormais.

O fator de mercado (MKT), proposto por Sharpe (1964), em todos os modelos apresentou coeficientes positivos e estatisticamente significantes, com valores entre 0.8509 e 1.0302. Este aspecto enfatiza a forte influência do risco de mercado sobre o retorno dos portfólios formados, com critérios ESG.

O fator tamanho (SMB), proposto por Fama e French (1992; 1993), mostrou diferentes resultados entre os portfólios. As carteiras ESG_maior e ENV_maior tiveram seus coeficientes negativos e não estatisticamente significativo, logo, não se pode afirmar que esse fator impacta tais carteiras. No entanto, o fator tamanho impacta positivamente e estatisticamente significativo (0.1475***) a carteira GOV_maior, indiciando que a estratégia de selecionar ativos com critérios de Governança está associada positivamente com as empresas de maior valor de mercado. Por outro lado, o mesmo fator impacta negativamente o portfólio SOC_maior (-0.0489**), mostrando que há preferência por empresas maiores.

O fator valor (HML), impacta positivamente as carteiras ESG_maior, ENV_maior e SOC_maior, indicando que os portfólios formados com critérios de sustentabilidade e de governança estão mais alinhados às empresas com maior *book-to-market*.

O fator *momentum* (WML) apresenta o coeficiente negativo e estatisticamente significativo para a carteira GOV_maior, informando que esse portfólio tem um desempenho contrário a tendência de momento do mercado. O fator liquidez (IML) mostra coeficientes positivos e significativos para os portfólios ESG_maior e SOC_maior, tendo uma preferência por empresas com maior liquidez.

Os testes de validação dos modelos mostraram que estão bem ajustados, com valores de R^2 entre 0.6000 e 0.6484, mostrando que os fatores conseguem explicar uma parcela da variabilidade dos retornos.

Os resultados mostraram que portfólios, com critérios ESG, são fortemente influenciadas pelo fator de mercado e tem certa influência consistente pelos fatores de Fama e French: tamanho e valor, dependendo da subdimensão analisada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa teve como o objetivo analisar a *performance* de portfólio formados, a partir de critérios ESG, no mercado acionário brasileiro e investigando se critérios ESG podem ser um fator de risco, influenciando o retorno das ações brasileiras e se os fatores de risco já

estabelecidos pela literatura influenciam o comportamento dos portfólios formados. Com base nos achados, a incorporação de critérios de sustentabilidade e de governança na formação de portfólios de investimento, apresentou-se como uma estratégia viável e potencialmente vantajosa para investidores, que busquem balancear retornos anormais e sustentabilidade.

Os portfólios formados com critérios ESG de forma agregada e desagregada (E, S e G), tiveram retornos acumulativo superiores aos índices tradicionais do mercado, como o Ibovespa e os Índices de sustentabilidade e de governança. Ressalta-se, que em grande parte das carteiras formadas superaram tais índices ano a ano.

Em relação ao risco dos portfólios, as carteiras ESG tiveram menores *drawdowns* em comparação aos *benchmarks*, apresentando maior resistência a períodos de crise, como os impactos da pandemia da Covid-19, em 2020. Essa menor queda dos retornos ao longo do tempo, sugere-se que a adoção de critérios ESG pode atuar como mitigador de risco, ofertando ao investidor maior estabilidade à longo prazo. Porém, a matriz de correlação mostrou que as carteiras formadas ESG não podem atuar como ativos de proteção, uma vez que mantêm forte relação com os índices dos *benchmarks*. Isto é, as quedas porventura dos índices de mercado, as carteiras tendem a seguir a mesma direção.

Em relação aos modelos de regressões, a pesquisa mostrou que, tanto o fator ESG agregado, quanto o fator de governança (GOV) foram estatisticamente significativos na explicação dos retornos das ações, do mercado acionário brasileiro. Isto sugere, que tais fatores podem ser precificados por investidores no mercado brasileiro. No entanto, outros dois fatores (ENV e SOC) apresentaram resultados estatisticamente não significativos, os quais não se pode afirmar que tais fatores precificam as ações no mercado de capitais brasileiro.

Nota-se que o coeficiente de determinação (R^2) apresentou valor alto próximo de 87,5% nos modelos que incluíram fatores ESG, evidenciando que a variabilidade dos retornos do Ibovespa pode ser explicada pelas variáveis inseridas no modelo, salientando a robustez dos fatores analisados na precificação de ativos.

Os fatores de mercado (MKT), tamanho (SMB), valor (HML), *momentum* (WML) e liquidez (IML) tiveram significância estatística na maioria dos modelos, o que evidencia a importância dessas variáveis na explicação dos retornos do mercado acionário brasileiro.

O coeficiente alpha (α) apresentou valores positivos e significativos estatisticamente nos modelos propostos, evidenciando que carteiras ESG geraram retornos anormais. Isto pode sugerir que investimentos em empresas de altas pontuações ESG propiciam um retorno adicional, além do que seria justificado pelo risco assumido. O coeficiente da intersecção pode ainda representar a ineficiência do mercado, no qual ainda não é totalmente explorada,

corroborando com a ideia de que investidores podem obter vantagens, ao selecionar ativos com tais critérios.

Algumas limitações do trabalho devem ser citadas. Apesar dos resultados positivos, a análise restringiu-se apenas no mercado acionário brasileiro, portanto, estudos comparativos com outros mercados emergentes podem trazer novos resultados e perspectivas sobre a relevância dos critérios de sustentabilidade e de governança na precificação de ativos. Outra limitação da pesquisa, deve-se ao fato da seleção de ativos apenas pela classificação da *Refinitiv*, que possui sua própria metodologia, no qual agências de *rating* ESG podem adotar outros critérios para classificar empresas, o que pode influenciar a composição das carteiras. Outro fator limitante trata-se da realocação de ativos ocorrendo a cada um ano, podendo ser feita trimestralmente.

Outros trabalhos podem apropriar da sequência metodológica para montar portfólios de investimento, com características sustentáveis, em outros mercados emergentes e compará-los. A utilização de outras bases de dados como classificadores de critérios ESG pode ser abordada. Vê-se como possibilidade a aplicação de novas ferramentas atuais, como *machine learning*, com o intuito de formar novos portfólios. Ademais, analisar previsões e tendências também podem ser abordadas em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- AABO, T.; GIORICI, I. C. Do female CEOs matter for ESG scores?. **Global Finance Journal**, v. 56, p. 2-9, 2023.
- AHLUWALIA, S.; MAHTO, R. V.; GUERRERO, M. Blockchain technology and startup financing: A transaction cost economics perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 151, p.2-6, 2020.
- ALVES, Delmário Prates. **A Estatística como auxílio na seleção de carteiras de investimento – uma aplicação por meio do modelo de Markowitz**. 2020. 83 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Instituto de Ciências Exatas, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- AMARAL, G. H. de O.; IQUIAPAZA, R. Rentabilidade e desempenho de ações de empresas socialmente responsáveis. **Revista da Faculdade de Administração e Economia**, v. 4, n. 2, p. 61-81. 2013.
- AMIHUD, Y. Illiquidity and stock returns: cross-section and time-series effects. **Journal of Financial Markets**, v. 5, n. 1, p. 31–56, 2002.
- AMON, J.; RAMMERSTORFER, M.; WEINMAYER, K. Passive ESG Portfolio Management—The Benchmark Strategy for Socially Responsible Investors. **Sustainability**, v. 13, n. 16, p. 1-22, 2021.
- ASSAF NETO, A. **Mercado Financeiro** . 12. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2014.
- AZEVEDO, V. G. de; SANTOS, A. A. P.; CAMPOS, L. M. de S. Corporate sustainability and asset pricing models: empirical evidence for the Brazilian stock market. **Production**, v. 26, n. 3, p. 516–526, 2016.
- BAI, X.; HAN, J.; MA, Y.; ZHANG, W. ESG performance, institutional investors' preference and financing constraints: Empirical evidence from China. **Borsa Istanbul Review**, v. 22, supl. 2, p. S157–S168, 2022.
- BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Principles of Corporate Finance**. 13. ed. New York, EUA: McGraw-Hill Education, 2020.
- BROADSTOCK, D; CHAN, K.; CHENG, L. T. W.; WANG, X. The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China. **Finance Research Letters**, v. 38, p.2-11, 2021.
- CAETANO, M. A. L. **Python para o Mercado Financeiro** – Programação para estudantes, investidores e analistas. 1. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2021.
- CARHART, M. M. On persistence in mutual fund performance. **Journal of Finance**, v. 52, n. 1, p. 57–82, 1997.
- CARLOS, M. da G. de O. O Corporate Social Performance Do Setor Bancário Brasileiro: Relação Entre Os Fatores Socioambientais E De Governança E O Valor Adicionado.

Brazilian Journal of Quantitative Methods Applied to Accounting7, v. 7, n. 2, p. 1–24, 2020.

DINIZ, M. A. **Precificação de fatores ESG no mercado de ações brasileiro: uma abordagem sob o escopo dos modelos de Fama-French**. 2023. 75p. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2023.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. A five-factor asset pricing model. **Journal of Financial Economics**, v. 116, n. 1, p. 1–22, 2015.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. **Journal of Financial Economics**, v. 33, n. 1, p. 3–56, 1993.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. Multifactor explanations of asset pricing anomalies. **Journal of Finance**, v. 51, n. 1, p. 55–84, 1996.

FAMA, E. F.; FRENCH, K. R. The Cross-Section of Expected Stock Returns. **The Journal of Finance**, v. 47, n. 2, p. 427–465, 1992.

FERNANDES, J. L. B.; LINHARES, H. da C. Análise do desempenho financeiro de investimentos ESG nos países emergentes e desenvolvidos. **SSRN Electronic Journal**, p. 1–34, 2017.

Python para Investimentos. 2021. 1 vídeo (12 minutos 08 segundos). Publicado pelo canal Luiz Eduardo Gaio. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FTKEFU7AUmA&list=PLkLJ2rVD2nes6E0CYxVNNYr1emKxqQfOb>. Acesso em: 5 ago. 2024.

GALBREATH, J. ESG in Focus: The Australian Evidence. **Journal of Business Ethics**, v. 118, n. 3, p. 529–541, 2013.

GAMA, G. R. da. **Seleção de Portfólio e Investimentos Socialmente Responsáveis: Uma Aplicação ao Caso Brasileiro**. 2020. Instituto de Ensino e Pesquisa, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://repositorio-api.insper.edu.br/server/api/core/bitstreams/614cfd9d-ad71-4a74-8865-e8bc235c2652/content>. Acesso em: 05 ago. 2024.

GANZ, A. C. S.; SCHLOTEFELDT, J. O.; JUNIOR, M. M. R. Corporate Governance and Capital Asset Pricing Models. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 21, n. 2, p. 1–27, 2020.

GJERGJI, R.; VENA, L.; SCIASCIA, S.; CORTESI, A. The effects of environmental, social and governance disclosure on the cost of capital in small and medium enterprises: The role of family business status. **Business Strategy and the Environment**, v. 30, n. 1, p. 683–693, 2020.

GUBAREVA, M; UMAR, Z.; SOKOLOVA, T.; ANTONYUK, V. For whom does it pay to be a moral capitalist? Sustainability of corporate financial performance of ESG investment. **PLOS ONE**, [s. l.], v. 18, n. 5, p.1–14, 2023.

GUPTA, H.; CHAUDHARY, R. An Analysis of Volatility and Risk-Adjusted Returns of ESG Indices in Developed and Emerging Economies. **Risks**, v. 11, n. 10, p.2-18, 2023.

HAMID, A. K. A.; CAHYADI, I. F. Analisis Kinerja Reksadana Saham Syariah Di Pasar Modal. **MALIA: Journal of Islamic Banking and Finance**, v. 3, n. 2, p.2-14, 2019.

HOUQUE, M. N.; AHMED, K.; RICHARDSON, G. The Effect of Environmental, Social, and Governance Performance Factors on Firms' Cost of Debt: International Evidence. **The International Journal of Accounting**, v. 55, n. 3, p. 1-30, 2020.

JENSEN, M. C.; MECKLING, W. H. Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure. **Journal of Financial Economics**, v. 3, p. 305–360, 1976.

KHAN, M. A. ESG disclosure and Firm performance: A bibliometric and meta analysis. **Research in International Business and Finance**, v. 61, p.2-19, 2022.

LEITE, Carlos Henrique Lopes. **Rentabilidade do Índice de Fundos de Investimento Imobiliários: uma análise da correlação com os mercados de ações e a taxa de juros**. 2021. 43p. Dissertação (Mestrado em Economia) - Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2021.

LI, Ting-Ting *et al.* ESG: Research Progress and Future Prospects. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p.2-28, 2021.

MA, Y.; HAN, R.; WANG, W. Portfolio optimization with return prediction using deep learning and machine learning. **Expert Systems with Applications**, v. 165, p. 1-15, 2021.

MAITI, M. Is ESG the succeeding risk factor? **Journal of Sustainable Finance & Investment**, v. 11, n. 3, p. 199-213, 2020.

MANGRAM, M. E. A Simplified perspective of the markowitz portfolio theory. **Global Journal Of Business Research**, v. 7, p. 3-13, 2013. Disponível em: <http://ssrn.com/abstract=2147880>. Acesso em: 05 ago. 2024.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.

MELLO, R. C. de. **Desempenho de carteiras ESG na B3: influência da incerteza nos períodos de crise e COVID-19**. 2022. 139p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2022.

MIRALLES-QUIRÓS, M. M.; MIRALLES-QUIRÓS, J. L.; REDONDO-HERNÁNDEZ, J. The impact of environmental, social, and governance performance on stock prices: Evidence from the banking industry. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 26, n. 6, p. 1446–1456, 2019.

MOHANASUNDARAM, S.; KASILINGAM, R. The sustainability factor in asset pricing: Empirical evidence from the Indian market. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 94, n. 1, p. 206–213, 2024.

MUKAKA, M. M. Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. **Malawi Medical Journal: The Journal of Medical Association of Malawi**, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.

NÚCLEO DE PESQUISA EM FINANÇAS [NEFIN]. **Risk Factors - NEFIN**. Disponível em: https://nefin.com.br/data/risk_factors.html. Acesso em: 13 fev. 2024.

NI, Y.; SUN, Y. Environmental, social, and governance premium in Chinese stock markets. **Global Finance Journal**, v. 55, p.2-19, 2023.

NILSSON, Andreas; DAVID, Sonanz; ROBINSON, T. **What is the Business of Business?**, v. 2, n. 15, p. 1-37, 2017.

NOFSINGER, J.; VARMA, A. Socially responsible funds and market crises. **Journal of banking & finance**, v. 48, n. C, p. 180-193, 2014.

OECD. **ESG Investing: Practices, Progress and Challenges**. Paris, FR: OECD Paris, 2020.

OLMEDO, Elena *et al.* Rating the Raters: Evaluating how ESG Rating Agencies Integrate Sustainability Principles. **Sustainability**, v. 11, n. 3, p. 915, 2019.

OUCHEN, Abdessamad. Is the ESG portfolio less turbulent than a market benchmark portfolio?. **Risk Management**, v. 24, n. 1, p. 1–33, 2022.

PROL, J. L.; KIM, K. Risk-return performance of optimized ESG equity portfolios in the NYSE. **Finance Research Letters**, v. 50, n. C, p. 2-8, 2022.

ROOH, S.; EL-GOHARY, H.; KHAN, I.; ALAM, S.; SHAH, S. An Attempt to Understand Stock Market Investors' Behaviour: The Case of Environmental, Social, and Governance (ESG) Forces in the Pakistani Stock Market. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 16, n. 12, p.2-21, 2023.

RUBBANIY, G.; AWAIS, A.; RIZWAN, M. F.; ALI, S. Are ESG stocks safe-haven during COVID-19?. **Studies in Economics and Finance**, p. 1-24,2021.

SERVAES, H.; TAMAYO, A. The impact of corporate social responsibility on firm value: the role of customer awareness. **Management Science**, v. 59, n. 5, p. 1045-1061, 2013.

SHARMA, U.; GUPTA, A.; GUPTA, S. K. The pertinence of incorporating ESG ratings to make investment decisions: a quantitative analysis using machine learning. **Journal of Sustainable Finance & Investment**, v. 14, n. 1, p. 184–198, 2024.

SHARPE, W. F. Capital Asset Prices: A Theory of market equilibrium under conditions of risk. **The Journal of Finance**, v. 19, n. 3, p. 425–442, 1964.

SHARPE, W. Mutual fund performance. **Journal of Business**, v. 39, n. 1, p. 119-138, 1966.

SIERVO, J. S. D. **Aplicação de programação linear na seleção de carteiras de investimento**. 2017.p.12-100. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade Federal De São Carlos, Sorocaba, SP, 2017.

SILVEIRA, A. D. M. da., BARROS, L. A. B. C., FAMÁ, R. Estrutura de governança e valor das companhias abertas brasileiras. **Revista de Administração de Empresas**, v. 43, n. 3, p. 50–64. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rae/a/rCyBk8b8vtnXPrkRdLPbTTN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 ago. 2024.

SOOD, K.; ARIJIT, K.; PATHAK, P. PUROHIT, H. C. Did ESG portfolio augment investors' wealth during Covid19? Evidence from Indian stock market. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, v. 14, n. 5, p. 922–944, 2023

TAN, Y.-M.; SZULCZYK, K.; SII, Y. H. Performance of ESG-integrated smart beta strategies in Asia-Pacific stock markets. **Research in International Business and Finance**, v. 66, p. 2-15, 2023.

TEIXEIRA, A. A. **Estudo da relação entre responsabilidade social corporativa e criação de valor a partir de um modelo de quatro fatores**. 2016. 68p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2016. TERRA, P. R. S.; LIMA, J. B. N. De. Governança Corporativa E A Reação Do Mercado De Capitais À Divulgação Das Informações Contábeis. **Revista Contabilidade e Finanças**, v. 17, n. 42, p. 35-49, 2006.

TREYNOR, J. L. How to rate management of investment funds. **Harvard Business Review**, v. 43, p. 63–75, 1965.

USECHE, A. J.; MARTÍNEZ-FERRERO, J.; ALAYÓN-GONZALES, J. L. Socially responsible portfolios, environmental, social, corporate governance (ESG) efficient frontiers, and psychic dividends. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 31, n. 2, p. 1323–1339, 2023.

VADITHALA, U. K.; TADOORI, G. Market Efficiency of ESG and Traditional Indices -Pre and Post COVID Analysis of NSE Indices. **International Journal of Creative Research Thoughts**, v. 9, n. 3, p. 2712–2726, 2021.

VIANA, D. M. da S. Uso do big and safe dividends para a formação de carteiras de ações no brasil: Uma análise sob a ótica do dividend investing. 2022. P.10-53 Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Universidade Federal de João Pessoa, João Pessoa, 2022.

VIEIRA, S. P., MENDES, A. G. S. T. Governança corporativa: Uma análise de sua evolução e impactos no mercado de capitais brasileiro. **Revista Organizações em Contexto-online**, v. 2, n. 3, 48–67, 2006.

XIAO, Y.; FAFF, R.; GHARGHORI, P.; LEE, D. An empirical study of the world price of sustainability. **Journal of Business Ethics**, v. 114, n. 2, p. 297–310, 2013.

ARTIGO 3 – MODELAGEM DA VOLATILIDADE DE CARTEIRAS ESG E DOS ÍNDICES FINANCEIROS DE SUSTENTABILIDADE E DE GOVERNANÇA DA B3: APLICAÇÃO DAS EXTENSÕES DO MODELO ARCH E GARCH

RESUMO

Esse artigo tem por objetivo analisar a volatilidade condicional de carteiras de investimento que seguem critérios ESG (ambientais, sociais e de governança) e dos principais índices financeiros de sustentabilidade e governança da B3, utilizando extensões dos modelos da família ARCH e GARCH (EGARCH, TGARCH e APARCH). Na metodologia foi utilizado o *software R Studio* para análise de series temporais dos retornos diários das carteiras ESG e dos índices de *benchmarks* da B3 em um espaço temporal de 13 anos (2011 a 2023). Os portfólios foram criados a partir do ranqueamento das pontuações por critérios ESG agregada, ambiental, social e de governança e estruturada pela média-variância de Markowitz (1952). Foram aplicados testes estatísticos para examinar normalidade, estacionariedade e presença de heteroscedasticidade condicional dos retornos, sendo ajustados os modelos EGARCH, TGARCH e APARCH com o objetivo de capturar padrões na volatilidade condicional dessas séries de retornos. Os resultados evidenciaram alta persistência de volatilidade no longo prazo nos portfólios com critérios ESG. Os portfólios formados no geral são mais voláteis em comparação aos índices de *benchmarks*, porém há o indicativo de também oferecerem maior retorno financeiro. Identificou efeito de alavancagem, onde choques negativos impactam em maior magnitude a volatilidade em relação a choques positivos. Eventos macroeconômicos e crises financeiras podem estar ligado a fatores que expande a volatilidade das carteiras analisadas, como por exemplo a crise da Covid-19, resultando na amplificação da volatilidade, indiciando a sensibilidade desses portfólios a incertezas globais. Fatores políticos podem estar ligados na amplificação da volatilidade também, como eleições nacionais e escândalos de corrupções. Por fim, o estudo contribui para a literatura em condicionar uma compreensão mais aprofundada da volatilidade de carteiras ESG no Brasil.

Palavras-chave: ESG; volatilidade condicional; modelos GARCH; mercado financeiro.

ABSTRACT

This article aims to analyze the conditional volatility of investment portfolios that follow ESG (environmental, social, and governance) criteria and the main financial sustainability and governance indices of B3, using extensions of the ARCH and GARCH family models (EGARCH, TGARCH, and APARCH). The methodology employed the R Studio software for time series analysis of the daily returns of ESG portfolios and B3 benchmark indices over a 13-year period (2011 to 2023). The portfolios were created based on the ranking of ESG scores—aggregated, environmental, social, and governance—and structured according to Markowitz's mean-variance model (1952). Statistical tests were applied to examine normality, stationarity, and the presence of conditional heteroscedasticity in returns, with the models EGARCH, TGARCH, and APARCH being adjusted to capture patterns in the conditional volatility of these return series. The results revealed a high persistence of long-term volatility in ESG portfolios. Overall, these portfolios are more volatile compared to benchmark indices; however, there is also an indication that they offer higher financial returns. The study identified the presence of the leverage effect, where negative shocks impact volatility more significantly than positive shocks. Macroeconomic events and financial crises appear to be factors that amplify the volatility of the analyzed portfolios, such as the COVID-19 crisis, which led to increased volatility, indicating the sensitivity of these portfolios to global uncertainties. Political factors may also contribute to increased volatility, including national elections and corruption scandals. Finally, the study contributes to the literature by providing a deeper understanding of the volatility of ESG portfolios in Brazil.

Keywords: ESG; conditional volatility; GARCH models; financial market.

1 INTRODUÇÃO

A adesão de empresas a princípios ambientais, sociais e de governança corporativa (ESG) tem sido cada vez mais relevante, no atual contexto social e de investimentos (Ouchen, 2022). Os investimentos aderentes a critérios sustentáveis ganham força devido a uma maior consciência dos desafios globais de sustentabilidade e a demanda crescente de investimentos orientados para um propósito. A implementação de uma política de ESG é capaz de mitigar vários riscos, por parte das empresas. Destacam-se: as decorrentes mudanças regulatórias, multas e/ou sanções pela forma que se faz uso dos recursos naturais ou aquelas em consequência de desastres naturais (Bergamini Júnior, 2021). Questões ESG vão além da mitigação de risco, sendo essenciais também para a inovação, produtividade e crescimento de mercado (Fernandes; Linhares, 2018).

O risco como parte das operações e dos produtos do mercado acionário é uma temática bastante debatida no campo das finanças, principalmente depois do trabalho seminal de Markowitz (1952), cujo risco foi mensurado em termos da variância dos retornos (Araújo, 2017). Os acadêmicos têm se atraído cada vez mais, quando trata-se da mensuração da volatilidade no mercado financeiro, tendo impacto importante na gestão de risco (Wu; Qin, 2024). Para a estimação do custo de capital, análise das decisões de investimentos e para a construção de carteiras ideais é necessário entender as repercussões da volatilidade (Wu; Qin, 2024). Logo, a modelagem dessa variância torna-se parte do processo para o alcance de bons resultados em diversos investimentos (Araújo, 2017).

Diversos estudos investigam o risco de volatilidade associado às carteiras, baseadas em ESG. Por exemplo, Eisenkopf, Juranek e Walz (2023) mostram que ativos ESG proporcionam um seguro limitado e agem como um dispositivo temporário de redução dos riscos em crises graves. Verheyden, Eccles e Feiner (2016), por sua vez, apontam que a volatilidade é menor quando a filtragem ESG é feita. Hoepner, Rezec e Siegl (2011) ressaltam que empresas com elevada classificação ESG têm menores perdas, volatilidade e outros riscos associados.

Na literatura acadêmica, encontram-se diversas metodologias para se modelar a volatilidade dos retornos, desde os métodos determinísticos, que utilizam históricas para o cálculo do valor futuro da volatilidade, até as metodologias estocásticas ou redes neurais, que exigem maior robustez computacional, por serem mais complexos (Araújo, 2017).

A partir da volatilidade ter se tornado uma questão relevante aos investidores pela crescente complexidade do mercado financeiro, surgem vários métodos para modelagem da volatilidade de ativos, vários deles partindo do modelo da família ARCH, como GARCH,

EGARCH, TGARCH e APARCH. Os modelos citados são frutos dos trabalhos seminais dos pesquisadores Engle (1982), Bollerslev (1986), Nelson (1991), Ding, Granger, Engle (1993) e Zakoian (1994). Esses modelos determinísticos, a partir da modelagem de um processo de heteroscedasticidade condicional, fundamentado em volatilidade condicional do passado e em parâmetros a serem ajustados, objetiva explicar o comportamento heteroscedástico da volatilidade, nas séries financeiras e captar padrões mais relevantes.

Para tanto, o trabalho tem como objetivo modelar a volatilidade condicional de carteiras ESG, dos índices de sustentabilidade, governança da B3 e do Ibovespa, por meio de modelos da família ARCH e extensões. Tal análise, torna-se importante por parte dos agentes econômicos e financeiros, com o objetivo de orientação nos investimentos. A motivação da pesquisa se dá no fornecimento da compreensão razoável da volatilidade das carteiras com critérios ambientais, sociais e de governança corporativa, uma vez que os investidores passaram a valorizar cada vez mais os ativos com tais critérios, particularmente pelo menor risco descendente e maior resiliência em condições onde o mercado acionário apresenta picos de volatilidade altas (Albuquerque *et al.*, 2020; Broadstock *et al.*, 2021).

Outra justificativa importante para o desenvolvimento da pesquisa refere-se a lacuna que existe na literatura quanto a volatilidade de ativos, com critérios ESG, em mercados emergentes, como no Brasil, sobretudo, considerando condições econômicas, políticas e sociais distintas de países desenvolvidos. A análise detalhada de como se comporta essas carteiras ESG, em cenários de maiores instabilidades, pode contribuir para adaptação de estratégias de investimento mais robustas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Retorno, Risco e Volatilidade

A moderna teoria de finanças introduzida por Markowitz (1952) discute elementos principais: risco e retorno. A partir dessa ideia central, grande parte dos estudos trazem esses elementos para o debate e torna-os foco central de diversas análises. A Teoria Moderna de carteiras elenca a diversificação como uma estratégia de minimização do risco não sistemático de um portfólio, a partir da adição de ativos com baixa correlação entre si, até ao ponto em que tal redução do risco total do portfólio não seja mais possível (Markowitz, 1952).

Para a definição do retorno, pode ser calculada pela variação percentual entre o preço de duas datas (RiskMetrics, 1996), podendo ser expresso da seguinte maneira:

$$R_t = \frac{p_t - p_{t-1}}{p_{t-1}}. \quad (4.1)$$

Onde r_t é o retorno no período t ; p_t é o preço no tempo t e p_{t-1} é o preço no tempo $t - 1$.

Segundo o RiskMetrics (1996) pode-se calcular também a variação de preços pelo logaritmo natural do retorno, ficando da seguinte forma:

$$r_t = \ln(p_t) - \ln(p_{t-1}) \quad (4.2)$$

Onde $\ln(p_t)$ é o logaritmo natural de p_t .

De acordo com Tsay (2010) a utilização de se utilizar a série de log-retornos, ao invés de uma série de preços deve-se ao fato de as séries de log-retornos apresentarem propriedade estatísticas mais interessantes, tal como a estacionariedade, redução da assimetria e curtose das séries de dados. Alguns aspectos comuns às séries de retornos de ações são debatidos por diversos autores, conhecido por fatos estilizados, ou seja, características de ativos financeiros que são consistentes em vários mercados financeiros e em diferentes tempos e que, portanto, tornam-se generalizadas. Todavia, essas generalizações são importantes, pois norteiam o processo de modelagem estatística dos retornos.

Leles *et al.* (2020) citam alguns dos fatos estilizados observados empiricamente em seu trabalho. Cont (2001), por sua vez, elenca alguns dos principais fatos estilizados, observados na literatura, que serão importantes para o desenvolvimento da pesquisa:

- a) Ausência de Autocorrelação: O retorno no tempo t tende a ser independente linearmente do retorno no tempo $t-1$, ou seja, a função de autocorrelação dos retornos é próximo de zero, com exceção em tempos curtos;
- b) Agrupamento de Volatilidade: a autocorrelação do valor absoluto dos retornos conserva-se positivamente ao longo do tempo, ou seja, eventos de alta volatilidade tendem a agrupar no tempo;
- c) Caudas pesadas: a distribuição dos retornos de uma carteira ou de um ativo apresentam valores altos para curtose, tendo aspecto leptocúrticos;
- d) Assimetria na distribuição: Observa-se retornos negativos altos são mais frequentes do que retornos positivos;
- e) Efeito alavancagem: Após a incidência de retornos negativos, a volatilidade tende a ser maior em comparação a incidência de retornos positivos.

Denota-se, que o conceito risco é amplamente estudado no campo das finanças e apresenta inúmeras definições que podem englobar diversos aspectos. De acordo com Duarte

Junior (1996), a gestão de risco envolve três elementos principais: retorno, incerteza e risco. Para Duarte Junior (1996), as incertezas podem estar associadas ao retorno que será obtido, e que a partir do momento que se pode mensurar e quantificar a incerteza, considera-se como risco. Ross *et al.* (2015) dizem que o risco é o nível de incerteza de um acontecimento, que também pode gerar perdas financeiras.

O risco e a incerteza são elementos fundamentais para auxiliarem nas decisões de investimentos e que por consequência, impactará a magnitude dos prêmios de risco (Chen; Chiang, 2020). Considerando que os investidores são racionais e sempre buscam a melhor alocação para seus investimentos, minimizando o risco através da diversificação dos ativos e requerendo um retorno pelo risco de mercado, faz-se necessário a quantificação, de modo a buscar o prêmio pelo risco adicional.

O risco financeiro possui algumas divisões. De acordo com Assaf Neto (2014) os principais riscos no mercado financeiro são os seguintes: risco de variação de taxa de juros, risco de crédito, risco de mercado, risco operacional, risco de câmbio, risco soberano, risco de liquidez, risco legal e outros riscos. Duarte Júnior (1996) diz que o risco é um elemento conceituado de forma multidimensional. Portanto, nota-se que o risco pode ter um sentido amplo no campo das finanças modernas.

Para Markowitz (1952), o risco pode ser mensurado através da volatilidade dos retornos, ao longo do tempo. Partindo dessa premissa, há diversas formas de cálculo para estimação da volatilidade do preço de um título. A forma mais básica para estimar a volatilidade de uma série de retorno é por meio do cálculo do desvio-padrão dos dados históricos (Assaf Neto, 2014). Já a variância se apresenta como o desvio-padrão elevado ao quadrado (Assaf Neto, 2014). Porém, de acordo com Araújo (2017), um dos principais problemas dessa técnica refere-se a atribuição de pesos iguais para todas as observações, tornando pouco eficiente para capturar informações recentes. Outro ponto importante, é que se considera a variância dos retornos constantes ao longo do tempo, sendo muitas vezes não capturado em séries financeiras.

Uma das primeiras formas para modelar a volatilidade foi através do modelo de Black-Scholes (Black; Scholes, 1973), utilizando para a precificação de opções do continente europeu. Esse modelo considera a volatilidade como um elemento constante no tempo. Porém, as crises econômicas e financeiras mostram que a volatilidade constante é incompatível com a realidade (Reis *et al.*, 2011). No entanto, os modelos mais utilizados para modelar a volatilidade são os modelos da família GARCH e os modelos de volatilidade estocástica (Thomaz, 2019).

2.2 Volatilidade de Carteiras aderindo a critérios ESG

Uma linha de pesquisa empírica investiga em mercados acionários tradicionais a volatilidade assimétrica (Sabbaghi, 2023). Recentemente, Horpestad *et al.* (2019) analisaram 19 índices de vários mercados acionários globais, no que diz a respeito à volatilidade e verificou que há o efeito da volatilidade assimétrica. Considerando mercados emergentes, Umar *et al.* (2021) trouxeram evidências de assimetria de volatilidade no mercado acionário do Paquistão. Jayasuriya, Shambora e Rossiter (2009) apontaram que em diversos mercados desenvolvidos e emergentes apresentam grandes magnitudes de volatilidade assimétrica.

Considerando que a maior parte literatura empírica concentra-se nos mercados de ações tradicionais na investigação da volatilidade assimétrica, há pouca investigação sobre como essa volatilidade afeta empresas, com elevada classificação ESG, em mercados emergentes e mercados desenvolvidos (Sabbaghi, 2023). Ainda de acordo com Sabbaghi (2023), a modelagem da volatilidade assimétrica, em mercados ESG, traz benefícios aos investidores por diversos motivos. Dentre eles, destacam-se a modelagem da volatilidade, que auxilia os investidores a quantificarem o impacto das más e boas notícias na volatilidade, considerando as carteiras, com critérios ESG, e modelos assimétricos ajudam a investigar se há menos estabilidade nos preços das ações com a maior classificação ESG.

Pesquisas empíricas recentes investigam o risco de volatilidade para empresas com classificação ESG. Os autores Giese *et al.* (2019a) mostraram que carteiras baseadas em ESG, reduzem o risco e que empresas com critérios ESG alta, apresentam níveis mais baixos de risco sistemático e risco idiossincrático, a partir dos dados do índice *MSCI ESG*. Outro estudo de Giese *et al.* (2019b) mostrou que a integração ESG levou a uma redução em risco e um pequeno impacto positivo no desempenho. Por outro lado, Rehman *et al.* (2016) investigaram os perfis de risco e retorno de índices de ações que adotam critérios ambientais, sociais e de governança e índices convencionais e revelaram que em mercado dos índices ESG é mais volátil em comparação ao mercado dos índices convencionais.

Sabbaghi (2022) mostrou que a decorrência de más notícias impacta a volatilidade de empresas, com alta classificação ESG, nos Estados Unidos, particularmente as empresas de grande e média capitalização. Recentemente, Jin (2022) mostrou através da análise EGARCH, que a componente surpresa do fator ESG, apresenta um nível mais baixo de longo prazo, maior persistência e menor assimetria, em comparação com a surpresa do fator de mercado.

Além disso, os autores Cerqueti *et al.* (2021) mostraram que perdas de valor de mercado em fundos com classificações ESG elevada é inferior em comparação as perdas sofridas com

as classificações ESG baixam no período com menor volatilidade, ou seja, dependente da volatilidade condicional. O trabalho de Mello (2022) analisou portfólios composto exclusivamente por ações com critérios ESG, mostrando que podem ser alternativas de investimentos em termos de desempenho, em momentos de crise no Brasil, sobretudo no período pandêmico provocado pelo Covid-19. O autor apresentou em seus resultados uma relação positiva, a partir de carteiras composta por empresas listadas no ICO2, em momentos de crise.

2.3 Modelos de Volatilidade Condicional

Os modelos autorregressivos com heterocedasticidade condicional para modelagem da volatilidade surgiu nas décadas de 1980. Esses modelos surgem a partir das limitações dos modelos lineares autorregressivos (modelo autorregressivo (AR), e de médias móveis (ARMA) e o integrado de média móvel (ARIMA) em estimarem a volatilidade, considerando que a maioria dos casos em séries de retorno, a variância não é constante ao longo do tempo, ou seja, apresentando um comportamento heterocedástico (Araújo, 2017).

As séries de retorno de ativos financeiros apresentam como característica a não correlação serial, mas leva em conta a dependência em sua estrutura, ou seja, a volatilidade é correlacionada com os retornos passados, mas os retornos passados não influenciam o retorno presente (Tsay, 2010). Portanto, Engle (1982) propôs o modelo ARCH, em que a variância condicional pode ser modelada através de uma função quadrática. Para o modelo ARCH de ordem q tem se a seguinte equação:

$$\varepsilon_t = \sigma_t \mu_t. \quad (4.3)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2. \quad (4.4)$$

Onde, μ_t é a sequência de variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas com média 0 e variância 1, $\omega > 0$ e $\alpha_i \geq 0$ para $i > 0$ e $t = 1, \dots, m$ (Araújo, 2017). A fim de se obter uma variância condicional positiva, a restrição dos coeficientes do modelo deve ser satisfeita (Araújo, 2017). Ressalta-se, que a distribuição ε_t segue normalmente uma distribuição normal padronizada, *t-Student* ou a dos erros generalizados – GED (Tsay, 2010).

O estimador de máxima verossimilhança condicional são ferramentas para se estimar os parâmetros dos modelos da família ARCH, assim como as extensões (Engle, 1982; Tsay, 2010).

2.3.1 GARCH

O modelo GARCH (*Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedastic*), proposto por Bollerslev (1986), trata-se de uma extensão generalizada do modelo ARCH, elaborada por Engle (1982). É uma ferramenta estatística, que tem por objetivo mensurar a volatilidade dos retornos de ativos financeiros de uma certa série temporal. O modelo GARCH (p,q) é expresso algebricamente da seguinte forma:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2. \quad (4.5)$$

Sendo que σ_t^2 é a variância no instante t, ω é a variância ponderada de longo prazo, α é o coeficiente de resposta, ε_{t-i}^2 é o erro heterocedástico defasado de um período, β é o coeficiente de persistência da volatilidade e σ_{t-j}^2 é a volatilidade defasada de um período.

2.3.2 EGARCH

Os modelos ARCH e GARH capturam o impacto dos choques de volatilidade simétrica, mas as séries financeiras nem sempre apresentam o comportamento simétrico. Assim sendo, Nelson (1991) propõe o modelo EGARCH (*Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity*), demonstrando que choques positivos e choques negativos causam efeitos de forma diferente na volatilidade. O modelo EGARCH (p,q) é descrito algebricamente da seguinte maneira:

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \frac{|\varepsilon_{t-i}| + \gamma \varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-j}} + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2). \quad (4.6)$$

Em que $\ln(\sigma_t^2)$ é o logaritmo neperiano da variância condicional, ω é a constante, β o coeficiente de persistência da volatilidade, $\alpha \left| \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}} \right|$ o parâmetro de reação da volatilidade

e $\gamma \frac{\varepsilon_{t-1}}{\sigma_{t-1}}$ o termo que capta o efeito assimétrico da volatilidade. Considera que não há assimetria na volatilidade quando $\gamma = 0$, mas em casos em que $\gamma \neq 0$, choques negativos e positivos impactam a volatilidade de forma dissemelhante.

2.3.3 TGARCH

Considerando a continuidade do aprimoramento dos modelos, Zakoian (1994) propõe o modelo TGARCH, sendo capaz de capturar o impacto de forma diferente dos efeitos dos choques positivos e negativos sobre a volatilidade no mercado acionário, considerando também a captação do efeito alavancagem. O modelo TGARCH pode ser expresso da seguinte forma:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2 + \sum_{k=1}^r I_{t-k} \gamma_k \varepsilon_{t-k}^2. \quad (4.7)$$

Em que I_{t-k} é uma variável *dummy*, que tem o valor de 1, caso $\varepsilon_t > 0$ (choque positivo) e anula-se para $\varepsilon_t \leq 0$.

2.3.4 APARCH

Os autores Ding, Granger e Engle (1993) demonstram o modelo *Asymetric Power Autorregressive Conditional Heteroskedasticity* (APARCH). O modelo surge a partir da consideração de que a variância condicional nem sempre deve seguir uma função quadrática ou linear (Araújo, 2017). O modelo introduz uma forma geral, em que a potência da equação da variância condicional é estimada, assim como os parâmetros alpha e beta, sendo representada da seguinte maneira:

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| - \gamma_i \varepsilon_{t-i})^\delta + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^\delta. \quad (4.8)$$

Em que ω , α_i , γ_i , δ e β_j são parâmetros a serem estimados e ω é a constante do modelo, que mostra o nível médio de variância condicional. γ_i capta a resposta assimétrica da variância condicional considerando choques positivos e negativos, conhecido como efeito alavanca. E

por último, δ permite mensurar outras potências para a expressão da variância condicional, por meio da transformação Box-Cox do σ_t .

O modelo APARCH é considerado um dos mais versáteis modelos da família ARCH, uma vez que, é capaz de abranger sete modelos da família ARCH, como seguem:

- a) Quando $\delta = 2$, $\gamma_i = 0$ e $\beta_j = 0$, tem-se um modelo ARCH clássico;
- b) Quando $\delta = 2$, $\gamma_i = 0$, tem-se um modelo GARCH clássico;
- c) Quando $\gamma_i = 0$ e $\beta_j = 0$, tem-se um modelo ARCH não-linear (NARCH);
- d) Quando $\delta = 1$, $\gamma_i = 0$, tem-se um modelo TS-GARCH;
- e) Quando $\delta = 1$ e $\beta_j = 0$, tem-se um modelo TARCH;
- f) Quando $\delta \rightarrow 0$, tem-se um modelo Log-ARCH;
- g) Quando $\delta = 2$, tem-se um modelo GJR-GARCH.

Logo, nota-se que o modelo APARCH abrange diversas extensões da família ARCH. No entanto, o objetivo do estudo não é comparar os modelos, mas sim o impacto das variáveis exógenas, será utilizado tal modelo para a pesquisa.

3 METODOLOGIA

3.1 Amostra e Coleta dos dados

Os dados para a pesquisa foram os retornos diários oferecidos pelos portfólios que foram formados, índices financeiros de sustentabilidade e governança (ISE B3, ICO2 B3, IGC B3) e pelo índice Bovespa (IBOV B3). As carteiras analisadas foram aquelas formadas pelos maiores e menores critérios ESG, E, S, G, que tiveram sua alocação estruturada pela média-variância.

Os portfólios foram montados, a partir de classificação de pontuação de 0 a 100 das empresas brasileiras, ranqueadas na plataforma *Thomson Reuters Refinitiv ESG*, que atendem a critérios ESG. Essas carteiras foram analisadas em um período de 13 anos (de 2011 a 2023). Em todo ano é estabelecido o ranqueamento dos critérios ESG pela plataforma *Thomson Reuters Refinitiv ESG* e selecionado 12 ativos, que aderem as maiores e menores pontuações ESG. As carteiras de investimento são montadas também pelos critérios ESG individuais (E, S e G). Os pesos dos ativos dessas carteiras são estabelecidos pela Média-Variância de Markowitz (1952) utilizando como técnica as simulações de Monte Carlo.

3.2 Análise dos dados

Nesse artigo, os dados financeiros foram computadorizados no *Software R Studio*, a partir dos modelos EGARCH, TGARCH e APARCH, com o objetivo de captar padrões de volatilidade dos portfólios elaborados. São modelos apropriados para analisá-las, porque deduz que a variância condicional se altera no tempo. Para tanto, a metodologia deste estudo segue o trabalho de Thomaz (2019), com as seguintes etapas:

Cálculos dos retornos das carteiras: modelou a volatilidade, a partir do retorno diário do logaritmo neperiano da variável (X) para o processo prático dos modelos definidos acima. Em vista disso, o retorno (r_t) pode ser expresso pela Equação 3.1:

$$r_t = \ln(x_t) - \ln(x_{t-1}) \quad (4.9)$$

Destaca-se que a literatura sugere trabalhar com séries de retornos, pois tende a serem estacionárias (Morettin; Toloi, 2006). Foi aplicado o teste de Jarque-Bera para testar a normalidade, e, portanto, com os resultados do *p-value*, ou seja, a probabilidade de não rejeitar a hipótese nula de que a série é estabelecida por um padrão normal. Neste contexto, o nível de confiança será de 95%.

Verificação da estacionariedade e autocorrelação: Para verificar a estacionariedade e se possuem autocorrelação das carteiras ao longo do tempo, foram elaborados gráficos da função de autocorrelação (FAC) e a função de autocorrelação parcial (FACP).

O teste de estacionariedade foi realizado através dos testes de raiz unitária de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) (Dickey; Fuller, 1979) e Philips-Perron (PP) (1988), com o acompanhamento de seu *p-value*. Nos testes ADF e PP a hipótese nula é de não estacionariedade das séries. O intervalo de confiança adotado na análise é de 95%.

Determinação das ordens do modelo ARMA: Caso haja a presença de autocorrelação, a segunda etapa do processo é identificar o padrão do modelo ARMA (p,q), com o objetivo de entender as dependências temporais presentes na série. Portanto, um modelo ARMA (p,q) é equacionado da seguinte maneira:

$$y_t = c + \sum_{i=1}^p \varphi_i y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j}. \quad (4.10)$$

φ_i , y_{t-1} e θ_j são os parâmetros associados às medias móveis dos erros no passado (ε_{t-1}).

Nas investigações das funções de autocorrelação (FAC) e da autocorrelação parcial (FACP) é possível a determinação do modelo ARMA, testando as combinações possíveis apresentadas nos gráficos. Logo, foi escolhido o melhor modelo que apresente os menores critérios de informação de *Akaike (AIC)*, *Schwarz (BIC)* e *Hannan-Quinn (HQIC)*. Salienta-se, que a estimação do modelo ARMA é estabelecida por meio do método de máxima verossimilhança exata, partindo da premissa de que os erros seguem distribuição normal e é maximizada. A partir do modelo estabelecido, aplicou-se o teste de *Ljung-Box* e checkou-se a FAC e FACP dos resíduos para verificar se não há mais correlação (verificar se a série é ruído branco), caso permaneça, as ordens p e q seriam aumentadas.

Investigar a presença da Heteroscedasticidade condicional: Antes de estimar os modelos EGARCH, TGARCH e APARCH é necessário avaliar se há presença da heteroscedasticidade condicional autorregressiva, nos resíduos dos modelos propostos. Primeiro, foram verificadas a FAC e FACP dos resíduos do modelo ARMA ao quadrado. Logo, o teste de multiplicador de lagrange (ML) de Engle foi utilizado para a verificação da presença de heteroscedasticidade condicional.

Determinar as ordens do modelo ARCH e extensões: A definição das ordens do modelo ARCH e extensões (EGARCH, TGARCH e APARCH) são estabelecidas de forma interativa, escolhendo as ordens m e n que apresentem os critérios de informação AIC, BIC e HQIC os menores possíveis e adequando-se as distribuições (normal, *t-student* simétrica e *t-student* não simétrica). De acordo com Bueno (2008), normalmente os modelos da família ARCH apresentam ordens baixas, como (1,1), (1,2), (2,1) ou (2,2), portanto essa pesquisa iniciará com modelos de ordens baixas. É utilizado o método de máxima verossimilhança condicional para encontrar os parâmetros na estimação do modelo.

Diagnóstico dos resíduos do modelo ARCH: Como não é possível computar os resíduos de um modelo ARCH a partir dos dados observados. Para resolver esse problema, utilizou-se os chamados resíduos padronizados, expresso da seguinte maneira:

$$\tilde{r}_t = \frac{r_t}{\sqrt{h_t}}. \quad (4.11)$$

Verificou-se se os resíduos padronizados não apresentam autocorrelação e se não possuem heteroscedasticidade condicional, a partir dos testes descritos anteriormente. Se apresentar a presença de heteroscedasticidade condicional, ordens de defasagem m e n deverá

ser aumentada. Utilizou do gráfico quantil-quantil (Q-Q) para investigar se os resíduos seguem distribuição de probabilidade específica.

Vale ressaltar que, caso não haja estacionariedade da série de retorno, tira-se a primeira diferença dos retornos e executa o modelo ARIMA. Porém, a não estacionariedade da série é um caso incomum, sendo que os retornos financeiros são quase sempre estacionários. Logo, a aplicação do modelo ARIMA não está inserida no fluxograma da metodologia da pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 5 fornece as estatísticas descritivas dos retornos das carteiras e índice financeiro ESG a serem investigadas. Nota-se que o retorno médio varia entre 0,0272% e 0,1627% e as séries que apresentaram maior retorno foram as carteiras ENV_menor e ESG_menor e as que apresentaram menor retorno foram os índices financeiros ISEE e o IBOVESPA. Por outro lado, as carteiras que apresentaram maior desvio-padrão, ou seja, maior volatilidade foram as séries GOV_menor e ENV_menor e as que apresentaram menor volatilidade foram os índices financeiros ISEE e IGC.

Levando em conta que a relação retorno e risco, sendo o risco medido pelo desvio-padrão, já é bem estabelecida em ativos do mercado financeiro e que retornos médios esperados maiores estão diretamente associados a maiores riscos (Freitas; Safadi, 2015). Contudo, olhando o desvio-padrão e retorno médio, essa relação está associada diretamente para a carteira ENV_menor, onde correndo mais risco tem-se um retorno médio esperado maior e por outro lado, o índice ISEE apresenta risco mais baixo, porém tem a expectativa de retorno menor também.

Na Tabela 5 apresenta-se a estatística de curtose e assimetria, sendo parâmetros utilizados para caracterizar uma determinada distribuição normal, considerando a curtose com o valor de três e a assimetria com valor de zero. Nota-se que todas as séries apresentam medida de curtose acima de 3, mostrando que as séries possuem excesso de curtose e distribuição leptocúrticas, portanto, as séries dos retornos apresentam distribuição com caudas pesadas, sendo mais alta e mais concentrada em comparação a distribuição normal. Verifica-se a assimetria e deduz que as séries de retornos apresentam assimetria a esquerda (negativamente) com exceção da carteira SOC_menor, que apresenta assimetria positiva.

Tabela 5 – Estatística descritiva dos retornos diários das carteiras e índices financeiros.

Carteiras e Índices Financeiros	Média	Desvio Padrão	Curtose	Assimetria	Jarque-Bera
ESG_maior	0.0013	0.0162	7.6107	-0.1399	8164.8300
ESG_menor	0.0016	0.0172	6.7801	-0.1924	6491.6035
ENV_maior	0.0013	0.0158	6.4873	-0.1406	5934.9897
ENV_menor	0.0016	0.0183	9.5676	-0.3375	12951.3774
SOC_maior	0.0013	0.0161	7.3542	-0.3086	7666.9363
SOC_menor	0.0015	0.0166	3.6473	0.0437	1872.7850
GOV_maior	0.0013	0.0183	8.7290	-0.1452	10738.4050
GOV_menor	0.0016	0.0181	3.8165	-0.0944	2054.4311
ICO2	0.0004	0.0161	10.6428	-0.2872	15993.3721
IGC	0.0004	0.0148	13.3773	-0.6817	25458.3042
ISEE	0.0003	0.0148	10.9461	-0.5952	17069.0720
IBOVESPA	0.0003	0.0162	8.8937	-0.3484	11218.6755

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Abaixo, são realizados dois testes para avaliação da estacionariedade da série: Dickey e Fuller (1979) e Philips e Perron (1988). As carteiras e os índices financeiros não apresentam raiz unitária, considerando que todos os testes há rejeição da hipótese alternativa, ou seja, não estacionariedade das séries para valores de 1% de significância. Logo, o retorno das carteiras e dos índices financeiros são estacionárias. A Tabela 7 apresenta os valores dos testes propostos:

Tabela 6 – Testes de estacionariedade das carteiras e dos índices financeiros.

Carteiras e Índices Financeiros	Philips-Perron	Dickey-Fuller Aumentado
ESG_maior	-68.22***	-67.53***
ESG_menor	-65.84***	-65.88***
ENV_maior	-67.61***	-67.41***
ENV_menor	-64.92***	-65.07***
SOC_maior	-66.74***	-66.40***
SOC_menor	-65.70***	-65.34***
GOV_maior	-67.60***	-67.42***
GOV_menor	-66.69***	-66.16***
ISEE	-69.34***	-69.12***
IGC	-68.12***	-68.26***
ICO2	-69.45***	-69.34***
IBOVESPA	- 68.36***	- 68.42***

As significâncias estatísticas dos testes são representadas por meio da seguinte simbologia: *10%; **5%; ***1%.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para as séries foram utilizados os modelos apresentados na Tabela 8, para a estimação da média condicional dos retornos. Todos os modelos foram bem ajustados levando em consideração os critérios de AIC, BIC e a parcimônia dos modelos. Os testes Q (24) de Ljung-Box nos mostram que os resíduos dos modelos ajustados não apresentaram correlação serial

nas séries estudadas, ou seja, testar a hipótese de ruído branco dos resíduos gerados pelo ARMA. Na Tabela 8, os modelos foram ajustados da seguinte maneira:

Tabela 7 – Modelos ajustados.

Carteiras e Índices Financeiros	Modelo	Lags Significativos	Q (24)
ESG_maior	ARMA(10,1)	ar6, ar9, ar10 e ma1	28,15(0,1708)
ESG_menor	ARMA (10,1)	ar5,ar10 e ma1	31,22 (0,092)
ENV_maior	ARMA (6,1)	ar6 e ma1	24,27 (0,333)
ENV_menor	ARMA(10,1)	ar7, ar10 e ma1	31,11 (0,104)
SOC_maior	ARMA(10,1)	ar10 e ma1	25,99 (0,308)
SOC_menor	ARMA(10,1)	ar5, ar10 e ma1	27,82 (0,182)
GOV_maior	AR(10,1)	ar6, ar7, ar9 e ar10 e ma1	33,79 (0,052)
GOV_menor	ARMA(10,5)	ar3, ar5, ar10, ma1 e ma5	24,34 (0,329)
ISEE	ARMA (13,6)	ar5, ar7, ar10, ar13, ma1 e ma6	32,35 (0,072)
IGC	ARMA (10,0)	ar1, ar6, ar7 e ar10	28,35 (0,164)
ICO2	ARMA (7,6)	ar5, ar7, ma1 e ma6	35,26 (0,036)
IBOVESPA	ARMA (10,1)	ar5, ar6, ar10 e ma1	29,35 (0,135)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após a verificação de estacionariedade das séries de retornos e os ajustes dos modelos ARMA, verificou-se pelo teste multiplicador de Lagrange (Teste LM), a presença de efeitos ARCH. Os resultados foram apresentados na Tabela 9.

Tabela 8 – Teste da presença de efeitos ARCH.

Carteiras e Índices Financeiros	Teste LM
ESG_maior	713,48 (0,000)
ESG_menor	597,72 (0,000)
ENV_maior	728,73 (0,000)
ENV_menor	513,99 (0,000)
SOC_maior	691,05 (0,000)
SOC_menor	413,74 (0,000)
GOV_maior	741,66 (0,000)
GOV_menor	467,45 (0,000)
ISEE	802,91 (0,000)
IGC	769,0 (0,000)
ICO2	782,95 (0,000)
IBOVESPA	773,21 (0,000)

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Será aceita a existência do efeito ARCH, caso a hipótese nula seja rejeitada, considerando o nível de significância de 1% nos portfólios e dos índices aderentes aos critérios ESG. Logo, serão estimados os modelos EGARCH, TGARCH e APARCH. Todos os modelos foram estimados com a ordem (1,1) e para a escolha do melhor modelo foram escolhidos aqueles que apresentaram os menores valores dos critérios de informação de AIC e BIC,

considerando também a escolha por modelos parcimoniosos. Abaixo, apresentam-se os modelos da classe ARCH e GARCH das carteiras e índices financeiros analisadas. A Tabela 10 mostra os resultados da estimação dos coeficientes.

Tabela 9 – Modelos ajustados.

Modelos	Coeficiente de variância condicional dos modelos				
ESG_maior	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.1704***	-0.0594***	0.9792***	0.1624***	
TGARCH(1,1)	0.0003***	0.0849***	0.9159***	0.4086***	
APARCH(1,1)	0.00006	0.0842***	0.9130***	0.3384***	1.3716***
ESG_menor	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.0973***	-0.0464***	0.9877***	0.1323***	
TGARCH(1,1)	0.00018***	0.0674***	0.9394***	0.3663***	
APARCH(1,1)	0.00001***	0.0659***	0.9318***	0.2861***	1.6644***
ENV_maior	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.1613***	-0.0426***	0.9803***	0.1272***	
TGARCH(1,1)	0.0003**	0.0678***	0.9286***	0.3483***	
APARCH(1,1)	0.0000	0.0439***	0.9087***	0.1216**	2.7211***
ENV_menor	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.1424***	-0.0410***	0.9822***	0.1874***	
TGARCH(1,1)	0.0002***	0.0986***	0.9116***	0.2347***	
APARCH(1,1)	0.0001	0.1041***	0.9037***	0.2102***	1.2672***
SOC_maior	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.1836***	-0.0522***	0.9777***	0.1728***	
TGARCH(1,1)	0.0003***	0.0900***	0.9103***	0.3244***	
APARCH(1,1)	0.00004	0.0903***	0.9022***	0.2609***	1.5106***
SOC_menor	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.1719***	-0.0534***	0.9787***	0.1625***	
TGARCH(1,1)	0.0003***	0.0834***	0.9189***	0.3436***	
APARCH(1,1)	0.00003	0.0837***	0.9112***	0.2919***	1.5806***
GOV_maior	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.2006***	-0.0608***	0.9750***	0.1503***	
TGARCH(1,1)	0.0004***	0.0809***	0.9110***	0.4338***	
APARCH(1,1)	0.00007	0.0790***	0.9040***	0.3512***	1.4884***
GOV_menor	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.1327***	-0.0459***	0.9832***	0.1429***	
TGARCH(1,1)	0.0002***	0.0720***	0.9308***	0.3426***	
APARCH(1,1)	0.00002	0.0689***	0.9290***	0.2740***	1.6019***
ISEE	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.2718***	-0.0630***	0.9686***	0.1538*	
TGARCH(1,1)	0.0004	0.0809***	0.9034***	0.4488***	
APARCH(1,1)	0.00005	0.0765***	0.8945***	0.3882***	1.5166***
IGC	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.2598***	-0.0785***	0.9699***	0.1326***	
TGARCH(1,1)	0.0004***	0.0724***	0.9126***	0.5934***	
APARCH(1,1)	0.0001	0.0709***	0.9054***	0.5477***	1.3215***
ICO2	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.2220***	-0.0629***	0.9738***	0.1271***	
TGARCH(1,1)	0.0004***	0.0681***	0.9185***	0.5402***	

APARCH(1,1)	0.00009	0.0655***	0.9124***	0.4937***	1.3764***
IBOV	ω	α	β	γ	δ
EGARCH(1,1)	-0.2517***	-0.0654***	0.9701***	0.1266***	
TGARCH(1,1)	0.0005***	0.0681***	0.9137***	0.5624***	
APARCH(1,1)	0.0001***	0.0633***	0.9124***	0.5112***	1.3428***

Legenda: As significâncias estatísticas dos testes são representadas por meio da seguinte simbologia: *10%; **5%; ***1%.

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Na Tabela 10 apresenta-se os resultados dos modelos EGARCH, TGARCH e APARCH para as séries, obtidos a partir de inúmeras simulações, levando em consideração o modelo que obteve o melhor ajustamento pelos critérios AIC e BIC. Considera-se também, que para melhor ajuste dos modelos foram utilizadas outras distribuições, além da distribuição normal, como a distribuição *t-Student* Simétrica e *t-Student* assimétrica.

Para as séries das carteiras montadas e dos índices de referências, o melhor modelo ajustado foi o EGARCH (1,1). Observa-se que os parâmetros α e β foram significativos a níveis de 1%, 5% e 10% nas 12 amostras.

Em primeira instância, observa que o parâmetro ω apresentam diferenças nos sinais entre os modelos (negativo no EGARCH e positivo nos TGARCH e APARCH), porém os valores baixos indicam para uma volatilidade incondicional reduzida em todas as séries estudadas, mas os modelos captam choques adicionais via α e β .

As carteiras ESG_menor (0,9877), ENV_menor (0,9822) e GOV_menor (0,9832) apresentaram os maiores β no modelo EGARCH (1,1), indicando alta persistência dos choques na volatilidade dos retornos, ou seja, um choque na volatilidade nas três séries leva um tempo maior para se dissipar. Os índices como ISEE e o IGC tem os menores coeficientes β , 0,9686 e 0,9699 respectivamente, mostrando que 96,86% e 96,99% de um choque gerado nas duas séries no tempo $t-1$ persistirá no tempo t , admitindo alta porcentagem da volatilidade do dia anterior permanece no dia seguinte. Isto vai de encontro com os achados de Sabbaghi (2023), os quais descobriram que empresas em mercados emergentes com altas classificações ESG há maior persistência, sugerindo que a volatilidade dessas empresas estar revertendo a média mais lentamente em uma escala relativa.

No modelo EGARCH (1,1) para todas as séries e índices financeiros analisadas não é explicada a alta persistência pelo somatório de α e β , como no modelo GARCH, pois por haver na equação a estrutura logarítmica, a persistência é influenciada pela magnitude β , pela reação α , γ e a distribuição dos choques.

A somatória de $\alpha+\beta$ indica o quanto a série é volátil (Freitas; Sáfiadi, 2019). Portanto, no modelo TGARCH, a maioria das séries com o somatório $\alpha+\beta$ está próxima ou acima de 1,

indicando persistência alta ou explosiva da volatilidade. Esses valores acima de 1 indicam series explosivas, mas não provocando a não estacionariedade da série, e sim na variância incondicional dos resíduos (Nelson, 1991). Portanto, a partir dos resultados, ainda é necessário um tempo maior para a dissipação dos choques na série.

Já no modelo APARCH, sendo mais complexo que os modelos anteriores (EGARCH e o TGARCH) (Freitas; Sáfadi, 2019), as combinações de $\alpha + \beta$ estão próximas de 1, indo de encontro com os resultados dos outros dois modelos, mostrando que há alta persistência da volatilidade. A carteira ENV_menor apresenta volatilidade explosiva tanto no modelo TGARCH quanto no modelo APARCH. Os achados de Duttilo, Gattone e Iannone (2023), corroboram com a pesquisa, onde choques de volatilidade têm “memória longa” para todos os índices dos ESG analisados, considerando os principais mercados europeus. Em mercados emergentes, como Brasil, Bhue *et al.* (2025) encontraram a existência de persistência de volatilidade no longo prazo. No Brasil, há poucos estudos aplicando modelos ARCH e GARCH em portfólios com critérios ESG, porém Santello (2024) mostra evidências de há persistência da volatilidade, em índices de ações com critérios ESG. Já Buarque (2022) mostrou que não houve persistência na carteira, com critérios ESG, em comparação ao Ibovespa, apoiando-se dos modelos GARCH e EGARCH.

Observa-se que, no geral, as carteiras de investimento que seguem critérios ESG apresentam intensidade de volatilidade condicional ligeiramente maior (somatório de α e β) em comparação aos índices de referências, como o ISEE, IGC, ICO2 e o IBOV. Podendo estar relacionado com o fato de os índices de referências apresentarem uma diversificação maior de ativos. Sob a ótica de utilização desses portfólios como proteção de uma carteira convencional, não foi identificado que essas carteiras com tais critérios podem atuar como proteção em exposições a risco. Não há consenso na literatura considerando que portfólios ESG apresentam volatilidade menor do que portfólio de referência de mercado (Ouchen, 2022).

Observando o parâmetro γ , em todas as séries o coeficiente é diferente de zero e positivo, apontando que em todas os portfólios e dos índices financeiros há assimetria dos choques, ou seja, choques positivos e choques negativos impactam a série de forma diferente e que não há o efeito de alavancagem, pois o γ se mostra positivo no modelo EGARCH. Por outro lado, o modelo TGARCH mostrou que também há assimetria dos choques, porém há o efeito de alavancagem nas séries e índices financeiros, indicada por γ positivo. Logo, choques negativos produziram volatilidade mais forte do que choques positivos nas séries analisadas.

Corroborando com os estudos de Grupta e Chaudhary (2023) mostraram que há efeito assimétrico nos índices ESG. Por outro lado, Sabbaghi (2022) relataram que o impacto das

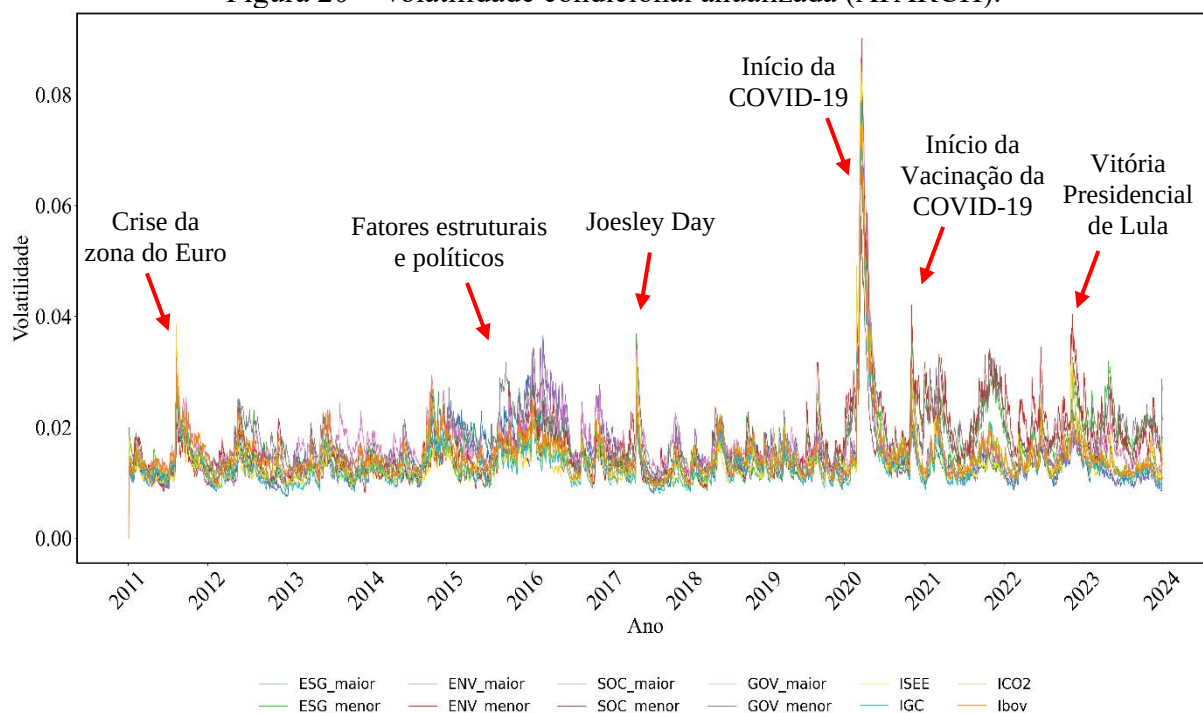
notícias na volatilidade das empresas ESG é maior quando estabelece “notícias ruins” em relação a “notícias boas”. Dutillo, Gattone e Iannone (2024) encontram o efeito alavancagem utilizando o mesmo modelo EGARCH (1,1) em empresas ESG.

Em relação ao modelo APARCH (1,1) em todas as séries financeiras analisadas mostram valores de γ maiores que zero sendo significativo, indiciando o efeito de alavancagem, ou seja, choques negativos passados tem maior impacto na volatilidade do que choques positivos. Esse resultado vai de encontro com os achados de Diaz, Young e Prasetyo (2024), que mostram que ETFs de alta e baixa classificação ESG apresentam o efeito de alavancagem utilizando o modelo APARCH. Observa-se que o coeficiente da potência assimétrica δ foi significativo para todas as séries financeiras analisadas, porém não se reduziu a nenhum outro modelo conforme descrito na pesquisa. Levando em consideração outros modelos da família GARCH não utilizado na presente pesquisa, os autores Bhue *et al.* (2025) mostraram que utilizando o modelo FIGARCH em índices de ações ESG de países emergentes, descobriram a presença do efeito alavancagem.

Nos modelos TGARCH e APARCH diz que o efeito de assimetria e de alavancagem ocorrem em maior magnitude nos índices financeiros como o ISEE, IGC, ICO2 e o Ibovespa em comparação aos portfólios montados com alta e baixa classificação ESG. Pode significar que, índices amplos que tendem a ter um conjunto mais heterogêneo de ativos, tendem a reagir de maneira mais pronunciada a choques negativos do mercado.

Na Figura 20 apresenta-se o gráfico da volatilidade condicional do modelo APARCH (1,1) para as carteiras e índices financeiros analisadas conjuntamente com a marcação em pontilhado em períodos de estresse.

Figura 20 – Volatilidade condicional anualizada (APARCH).



Revelam-se dinâmicas significativas na volatilidade condicional anualizada, especificamente em momentos de crise, considerando o período de 2011 a 2023. É possível realizar algumas inferências nos picos de volatilidade que aconteceram, uma vez que, eventos importantes aconteceram no mesmo período. De acordo com Cagnin (2013), no início de agosto de 2011 e no final de junho de 2012, ocorreu o aprofundamento da crise da zona do Euro, aliado a uma desaceleração da atividade econômica podem estar relacionados ao eventual pico elencado no gráfico.

Entre 2015 e 2016, de acordo com Tinoco e Giambiagi (2018), fatores estruturais, elevação do gasto público e salário-mínimo e conjunturais, como exemplo mercado superaquecido, ambos trouxeram pressão inflacionaria e elevação do risco do país, somado ao fator dos escândalos políticos dando início ao *Impeachment* do Presidente Dilma Rousseff.

Em maio de 2017, em decorrência das investigações da operação Lava Jato, o empresário Joesley Batista entregou gravações de conversas com autoridades ao Ministério Público a respeito de denúncias de corrupção envolvendo o ex-presidente Michel Temer e o presidente da Câmara dos Deputados, Eduardo Cunha (Mariz, 2020), esse evento ficou conhecido como “Joesley Day”. A denúncia impactou o índice Ibovespa, tendo a maior queda diária (-8,8%) desde a crise do *subprime* de 2008 (Mariz, 2020). Tal acontecimento, pode estar ligado ao aumento brusco da volatilidade acontecido entre 2017 e 2018.

No gráfico é perceptível o pico de volatilidade ocorrida em 2020, podendo estar ligada a pandemia da Covid-19, evento esse que impactou todos os mercados financeiros globais de forma abrupta. A Carta de Conjuntura do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2021) trouxe impactos econômicos negativos para o Brasil, com elevação do desemprego e redução das atividades, forçando o governo a acelerar seus gastos para sustentar a economia, intensificando as incertezas da sustentação da dívida pública.

Em 2021, ocorre novamente um pico na volatilidade, podendo estar associado ao início da vacinação da Covid-19, que ocorreu no início do ano de 2021, aliado a reabertura econômica e taxas de juros nas mínimas históricas. Porém, a trajetória fiscal teve piora com relação a flexibilização do teto de gastos, e a inflação com a taxa de juros em ascensão, tendo mudança no cenário. Nota-se a sensibilidade dos modelos de volatilidade condicional, nesse exemplo o APARCH em identificar variações intensas e persistência em contexto de elevada incerteza.

Em outubro de 2022, o pico de volatilidade pode estar associado a vitória de Lula no Brasil pelo seu terceiro mandato, seguidos dos sobressaltos do Ibovespa e da queda do dólar e com uma Proposta de Emenda à Constitucional (PEC), que aumentaria o espaço fiscal extra para o governo de Lula (Ribeiro; Silva Júnior, 2022).

Megaritis, Vlastakis e Triantafyllou (2021) fornecem evidências em seu trabalho, de que em períodos de eleições nacionais há aumento de volatilidade nos mercados de ações. Cheng *et al.* (2021) alegam que incertezas políticas econômicas tem um efeito especulativo, no qual pode-se desencadear bolas nos preços dos ativos. Bremmer (2005) alega em seu trabalho que, economias emergentes são mais susceptíveis a influência de fatores políticos em seus mercados de capitais, em comparação a economias desenvolvidas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou a dinâmica da volatilidade condicional de portfólios de investimento com critérios ESG e dos índices de referências (ISEE, IGC, ICO2 e IBOV), a partir dos modelos EGARCH, TGARCH e APARCH. Em primeiro momento, identifica-se característica e diferenças na intensidade da volatilidade condicional tanto entre os portfólios, com critérios ESG, quanto aos índices de referências, trazendo *insights* importantes para investidores e acadêmicos interessados em finanças sustentáveis.

O estudo mostrou que carteiras com critérios ESG e os índices de referências tiveram expectativas de retornos e volatilidade consistentes com a Teoria Moderna do Portfólio. Os

portfólios ENV_menor e ESG_menor obtiveram a maior expectativa de retorno, porém tiveram alta volatilidade, evidenciando relação clara entre maior risco e maior retorno. Isso vale para as carteiras que apresentaram a menor expectativa de retorno, tendo por outro lado, a menor volatilidade. Destaca-se a importância do perfil de risco na composição de carteiras de investimentos.

Os coeficientes α e β dos modelos EGARCH, TGARCH e o APARCH confirmaram alta persistência da volatilidade nas séries. Os resultados mostraram que carteiras com critérios ESG, tiveram persistência da volatilidade ligeiramente maior de forma geral em comparação aos índices financeiros de sustentabilidade. Observa-se que, a estrutura logarítmica do modelo EGARCH conseguiu capturar a persistência da volatilidade sem que infligisse em estacionariedade explosiva.

Todos os modelos mostraram que há assimetria dos choques em todas as séries financeiras. Em relação a característica assimétrica, os modelos TGARCH e o APARCH mostraram o efeito alavanca em maior magnitude para os índices financeiros de referências em comparação as carteiras de investimento com critérios ESG.

A pesquisa também mostra que eventos externos podem inferir na dinâmica da volatilidade, como crises econômicas, políticas, sanitárias e eventos de corrupções. A Covid-19 foi o evento que mais impactou as séries de retornos, seguidos de outros contextos negativos no Brasil, como escândalos políticos e eleições presidenciais. Esses eventos mostram o poder de captação da volatilidade condicional pelo modelo APARCH, indicando sensibilidade no mercado financeiro quanto as incertezas políticas.

Essa pesquisa contribui com a literatura explorando a dinâmica da volatilidade condicional de séries financeiras com critérios ESG. Diferente dos estudos do Brasil, essa pesquisa se concentrou em montar carteiras de investimentos pela média-variância de Markowitz, com ativo ESG e compará-los com indicadores de referências. Ressalta também, a utilização de modelos de diferentes estruturas para captação de persistência de volatilidade e assimetria, como o modelo APARCH.

Essa pesquisa tenta preencher a lacuna da literatura se tratando de fornecer evidências empíricas para o mercado brasileiro, onde ainda há carência de trabalhos onde avalia-se a volatilidade de carteiras de investimentos com ativos ESG. Com os resultados apurados, essa pesquisa pode orientar investidores e acadêmicos no Brasil.

Considerando as contribuições, esse estudo aponta algumas limitações, como a restrição de apenas três modelos de heteroscedasticidade condicional. Embora esses modelos sejam

amplamente reconhecidos na literatura, outros modelos baseados em *machine learning* poderia ser abordado para captação mais precisa da volatilidade condicional.

Como sugestão de pesquisas futuras, sugere-se explorar a dinâmica da volatilidade condicional com modelos multivariados, como BEKK-GARCH, DCC-GARCH ou o VAR-GARCH. Modelos mais atuais, como *machine learning* podem capturar assimetria e padrões mais complexos da volatilidade. Pode-se comparar tais resultados no mercado brasileiro com outros mercados emergentes. Isso pode fornecer *insights* de diferenças estruturais na volatilidade considerando outros países.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R.; KOSKINEN, Y.; YANG, S.; ZHANG, C. Resiliency of Environmental and Social Stocks: An Analysis of the Exogenous COVID-19 Market Crash. **The Review of Corporate Finance Studies**, v. 9, n. 3, p. 593–621, 2020.
- ARAÚJO, Breno Valente Fontes. **Modelagem da volatilidade condicional incorporando o período não regular do pregão ao modelo APARCH**: um estudo com ações listadas na M&FBOVESPA. 2017. 145p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2017.
- ASSAF NETO, A. **Mercado Financeiro**. 12. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2014.
- BERGAMINI JUNIOR, S. ESG, impactos ambientais e contabilidade. **Pensar Contábil**, v. 23, n. 80, p. 46-54, 2021.
- BHUE, R.; GARTIA, U.; PANDA, A. K.; NANDA, S. Sustainable Equity Index Dynamic: Connectedness and Information Asymmetry in Emerging Markets. **Business Strategy and Development**, v. 8, p. 1-16, 2025.
- BLACK, F.; SCHOLES, M. The Pricing of Options and Corporate Liabilities. **The Journal of Political Economy**, v. 81, n. 3, p. 637–654, 1973.
- BREMMER, I. Managing risk in an unstable world. **Harvard Business Review**, v. 83, n. 6, p. 51-4, 2005.
- BOLLERSLEV, T. Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. **Journal of Econometrics**, v. 31, p. 307–327, 1986.
- BROADSTOCK, D.; CHAN, K.; CHENG, L. T. W.; WANG, X. The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China. **Finance Research Letters**, v. 38, p. 1184-1216, 2021.
- BUARQUE, Vitor Evaldt. **Performance da volatilidade de portfólio ESG frente ao benchmark de mercado**: Uma Análise Empírica. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Economia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.
- BUENO, R. de L. da S. **Econometria de Séries Temporais**. 2.ed. Boston, EUA: Cengage Learning, 2008.
- CAGNIN, R. F.; PRATES, D. M.; FREITAS, M. C. P. de; NOVAIS, L. F. A gestão macroeconômica do governo Dilma (2011 e 2012). **Centro Brasileiro de Análise e Planejamento**, p. 169-185, 2013.
- CERQUETI, Roy *et al.* ESG investing: A chance to reduce systemic risk. **Journal of Financial Stability**, v. 54, p. 1-21, 2021.

CHENG, F.; WANG, C.; CUI, X.; WU, J.; HE, F. Economic policy uncertainty exposure and stock price bubbles: Evidence from China. **International Review of Financial Analysis**, v.78, p.2-19, 2021.

CHEN, X.; CHIANG, T. C. Empirical investigation of changes in policy uncertainty on stock returns—Evidence from China's market. **Research in International Business and Finance**, v. 53,p.2-19, 2020.

CONT, R. Empirical properties of asset returns: stylized facts and statistical issues. **Quantitative Finance**, v. 1, n. 2, p. 223-236, 2001.

DIAZ, J. F. T.; YOUNG, M. N.; PRASETYO, Y. T. Return and volatility properties comparison of high-ESG rating and low-ESG rating exchange-traded funds (ETFs). **Financial Economics Letters**, v. 3, n. 2, p. 55-75, 2024.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366, p. 427–431, 1979.

DING, Z.; GRANGER, C. W. J.; ENGLE, R. F. A long memory property of stock market returns and a new model*. **Journal of Empirical Finance**, v. 1, p. 83–106, 1993.

DUARTE JÚNIOR, A. M. **Risco**: Definições, Tipos, Medição e Recomendações para seu Gerenciamento. São Paulo, São Paulo: Atlas, 1996.

DUTTILO, P.; GATTONE, S. A.; IANNONE, B. Mixtures of generalized normal distributions and EGARCH models to analyse returns and volatility of ESG and traditional investments. **AStA Advances in Statistical Analysis**, v. 108, n. 5, p. 755-775, 2023.

EISENKOPF, J.; JURANEK, S.; WALZ, U. Responsible Investment and Stock Market Shocks: Short-Term Insurance without Persistence. **British Journal of Management**, v. 34, n. 3, p. 1420–1439, 2023.

ENGLE, R. F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987–1007, 1982.

FERNANDES, J. L. B.; LINHARES, H. da C. Análise do desempenho financeiro de investimentos ESG nos países emergentes e desenvolvidos. **SSRN Electronic Journal**, p. 1-34, 2017.

FREITAS, C. A. de; SÁFADI, T. Volatilidade dos Retornos de Commodities Agropecuárias Brasileiras: um teste utilizando o modelo APARCH. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 2, p. 211-228, 2015.

GIESE, G. *et al.* Performance and Risk Analysis of Index-Based ESG Portfolios. **The Journal Of Index investing**, v. 9, n. 9, p. 1-19, 2019.

GIESE, Guido *et al.* The Journal of Portfolio Management Foundations of ESG Investing: How ESG Affects Equity Valuation, Risk, and Performance. **The Journal Of Portfolio Management**, p. 69-83, 2019.

GUPTA, H.; CHAUDHARY, R. An Analysis of Volatility and Risk-Adjusted Returns of ESG Indices in Developed and Emerging Economies. **Risks**, v. 11, n. 10, p.2-18, 2023.

HOEPNER, A. G. F.; REZEC, M.; SIEGL, S. Does pension funds' fiduciary duty prohibit the integration of environmental responsibility criteria in investment processes? A realistic prudent investment test. **SSRN Eletronic Journal**, v.15 x, n. 2, p. 98-110, 2011. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=1930189>. Acesso em: 06 ago. 2024.

HORPESTAD, J. B. *et al.* Asymmetric volatility in equity markets around the world. **North American Journal of Economics and Finance**, v. 48, p. 540–554, 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA [Ipea]. **Carta de conjuntura n.º 53**, Nota de Conjuntura 28, 4.º trimestre de 2021. Brasília, DF: Ipea, 2021. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura>. Acesso em: 10 ago. 2024.

JAYASURIYA, S.; SHAMBORA, W.; ROSSITER, R. Asymmetric volatility in emerging and mature markets. **Journal of Emerging Market Finance**, v. 8, n. 1, p. 25–43, 2009.

JIN, I. Systematic ESG Risk and Passive ESG Investing. **The Journal of Portfolio Management**, v. 48, n. 5, p. 71-86, 2022.

MARIZ, B. J. L. **Avaliação de impacto do “Joesley day” sobre o risco Brasil, e retorno e volatilidade do IBOVESPA utilizando a metodologia artificial counterfactual (ArCo)**. 2020. 40p. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia Empresarial e Finanças) - Fundação Getulio Vargas, São Paulo, SP, 2020.

MARKOWITZ, H. Portfolio Selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77–91, 1952.

MEGARITIS, A.; VLASTAKIS, N.; TRIANTAFYLLOU, A. Stock market volatility and jumps in times of uncertainty. **Journal of International Money and Finance**, v.113, n. C, p.1-47, 2021.

MELLO, R. C. de. **Desempenho de carteiras ESG na B3: influência da incerteza nos períodos de crise e COVID-19**. 2022. 139p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2022.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. **Análise de Séries Temporais**. 2. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2006.

NELSON, D. B. Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. **Econometrica**, v. 59, n. 2, p. 347–370, 1991.

OUCHEN, Abdessamad. Is the ESG portfolio less turbulent than a market benchmark portfolio?. **Risk Management**, v. 24, n. 1, p. 1–33, 2022.

PEREIRA, M. V. L.; LELES, M. C. R.; IQUIAPAZA, R. A.; SBRUZZI, E. F.; JÚNIOR, C. L. N. Evaluation of Technical Analysis Trading Rules in a Artificial Stock Market Environment. **IEEE – Latin America Transactions**, v. 18, n. 1, p. 1707-1714, 2020.

- PHILLIPS, Peter C B; PERRON, Pierre. Testing for a unit root in time series regression. **Biometrika**, v. 75, n. 2, p. 335–381, 1988. Disponível em: <https://academic.oup.com/biomet/article-abstract/75/2/335/292919>. Acesso em: 10 ago. 2024.
- REHMAN, R.; ZHANG, J.; UPPAL, J. Y.; CULLINAN, C. Are environmental social governance equity indices a better choice for investors? An Asian perspective. **Business Ethics**, v. 25, n. 4, p. 440–459, 2016.
- REIS, D. L. de P. E. dos. **Análise de Desempenho de Indicadores de Volatilidade**. 2011. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2011.
- RIBEIRO, T. N.; SILVA JÚNIOR, G. E. Bolhas racionais na B3 e eleição para presidente do Brasil de 2022. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, v. 45, n. 146, p. 65-84, 2024.
- RISKMETRICS. **RiskMetrics** —Technical Document. New York, Guaranty Trust Company of New York, 1996.
- ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. I. W.; JAFFE, J.; LAMB, R. **Administração financeira: versão brasileira de corporate finance**. 10. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2015.
- SABBAGHI, O. ESG and volatility risk: International evidence. **Business Ethics, the Environment and Responsibility**, v. 32, n. 2, p. 802–818, 2023.
- SABBAGHI, O. The impact of news on the volatility of ESG firms. **Global Finance Journal**, v. 51, p. 2-9, 2022.
- SANTELLO, J. P. **Além do verde: o papel diversificador de investimentos sustentáveis no Brasil**. 2024. 60p. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Escola de Economia, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, SP, 2024.
- TINOCO, G.; GIAMBIAGI, F. **O crescimento da economia brasileira 2018-2023**. Brasília, DF: BNDES, 2018.
- THOMAZ, P. S. **Modelos ARMA-GARCH na modelagem da volatilidade de ações financeiras**. 2019.p.16-121. Dissertação (Mestrado em Modelagem Computacional) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Rio Grande do Sul, 2019.
- TSAY, R. S. **Analysis of Financial Time Series**. 3. ed. Nova Jersey, EUA: John Wiley & Sons, 2010.
- UMAR, M.; MIRZA, N.; RIZVI, S. K. A.; FURQAN, M. Asymmetric volatility structure of equity returns: Evidence from an emerging market. **Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 87, p. 330–336, 2023.
- VERHEYDEN, T. *et al.* ESG for All? The Impact of ESG Screening on Return, Risk, and Diversification. **Journal Applied Corporate Finance**, v. 28, n. 2, 2016.
- WU, R.; QIN, Z. Asymmetric volatility spillovers among new energy, ESG, green bond and carbon markets. **Energy**, v. 292, n.292, p. 2-13, 2024.

ZAKOIAN, J. M. Threshold heteroskedastic models. **Journal of Economic Dynamics and Control**, v. 18, p. 931–955, 1994.

APÊNDICE A – Código em Python para a formação e análise das carteiras

Segundo o Apêndice A, logo abaixo se encontra o código em Python para formação das carteiras pela média-variância de Markowitz pelo método de Monte Carlos.

#importando as bibliotecas

```
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import datetime as dt
import math # Para arredondamento
import scipy.optimize as sci_plt
import scipy.stats as scs
import scipy.optimize as sco
import os
import openxlsx
```

Defina o ano que você deseja analisar

```
ano = 2023
```

Lendo a base de dados

```
planilha = pd.read_excel(r'C:\Users\savio\OneDrive\Ambiente de Trabalho\Mestrado Administração - UFLA\Dissertação\Dados da pesquisa\ESG.xlsx', sheet_name='ESG')
```

Retirar as células que não têm valores numéricos no ano analisado

```
df_ano_numerico = pd.to_numeric(planilha[ano], errors='coerce').dropna()
```

Ordenar os dados do ano escolhido em ordem decrescente

```
df_ordenado = df_ano_numerico.sort_values(ascending=False)
```

Selecionar as 12 principais empresas

```
selecionadas_ano = df_ordenado.head(12)
```

Lista das ações das empresas selecionadas

```
lista_acoes = planilha.loc[selecionadas_ano.index, 'Empresa'].tolist()
lista_acoes # Exibindo a lista final
```

Carregar a base de dados do Excel

```
planilha = pd.read_excel(r'C:\Users\savio\Downloads\cotacao.xlsx')
```

Verificar se a coluna 'Data' está no formato datetime. Se não, converter para datetime

```
planilha['Data'] = pd.to_datetime(planilha['Data'])
```

Definir a coluna 'Data' como índice para facilitar o filtro por tempo

```
planilha.set_index('Data', inplace=True)
planilha.columns = planilha.columns.str.strip() # Remove espaços em branco extras
planilha.columns = planilha.columns.str.upper() # Converte todos os nomes para maiúsculas
```

```
inicio = f'{ano}-01-01'
```

```
final = f'{ano}-12-31'
```

```
dados_filtrados = planilha.loc[inicio:final, lista_acoes]
```

```

retornos = dados_filtrados.pct_change()
retorno_esperado = retornos.mean()
var = retornos.var()
vol = var**0.5
matriz_cov = retornos.cov()

```

Calcular a rentabilidade acumulada (baseada em retornos logarítmicos)

```
rentabilidade_acumulada = (dados_filtrados / dados_filtrados.iloc[0]) - 1
```

Plotar o gráfico

```

plt.figure(figsize=(12, 6))
for coluna in rentabilidade_acumulada.columns:
    plt.plot(rentabilidade_acumulada.index, rentabilidade_acumulada[coluna], label=f'{coluna}
    ({rentabilidade_acumulada[coluna].iloc[-1]:.2%})')

```

```

plt.title('Rentabilidade Acumulada dos Ativos')
plt.xlabel('Data')
plt.ylabel('Rentabilidade Acumulada')
plt.legend(loc='best')
plt.grid(True)
plt.show()

```

```
np.random.seed(42)
```

Defino um conjunto para retorno, desvio padrão e pesos

```

p_ret = []
p_vol = []
p_pesos = []

```

Escolher o número de ativos que queremos otimizar

```
noa = len(retorno_esperado) # Número de ativos
```

Quantas simulações vou realizar

```
nop = 100000
```

```
for portfolios in range(nop):
```

```

    # Gerar pesos aleatórios
    pesos = np.random.random(noa)
    pesos = pesos/np.sum(pesos) # Normalizando os pesos
    p_pesos.append(pesos)

```

Calcular o retorno esperado da carteira

```

returns = np.dot(pesos, retorno_esperado)
p_ret.append(returns)

```

Cálculo da volatilidade (desvio padrão)

```

var = matriz_cov.mul(pesos, axis = 0).mul(pesos, axis = 1).sum().sum() # Cálculo da variância
dp = np.sqrt(var) # Desvio padrão
p_vol.append(dp)

```

```

p_ret = np.array(p_ret)
p_vol = np.array(p_vol)

```

```
dados = {'Retornos': p_ret, 'Risco': p_vol}
portfolios = pd.DataFrame(dados)
```

Definir taxa livre de risco

```
rf = 0. # Taxa livre de risco (ajustável conforme necessário)
```

Calcular o índice de Sharpe

```
p_sharpe = (p_ret - rf) / p_vol
```

Criar DataFrame com os dados

```
dados = {'Retornos': p_ret, 'Risco': p_vol, 'Sharpe': p_sharpe}
portfolios = pd.DataFrame(dados)
```

Encontrar o índice do portfólio de maior Sharpe e o de menor risco

```
max_sharpe_idx = portfolios['Sharpe'].idxmax() # Índice do maior Sharpe
min_risk_idx = portfolios['Risco'].idxmin() # Índice do menor risco
```

Defina o caminho completo para salvar o gráfico

```
caminho = r'C:\Users\savio\OneDrive\Ambiente de Trabalho\Mestrado Administração -
UFLA\Dissertação\Dados da pesquisa\Artigo
2\carteiras\ESG_maior_12_acoes\fronteira_eficiente_2023.png' # Altere para o caminho desejado
no seu sistema
```

Plotar o gráfico

```
plt.figure(figsize=(15, 6))
plt.scatter(p_vol, p_ret, c=p_sharpe, marker='o', cmap='viridis')
plt.xlabel('Risco (Desvio Padrão)')
plt.ylabel('Retorno Esperado')
plt.colorbar(label='Índice de Sharpe')
```

Marcar o ponto de maior Sharpe com uma estrela vermelha

```
plt.scatter(p_vol[max_sharpe_idx], p_ret[max_sharpe_idx], color='red', marker='*', s=200,
label='Máximo Sharpe')
```

Marcar o ponto de menor risco com uma estrela azul

```
plt.scatter(p_vol[min_risk_idx], p_ret[min_risk_idx], color='blue', marker='*', s=200, label='Mínimo
Risco')
```

Adicionar legenda

```
plt.legend()
```

Salvar o gráfico na pasta especificada

```
plt.savefig(caminho, dpi=300) # Caminho completo especificado
```

Exibir o gráfico

```
plt.show()
```

Encontrar o índice do portfólio de maior Sharpe e o de menor risco

```
max_sharpe_idx = portfolios['Sharpe'].idxmax()
min_risk_idx = portfolios['Risco'].idxmin()
```

Obter os pesos dos portfólios de maior Sharpe e menor risco

```
pesos_max_sharpe = p_pesos[max_sharpe_idx]
pesos_min_risk = p_pesos[min_risk_idx]
```

Criar um DataFrame com os pesos, usando os nomes das ações

```
df_pesos = pd.DataFrame({
    'Máximo Sharpe': pesos_max_sharpe,
    'Mínimo Risco': pesos_min_risk
}, index=lista_acoes)
```

Exibir o DataFrame com os pesos

```
print(df_pesos)
```

```
retorno_ESG_maior = (retornos * pesos_max_sharpe).sum(axis=1)
```

```
portfolio = pd.DataFrame()
```

```
portfolio['Cotacao Social'] = retorno_ESG_maior
```

```
portfolio.plot()
```

Salvar o DataFrame resultados_carteira em um arquivo Excel

```
arquivo_excel = r'C:\Users\savio\OneDrive\Ambiente de Trabalho\Mestrado Administração - UFLA\Dissertação\Dados da pesquisa\Artigo 2\carteiras\ESG_maior_12_acoes\carteira_ESG20231.xlsx'
```

Exportar o DataFrame para Excel

```
portfolio.to_excel(arquivo_excel, index=True)
print(f"Arquivo Excel salvo em: {arquivo_excel}")
```

Criação dos gráficos de retorno acumulado, retornos anuais e *drawdowns*:

#importando as bibliotecas

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.ticker as mtick
import matplotlib.dates as mdate
```

Carregar o arquivo Excel

```
arquivo = r'C:\Users\savio\Downloads\retorno_de_todas_as_carteiras.xlsx'
```

Carregar o DataFrame (supondo que o nome da planilha seja 'Sheet1' - altere caso necessário)

```
dados = pd.read_excel(arquivo, sheet_name='Plan1')
```

Carregar o arquivo Excel

```
arquivo = r'C:\Users\savio\Downloads\retorno_de_todas_as_carteiras.xlsx'
```

Carregar o DataFrame (supondo que o nome da planilha seja 'Planilha1' - altere caso necessário)

```
dados = pd.read_excel(arquivo, sheet_name='Planilha1')
```

Definindo as colunas para as quais queremos plotar os retornos acumulados

```
colunas = ['ESG_maior', 'ESG_menor', 'ENV_maior', 'ENV_menor', 'SOC_maior', 'SOC_menor',
           'GOV_maior', 'GOV_menor', 'ICO2', 'IGC', 'ISEE', 'Ibov']
```

Converter a coluna 'Data' para datetime (caso não esteja já no formato)

```
dados['Data'] = pd.to_datetime(dados['Data'])
```

Filtrar os dados para o período de 2011 a 2023

```
dados = dados[(dados['Data'].dt.year >= 2011) & (dados['Data'].dt.year <= 2023)]
```

Definir as cores específicas para cada carteira

```
cores = {
    'ESG_maior': '#1f77b4',
    'ESG_menor': '#32CD32',
    'ENV_maior': '#2ca02c',
    'ENV_menor': '#d62728',
    'SOC_maior': '#9467bd',
    'SOC_menor': '#8c564b',
    'GOV_maior': '#e377c2',
    'GOV_menor': '#7f7f7f',
    'ICO2': '#bcbd22',
    'IGC': '#17becf',
    'ISEE': '#FFD700',
    'Ibov': '#ff7f0e'
}
```

Inicializando o gráfico

```
fig, ax = plt.subplots(figsize=(15, 8))
```

Loop para plotar os retornos acumulados de cada coluna

```
for coluna in colunas:
```

Ajustar os dados de retorno acumulado subtraindo 1

```
    retorno_acumulado = dados[coluna] - 1
```

Calcular o retorno acumulado final

```
    retorno_final = retorno_acumulado.iloc[-1] # Último valor de retorno acumulado
```

Criar a legenda com o retorno final em porcentagem

```
    legenda = f'{coluna} ({retorno_final*100:.2f}%)'
```

Plotar o retorno acumulado ajustado com a cor específica

```
    ax.plot(dados['Data'], retorno_acumulado, label=legenda, linewidth=2, color=cores[coluna])
```

Formatação do gráfico

```
ax.yaxis.set_major_formatter(mtick.PercentFormatter(1.0)) # Mostrar como porcentagem
```

```
ax.xaxis.set_major_locator(mdate.YearLocator(1)) # Ajustar intervalo de anos no eixo X
```

```
ax.xaxis.set_major_formatter(mdate.DateFormatter('%Y')) # Formatar como ano
```

Título e rótulos

```
ax.set_title('Retornos Acumulados das Carteiras (2011-2023)', fontsize=16)
```

```
ax.set_xlabel('Ano', fontsize=14)
```

```
ax.set_ylabel('Retorno Acumulado', fontsize=14)
```

Adicionar legenda

```
ax.legend(title="Carteiras", loc='upper left', bbox_to_anchor=(1, 1))
```

Exibir o gráfico

```
plt.xticks(rotation=45)
```

```
plt.tight_layout() # Ajustar o layout para não cortar a legenda
```

```
plt.show()
```

Carregar o arquivo Excel

```

arquivo = r'C:\Users\savio\Downloads\retorno_de_todas_as_carteiras.xlsx'

# Carregar o DataFrame (supondo que o nome da planilha seja 'Planilha1' - altere caso necessário)
dados = pd.read_excel(arquivo, sheet_name='Planilha1')

# Definindo as colunas para as quais queremos calcular o drawdown
colunas = ['ESG_maior', 'ESG_menor', 'ENV_maior', 'ENV_menor', 'SOC_maior', 'SOC_menor',
           'GOV_maior', 'GOV_menor', 'ICO2', 'IGC', 'ISEE', 'Ibov']

# Converter o índice para datetime caso não esteja
dados['Data'] = pd.to_datetime(dados['Data'])

# Filtrar os dados para o período de 2011 a 2023
dados = dados[(dados['Data'].dt.year >= 2011) & (dados['Data'].dt.year <= 2023)]

# Inicializando o gráfico
fig, ax = plt.subplots(figsize=(20, 5))

# Definir as cores específicas para cada carteira
cores = {
    'ESG_maior': '#1f77b4',
    'ESG_menor': '#32CD32', # Verde claro
    'ENV_maior': '#2ca02c',
    'ENV_menor': '#d62728',
    'SOC_maior': '#9467bd',
    'SOC_menor': '#8c564b',
    'GOV_maior': '#e377c2',
    'GOV_menor': '#7f7f7f',
    'ICO2': '#bcbd22',
    'IGC': '#17becf',
    'ISEE': '#FFD700', # Amarelo
    'Ibov': '#ff7f0e'
}

# Loop para calcular e plotar o drawdown de cada coluna
for coluna in colunas:
    # Calcular o retorno acumulado máximo (máximo histórico)
    retorno_max = dados[coluna].cummax()

    # Calcular o drawdown
    drawdowns = dados[coluna] / retorno_max - 1

    # Plotar o drawdown com a cor correspondente
    ax.plot(dados['Data'], drawdowns, label=coluna, color=cores[coluna], linewidth=2)

# Formatação do gráfico
ax.yaxis.set_major_formatter(mtick.PercentFormatter(1.0)) # Mostrar como porcentagem
ax.xaxis.set_major_locator(mdate.YearLocator(1)) # Ajustar intervalo de anos no eixo X
ax.xaxis.set_major_formatter(mdate.DateFormatter('%Y')) # Formatar como ano

# Título e rótulos
ax.set_title('Drawdowns das Carteiras (2011-2023)', fontsize=16)
ax.set_xlabel('Ano', fontsize=14)
ax.set_ylabel('Drawdown', fontsize=14)

```

Adicionar legenda

```
ax.legend(title="Carteiras", loc='upper left', bbox_to_anchor=(1, 1))
```

Exibir o gráfico

```
plt.xticks(rotation=45)
plt.tight_layout() # Ajustar o layout para não cortar a legenda
plt.show()
```

Carregar o DataFrame (supondo que o nome da planilha seja 'Planilha1' - altere caso necessário)

```
dados = pd.read_excel(arquivo, sheet_name='Planilha1')
```

Definindo as colunas para as quais queremos calcular os retornos anuais

```
colunas = ['ESG_maior', 'ESG_menor', 'ENV_maior', 'ENV_menor', 'SOC_maior', 'SOC_menor',
           'GOV_maior', 'GOV_menor', 'ICO2', 'IGC', 'ISEE', 'Ibov']
```

Converter a coluna 'Data' para datetime (caso não esteja já no formato)

```
dados['Data'] = pd.to_datetime(dados['Data'])
```

Filtrar os dados para o período de 2011 a 2023

```
dados = dados[(dados['Data'].dt.year >= 2011) & (dados['Data'].dt.year <= 2023)]
```

Criar um DataFrame vazio para armazenar os retornos anuais

```
retornos_anuais = pd.DataFrame()
```

Loop para calcular os retornos anuais

```
for coluna in colunas:
```

```
    # Ajustar os dados de retorno acumulado subtraindo 1
```

```
    retorno_acumulado = dados[coluna] - 1
```

```
    # Agrupar por ano e pegar o valor no início e no final de cada ano
```

```
    retorno_anual = retorno_acumulado.groupby(dados['Data'].dt.year).last() -
```

```
    retorno_acumulado.groupby(dados['Data'].dt.year).first()
```

```
    # Adicionar ao DataFrame de retornos anuais
```

```
    retornos_anuais[coluna] = retorno_anual
```

Definir as cores específicas para as carteiras

```
cores = {'ESG_maior': '#1f77b4',
         'ESG_menor': '#32CD32',
         'ENV_maior': '#2ca02c',
         'ENV_menor': '#d62728',
         'SOC_maior': '#9467bd',
         'SOC_menor': '#8c564b',
         'GOV_maior': '#e377c2',
         'GOV_menor': '#7f7f7f',
         'ICO2': '#bcbd22',
         'IGC': '#17becf',
         'ISEE': '#FFD700',
         'Ibov': '#ff7f0e'}
```

Plotar gráfico de barras agrupadas com as cores ajustadas

```
ax = retornos_anuais.plot(kind='bar', figsize=(15, 10), width=0.8, color=cores)
```

Formatação do gráfico

```
ax.yaxis.set_major_formatter(mtick.PercentFormatter(1.0)) # Mostrar como porcentagem
ax.set_title('Retorno Anual das Carteiras (2011-2023)', fontsize=16)
ax.set_xlabel('Ano', fontsize=14)
ax.set_ylabel('Retorno Anual', fontsize=14)
```

Ajustar as labels

```
ax.set_xticklabels([str(year) for year in retornos_anuais.index], rotation=45)
```

Adicionar legenda personalizada

```
ax.legend(title="Carteiras", bbox_to_anchor=(1, 1), loc='upper left')
```

Exibir o gráfico

```
plt.tight_layout() # Ajustar o layout para não cortar a legenda
plt.show()
```

APÊNDICE B – Código em R para análise das regressões e dos modelos de volatilidade condicional (Extensões dos modelos ARCH e GARCH)

No Apêndice B, encontra-se o código na linguagem R para análise das regressões pelo modelo dos mínimos quadrados generalizados e para modelagem da volatilidade condicional, pelas extensões dos modelos ARCH e GARCH, bem como todos os testes (*winsorização*, estacionariedade, presença do efeito ARCH e outros).

#importação das bibliotecas

```
library(ggplot2)
library(readxl)
library(dplyr)
library(tidyr)
library(lmtest)
library(sandwich)
library(stargazer)
library(nlme)
library(psych)
library(car)
```

#Importar os dados

```
df <- read.delim("C:/Users/savio/Downloads/dado.txt")
df
```

Converter a coluna Date com um formato específico

```
df$Date <- as.Date(df$Date, format = "%d/%m/%Y")
```

Winsorização

```
winsorize <- function(x, probs = c(0.02, 0.98)) {
  qnt <- quantile(x, probs = probs, na.rm = TRUE)
  x[x < qnt[1]] <- qnt[1]
  x[x > qnt[2]] <- qnt[2]
  return(x)
}
```

Aplicar winsorização nas variáveis

```
dad <- df %>%
  mutate(
    Rm_minus_Rf = winsorize(Rm_minus_Rf),
    SMB = winsorize(SMB),
    HML = winsorize(HML),
    WML = winsorize(WML),
    IML = winsorize(IML),
    Retorno_ESG = winsorize(Retorno_ESG),
    Retorno_ENV = winsorize(Retorno_ENV),
    Retorno_SOC = winsorize(Retorno_SOC),
    Retorno_GOV = winsorize(Retorno_GOV),
    Retorno_Ibov = winsorize(Retorno_Ibov),
```

```

    ESG_maior = winsorize(ESG_maior),
    ENV_maior = winsorize(ENV_maior),
    SOC_maior = winsorize(SOC_maior),
    GOV_maior = winsorize(GOV_maior)
)

```

Exportar os dados winsorizados para um arquivo CSV

```
write.csv(dad, "C:/Users/savio/Downloads/dado_winsorizado.csv", row.names = FALSE)
```

```
##### PARTE 1 #####
```

Ajustar os modelos de regressão OLS

```

modelo_ESG <- lm(Retorno_Ibov ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML + Retorno_ESG,
data = dad)
modelo_ENV <- lm(Retorno_Ibov ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML + Retorno_ENV,
data = dad)
modelo_SOC <- lm(Retorno_Ibov ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML + Retorno_SOC,
data = dad)
modelo_GOV <- lm(Retorno_Ibov ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML + Retorno_GOV,
data = dad)

```

Verificar os resultados

```

summary(modelo_ESG)
summary(modelo_ENV)
summary(modelo_SOC)
summary(modelo_GOV)

```

VIF

```

vif(modelo_ESG)
vif(modelo_ENV)
vif(modelo_SOC)
vif(modelo_GOV)

```

Teste de autocorrelação dos resíduos

```

dwtest(modelo_ESG) # Teste de Durbin-Watson para autocorrelação
dwtest(modelo_ENV)
dwtest(modelo_SOC)
dwtest(modelo_GOV)

```

Teste de White (robusto)

```

white_test_ESG <- bptest(modelo_ESG, ~ fitted(modelo_ESG) + I(fitted(modelo_ESG)^2), data =
dad)
white_test_ENV <- bptest(modelo_ENV, ~ fitted(modelo_ENV) + I(fitted(modelo_ENV)^2), data =
dad)
white_test_SOC <- bptest(modelo_SOC, ~ fitted(modelo_SOC) + I(fitted(modelo_SOC)^2), data =
dad)
white_test_GOV <- bptest(modelo_GOV, ~ fitted(modelo_GOV) + I(fitted(modelo_GOV)^2), data =
dad)

```

Exibir os resultados

```
white_test_ESG
```

```
white_test_ENV
white_test_SOC
white_test_GOV
```

Modelo GLS (Generalized Least Squares)

```
modelo_mqg_ESG <- gls(Retorno_Ibov ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML +
  Retorno_ESG, data = dad, weights = varIdent(form = ~1 )) # Especificação de heterocedasticidade
modelo_mqg_ENV <- gls(Retorno_Ibov ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML +
  Retorno_ENV, data = dad, weights = varIdent(form = ~1))
modelo_mqg_SOC <- gls(Retorno_Ibov ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML +
  Retorno_SOC, data = dad, weights = varIdent(form = ~1))
modelo_mqg_GOV <- gls(Retorno_Ibov ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML +
  Retorno_GOV, data = dad, weights = varIdent(form = ~1 ))

summary(modelo_mqg_ESG)
summary(modelo_mqg_ENV)
summary(modelo_mqg_SOC)
summary(modelo_mqg_GOV)
```

Cálculo do R²

```
R2_gls_ESG <- 1 - (var(residuals(modelo_mqg_ESG)) / var(dad$Retorno_Ibov))
R2_gls_ENV <- 1 - (var(residuals(modelo_mqg_ENV)) / var(dad$Retorno_Ibov))
R2_gls_SOC <- 1 - (var(residuals(modelo_mqg_SOC)) / var(dad$Retorno_Ibov))
R2_gls_GOV <- 1 - (var(residuals(modelo_mqg_GOV)) / var(dad$Retorno_Ibov))

R2_gls_ESG
R2_gls_ENV
R2_gls_SOC
R2_gls_GOV
```

##TESTANDO A HETEROCEDASTICIDADE DO MODELO GLS

Teste de White (robusto)

```
regressao_residuos_ESG <- lm(residuos_ESG^2 ~ valores_ajustados_ESG)
regressao_residuos_ENV <- lm(residuos_ENV^2 ~ valores_ajustados_ENV)
regressao_residuos_SOC <- lm(residuos_SOC^2 ~ valores_ajustados_SOC)
regressao_residuos_GOV <- lm(residuos_GOV^2 ~ valores_ajustados_GOV)

summary(regressao_residuos_ESG)
summary(regressao_residuos_ENV)
summary(regressao_residuos_SOC)
summary(regressao_residuos_GOV)
```

PARTE 2

Ajustar os modelos de regressão OLS

```
modelo_ESG_1 <- lm(ESG_maior ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML , data = dad)
modelo_ENV_1 <- lm(ENV_maior ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML , data = dad)
modelo_SOC_1 <- lm(SOC_maior ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML , data = dad)
modelo_GOV_1 <- lm(GOV_maior ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML , data = dad)
```

VIF

```
vif(modelo_ESG_1)
vif(modelo_ENV_1)
vif(modelo_SOC_1)
vif(modelo_GOV_1)
```

Verificar os resultados

```
summary(modelo_ESG_1)
summary(modelo_ENV_1)
summary(modelo_SOC_1)
summary(modelo_GOV_1)
```

Teste de autocorrelação dos resíduos # Teste de Durbin-Watson para autocorrelação

```
dwtest(modelo_ESG_1)
dwtest(modelo_ENV_1)
dwtest(modelo_SOC_1)
dwtest(modelo_GOV_1)
```

Teste de White (robusto)

```
white_test_ESG_1 <- bptest(modelo_ESG_1, ~ fitted(modelo_ESG_1) + I(fitted(modelo_ESG_1)^2),
data = dad)
white_test_ESG_2 <- bptest(modelo_ESG_2, ~ fitted(modelo_ESG_2) + I(fitted(modelo_ESG_2)^2),
data = dad)
white_test_ESG_3 <- bptest(modelo_ESG_3, ~ fitted(modelo_ESG_3) + I(fitted(modelo_ESG_3)^2),
data = dad)
```

Exibir os resultados

```
white_test_ESG_1
white_test_ESG_2
white_test_ESG_3
```

Modelo GLS (Generalized Least Squares)

```
modelo_mqg_ESG_1 <- gls(ESG_maior ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML + WML + IML , data =
dad, weights = varIdent(form = ~1 ))# Especificação de heterocedasticidade
modelo_mqg_ESG_2 <- gls(ESG_maior ~ Rm_minus_Rf + SMB + HML , data = dad, weights =
varIdent(form = ~1 ))
modelo_mqg_ESG_3 <- gls(ESG_maior ~ Rm_minus_Rf , data = dad, weights = varIdent(form = ~1
))
```

```
summary(modelo_mqg_ESG_1)
summary(modelo_mqg_ESG_2)
summary(modelo_mqg_ESG_3)
```

Cálculo do R²

```
R2_gls_ESG_1 <- 1 - (var(residuals(modelo_mqg_ESG_1)) / var(dad$ESG_maior))
R2_gls_ESG_2 <- 1 - (var(residuals(modelo_mqg_ESG_2)) / var(dad$Retorno_ESG))
R2_gls_ESG_3 <- 1 - (var(residuals(modelo_mqg_ESG_3)) / var(dad$Retorno_ESG))
```

```
R2_gls_ESG_1
```

```
R2_gls_ESG_2
R2_gls_ESG_3
```

##TESTANDO A HETEROCEDASTICIDADE DO MODELO GLS

Teste de White (robusto)

```
regressao_residuos_ESG_1 <- lm(residuos_mqg_ESG_1^2 ~ valores_ajustados_mqg_ESG_1)
regressao_residuos_ESG_2 <- lm(residuos_mqg_ESG_2^2 ~ valores_ajustados_mqg_ESG_2)
regressao_residuos_ESG_3 <- lm(residuos_mqg_ESG_3^2 ~ valores_ajustados_mqg_ESG_3)
```

```
summary(regressao_residuos_ESG_1)
summary(regressao_residuos_ESG_2)
summary(regressao_residuos_ESG_3)
```

```
##### PARTE 3 #####
```

pacotes necessarios

```
library("lmtest")
library("randtests")
library("forecast")
library("stochvol")
library("fGarch")
library("rugarch")
library(tseries)
library(urca)
library(FinTS)
```

```
dados = read.csv("C:/Users/savio/Downloads/retorno_de_todas_carteras.csv")
dados
```

Definindo a serie com o comando ts

```
ret = ts(dados$ESG_maior)
```

definindo a escala de tempo para dias

```
data = as.Date(dados$Date,tryFormats = c("%Y-%m-%d"))
data
```

criando o retorno

```
plot(density(ret))
```

grafico do retorno

```
plot(data[1:length(data)], ret, xlab = "Período",
      ylab = "log-retorno", type = "l")
```

```
adf_test <- adf.test(ret, alternative = "stationary", k = 0) # 'k' é o número de lags, escolha apropriada
cat("ADF Test:\n")
print(adf_test)
```

```
pp_test <- ur.pp(ret, type = "Z-tau", model = "constant", lags = "short") # Modelo com constante
cat("\nPhillips-Perron Test:\n")
summary(pp_test)
pp_test
```

acf e pacf do retorno

```
acf(ret)
pacf(ret)
```

modelando a media do retorno

```
m = arima(ret, order = c(10,0,1), include.mean = F,
          fixed = c(0,0,0,0,0,NA,0,0,NA,NA,NA), transform.pars = FALSE)
coefest(m)
```

verificando os residuos do modelo

```
resid = m$residuals
acf(resid, lag.max = 15)
pacf(resid, lag.max = 15)
# teste de Ljung-Box
Box.test(resid, lag = 24, type = c("Ljung-Box"), fitdf = 2)
```

PRESENCA DO EFEITO ARCH**# acf do residuo quadrado**

```
acf(resid^2)
pacf(resid^2)
```

teste do multiplicador de lagrange**#Número de lags para o teste ARCH**

```
num_lags <- 5 # Escolha o número de defasagens apropriado
```

Teste ARCH

```
arch_test <- ArchTest(resid, lags = num_lags)
```

Resultados

```
cat("Teste ARCH:\n")
print(arch_test)
```

EGARCH #####**# Passo 1: especificando o modelo EGARCH**

```
espec_egarch = ugarchspec(variance.model = list(model = "eGARCH", garchOrder = c(1, 1)),
                          mean.model = list(armaOrder = c(0, 0)),
                          distribution.model = "sstd",
                          fixed.pars = list(mu = 0))
```

Passo 2: estimando os parâmetros para o modelo EGARCH

```
m_egarch = ugarchfit(data = resid, spec = espec_egarch)
```

resumo do modelo

```
print(m_egarch)
coef(m_egarch)
```

TGARCH #####**# Passo 1: especificando o modelo TGARCH**

```
espec_tgarch = ugarchspec(variance.model = list(model = "fGARCH", submodel = "TGARCH",
garchOrder = c(1, 1)),
                          mean.model = list(armaOrder = c(0, 0)),
                          distribution.model = "sstd",
                          fixed.pars = list(mu = 0))
```

```

# Passo 2: estimando os parâmetros para o modelo TGARCH
m_tgarch = ugarchfit(data = resid, spec = espec_tgarch)

print(m_tgarch)
coef(m_tgarch)

#####APARCH#####

# Ajustar os parâmetros iniciais e verificar
espec <- ugarchspec(
  mean.model = list(armaOrder = c(0, 0)),
  variance.model = list(model = "apARCH", garchOrder = c(1, 1)),
  distribution.model = "sstd", # Testar diferentes distribuições
  fixed.pars = list(mu = 0),
)

# Ajuste o modelo com solver híbrido e controle de tolerâncias
m <- ugarchfit(
  spec = espec,
  data = resid,
  solver = "hybrid",
  solver.control = list(tol = 1e-8, delta = 1e-8)
)

# Resumo do modelo
print(m)
coef(m)

```

APÊNDICE C – Tabelas de todas as empresas que compuseram os portfólios

Nos Quadros 4, 5, 6 e 7, do Apêndice C, estão as ações das empresas brasileiras que compuseram todos as carteiras analisadas (que seguem as maiores e menores pontuações ESG, ambiental (ENV), social (SOC) e de governança corporativa (GOV)).

Quadro 4 – Empresas que compuseram as carteiras ESG_maior e ESG_menor.

ESG_maior												
2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
VALE3	SUZB3	LREN3	SANB3	SANB3	EQTL3	SANB3	SANB3	VALE3	VALE3	VALE3	PETR4	ITUB4
ITUB4	VALE3	SANB3	LREN3	LREN3	DASA3	ITUB4	VALE3	ITUB4	ITUB4	ITUB4	ITUB4	VALE3
SANB3	LREN3	ITUB4	ITUB4	ITUB4	PDGR3	BBDC4	ITUB4	AESB3	PETR4	PETR4	VALE3	PETR4
LREN3	SANB3	VALE3	EGIE3	EGIE3	BRSR6	EGIE3	AESB3	BRFS3	SANB3	LREN3	BBDC4	BBDC4
TIMS3	ITUB4	EGIE3	VALE3	DXCO3	BRAP4	DXCO3	EGIE3	PETR4	LREN3	SANB3	AESB3	CPFE3
EGIE3	TIMS3	TIMS3	TIMS3	VALE3	BBSE3	PETR4	LREN3	DXCO3	B3SA3	AESB3	SANB3	SANB3
STBP3	EGIE3	JBSS3	DXCO3	BBDC4	PSSA3	LREN3	PETR4	SANB3	LIGT3	B3SA3	BRFS3	CPLE6
SUZB3	BRFS3	DXCO3	FLRY3	FLRY3	PRIO3	VALE3	BRFS3	LIGT3	EGIE3	NTCO3	CPLE6	USIM5
VIVT3	ELET6	TOTS3	BBDC4	CPLE6	TAE11	BRFS3	NTCO3	EGIE3	AESB3	EGIE3	LREN3	LREN3
BRFS3	FLRY3	BBDC4	CMIG4	ELET6	POMO4	TIMS3	DXCO3	BBDC4	BRFS3	BBDC4	CPFE3	MRFG3
FLRY3	TOTS3	CPLE6	ELET6	CMIG4	RSID3	CPLE6	CPFE3	MRFG3	BBDC4	BRFS3	CCRO3	VIVT3
BBAS3	CPLE6	ELET6	TOTS3	PETR4	ENEV3	B3SA3	B3SA3	NTCO3	CMIG4	CPFE3	DXCO3	RSID3
ESG_menor												
CRFB3	CRFB3	CRFB3	CRFB3	DASA3	EQTL3	DASA3	EQTL3	BBSE3	PRIO3	RADL3	RADL3	PRIO3
BRAP4	IGTI3	TEND3	DASA3	EQTL3	DASA3	EQTL3	DASA3	BRAP4	TAE11	PDGR3	PDGR3	PSSA3
BRBI11	BRAP4	CAML3	DIRR3	CVCB3	PDGR3	BRSR6	BRSR6	PRIO3	PSSA3	PSSA3	PRIO3	WEGE3
DIRR3	BRBI11	BRAP4	GUAR3	CSMG3	BRSR6	BBSE3	BBSE3	TAE11	RADL3	PRIO3	PSSA3	BRAP4
TRAD3	CAML3	DIRR3	CVCB3	BPAC11	BRAP4	PDGR3	PRIO3	ODPV3	PDGR3	ODPV3	AMER3	HYPE3
TEND3	DIRR3	ZAMP3	CSMG3	BRAP4	BBSE3	PRIO3	BRAP4	BRSR6	COGN3	AMER3	BRAP4	OIBR4
CAML3	TEND3	BPAN4	BRAP4	LOGG3	PSSA3	TAE11	PSSA3	RADL3	ODPV3	DASA3	ODPV3	MULT3
CSMG3	HBSA3	GUAR3	ALPA4	PRIO3	PRIO3	BRAP4	PDGR3	PSSA3	MDIA3	BRAP4	CSMG3	TRPL4
PDGR3	ZAMP3	CSMG3	PDGR3	BBSE3	TAE11	PSSA3	ODPV3	DASA3	DASA3	QUAL3	DASA3	ODPV3
HBSA3	CSMG3	CVCB3	PRIO3	PDGR3	POMO4	ODPV3	TAE11	PDGR3	QUAL3	CSMG3	TRPL4	SMT03
RECV3	EVEN3	PDGR3	GRND3	POMO4	RSID3	HYPE3	HYPE3	HYPE3	BRAP4	ENEV3	SMT03	BRSR6
IGTI3	PDGR3	PRIO3	EQTL3	RSID3	ENEV3	ENEV3	QUAL3	QUAL3	ENEV3	SMT03	HYPE3	UGPA3

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Quadro 5 – Empresas que compuseram as carteiras ENV_maior e ENV_menor.

ENV_maior												
2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
CMIG4	VALE3	CMIG4	CMIG4	EGIE3	EGIE3	ITUB4	BBAS3	AESB3	BBAS3	VALE3	VALE3	VALE3
ITUB4	SUZB3	VALE3	JBSS3	DXCO3	BBDC4	BBDC4	EGIE3	BBAS3	VALE3	BBAS3	BBDC4	BBAS3
VALE3	CMIG4	JBSS3	EGIE3	KLBN4	ITUB4	BBAS3	AESB3	ITUB4	ITUB4	CMIG4	BBAS3	ITUB4
LREN3	KLBN4	EGIE3	ELET6	CMIG4	BBAS3	EGIE3	BBDC4	EGIE3	CMIG4	ITUB4	ITUB4	BBDC4
KLBN4	CPLE6	CPLE6	BBDC4	BBDC4	SANB3	SANB3	ITUB4	VALE3	EGIE3	EGIE3	BRSR6	TIMS3
BPAC11	BPAC11	KLBN4	SANB3	JBSS3	ELET6	CMIG4	CMIG4	CMIG4	TIMS3	BBDC4	TIMS3	CPLE6
EGIE3	LREN3	LREN3	ITUB4	ITUB4	CMIG4	ELET6	SANB3	BBDC4	BBDC4	BRSR6	MRFG3	MRFG3
FLRY3	ELET6	BBDC4	BBAS3	BBAS3	JBSS3	VALE3	VALE3	BRFS3	BRSR6	MRFG3	CPLE6	ELET6
SANB3	BBDC4	ITUB4	KLBN4	SANB3	OIBR4	DXCO3	CPFE3	TIMS3	ITSA4	TIMS3	ECOR3	USIM5
BBDC4	ITUB4	SANB3	FLRY3	ELET6	TIMS3	OIBR4	BRFS3	CCRO3	BRFS3	BRFS3	USIM5	SANB3
BBAS3	JBSS3	ELET6	DXCO3	VALE3	VALE3	CPFE3	DXCO3	EVEN3	CCRO3	VIVT3	AESB3	CMIG4
GUAR3	SANB3	BBAS3	VALE3	FLRY3	BRFS3	BRFS3	EVEN3	MRFG3	AESB3	ITSA4	ELET6	CPFE3
ENV_menor												
PDGR3	DIRR3	JHSF3	DASA3	POMO4	POMO4	TAE11	TAE11	TAE11	PDGR3	PRI03	PRI03	PRI03 (Conclusão)
GFS3	IGT3	PRI03	BRSR6	BRSR6	PRI03	GFS3	RSID3	PDGR3	TAE11	RENT3	TRPL4	TRPL4
RECV3	PRI03	TEGA3	CSMG3	PRI03	GFS3	PRI03	RADL3	RSID3	PRI03	DASA3	PDGR3	BRAP4
TEGA3	GFS3	GFS3	SEER3	CSMG3	RSID3	RSID3	PRI03	RADL3	RENT3	ENEV3	AMER3	WEGE3
LWSA3	RECV3	RSID3	PRI03	LOGG3	BRAP4	ENEV3	DASA3	RENT3	YDUQ3	BRAP4	ENEV3	UGPA3
DIRR3	BRIT3	ALPA4	BBSE3	BBSE3	ENEV3	POMO4	ENEV3	PRI03	DASA3	POMO4	BRAP4	ODPV3
CRFB3	RSID3	ABCB4	ABCB4	RSID3	TAE11	RENT3	GFS3	BRAP4	ENEV3	HYPE3	UGPA3	MULT3
RSID3	JHSF3	IRBR3	ALPA4	GFS3	QUAL3	RADL3	POMO4	ENEV3	BRAP4	SUZB3	CSMG3	OIBR4
CSAN3	HBSA3	QUAL3	GFS3	BRAP4	TRPL4	QUAL3	CSMG3	BRSR6	POMO4	QUAL3	HYPE3	SUZB3
PRI03	CVCB3	POMO4	RSID3	BPAC11	BRSR6	BRAP4	BRAP4	DASA3	UGPA3	CSMG3	SUZB3	RAIL3
CVCB3	CRFB3	PDGR3	QUAL3	ENEV3	CSAN3	BRSR6	COGN3	POMO4	HYPE3	ODPV3	ODPV3	BRSR6
POS3	LWSA3	BPAN4	LOGG3	TAE11	CSMG3	CSMG3	RENT3	HYPE3	QUAL3	TRPL4	LIGT3	DASA3

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Quadro 6 – Empresas que compuseram as carteiras SOC_maior e SOC_menor.

SOC_maior												
2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
FLRY3	FLRY3	FLRY3	FLRY3	ITUB4	EGIE3	ITUB4	VALE3	VALE3	PETR4	PETR4	PETR4	PETR4
CPLE6	SUZB3	LREN3	ITUB4	LREN3	ITUB4	PETR4	PETR4	PETR4	VALE3	EGIE3	ITUB4	VALE3
SUZB3	LREN3	ITUB4	LREN3	FLRY3	SANB3	SANB3	ITUB4	ITUB4	ITUB4	VALE3	VALE3	ITUB4
STBP3	ITUB4	DXCO3	VALE3	SANB3	BBAS3	VALE3	SANB3	EGIE3	LIGT3	ITUB4	AESB3	EGIE3
LREN3	DXCO3	SUZB3	SANB3	EGIE3	PETR4	CPLE6	BBAS3	CPLE6	SANB3	CPLE6	EGIE3	BBDC4
PETR4	EGIE3	SANB3	SUZB3	BBAS3	LREN3	BBDC4	AESB3	BRFS3	ECOR3	AESB3	LREN3	SUZB3
TIMS3	TIMS3	BBDC4	EGIE3	CPLE6	VALE3	BBAS3	NTCO3	AESB3	CPLE6	SANB3	CCRO3	CPLE6
ITUB4	BBDC4	VALE3	SBSP3	VALE3	SUZB3	EGIE3	EGIE3	NTCO3	AESB3	CPFE3	BRFS3	CPFE3
BBAS3	VALE3	EGIE3	DXCO3	PETR4	DXCO3	DXCO3	CPLE6	DXCO3	EGIE3	LIGT3	ELET6	LREN3
EGIE3	HYPE3	CPLE6	BBAS3	BBDC4	FLRY3	NTCO3	BRFS3	LIGT3	BRFS3	SUZB3	CPFE3	EMBR3
BBDC4	SANB3	PETR4	BBDC4	DXCO3	BBDC4	ITSA4	DXCO3	SANB3	KLBN4	LREN3	SANB3	RSID3
VALE3	CPLE6	TOTS3	CPLE6	MRVE3	TIMS3	CPFE3	B3SA3	VIVT3	DXCO3	BRFS3	CMIG4	SANB3
(Conclusão)												
SOC_menor												
CRFB3	ZAMP3	ZAMP3	CRFB3	DASA3	DASA3	DASA3	DASA3	BBSE3	MDIA3	PRIO3	RADL3	PRIO3
TEND3	CRFB3	TEND3	DASA3	CVCB3	EQTL3	EQTL3	EQTL3	PRIO3	COGN3	RADL3	PDGR3	WEGE3
DIRR3	TEND3	CAML3	DIRR3	TEGA3	PRIO3	PRIO3	PRIO3	HYPE3	PRIO3	PDGR3	PRIO3	HYPE3
CSMG3	DIRR3	CRFB3	CVCB3	PRIO3	HYPE3	HYPE3	HYPE3	ODPV3	ODPV3	AMER3	ODPV3	JBSS3
BRAP4	CAML3	DIRR3	GUAR3	YDUQ3	TEGA3	ODPV3	ODPV3	RADL3	DASA3	ODPV3	AMER3	PSSA3
BRBI11	HBSA3	EZTC3	EZTC3	BRAP4	PSSA3	BRSR6	BRSR6	ENEV3	RADL3	DASA3	HYPE3	SMT03
HBSA3	CSMG3	CVCB3	TEGA3	QUAL3	BRAP4	QUAL3	COGN3	DASA3	HYPE3	HYPE3	SMT03	ODPV3
TRAD3	IGTI3	TEGA3	PRIO3	CSMG3	BRSR6	BRAP4	QUAL3	BRSR6	ENEV3	PSSA3	JBSS3	MRVE3
ZAMP3	EVEN3	BRAP4	GRND3	EQTL3	QUAL3	BBSE3	WEGE3	COGN3	TAEE11	JBSS3	PSSA3	BRAP4
CAML3	BRAP4	EVEN3	ALPA4	PDGR3	YDUQ3	COGN3	BBSE3	BRAP4	ABEV3	SMT03	BRAP4	MULT3
EZTC3	BRBI11	CSMG3	BRAP4	GOAU4	COGN3	PDGR3	ENEV3	TAEE11	UGPA3	TOTS3	UGPA3	UGPA3
GFSA3	EZTC3	BPAN4	SLCE3	ENEV3	BBSE3	TAEE11	RADL3	ABEV3	PSSA3	ENEV3	ENEV3	TOTS3

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Quadro 7 – Empresas que compuseram as carteiras GOV_maior e GOV_menor.

GOV_maior												
2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
SANB3	SANB3	SANB3	SANB3	SANB3	SANB3	SANB3	LREN3	SANB3	SANB3	SANB3	GFSA3	CPFE3
VIVT3	VALE3	LREN3	LREN3	LREN3	LREN3	LREN3	SANB3	LIGT3	B3SA3	B3SA3	DXCO3	SANB3
VALE3	LREN3	B3SA3	COGN3	B3SA3	B3SA3	GFSA3	LIGT3	DXCO3	LIGT3	NTCO3	SANB3	GOLL4
SUZB3	TIMS3	TOTS3	BRFS3	MDIA3	CIEL3	B3SA3	GFSA3	LREN3	CPFE3	DXCO3	B3SA3	LREN3
LIGT3	LIGT3	TIMS3	TOTS3	TOTS3	ITUB4	TOTS3	B3SA3	VALE3	LREN3	LREN3	PETR4	B3SA3
VBBR3	TOTS3	VBBR3	TIMS3	VIVT3	VIVT3	ITUB4	RSID3	PETR4	DXCO3	GFSA3	GOLL4	ITUB4
EQTL3	SUZB3	ITUB4	B3SA3	ITUB4	TOTS3	CIEL3	GOLL4	GFSA3	ITUB4	ITUB4	LREN3	PETR4
ITUB4	B3SA3	COGN3	RENT3	RENT3	GFSA3	LIGT3	ITUB4	B3SA3	GFSA3	AESB3	ITUB4	AESB3 (Conclusão)
YDUQ3	BRFS3	NTCO3	GFSA3	GFSA3	RENT3	GOLL4	TIMS3	ITUB4	PETR4	GOLL4	BBDC4	DXCO3
TIMS3	VBBR3	EGIE3	VALE3	CIEL3	EMBR3	YDUQ3	VALE3	GOLL4	BBDC4	PETR4	AESB3	NTCO3
B3SA3	NTCO3	VALE3	ITUB4	COGN3	BRKM5	DXCO3	DXCO3	TOTS3	NTCO3	BBDC4	CPFE3	RSID3
QUAL3	VIVT3	GFSA3	NTCO3	NTCO3	JBSS3	BRFS3	UGPA3	MRFG3	GOLL4	VALE3	BRFS3	USIM5
GOV_maior												
CRFB3	CRFB3	CRFB3	CRFB3	BPAC11	BBSE3	BBSE3	EQTL3	BBSE3	PSSA3	PSSA3	PSSA3	PSSA3
BRBI11	BRBI11	LEVE3	GUAR3	BBSE3	PDGR3	BRAP4	BBSE3	PSSA3	BBAS3	BBAS3	CSAN3	OIBR4
EVEN3	IGTI3	HAPV3	LEVE3	CSAN3	RAIL3	DASA3	BRAP4	BBAS3	ABEV3	RADL3	BRAP4	BBAS3
CURY3	HAPV3	GUAR3	SIMH3	DASA3	BRSR6	BRSR6	PSSA3	ABEV3	BRAP4	ITSA4	BBAS3	CSAN3
IGTI3	EVEN3	TEND3	DASA3	LOGG3	DASA3	CSAN3	RAIL3	QUAL3	QUAL3	AMER3	DASA3	BRAP4
SEER3	BRAP4	CAML3	ASAI3	EQTL3	EQTL3	RAIL3	BBAS3	ITSA4	ITSA4	ODPV3	CMIG4	EMBR3
LEVE3	LEVE3	BPAN4	MOVI3	BRSR6	VBBR3	BHIA3	BRSR6	CSAN3	OIBR4	CSMG3	BRSR6	CMIG4
HAPV3	CSMG3	GRND3	SEER3	CSMG3	BRAP4	EQTL3	ABEV3	ODPV3	USIM5	QUAL3	PDGR3	TRPL4
BRAP4	GUAR3	BRAP4	GRND3	ABEV3	PSSA3	ABEV3	CSAN3	BHIA3	TAEE11	OIBR4	RADL3	WEGE3
TRAD3	SAPR4	SIMH3	PDGR3	MGLU3	ABEV3	PSSA3	CSMG3	BRSR6	AMER3	JBSS3	TRPL4	DASA3
DIRR3	PDGR3	VLID3	CSMG3	BRAP4	FLRY3	BBAS3	ITSA4	CYRE3	ODPV3	BRAP4	AMER3	TIMS3
SIMH3	BPAN4	CYRE3	DIRR3	PDGR3	CSMG3	ODPV3	BHIA3	BRAP4	TRPL4	PDGR3	JBSS3	BRSR6

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).