



PRÓ-REITORIA DE  
PESQUISA E INOVAÇÃO

**RELATÓRIO FINAL DE ATIVIDADES DO ESTUDANTE BOLSISTA E VOLUNTÁRIO  
DOS PROGRAMAS PIBIC, PIBIC-AF, PIBITI E PIBIC-EM/CNPq - UFPE**  
(Refere-se às atividades realizadas no período de setembro de 2021 a agosto de 2022)

**1. IDENTIFICAÇÃO**

Nome do(a) Orientador(a):	<b>Adiel Teixeira de Almeida Filho</b>
Nome do(a) Estudante:	<b>Hugo Alves Cardoso</b>
Área do projeto:	<b>Ciências Exatas e da Terra</b>
Título do projeto:	<b>MODELAGEM ANALÍTICA PARA CONSTRUÇÃO DE PORTFÓLIOS DE INVESTIMENTO INCORPORANDO ASPECTOS DE SUSTENTABILIDADE E RESPONSABILIDADE SOCIAL</b>
Houve alteração do nome do projeto original? Se sim, acrescente aqui o nome do projeto originalmente aprovado	
ID do projeto	<b>210117714</b>
ODS na qual projeto se insere	<b>8 - Emprego digno e crescimento econômico /11 - Cidade e comunidades sustentáveis</b>

**2. Resumo**

Sob um cenário onde investidores, tanto institucionais quanto pessoas físicas, estão cada vez mais preocupados com a alocação de recursos de maneira que seus investimentos estejam alinhados a boas práticas ambientais, sociais e éticas, surge a necessidade de se acompanhar de perto como as empresas estão performando sob essas métricas. Estudos recentes sugerem que empresas com boa reputação ESG (environmental, social, governance) estão, em média, correlacionadas com valorizações e retornos acima daqueles fornecidos por seus pares que não possuem o mesmo desempenho. Para tanto, o presente estudo analisou empresas brasileiras listadas em bolsa de valores e comparou os resultados entre três portfólios distintos, são eles, portfólio composto apenas de empresas sustentáveis, outro com empresas sustentáveis e não sustentáveis, e por último apenas empresas não sustentáveis, e obteve que, para a janela temporal de análise as hipóteses de retornos acima da média puderam ser observadas.

**Palavras-chave:** Markowitz, Modern Portfolio Theory, ESG, MVO.

### 3. INTRODUÇÃO

É perceptível que, nos tempos atuais, há um aumento na preocupação de investidores, tanto institucionais, quanto pessoa física, em destinarem seus recursos para empresas que se comprometem com a adoção de iniciativas voltadas para o meio-ambiente, transparência e ética empresarial e promoção da equidade de oportunidades e tratamento humanizado no ambiente de trabalho. Para esses três conceitos, utiliza-se comumente a sua terminologia em inglês ESG (Environmental, Social, Governance).

Nesse contexto, surge o questionamento do quão relevante se tornam aspectos ESG para o desempenho financeiro das companhias e o que os investidores podem esperar em termos de retornos futuros de seus investimentos ao financiarem empresas e fundos de investimento que se baseiam em tais práticas.

Estudos mostraram que de uma perspectiva de mercados eficientes, cada empresa possui um nível ótimo de investimento ótimo em critérios ESG, que é determinado por diversos fatores, como setor, exposição dos produtos ao julgamento dos clientes, interesses de stakeholders, os quais devem ser atendidos para que se alcance um nível ótimo de receita (McWilliams, A., & Siegel, D. 2001). Além disso, fundos de investimentos ESG tendem a superar, em termos de retorno, fundos convencionais durante épocas de crise (Nofsinger & Varma, 2014), bem como o fato de empresas possuírem boa reputação ESG é fator importante no tocante a maior facilidade e menor custo no acesso a crédito (Cheng et al., 2013), que por consequência é fator que pode gerar um melhor resultado financeiro (Wang & Sarkis, 2017) e um melhor desempenho de suas ações no mercado de capitais (Lamont et al., 2001). Também é percebido que boa reputação ESG reflete positivamente em métricas de valuation, promovendo um ágio na precificação dessas empresas (Fatemi et al., 2018).

Ademais, revisões de literatura mostram que aproximadamente, em 90% dos estudos realizados, espalhados em diversos países e em períodos de tempo distintos, percebeu-se uma correlação positiva entre aspectos ESG de uma empresa e sua consequente performance financeira, principalmente nos estudos realizados na América do Norte e em mercados emergentes (Friede et al., 2015).

Portanto, fica evidente que apoiar pilares de sustentabilidade empresarial estão altamente correlacionados com performance financeira positiva o que serve de incentivo para tanto empresas quanto investidores buscarem investir seus recursos nessas áreas. Nesse sentido, o presente trabalho tem intuito de, a partir do que foi exposto anteriormente, trazer uma abordagem da teoria moderna de seleção de portfólio como elaborado por (Markowitz, 1952), analisando empresas brasileiras listadas em bolsa, observando se aspectos ESG tiveram impacto positivo no desempenho financeiro, mais especificamente em termos da valorização do patrimônio líquido ao longo do tempo, se esse desempenho foi superior ao Índice BOVESPA, e como se comportaram carteiras montadas apenas com empresas que possuem escores ESG deficitários.

### 4.OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é de avaliar os resultados obtidos a partir da seleção de carteiras de investimento seguindo a teoria moderna de seleção de portfólios, utilizando dados públicos sobre o preço das ações de empresas brasileiras e seus respectivos escores em critérios ESG, analisando se carteiras compostas por empresas com notas acima da média nos critérios de sustentabilidade performaram melhor do que carteiras sem esta restrição e outra composta apenas de empresas com notas abaixo da média. Para tanto, esta pesquisa teve os seguintes objetivos específicos:

- Propor uma nova abordagem sobre a teoria moderna de seleção de portfólios, trazendo uma perspectiva de critérios ESG sobre empresas.
- Analisar essas restrições sobre empresas brasileiras, observando os resultados sobre o período de tempo utilizado no estudo.

- Propor novas frentes de trabalho quanto à utilização de dados de sustentabilidade de empresas na alocação de recursos, incentivando empresas e investidores a seguirem boas práticas de sustentabilidade em suas tomadas de decisões.

## 5. METODOLOGIA

Este trabalho se propôs a apresentar a utilização de dados sobre critérios de sustentabilidade de empresas brasileiras conjuntamente a dados de desempenho financeiro de suas ações em bolsa de valores na formação de carteiras de investimento segundo a teoria moderna de seleção de portfólios (Markowitz, 1952), com a seguinte pergunta norteadora: “É possível observar um melhor desempenho de carteiras que selecionam apenas empresas que se destacam em critérios ESG em comparação a carteiras sem esta restrição no contexto de valorização financeira dos ativos negociados em bolsa de valores?”.

Para tanto foram utilizados dados de sustentabilidade de empresas brasileiras negociadas em bolsa de valores fornecidos publicamente pela ESG BOOK (ESG Book - We Power Financial Markets for a Sustainable Future., 2022). A ESG BOOK é uma empresa que disponibiliza de maneira gratuita informações sobre as notas em cada subcritério dos três critérios ESG para cada empresa presente em sua base de dados, bem como a nota total para cada critério e a nota total da companhia, há também a possibilidade de observar o comportamento histórico das notas passadas para cada empresa, as informações fornecidas pela ESG BOOK são utilizadas por diversas empresas globais nas suas tomadas de decisão.

Aliado a isto, foram utilizadas informações financeiras sobre as ações dessas empresas durante o período de análise do presente estudo, utilizando uma API gratuita fornecida pela ALPHA VANTAGE (Vantage, 2022), a ALPHA VANTAGE é uma empresa que fornece dados sobre mercados financeiros globais através de APIs, desde classes de ativos mais tradicionais como ações e ETFs, até as classes mais contemporâneas como criptomoedas. A ALPHA VANTAGE fornece soluções para diversas empresas globais que atuam no mercado financeiro e para diversas instituições de pesquisa e ensino superior de todo o mundo.

Ademais, foram utilizados scripts em PYTHON para auxiliar o desenvolvimento desses estudos, de forma a dar maior facilidade no tratamento dados e facilidade de visualização dos mesmos. A linguagem de programação PYTHON vem se consolidando como principal ferramenta na análise de dados, principalmente aplicada a formulação de carteiras, cálculo de preço de derivativos, ajuste de precificação de modelos de crédito (Beck et al., 2019), determinação da fronteira eficiente de portfólios e análise de seu desempenho em diversas circunstâncias (Bailey & Lopez de Prado, 2011). Como abordado em (Silva dos Reis, 2022), a biblioteca PyPortflloOpt (Martin, 2021) traz funcionalidades que auxiliam a otimização de portfólios através funções pré-definidas.

Para as análises foram utilizadas as cotações diárias de fechamento das ações das empresas desde 1 de janeiro de 2018 até 24 de maio de 2022, através da API fornecida pela ALPHA VANTAGE, bem como foram utilizados os escores globais publicados pela ESG BOOK no dia 24 de maio de 2022. Para a análise dos resultados e validação da hipótese, foram utilizadas as cotações diárias de fechamento das ações das empresas de 25 de maio de 2022 até 31 de agosto de 2022. As análises foram feitas sob três domínios, o primeiro contendo apenas empresas que possuem escore ESG global acima da média, o segundo contendo todas as empresas, o terceiro contendo as empresas com escore ESG global abaixo da média. A figura abaixo ilustra a metodologia utilizada no trabalho.

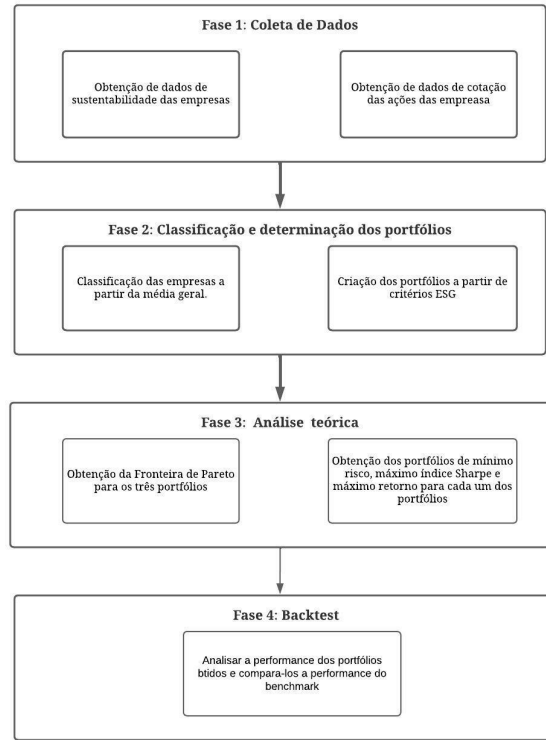


Figura 1 - Metodologia da pesquisa

## 6. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO OBJETIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS

A partir dos valores obtidos de preço histórico diário das ações, foi possível obter a matriz de retornos diários de cada ação. Como abordado em (Silva, 2020), dado que  $p_{it}$  é o preço da ação  $i$  no instante de tempo  $t$ , onde  $t \in \{1, \dots, T\}$ , o retorno da ação  $i$  após  $d$  períodos de tempo pode ser definido como  $r_{it} = \frac{p_{it} - p_{i(t-d)}}{p_{i(t-d)}}$ .

O problema da seleção de portfólio pode ser descrito como um caso de otimização de uma função objetivo sujeita a uma série de restrições, no nosso caso, pode-se formular o problema da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 & \text{minimizar} \quad w^T \Omega w \\
 & \text{sujeito a} \quad \sum_{i=1}^N w_i = 1 \\
 & \quad \quad \quad w_i \geq 0 \\
 & \quad \quad \quad m^T w \geq \mu
 \end{aligned}$$

Onde  $w$  representa o vetor de pesos que será otimizado, e  $\Omega$  representa a matriz de covariância dos ativos que compõem o portfólio, nesse estudo utilizou-se o encolhimento da matriz de covariância pelo método Ledoit-Wolf (Ledoit & Wolf, 2003).  $m$  representa o vetor de médias de retorno diário associado a cada ativo na carteira e  $\mu$  representa o valor de retorno médio diário desejado. Na abordagem, não admitimos posições de operação de venda a descoberto, portanto os pesos atribuídos a cada ação devem ser maiores ou igual a zero. O problema de otimização do portfólio pode ser classificado como uma otimização por média-variância, um tipo de otimização quadrática (Kolm et al., 2014), e parametricamente pode-se resolver o problema exposto

anteriormente para cada valor de retorno no domínio. O gráfico contendo a fronteira eficiente para os três portfólios discutidos pode ser visualizado a seguir.

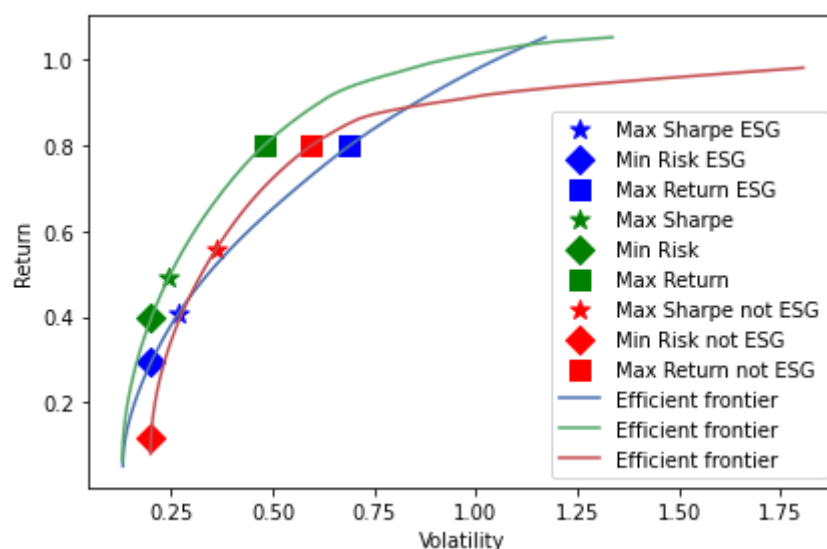


Figura 2 - Representação gráfica das fronteiras eficientes para cada portfólio

Neste caso, foi adotada uma taxa livre de risco igual a 2% e as taxas de mínimo risco e máximo retorno foram escolhidas em 20% e 80% respectivamente.

Pode-se perceber que, em média, o portfólio com ações com nota ESG acima da média tende a ter um melhor desempenho, em termos de retorno, para um nível de volatilidade desejado, ao ser comparado com o portfólio contendo apenas empresas com notas ESG abaixo da média, a não ser por uma pequena faixa de valores de risco, onde em teoria o portfólio com as ações com pior desempenho em sustentabilidade superam as ações com melhores resultados.

Dessa forma foram obtidos os seguintes portfólios para as três classes de ativos: o portfólio de máximo retorno para uma anual de risco desejada, o de máximo índice Sharpe, e o de mínimo risco para uma taxa de retorno anual desejada. As participações percentuais dos ativos em cada carteiras e seus valores de índice Sharpe, retorno anual esperado, e volatilidade anual esperada podem ser visualizada a seguir:

1. Sem restrição de sustentabilidade para máximo índice Sharpe (Portfólio 1), a Figura 3 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida, e a Tabela 1 representa as expectativas futuras de retorno e de risco associado ao portfólio.

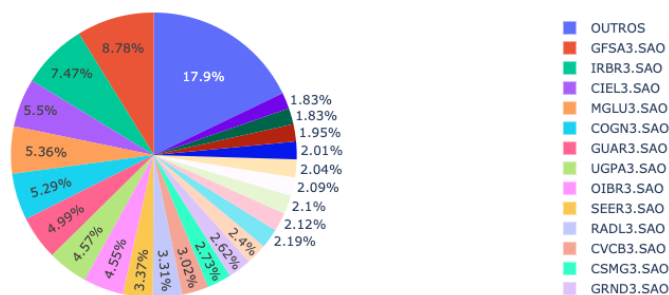


Figura 3 - Composição percentual do Portfólio 1

Tabela 1 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 1

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
49,2%	24,4%	1,94

2. Sem restrição de sustentabilidade para mínimo risco (Portfólio 2), a Figura 4 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida, e a Tabela 2 representa as expectativas futuras de retorno e de risco associado ao portfólio.

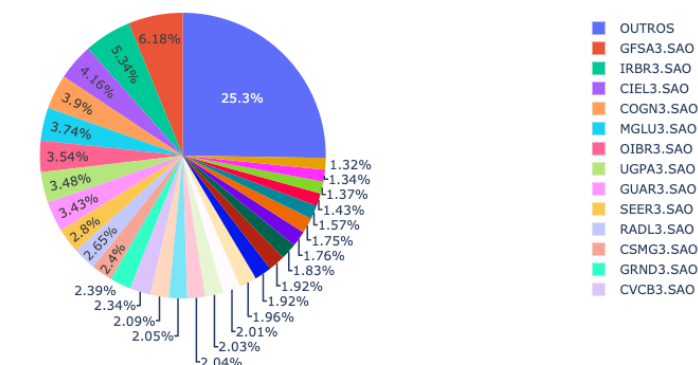


Figura 4 - Composição percentual do Portfólio 2

Tabela 2 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 2

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
39,6%	20,0%	1,88

3. Sem restrição de sustentabilidade para máximo retorno (Portfólio 3), a Figura 5 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida, e a Tabela 3 representa as expectativas futuras de retorno e de risco associado ao portfólio.

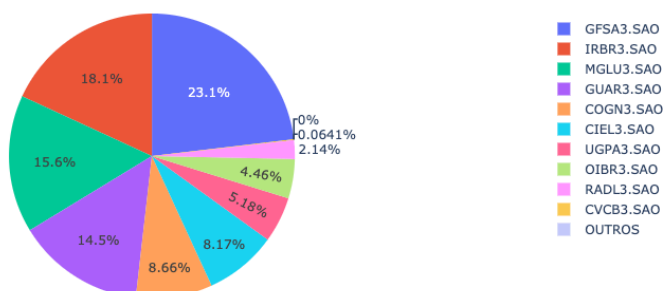


Figura 5 - Composição percentual do Portfólio 3

Tabela 3 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 3

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
80,0%	47,8%	1,63

4. Empresas com nota ESG acima da média para máximo índice Sharpe (Portfólio 4), a Figura 6 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida, e a Tabela 4 representa as expectativas futuras de retorno e de risco associado ao portfólio.

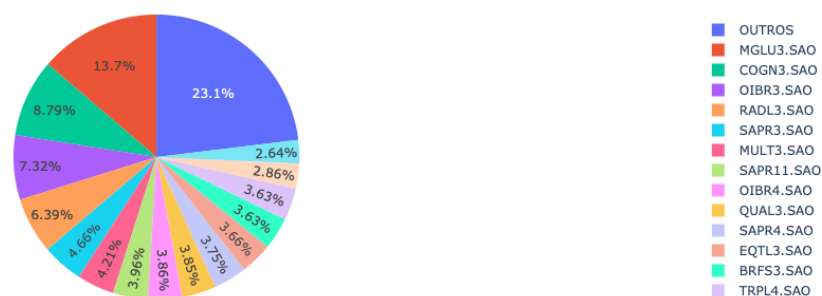


Figura 6 - Composição percentual do Portfólio 4

Tabela 4 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 4

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
40,6%	26,6%	1,45

5. Empresas com nota ESG acima da média para mínimo risco (Portfólio 5), a Figura 7 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida e a Tabela 5 representa as expectativas futuras de retorno e de risco associado ao portfólio.

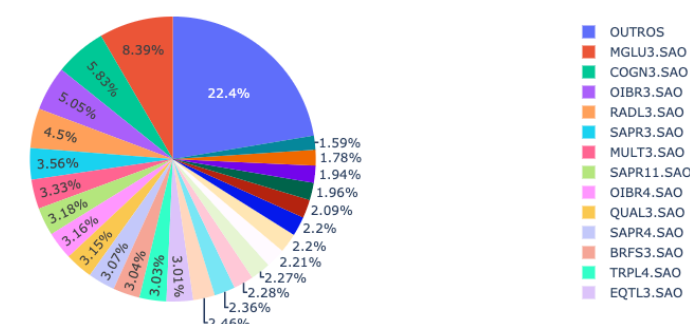


Figura 7 - Composição percentual do Portfólio 5

Tabela 5 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 5

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
29,4%	20,0%	1,37

6. Empresas com nota ESG acima da média para máximo retorno (Portfólio 6), a Figura 8 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida e a Tabela 6 representa as expectativas futuras de retorno e de risco associado ao portfólio.

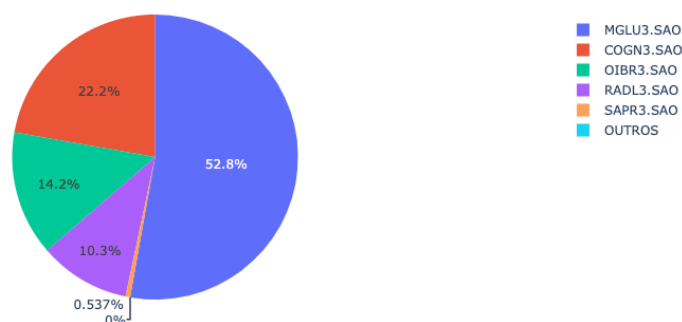


Figura 8 - Composição percentual do Portfólio 6

Tabela 6 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 6

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
80,0%	68,9%	1,13

7. Empresas com nota ESG abaixo da média para máximo índice Sharpe (Portfólio 7), a Figura 9 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida e a Tabela 7 representa as expectativas futuras de retorno e risco associado ao portfólio.

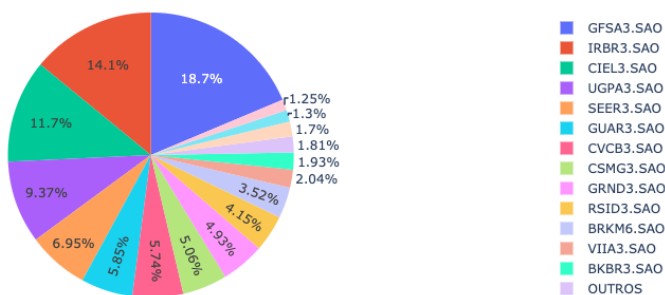


Figura 9 - Composição percentual do Portfólio 7

Tabela 7 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 7

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
55,9%	36,1%	1,49



8. Empresas com nota ESG abaixo da média para mínimo risco (Portfólio 8), a Figura 10 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida e a Tabela 8 representa as expectativas futuras de retorno e risco associado ao portfólio.

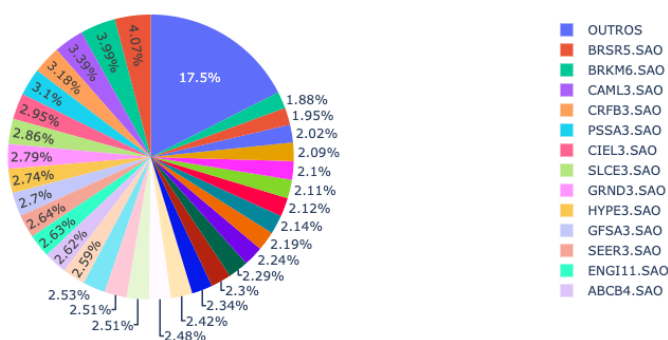


Figura 10 - Composição percentual do Portfólio 8

Tabela 8 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 8

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
12,0%	20,0%	0,50

9. Empresas com nota ESG abaixo da média para máximo retorno (Portfólio 9), a Figura 11 representa a composição percentual da carteira de ativos obtida e a Tabela 9 representa as expectativas futuras de retorno e risco associado ao portfólio.

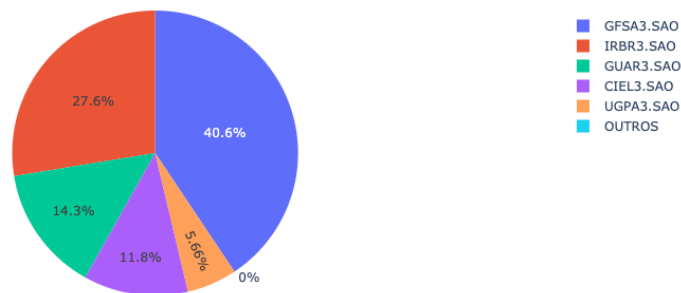


Figura 11 - Composição percentual do Portfólio 9

Tabela 9 - Taxas associadas a expectativas futuras do Portfólio 9

Retorno anual esperado	Volatilidade anual esperada	Índice Sharpe
80,0%	59,5%	1,31

Pode-se perceber que, segundo as análises, as carteiras que englobam todas as ações, sejam elas com boas notas ESG ou não, possuem melhores expectativas, tanto de retorno quanto de volatilidade, quando comparadas com as demais de mesmo objetivo, como esperado, pois quanto maior o número de ativos à disposição para seleção, melhores serão os resultados esperados tanto de retorno quanto de risco associado. Comparando a carteira composta de ações ESG com aquela

composta por ações não ESG, podemos perceber que para uma minimização de risco, o portfólio ESG possui melhor expectativa de retorno, como esperado pelo desenvolvimento teórico inicial.

Finalmente foi realizado um *backtest* com os portfólios obtidos acima das cotações dos ativos a partir do dia 25 de maio de 2022 até 31 de agosto de 2022. Os portfólios foram considerados de forma que no instante inicial, todos receberam uma mesma quantidade de recurso, totalizando 100%, e as alocações foram realizadas respeitando a composição obtida de cada carteira, os resultados podem ser observados abaixo.

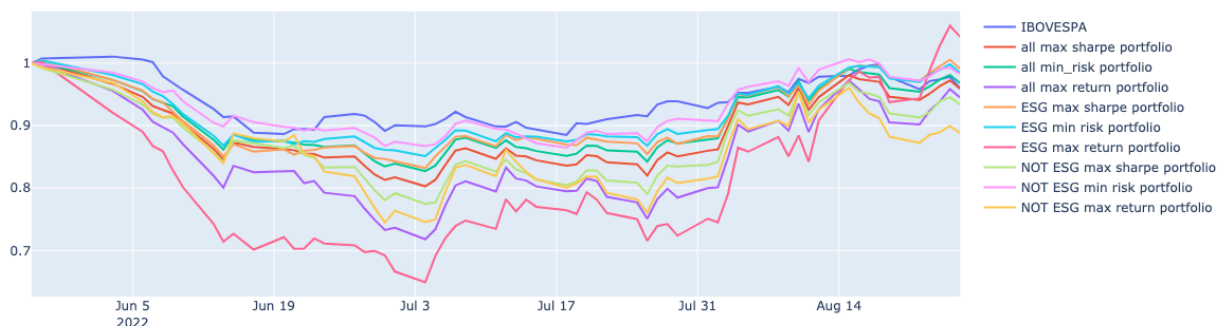


Figura 12 - Backtest sobre os portfólios obtidos

A partir do back test pôde-se observar que os três portfólios com apenas ativos ESG tiveram, ao final da análise, um desempenho superior ao benchmark adotado, o índice BOVESPA, sendo o de melhor retorno o portfólio com ações apenas ESG otimizada para um máximo retorno desejado. Observa-se que este portfólio que obteve o melhor desempenho, foi o que mais subperformou durante o intervalo de 25 de maio até 18 de julho, onde todos os portfólios perderam valor.

Destaca-se também os portfólios contendo todas as ações otimizadas para minimizar o risco, bem como o portfólio com ações não ESG otimizadas para minimizar o risco, que obtiveram performance superior ao benchmark no período analisado. Os demais portfólios tiveram uma performance inferior ao benchmark com destaque negativo para o portfólio contendo apenas empresas com notas ESG abaixo da média otimizadas para obter o máximo retorno.

## 7. CONCLUSÕES

Como observado a partir dos resultados obtidos e de acordo com as discussões levantadas na introdução ao tema, pode-se concluir que, de fato, investidores que se preocupam em alocar seus recursos em empresas e projetos com boa avaliação de sustentabilidade e responsabilidade social empresarial podem esperar um retorno superior do que classes de ativos que não possuem essa classificação.

Outro ponto importante a ser discutido é a limitação do método de avaliação analítico escolhido, por se basear em análises estatísticas passadas, podem muitas vezes estar enviesadas e não servir como o melhor proxy para a seleção de portfólios quando deseja-se obter uma previsão mais acurada do futuro destas empresas.

Contudo, ressalta-se que o contexto analisado restringiu-se a analisar empresas brasileiras listadas na bolsa de valores, onde fica a sugestão de trabalhos futuros, que possam analisar diferentes empresas de diferentes países, verificando se a mesma hipótese se mantém verdadeira.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bailey, D. H., & Lopez de Prado, M. M. (2011). The Sharpe Ratio Efficient Frontier. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1821643>
2. Beck, C., E. W., & Jentzen, A. (2019, January 7). Machine Learning Approximation Algorithms for High-Dimensional Fully Nonlinear Partial Differential Equations and Second-order Backward Stochastic Differential Equations. *Journal of Nonlinear Science*, 29(4), 1563–1619. <https://doi.org/10.1007/s00332-018-9525-3>
3. Cheng, B., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2013, April 29). Corporate social responsibility and access to finance. *Strategic Management Journal*, 35(1), 1–23. <https://doi.org/10.1002/smj.2131>
4. ESG Book - We power financial markets for a sustainable future. (2022, September 14). ESG Book. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.esgbook.com>
5. Fatemi, A., Glaum, M., & Kaiser, S. (2018, November). ESG performance and firm value: The moderating role of disclosure. *Global Finance Journal*, 38, 45–64. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2017.03.001>
6. Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015, October 2). ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 5(4), 210–233. <https://doi.org/10.1080/20430795.2015.1118917>
7. Kolm, P. N., Tütüncü, R., & Fabozzi, F. J. (2014, April). 60 Years of portfolio optimization: Practical challenges and current trends. *European Journal of Operational Research*, 234(2), 356–371. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.10.060>
8. Lamont, O., Polk, C., & Saaá-Requejo, J. (2001, April). Financial Constraints and Stock Returns. *Review of Financial Studies*, 14(2), 529–554. <https://doi.org/10.1093/rfs/14.2.529>
9. Ledoit, O., & Wolf, M. (2003, December). Improved estimation of the covariance matrix of stock returns with an application to portfolio selection. *Journal of Empirical Finance*, 10(5), 603–621. [https://doi.org/10.1016/s0927-5398\(03\)00007-0](https://doi.org/10.1016/s0927-5398(03)00007-0)
10. Markowitz, H. (1952, March). PORTFOLIO SELECTION\*. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x>
11. Martin, R. (2021, May 7). PyPortfolioOpt: portfolio optimization in Python. *Journal of Open Source Software*, 6(61), 3066. <https://doi.org/10.21105/joss.03066>
12. McWilliams, A., & Siegel, D. (2001). Corporate Social Responsibility: a Theory of the Firm Perspective. *Academy of Management Review*, 26(1), 117–127. doi:10.5465/amr.2001.4011987
13. Nofsinger, J., & Varma, A. (2014, November). Socially responsible funds and market crises. *Journal of Banking & Finance*, 48, 180–193. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2013.12.016>
14. Silva, J. C. S. (2020). Index tracking model through an enhanced GRASP approach for the financial portfolio problem[Dissertação (Mestrado)]. Universidade Federal de Pernambuco. CIn, Ciência da Computação, Recife.

15. Silva dos Reis, F. (2022). Otimização de carteiras de investimentos pelo modelo de Markowitz utilizando a linguagem de programação Python [Trabalho de conclusão de curso (Ciências Contábeis)]. Universidade Federal de São Paulo - Escola Paulista de Política, Economia e Negócios, Osasco.
16. Vantage, A. (2022). Free Stock APIs in JSON & Excel | Alpha Vantage. Retrieved September 20, 2022, from <https://www.alphavantage.co/#page-top>
17. Wang, Z., & Sarkis, J. (2017, September). Corporate social responsibility governance, outcomes, and financial performance. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1607–1616. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.142>

## **9. ATIVIDADES PARALELAS DESENVOLVIDAS PELO ESTUDANTE**

Não foram realizadas atividades paralelas durante a realização deste estudo.

## **10. DIFICULDADES ENCONTRADAS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

Não foram encontradas dificuldades durante a realização do trabalho.

—