



XVIII Congresso Internacional de Custos
XXX Congresso Brasileiro de Custos

15 a 17 de novembro de 2023
Natal / RN / Brasil



A otimização de carteiras como ferramenta de redução de custos para o investidor em ações

Flávio Gomes Cardoso (UFU) - flavio.cardoso@ufu.br

Ricardo de Oliveira Maximo (UFU) - ricardo@ufu.br

Kárem Cristina de Sousa Ribeiro (FAGEN/UFU) - kribeiro@ufu.br

Resumo:

A busca pelo melhor custo-benefício na montagem de uma carteira de investimento sempre será a diferença entre o sucesso e o fracasso do investidor. Usando critérios de custo-benefício na seleção de ações, o presente trabalho responde à questão: como selecionar uma carteira de ações de empresas de energia elétrica na B3 (Brasil Bolsa Balcão S.A) tal que a carteira selecionada tenha um rendimento superior ao próprio rendimento da carteira referência do mercado, o índice Ibovespa, com o melhor custo-benefício? Para isso, dados secundários das cotações das ações das empresas de energia elétrica listadas na B3 foram obtidos pelo Economática, analisadas e dispostas em ordem para prioridade na alocação e escolha para formação de carteiras dentro do critério do índice de Sharpe, do alfa, do beta, do critério de Kelly e do critério da média geométrica. As várias carteiras assim obtidas foram otimizadas no Economática para determinação da ponderação ótima de custobenefício. O retorno de cada uma foi comparado com o retorno do índice Ibovespa. Após a comparação, chegou-se à carteira de melhor performance sendo a melhor carteira de custo-benefício para investimento. Como sequência, em um outro trabalho, a aplicação dessa metodologia será feita para um número maior de ações.

Palavras-chave: *Otimização de Carteira, redução de custos, custo-benefício Ibovespa. Critérios.*

Área temática: *Custos como ferramenta para o planejamento, controle e apoio a decisões*

A otimização de carteiras como ferramenta de redução de custos para o investidor em ações

RESUMO

A busca pelo melhor custo-benefício na montagem de uma carteira de investimento sempre será a diferença entre o sucesso e o fracasso do investidor. Usando critérios de custo-benefício na seleção de ações, o presente trabalho responde à questão: como selecionar uma carteira de ações de empresas de energia elétrica na B3 (Brasil Bolsa Balcão S.A) tal que a carteira selecionada tenha um rendimento superior ao próprio rendimento da carteira referência do mercado, o índice Ibovespa, com o melhor custo-benefício? Para isso, dados secundários das cotações das ações das empresas de energia elétrica listadas na B3 foram obtidos pelo Economática, analisadas e dispostas em ordem para prioridade na alocação e escolha para formação de carteiras dentro do critério do índice de Sharpe, do alfa, do beta, do critério de Kelly e do critério da média geométrica. As várias carteiras assim obtidas foram otimizadas no Economática para determinação da ponderação ótima de custo-benefício. O retorno de cada uma foi comparado com o retorno do índice Ibovespa. Após a comparação, chegou-se à carteira de melhor performance sendo a melhor carteira de custo-benefício para investimento. Como sequência, em um outro trabalho, a aplicação dessa metodologia será feita para um número maior de ações.

Palavras-chave: Otimização de Carteira, redução de custos, custo-benefício Ibovespa. Critérios.

Área Temática: Custos como ferramenta para o planejamento, controle e apoio a decisões.

1 INTRODUÇÃO

Como nasce uma carteira de investimentos em ações na B3 (Brasil Bolsa Balcão S.A)? Ou, pelo menos, como essa carteira deveria nascer com o melhor custo-benefício para o investidor? Essa questão, apesar de pouco feita e respondida, passa intuitivamente na mente de cada investidor que escolhe ações na B3 para investir. A busca pelo melhor custo-benefício na montagem de uma carteira de investimento sempre será a diferença entre o sucesso e o fracasso do investidor.

Para fazer essa escolha há de tudo o que é possível pensar de critérios subjetivos, crenças, modismos que influenciam direta ou indiretamente na escolha do investidor. Muitos fazem essa seleção e escolha sem considerar as questões racionais envolvidas para tanto e não sabem dizer por que escolheram tal ação e nem porque investiram nela. Esse problema de alocação e como fazê-la, de uma forma racional, começa pensando a resposta para a pergunta fundamental já exposta: como selecionar uma carteira de ações de empresas na B3, tal que a carteira selecionada tenha o melhor custo-benefício para o investidor e um rendimento superior ao próprio rendimento da carteira referência do mercado que é o índice Ibovespa?

A resposta a essa questão orienta o investidor a tomar uma decisão. Se as escolhas de ações para a composição da carteira não superarem o rendimento da carteira referência do mercado, o investidor então compra o índice do mercado, sendo remunerado pelo que essa carteira referência resulta de lucro, ficando seu retorno na média do mercado. Caso o investidor queira ter lucros maiores que a média da

referência do mercado então ele terá de escolher criteriosamente qual ação vai compor sua carteira.

Para a Bovespa, o trabalho de Junior, R. N. P., & Payés, M. A. M. (2015), aplicando Markowitz, H.M. (March 1952). e Sharpe, W. F. (1963) selecionou 20 ações de maior representatividade para a montagem de carteira de ações na Bovespa e comparou várias configurações de montagem dessas carteiras, indicando as melhores. Basílio, M. P., & Rego, R. B. (2017) ordenaram ações para construção de carteiras na Bovespa, usando o coeficiente de variação. Neste trabalho, para aplicar um modelo de montagem de carteiras na B3, para o melhor custo-benefício para o investidor, as ações de empresas de energia elétrica listadas na B3 foram usadas.

A escolha se deve pelo fato desse mercado ter uma grande variedade de empresas atuantes, de capital fechado ou aberto, sendo que essas de capital aberto estão listadas na B3, e pelo fato, também, do setor elétrico ser um dos grandes setores da Bovespa perfazendo 79 empresas ativas listadas, entre recentes e antigas, entre as públicas e as privadas que são atuantes em diferentes áreas, como geração, transmissão e distribuição, dentro do setor elétrico, sendo um mosaico de diferentes opções de investimento, dentro desse próprio setor, com amplas possibilidades de montagem de uma carteira, uma vez que nenhum investidor irá comprar ações de cada uma das 79 dessas empresas listadas, pois essa decisão não levaria ao melhor custo-benefício para o investidor.

O objetivo é encontrar entre as ações dessas empresas, aquelas com potencial de superar o rendimento do índice Ibovespa, que é o referencial de rendimento para o mercado de ações, e montar uma carteira delas com o melhor custo-benefício e com amplas possibilidades de ganhar em rendimento do índice Ibovespa. Meta essa que todo investidor tem em mente para ser alcançada e superada todo ano, sendo também a grande motivação deste trabalho. Para obter essa (s) carteira (s), o referencial teórico segue na próxima seção.

2 REFERENCIAL TEÓRICO.

Alocação de ativos em carteiras usando o alfa e o beta de ações americanas foi feito por Leibowitz, M. L., & Bova, A. (2005). Para isso, utilizou-se da regressão feita no modelo:

$$\tilde{r}_i = \tilde{\alpha}_i + \beta_i (\tilde{r}_e - r_f) \quad (1)$$

Onde:

\tilde{r}_i é o retorno do i-ésimo ativo menos a taxa livre de risco, sendo ele caracterizado em termos de seu coeficiente de regressão, β_i , das ações americanas usadas, \tilde{r}_e , em excesso acima da taxa livre de risco, r_f e $\tilde{\alpha}_i$ é o intercepto da regressão (Leibowitz, M. L., & Bova, A. 2005).

Os alfas e betas de alocação simplificam o processo de alocação de portfólio e facilitam uma abordagem intuitiva para a alocação de ativos. Embora o alfa possa ser visto como uma forma de diversificar a volatilidade desses ativos, seu benefício real tende a ser o aumento do retorno (Leibowitz, M. L., & Bova, A. 2005).

O critério de Kelly, Kelly, J. L. (1956), no início usado somente para jogos de azar e com distribuições estatísticas discretas, foi generalizado para ser usado no jogo do mercado de ações, (Rotando, L. M., & Thorp, E. O. 1992).

Dada a possibilidade de utilização no mercado de ações, a equação que permite o cálculo do critério de Kelly para o mercado financeiro foi estabelecida como:

$$f^* = (\mu_i - r_f) / \sigma_i^2 \quad (2) \quad (\text{Rotando, L. M., \& Thorp, E. O. 1992}), (\text{Thorp, E. O. 2008}), (\text{Hung, J. 2010}), (\text{Khanna, N. (2016)}).$$

Onde:

f^* , o critério de Kelly, é a fração ótima de investimento na ação ou carteira, dado um retorno esperado μ_i , r_f é o investimento concorrente, aqui sendo a taxa de retorno livre de risco e σ_i é o desvio padrão da média μ_i dos retornos esperados do ativo de risco ou carteira.

O critério de Kelly foi amplamente utilizado e divulgado como critério de investimento, alocação de carteiras e de crescimento de capital (MacLean, L. C., Thorp, E. O., & Ziemba, W. T. 2011).

Além do uso do critério de Kelly para a alocação de uma carteira, a média geométrica dos retornos (GMM) de ações também pode ser usada como alocação de portfólio. Ela é um critério alternativo que visa maximizar o crescimento do capital investido, maximizando riqueza no longo prazo (Estrada, J. 2010). A média Geométrica, como critério de investimento e seleção de ativos, foi usada e com superação da maximização pelo índice de Sharpe, proporcionando aos investidores maior crescimento, potencial de alta muito maior e potencial de queda bastante limitado (De Santiago, R., & Estrada, J. 2013).

Os retornos geométricos r_g são medidos como o retorno médio geométrico do período de manutenção, calculado da seguinte forma, Copeland, T. E., Weston, J. F., & Shastri, K. (2005), pag. 162. O critério da média geométrica pode ser usado com a expressão:

$$r_g = \left[\prod_{t=1}^N (1 + r_{pt}) \right]^{1/N} - 1$$

(3) (Copeland, T. E., Weston, J. F., & Shastri, K. 2005), pag. 162

Ou

$$GM = \prod_{i=1}^N R_i^{p_i}$$

(4) (Levy, M., 2017).

Levy, M. (2017) comparou a média geométrica como critério de alocação em carteiras com outros métodos de alocação, como o alfa e o índice de Sharpe.

Essa comparação da média geométrica como critério de alocação em carteiras com outros métodos como o alfa e o índice de Sharpe revelou que, no mundo real, a média geométrica é uma medida de desempenho alternativa superior. Está muito mais alinhada com as preferências dos investidores do que o índice de Sharpe ou o alfa. A média geométrica tem a vantagem de produzir um ranking invariante ao horizonte de investimento (Levy, M. (2017).

A Expressão da média geométrica foi generalizada para a expressão:

$$GM \cong E(R_p) - \frac{\sigma_p^2}{2} \quad (5) \quad \text{Levy, M. (2017), (Johnston, K., \& Hatem, J. 2021)}$$

Permitindo ainda mais o seu uso como critério de seleção para alocação de ativos em carteira.

A escolha das maiores médias geométricas dos retornos históricos das ações fornece um critério de seleção como estratégia cujo maior retorno ocorre com a maior média geométrica (Latane, H. A. 1959).

Comparações entre portfólios alocados pelo critério da média geométrica superaram aqueles alocados segundo o critério do índice de Sharpe. (De Santiago, R., & Estrada, J. 2013).

Outra forma de alocação de ativos em carteira é o índice de Sharpe (Sharpe, W. F. 1998). O critério do índice de Sharpe, que é baseado no modelo estático do CAPM é uma estrutura de um período. Por outro lado, o critério da média geométrica GMM é de multiperíodo o que é consistente com a maneira como a maioria dos investidores alocam suas carteiras (Estrada, J. 2010).

Abaixo, o índice de Sharpe como critério para alocação de carteiras que foi comparado entre os métodos de alocação, alfa, média Geométrica e o índice de Sharpe (Levy, M. 2017):

$$\frac{\sum_{i=1}^N p_i R_i - R_f^L}{\sigma(R)} \quad (6) \text{ Levy, M. (2017)}$$

Onde:

p_i é a peso na carteira, R_i , o retorno do i -ésimo ativo, R_f^L , o retorno do ativo livre de risco e $\sigma(R)$ o desvio padrão da carteira. Na próxima seção traz-se os aspectos metodológicos.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

O objetivo deste trabalho é encontrar entre as ações das empresas do setor elétrico da B3, aquelas com potencial de superar o rendimento do índice Ibovespa, que é o referencial de rendimento para o mercado de ações, e montar uma carteira delas com o melhor custo-benefício e com amplas possibilidades de ganhar em rendimento do índice Ibovespa.

O presente trabalho quanto a abordagem é quantitativa, quanto aos fins é um trabalho explicativo e quanto aos meios, um trabalho documental.

A investigação explicativa tem como principal objetivo tornar algo inteligível, justificar-lhe os motivos. Visa, portanto, esclarecer quais fatores contribuem, de alguma forma, para a ocorrência de determinado fenômeno (Vergara, S. C. 2006). A pesquisa explicativa é um tipo de pesquisa que além de registrar, analisar, classificar e interpretar os fenômenos estudados, ela procura identificar seus fatores determinantes, procurando a razão e o porquê das coisas (Andrade, M. M. D. 2002). Uma investigação documental é a realizada em documentos conservados no interior de órgãos públicos e privados de qualquer natureza (Vergara, S. C. 2006).

Esse trabalho usou dados históricos diários de cotações de ações de empresas de energia elétrica listadas na B3. Foram escolhidas as cotações diárias porque, com a base diária, o número de dias de negociação foi de 1104, permitindo um número de observações (amostra) bem maior que o limite 120, considerado então como uma grande amostra estatística representativa. Os dados foram obtidos pelo Economática, utilizando a data inicial de 02/01/2019 até 12/06/2023 para as cotações na bolsa. As ações selecionadas foram aquelas ativas e que tiveram volume de movimentação

diária, ininterruptas nesse período. Trinte e três (33) ações de empresas do setor de energia elétrica da B3 fizeram parte desse estudo, estando listadas abaixo no Quadro1.

	Nome	Código
1	AES Brasil	AESB3
2	Alupar	ALUP4
3	Alupar	ALUP11
4	Celesc	CLSC4
5	Cemig	CMIG3
6	Cemig	CMIG4
7	Coelce	COCE5
8	Copel	CPLE3
9	Copel	CPLE6
10	CPFL Energia	CPFE3
11	Eletrobras	ELET3
12	Eletrobras	ELET6
13	Emae	EMAE4
14	Energias BR	ENBR3
15	Energisa	ENGI3
16	Energisa	ENGI4

17	Energisa	ENGI11
18	Eneva	ENEV3
19	Engie Brasil	EGIE3
20	Eqtl Para	EQPA3
21	Equatorial	EQTL3
22	Ger Paranap	GEPA4
23	Light S/A	LIGT3
24	Omegaenergia	MEGA3
25	Rede Energia	REDE3
26	Renova	RNEW3
27	Renova	RNEW4
28	Renova	RNEW11
29	Taesa	TAEE3
30	Taesa	TAEE4
31	Taesa	TAEE11
32	Tran Paulist	TRPL3
33	Tran Paulist	TRPL4

Quadro1: Ações utilizadas e código de negociação na B3

Fonte: Elaborada pelos Autores.

Com as ações das empresas do Quadro1, aplicou-se cada um dos critérios de alocação definidos no referencial teórico, para que, com base nesses critérios, essas ações pudessem ser ordenadas e colocadas em carteiras.

A regressão linear simples foi utilizada como o método econométrico para esse estudo. A regressão linear simples é um modelo matemático que descreve a relação entre duas ou mais variáveis de tipo quantitativo (Martins, M. E. G. 2019). O modelo é dado pela equação

$y = a + bx$ (7) (Martins, M. E. G. 2019), que dá informação sobre como se refletem em y (variável dependente) as mudanças processadas em x (variável independente), a é o intercepto e b é o coeficiente angular. Um dos métodos mais conhecidos de ajustar uma reta a um conjunto de dados é o método dos mínimos quadrados (Martins, M. E. G. 2019).

Os primeiros critérios de alocação nesse estudo foram o alfa (α) e o beta (β) (Leibowitz, M. L., & Bova, A. 2005), resumido na equação (1) e que, com base nessa equação (1), fez-se a adaptação para a B3, utilizando o índice Bovespa como mercado referência e a poupança como ativo livre de risco, conforme a equação (8)

$$\tilde{r}_i = \tilde{\alpha}_i + \beta_i (\tilde{r}_e - r_f) \quad (1)$$

$$(r_i - r_f) = \alpha + \beta (r_{ibov} - r_f) \quad (8)$$

Com base na equação 8, calculou-se pelo software STATA, o retorno médio (r_i) de cada uma das ações do Quadro 1, cujos dados de cotações históricas foram obtidas, assim como a índice da poupança, pelo banco de dados Economatica.

Considerando o ativo livre de risco (rf) como sendo o índice da poupança e cada ação do Quadro 1, como sendo ri . O termo $(ri - rf)$ foi a variável dependente y da cada regressão feita nesse estudo, com base no modelo dado pela equação (7), em que o termo $(ri - rf)$ é a variável dependente y e o termo $(ri_{ibov} - rf)$ da equação (8) é a variável independente x , do modelo referência, dado pela equação (7).

Com isso, após cada regressão, os betas (β) e os alfas (α) da equação (8), para cada uma das ações do Quadro 1, para o período de 02/01/2019 a 19/06/2023, foram calculados pelos softwares STATA. O alfa (α) e o beta (β) de cada ação, com as significâncias estatísticas foram determinados.

Nesse contexto, com base no referencial teórico e com os objetivos da pesquisa, o seguinte passo a passo metodológico foi elaborado, conforme a Quadro 2:

1- Economática: escolher as Empresas de energia elétrica na Bovespa para o estudo.	6- Análise dos dados: Média Geometria dos Lucro
2- Economática: baixar as cotações históricas das ações das empresas obtidas em 1.	8- Economática: determinar as melhores carteiras por otimização
3- Stata: Analisar os dados e regressões: determinação do retorno médio, risco, alfa e beta	9 –Economática: determinar retorno e risco para cada carteira otimizada
4- Analisar os dados: calcular o índice de Sharpe	10– Comparação com a referência do mercado – Ibov : Ibovespa.
5- Analisar os dados: calcular o F^* do critério de Kelly	11– Selecionar a melhor carteira que supera o Ibovespa

Quadro 2: Passo a passo metodológico empregado no trabalho

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir desse passo a passo metodológico, na próxima seção traz-se os resultados.

4 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES

4.1 Usando as ações do setor elétrico como procedimento para escolha das ações a compor uma carteira de investimento com o melhor custo-benefício.

Pelos dados obtidos pelo Economática, há, no momento, 33 empresas de energia elétrica listadas na Bovespa cujas ações tiveram negociações diárias, sendo, então, possível fazer escolhas, e listar as melhores entre elas para compor uma carteira de investimento que possa ter o melhor custo-benefício e superar o rendimento geral do índice Ibovespa, referência no mercado. O Objetivo de qualquer investidor é superar o rendimento desse índice, tendo uma performance melhor que a referência do mercado, no investimento feito, na sua carteira de escolha. Isso é muito razoável, pois, caso a carteira não tenha possibilidade de superação desse índice de referência, para o investidor, seria vantajoso comprar o próprio índice da referência, o Ibovespa, e ficar com o rendimento resultante por essa carteira do mercado do que se arriscar e montar sua própria carteira de investimento. Para ser investida então, a carteira escolhida tem de superar o ganho da carteira referência do mercado, com o melhor custo-benefício. O estudo constatou que as ações das empresas de energia elétrica têm esse potencial. O Quadro 3 e O Quadro 4 trazem o “ranking” das ações pelo beta e pelo alfa, respectivamente.

"Ranking"	Ação	beta	Sign P> t
1	REDE3	0.020975	0.566
2	GEPA4	0.033919	0.252
3	TRPL3	0.061856	0.065
4	CPLE3	0.134938	0.000
5	TAE11	0.174766	0.000
6	RNEW4	0.178764	0.015
7	TRPL4	0.21587	0.000
8	TAE4	0.221604	0.000
9	EMAE4	0.241784	0.000
10	ENBR3	0.250118	0.000
11	RNEW3	0.256862	0.000
12	TAE3	0.263592	0.000
13	RNEW11	0.28945	0.000
14	AESB3	0.302889	0.000
15	EQPA3	0.309017	0.000
16	CPFE3	0.315878	0.000
17	EQTL3	0.318071	0.000

"Ranking"	Ação	beta	Sign P> t
18	ENGI3	0.325377	0.000
19	EGIE3	0.325377	0.000
20	MEGA3	0.336212	0.000
21	ENEV3	0.352456	0.000
22	ENGI4	0.448901	0.000
23	ELET6	0.537339	0.000
24	ELET3	0.64886	0.000
25	ALUP11	0.785001	0.000
26	LIGT3	0.795175	0.000
27	IBOV	1	
28	ALUP4	6.450832	0.000
29	CLSC4	9.243385	0.000
30	CMIG3	9.406047	0.000
31	CPLE6	10.14879	0.000
32	CMIG4	27.39064	0.000
33	COCE5	76.21976	0.000

Quadro 3: Betas e “ranking” menores para maiores

Fonte: Elaborado pelos autores

O quadro 4 traz os alfas ordenados dos maiores para os menores:

Quadro 4: Alfas e “ranking” maiores para menores

"Ranking"	Ação	alfa	Sign P> t
1	COCE5	25.0426	0.000
2	CMIG4	0.086293	0.000
3	CPLE6	0.029178	0.000
4	CMIG3	0.027855	0.000
5	CLSC4	0.027358	0.000
6	ALUP4	0.015119	0.000
7	IBOV	0	
8	REDE3	0.00148	0.022
9	EQTL3	0.00148	0.004
10	ALUP11	0.00161	0.002
11	ENEV3	0.00173	0.008
12	LIGT3	0.00181	0.075
13	ELET6	0.0019	0.005
14	EMAE4	0.00202	0.032
15	ELET3	0.00225	0.003
16	CPFE3	0.00283	0.000
17	GEP4	0.00284	0.000

Fonte: Elaborado pelos autores

"Ranking"	Ação	alfa	Sign P> t
18	MEGA3	-0.00292	0.000
19	TAAE3	-0.00338	0.000
20	EQPA3	-0.0034	0.000
21	ENBR3	-0.00346	0.000
22	CPLE3	-0.00352	0.000
23	ENGI4	-0.00362	0.000
24	AESB3	-0.0037	0.000
25	TAAE11	-0.00377	0.000
26	ENGI3	-0.00385	0.000
27	EGIE3	-0.00385	0.000
28	TRPL3	-0.00386	0.000
29	TRPL4	-0.00404	0.000
30	TAAE4	-0.00472	0.000
31	RNEW11	-0.00749	0.000
32	RNEW3	-0.00787	0.000
33	RNEW4	-0.00838	0.000

O Quadro 5, o Quadro 6 e o Quadro 7 trazem o “ranking” das ações pelo índice de Sharpe, pelo f^{*} Kelly e pela média geométrica, respectivamente.

"Ranking"	Ação	I.Sharp
1	CLSC4	0.030129
2	COCE5	0.030069
3	ALUP4	0.030051
4	CMIG4	0.03002
5	CMIG3	0.029985
6	CPLE6	0.02998
7	IBOV	0.029467
8	ALUP11	0.029247
9	AESB3	0.027726
10	CPLE3	0.025276
11	EMAE4	0.21528
12	LIGT3	0.23006
13	REDE3	0.26354
14	EQPA3	0.28856
15	RNEW11	0.293
16	RNEW3	0.29609
17	RNEW4	0.30364

"Ranking"	Ação	I. sharp
18	ENGI4	-0.30492
19	ELET3	-0.30517
20	ENEV3	-0.30532
21	ELET6	-0.31302
22	ENGI3	-0.32173
23	EGIE3	-0.32173
24	MEGA3	-0.3373
25	EQTL3	-0.36356
26	GEP4	-0.41152
27	TRPL3	-0.41311
28	CPFE3	-0.44137
29	ENBR3	-0.53656
30	TAAE3	-0.57984
31	TRPL4	-0.67044
32	TAAE11	-0.67128
33	TAAE4	-0.67668

Quadro 5: índice de Sharpe “ranking” maiores para menores

Fonte: Elaborado pelos autores

"Ranking"	Ação	f* Kelly
1	CPLE3	0.015535
2	AESB3	0.007592
3	ALUP11	0.003092
4	IBOV	0.002444
5	ALUP4	0.000385
6	CLSC4	0.000269
7	CMIG3	0.000265
8	CPLE6	0.000245
9	CMIG4	9.09E-05
10	COCE5	3.27E-07
11	LIGT3	-6.42209
12	RNEW3	-6.9941
13	RNEW11	-7.0076
14	EMAE4	-7.01064
15	RNEW4	-7.21527
16	EQPA3	-10.1241
17	ENGI4	-10.434

"Ranking"	Ação	f* Kelly
18	ELET3	-11.356
19	ENGI3	-11.8575
20	EGIE3	-11.8575
21	REDE3	-12.9714
22	ELET6	-13.0946
23	ENEV3	-13.9131
24	MEGA3	-14.5128
25	EQTL3	-20.8428
26	TRPL3	-21.6758
27	GEPA4	-25.0764
28	CPFE3	-25.3574
29	ENBR3	-35.5783
30	TAE3	-41.729
31	TAE4	-49.4797
32	TRPL4	-52.5422
33	TAE11	-55.2573

Quadro 6: f* Kelly "ranking" maiores para menores

Fonte: Elaborado pelos autores

"Ranking"	Ação	GMM
1	REDE3	0,998397
2	EQTL3	0,99731
3	GEPA4	0,997216
4	COCE5	0,996946
5	ENEV3	0,996828
6	EMAE4	0,996808
7	CMIG3	0,996564
8	CLSC4	0,996534
9	IBOV	0,996513
10	TRPL3	0,996458
11	CPFE3	0,995966
12	ELET6	0,995921
13	CPLE3	0,995884
14	CMIG4	0,995814
15	ALUP11	0,995682
16	MEGA3	0,995658
17	TAE3	0,995605

"Ranking"	Ação	GMM
18	ENBR3	0,995592
19	TAE11	0,995563
20	CPLE6	0,995526
21	EQPA3	0,995277
22	TRPL4	0,995163
23	AESB3	0,995132
24	ELET3	0,995082
25	LIGT3	0,994926
26	ENGI3	0,994657
27	EGIE3	0,994657
28	TAE4	0,994459
29	ENGI4	0,994441
30	ALUP4	0,993626
31	RNEW11	0,990675
32	RNEW3	0,990435
33	RNEW4	0,990153

Quadro 7: Média Geométrica "ranking" maiores para menores

Fonte: Elaborado pelos autores

O que se observa pelos resultados obtidos nos quadros 3, 4, 5, 6 e 7 é que o ranking de ações de cada critério gerou carteiras diferentes. Qual carteira o investidor deve escolher? Para tomar essa decisão, cada uma das carteiras foi otimizada pelo Economática, buscando o melhor custo-benefício e para seleção da melhor no binômio retorno e risco da carteira. Utilizou-se o módulo de ferramentas avançadas do Economática: Otimizações de carteiras. Os parâmetros escolhidos para as otimizações no Economática foram as cotações históricas das ações nos últimos 5 anos, anteriores, a poupança como ativo livre de risco, o índice Bovespa como referência na otimização (“benchmarking”) e as projeções para os próximos 7 anos, critério utilizado nas ferramentas avançadas, otimização de carteiras do Economática.

Isenção de responsabilidade dos autores: os resultados abaixo não são indicação ou recomendação dos autores para investimento, uma vez que fatores não-sistemáticos e pessoais não estão sendo considerados nas otimizações.

As otimizações, com os pesos ótimos de investimentos, o retorno e o risco de cada carteira estão nos quadros 8, 9, 10, 11 e 12.

Carteiras Betas			
	Retorno %	243,96	
	Risco %	35,54	
	Ação	Código	% na carteira
1	Ger Paranap	GEPA3	21.7
2	Taesa	TAEE3	20.5
3	Tran Paulist	TRPL3	16.7
4	Alupar	ALUP3	13.1
5	Coelce	COCE3	10.8
6	Engie Brasil	EGIE3	5.1
7	Celesc	CLSC3	4.9
8	Taesa	TAEE3	3.0
9	Renova	RNEW3	2.1
10	Eqtl Para	EQPA3	1.9
11	Renova	RNEW3	0.1

Quadro 8: Carteira otimizada ranking de betas

Fonte: Elaborado pelos autores

Carteira Alfas			
	Retorno %	203,35	
	Risco %	31,29	
	Ação	Código	% na carteira
1	Rede Energia	REDE3	25.6
2	Ger Paranap	GEPA3	18.8
3	Taesa	TAEE3	18.2
4	Tran Paulist	TRPL3	11.7
5	Alupar	ALUP3	10.3
6	Taesa	TAEE3	4.0
7	Celesc	CLSC3	3.8
8	Engie Brasil	EGIE3	3.7

9	AES Brasil	AESB3	1.3
10	Renova	RNEW3	1.2
11	Energisa	ENGI3	0.7
12	Eqtl Para	EQPA3	0.4
13	Renova	RNEW3	0.3

Quadro 9: Carteira otimizada ranking de alfas

Fonte: Elaborado pelos autores

Carteira índice de Sharpe			
	Retorno %	190,52	
	Risco %	31,07	
	Ação	Código	% na carteira
1	Rede Energia	REDE3	25.0
2	Ger Paranap	GEPA3	18.1
3	Taesa	TAEE3	17.0
4	Tran Paulist	TRPL3	11.8
5	Alupar	ALUP3	10.0
6	Coelce	COCE3	7.6
7	Engie Brasil	EGIE3	4.5
8	Taesa	TAEE3	3.1
9	Renova	RNEW3	1.2
10	Eqtl Para	EQPA3	0.8
11	Energisa	ENGI3	0.5
12	Renova	RNEW3	0.3

Quadro 10: Carteira otimizada ranking de índice de Sharpe

Fonte: Elaborado pelos autores

Carteira f* Kelly			
	Retorno %	192,08	
	Risco %	30,99	
	Ação	Código	% na carteira
1	Rede Energia	REDE3	24.8
2	Ger Paranap	GEPA3	17.9
3	Taesa	TAEE3	16.4
4	Tran Paulist	TRPL3	12.1
5	Alupar	ALUP3	8.9
6	Coelce	COCE3	7.2
7	Engie Brasil	EGIE3	3.8
8	Taesa	TAEE3	3.6
9	Celesc	CLSC3	3.0
10	Renova	RNEW3	1.2
11	Energisa	ENGI3	0.7
12	Eqtl Para	EQPA3	0.3
13	Renova	RNEW3	0.2

Quadro11: Carteira otimizada ranking f* Kelly

Fonte: Elaborado pelos autores

Carteira média Geometria			
	Retorno %	253,18	
	Risco %	35,49	
	Ação	Código	% na carteira
1	Ger Paranap	GEPA3	21,7
2	Taesa	TAE3	20,6
3	Tran Paulist	TRPL3	16,2
4	Alupar	ALUP3	13,5
5	Coelce	COCE3	10,9
6	Engie Brasil	EGIE3	5,3
7	Celesc	CLSC3	4,6
8	Taesa	TAE3	3,0
9	Renova	RNEW3	2,1
10	Eqtl Para	EQPA3	1,9
11	Renova	RNEW3	0,1

Quadro 12: Carteira otimizada ranking média geométrica

Fonte: Elaborado pelos autores

Após as otimizações, um resumo se encontra no Quadro 13.

Carteira	Critério de alocação	Retorno % Projetado(7 anos)*	Risco %
1	Média Geométrica	253,18	35,49
2	Beta (β)	243,96	35,54
3	Alfas (α)	203,35	31,29
4	f* de Kelly	192,08	30,99
5	índice de Sharpe	190,52	31,07
6	Ibovespa referência	96,39	24,15

Quadro 13: Resumo das otimizações das carteiras e ordenação

Fonte: Elaborado pelos autores

Analisando risco e retorno de todas as carteiras, no Quadro 13 e comparando com o Ibovespa, na linha 6 desse mesmo quadro, observa-se que todas as carteiras alocadas pelos critérios do referencial teórico superam nas projeções feitas no Economática para o rendimento do Índice Bovespa, sendo esse o objetivo desse trabalho. A melhor carteira, com o melhor custo-benefício para escolha seria a carteira formada pela média geométrica. Esse resultado está em linha com o resultado de Levy, M. (2017) de que a comparação da média geométrica como critério de alocação em carteiras com outros métodos como o alfa e o índice de Sharpe revelou que, no mundo real, a média geométrica é uma medida de desempenho alternativa superior Levy, M. (2017). Ela está muito mais alinhada com as preferências dos investidores do que o índice de Sharpe ou o alfa. A média geométrica tem a vantagem de produzir um ranking invariante ao horizonte de investimento (Levy, M. (2017).

O estudo também está em concordância com De Santiago, R., & Estrada, J. (2013), em que a média Geométrica, como critério de investimento e seleção de ativos, foi usada e com superação da maximização pelo índice de Sharpe, proporcionando aos investidores maior crescimento, potencial de alta muito maior e potencial de queda bastante limitado (De Santiago, R., & Estrada, J. 2013).

Em concordância com Leibowitz, M. L., & Bova, A. (2005), o resultado mostra também que o uso do alfa (α) e o beta (β) de alocação simplificam o processo de alocação de carteira/portfólio e facilitam uma abordagem intuitiva para a alocação de ativos. Embora o alfa (α) possa ser visto como uma forma de diversificar a volatilidade desses ativos, seu benefício real tende a ser o aumento do retorno (Leibowitz, M. L., & Bova, A. 2005).

No presente estudo, conforme o Quadro 13, a carteira alocada pelo critério dos betas (β) ficou como a segunda escolha e a carteira dos alfas (α) como a terceira escolha.

Isenção de responsabilidade dos autores: os resultados desse trabalho não são indicação ou recomendação dos autores para investimento, uma vez que fatores não-sistemáticos e pessoais não estão sendo considerados nas otimizações.

REFERÊNCIAS

- Andrade, M. M. D (2002). *Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação noções práticas*.
- Basílio, M. P., & Rego, R. B. (2017). Método de construção de carteira de investimento a partir do coeficiente de variação: um estudo empírico no mercado de ações brasileiro. *Tópicos em Administração* Volume 32, 30.
- Copeland, T. E., Weston, J. F., & Shastri, K. (2005). *Financial theory and corporate policy* (Vol. 4). Boston: Pearson Addison Wesley.
- De Santiago, R., & Estrada, J. (2013). Geometric mean maximization: Expected, observed, and simulated performance. *The Journal of Investing*, 22(2), 109-119.
- Estrada, J. (2010). Geometric mean maximization: an overlooked portfolio approach?. *The Journal of Investing*, 19(4), 134-147..
- Hung, J. (2010). *Betting with the Kelly criterion*. Massachusetts Institute of Technology.
- Johnston, K., & Hatem, J. (2021). Geometric Mean Maximization: A Note on Expected, Observed, and Simulated Performance. *The Journal of Investing*, 30(4), 87-94.
- Junior, R. N. P., & Payés, M. A. M. (2015). *Seleção De Carteiras De Investimento Segundo Harry Markowitz E William Sharpe*.
- Kelly, J. L. (1956). A new interpretation of information rate. *The bell system technical journal*, 35(4), 917-926.
- Khanna, N. (2016). *The Kelly criterion and the stock market*.
- Latane, H. A. (1959). Criteria for choice among risky ventures. *Journal of Political Economy*, 67(2), 144-155.

- Leibowitz, M. L., & Bova, A. (2005). Allocation betas. *Financial Analysts Journal*, 61(4), 70-82.
- Levy, M. (2017). Measuring portfolio performance: Sharpe, alpha, or the geometric mean?. *Journal of Investment Management*, 15(3), 1-17.
- MacLean, L. C., Thorp, E. O., & Ziemba, W. T. (2011). *The Kelly capital growth investment criterion: Theory and practice* (Vol. 3). world scientific.
- Markowitz, H.M. (March 1952). "Portfolio Selection". *The Journal of Finance*. 7 (1): 77–91. doi:10.2307/2975974. JSTOR 2975974.
- Martins, M. E. G. (2019). Regressão linear simples. *Revista de Ciência Elementar*, 7(3).
- Rotando, L. M., & Thorp, E. O. (1992). The Kelly criterion and the stock market. *The American Mathematical Monthly*, 99(10), 922-931.
- Sharpe, W. F. (1963). A simplified model for portfolio analysis. *Management science*, 9(2), 277-293.
- Sharpe, W. F. (1998). The sharpe ratio. *Streetwise—the Best of the Journal of Portfolio Management*, 3, 169-85.
- Thorp, E. O. (2008). *The Kelly criterion in blackjack sports betting, and the stock market*. In *Handbook of asset and liability management* (pp. 385-428). North-Holland.
- Vergara, S. C. (2006). *Projetos e relatórios de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 34, 38.