



Momentum e Otimização de Carteiras por Markowitz e Algoritmo Genético: Evidências Empíricas do Mercado Acionário Brasileiro (2021-2022)

Momentum and Portfolio Optimization Using the Markowitz Model and a Genetic Algorithm: Empirical Evidence from the Brazilian Stock Market (2021–2022)

Tiago Jazynski

Mestre em Economia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Clóvis Airon de Quadros

Mestre em Direito Econômico e Social pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Resumo: Este estudo analisa o desempenho fora da amostra de carteiras de ações construídas com a estratégia de momentum, otimizadas por diferentes métodos no mercado acionário brasileiro. O foco é comparar o retorno anualizado e o índice de Sharpe de quatro tipos de carteiras: a ingênua, a otimizada para máximo Sharpe de Markowitz, a de mínima variância de Markowitz e a otimizada por algoritmo genético (evolução diferencial), em relação ao IBOVESPA. Também se testa a significância estatística das diferenças observadas utilizando o teste de Ledoit e Wolf (2008). A pesquisa é aplicada e de abordagem quantitativa, utilizando dados diários de fechamento ajustado das ações do IBrX100 entre janeiro de 2021 e março de 2022. As ações vencedoras foram selecionadas com base no retorno do primeiro trimestre de 2021, e as carteiras formadas foram avaliadas trimestralmente ao longo de quatro trimestres subsequentes, fora do período amostral. Os resultados mostram que todas as carteiras de momentum superaram o IBOVESPA em termos de retorno e índice de Sharpe nos três primeiros trimestres fora da amostra, com diferenças estatisticamente significativas na maioria das comparações. A carteira otimizada por algoritmo genético teve o melhor desempenho nos dois primeiros trimestres, enquanto as carteiras de Markowitz, especialmente a de mínima variância, se destacaram a partir do terceiro trimestre. No quarto trimestre, nenhuma das carteiras apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação ao mercado. Conclui-se que o efeito momentum é observável no mercado brasileiro por até três trimestres e que a técnica de otimização dos pesos é menos crucial no curto prazo em comparação com a seleção das ações vencedoras.

Palavras-chave: momentum; Markowitz; algoritmo genético; índice de Sharpe; mercado acionário brasileiro.

Abstract: This study analyzes the out-of-sample performance of stock portfolios constructed using the momentum strategy, optimized by different methods in the Brazilian stock market. The focus is to compare the annualized return and the Sharpe ratio of four types of portfolios: the naive portfolio, the maximum Sharpe optimized portfolio by Markowitz, the minimum variance portfolio by Markowitz, and the genetically optimized portfolio (differential evolution), in relation to the IBOVESPA. It also tests the statistical significance of the observed differences using the Ledoit and Wolf (2008) test. The research is applied and quantitative in nature, utilizing daily adjusted closing price data of the IBrX100 stocks from January 2021 to March 2022. The winning stocks were selected based on the return of the first quarter of 2021, and the formed portfolios were evaluated quarterly over four subsequent trimesters, outside the

sample period. The results show that all momentum portfolios outperformed the IBOVESPA in terms of return and Sharpe ratio in the first three trimesters out of the sample, with statistically significant differences in most cases. The genetically optimized portfolio exhibited the best performance in the first two trimesters, while the Markowitz portfolios, especially the minimum variance portfolio, began to stand out from the third trimester onward. In the fourth trimester, none of the portfolios showed statistically significant differences compared to the market. It is concluded that the momentum effect is observable in the Brazilian market for up to three trimesters, and that the choice of weight optimization technique is less crucial in the short term compared to the selection of winning stocks.

Keywords: momentum; Markowitz; genetic algorithm; Sharpe ratio; Brazilian stock market.

INTRODUÇÃO

A hipótese dos mercados eficientes, em sua forma fraca, afirma que os preços das ações refletem completamente as informações contidas em suas próprias séries históricas, implicando que estratégias baseadas em retornos passados não deveriam resultar em retornos anormais persistentes (Fama, 1970). No entanto, desde o estudo pioneiro de Jegadeesh e Titman (1993), a literatura internacional tem acumulado evidências de que ações com bom desempenho recente — as chamadas vencedoras — tendem a manter esse desempenho por períodos de três a doze meses, fenômeno conhecido como efeito momentum. Essa descoberta abre oportunidades para estratégias sistemáticas de seleção de ações que buscam explorar esse padrão.

Entretanto, a escolha das ações vencedoras não resolve a questão da alocação de recursos em cada ativo da carteira. Esse desafio de otimização de pesos pode ser abordado pelo modelo clássico de média-variância de Markowitz (1952) ou por técnicas computacionais alternativas, como algoritmos evolutivos, que têm a capacidade de explorar o espaço de soluções sem se limitar a máximos ou mínimos locais (Goldberg, 1989). No contexto do mercado brasileiro, a evidência sobre qual dessas abordagens oferece o melhor desempenho ajustado ao risco em carteiras de momentum ainda é escassa e inconclusiva.

A pergunta de pesquisa deste estudo pode ser formulada da seguinte maneira: carteiras de ações construídas com a estratégia de momentum e otimizadas por diferentes técnicas — diversificação ingênua, Markowitz (1952) e algoritmo genético — apresentam um desempenho estatisticamente significativo superior ao do mercado acionário brasileiro, e essa superioridade se sustenta ao longo do tempo? A relevância do estudo reside na importância prática de testar, com dados recentes do mercado brasileiro, tanto a persistência do efeito momentum quanto a comparação entre técnicas concorrentes de otimização de carteira, um tema que tem sido pouco explorado em conjunto pela literatura nacional.

O objetivo principal deste estudo é comparar o desempenho fora da amostra de carteiras de ações selecionadas pela estratégia de momentum e otimizadas com quatro critérios distintos — diversificação ingênua, máximo Sharpe de Markowitz, mínima variância de Markowitz e algoritmo genético (evolução diferencial) —

em relação ao desempenho do IBOVESPA. Os objetivos específicos incluem: (i) selecionar as ações vencedoras do mercado brasileiro com base no critério de momentum no primeiro trimestre de 2021; (ii) construir as quatro carteiras alternativas a partir dessas ações; (iii) avaliar o retorno anualizado e o índice de Sharpe de cada carteira durante até quatro trimestres fora da amostra; e (iv) testar a significância estatística das diferenças entre o índice de Sharpe de cada carteira e o do mercado, utilizando o teste de Ledoit e Wolf (2008).

A hipótese de pesquisa sugere que as carteiras de momentum apresentam desempenho superior ao do mercado no curto prazo, mas que essa vantagem tende a se dissipar à medida que se afasta do período de formação da carteira, em consonância com a literatura internacional sobre a duração do efeito momentum (Jegadeesh; Titman, 1993).

Metodologicamente, o estudo se caracteriza como uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa, utilizando dados secundários de mercado. O estudo está organizado em cinco seções além desta introdução: a seção 2 apresenta a fundamentação teórica sobre momentum e as técnicas de otimização utilizadas; a seção 3 descreve os procedimentos metodológicos; a seção 4 apresenta os resultados; a seção 5 discute os achados à luz da literatura; e a seção 6 traz as considerações finais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Momentum e Eficiência de Mercado

Jegadeesh e Titman (1993), ao investigarem o mercado acionário norte-americano no período de 1965 a 1989, identificaram evidências de que estratégias baseadas no desempenho passado das ações poderiam proporcionar retornos anormais. Os autores observaram que a formação de carteiras compostas pela aquisição de ações que apresentavam melhor desempenho nos três a doze meses anteriores, simultaneamente à venda de ações com desempenho inferior, produzia retornos significativos, especialmente durante os três a doze meses subsequentes à constituição das carteiras.

Tal evidência contraria a premissa da forma fraca da hipótese dos mercados eficientes, proposta por Fama (1970), segundo a qual as informações contidas nos preços e retornos passados já estariam incorporadas aos preços correntes e, portanto, não permitiriam a obtenção sistemática de retornos anormais. Sob a perspectiva das finanças comportamentais, esse comportamento pode ser relacionado, entre outros fatores, à reação insuficiente dos investidores diante de novas informações (underreaction) e ao efeito de disposição (Prates; Duarte Júnior; Santos, 2019).

No mercado brasileiro, os resultados empíricos são menos uniformes. Piccoli, Souza, Vieira e Cruz (2015), analisando o período de 1997 a 2014, constataram retornos estatisticamente significativos para carteiras de momentum fora de

períodos de crise financeira. Silva Neto, Silva, Raboni e Oliveira (2014), por sua vez, recomendam a manutenção de carteiras de ações vencedoras por até seis meses, com sinais de reversão a partir daí, enquanto Pitthan (2017) associou a presença do efeito no Brasil, antes e depois da crise de 2008, ao efeito disposição.

Otimização de Carteiras: Markowitz e Algoritmo Genético

O modelo de média-variância de Markowitz (1952) busca a combinação de ativos que minimiza a variância da carteira para um dado retorno esperado, ou que maximiza o retorno para um dado nível de risco, a partir do retorno esperado de cada ativo e da matriz de covariâncias entre eles. Duas soluções particulares desse problema são frequentemente utilizadas como referência: a carteira de mínima variância global e a carteira que maximiza a razão de Sharpe, definida por:

$$RS = (\mu_p - r_f) / \sigma_p$$

Em que μ_p é o retorno esperado da carteira, r_f é o retorno do ativo livre de risco e σ_p é o desvio-padrão dos retornos da carteira. Apesar de sua relevância seminal, o modelo é sensível a erros de estimação dos parâmetros de média e covariância e pressupõe a normalidade dos retornos (Duarte, 2005; Mota, 2013).

Como alternativa computacional, este estudo utiliza a evolução diferencial (ED), um algoritmo evolutivo estocástico proposto por Kenneth Price em 1994 para problemas de otimização numérica contínua (Eltaeib; Mahmood, 2018). Diferentemente do problema de Markowitz, que resulta em um conjunto de soluções eficientes de Pareto, a formulação de ED aqui empregada busca uma solução única, ao maximizar a proporção de períodos históricos em que a carteira supera o índice de mercado. Sendo rip o retorno da carteira no período i , dado por:

$$rip = \sum_j w_j \cdot rij$$

Em que w_j é a proporção do ativo j na carteira, o problema de otimização por ED pode ser expresso como a maximização da proporção de períodos em que $rip \geq rim$ (retorno do índice de mercado no período i), sujeita a $\sum w_j = 1$ e $w_j \geq 0$ para todo j — ou seja, o algoritmo busca os pesos que fazem a carteira superar o mercado no maior número possível de períodos históricos observados (Sarmas, 2020).

A comparação entre essas técnicas de otimização não pode prescindir de um contraponto simples: a diversificação ingênua ($1/N$), que distribui os recursos igualmente entre os ativos selecionados. De Miguel, Garlappi e Uppal (2009) mostraram que, fora da amostra, a carteira ingênua frequentemente iguala ou supera modelos de otimização mais sofisticados, o que justifica sua inclusão como benchmark adicional neste estudo, ao lado do próprio IBOVESPA.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa caracteriza-se, quanto à natureza, como aplicada; quanto à abordagem, como quantitativa; e quanto aos objetivos, como descritiva, uma vez que busca descrever e comparar o desempenho de diferentes estratégias de

composição de carteira a partir de dados de mercado (Gil, 2008). Foram utilizados dados diários do preço de fechamento ajustado das ações negociadas na B3 e integrantes do índice IBrX100, além dos dados diários de retorno do IBOVESPA como benchmark de mercado, no período de janeiro de 2021 a 21 de março de 2022, extraídos do Yahoo Finance.

O período amostral, utilizado para a seleção das ações vencedoras pelo critério de momentum, corresponde de 02/01/2021 a 31/03/2021. O período de validação fora da amostra corresponde de 01/04/2021 a 21/03/2022, subdividido em quatro janelas trimestrais cumulativas, ao longo das quais o desempenho das carteiras foi comparado ao do mercado. O ano de 2020 foi excluído da análise em razão dos efeitos atípicos da pandemia de Covid-19 sobre o mercado financeiro, seguindo o precedente de Piccoli, Souza, Vieira e Cruz (2015), que constataram a ausência do efeito momentum em períodos de crise financeira.

A partir do ranking de retorno das 93 ações da amostra no primeiro trimestre de 2021, foram selecionadas as nove ações pertencentes ao décimo decil — as ações vencedoras — para compor quatro carteiras alternativas, cada uma com os mesmos nove ativos, porém com pesos distintos: (i) carteira ingênua, com participação igualitária de 11,11% para cada ativo; (ii) carteira de máximo Sharpe de Markowitz; (iii) carteira de mínima variância de Markowitz; e (iv) carteira otimizada por evolução diferencial (algoritmo genético). Os cálculos de seleção das ações, do retorno anualizado, do índice de Sharpe e do teste de Ledoit e Wolf foram realizados em R (RStudio); os pesos das carteiras de Markowitz e de evolução diferencial foram calculados em Python (Jupyter Notebook/Anaconda).

O índice de Sharpe de cada carteira foi calculado conforme:

$$IS = [E(R) - E(R_f)] / \sqrt{\text{Var}(R)}$$

Em que $E(R)$ é o retorno esperado da carteira, $E(R_f)$ é o retorno do ativo livre de risco (taxa do CDI) e $\text{Var}(R)$ é a variância dos retornos da carteira. Para testar se as diferenças entre o índice de Sharpe de cada carteira e o índice de Sharpe do mercado eram estatisticamente significativas, foi aplicado o teste de Ledoit e Wolf (2008), procedimento de bootstrap robusto à não normalidade e à correlação serial dos retornos, amplamente utilizado para a comparação de índices de Sharpe entre estratégias concorrentes.

A avaliação de desempenho fora da amostra foi realizada de forma cumulativa em quatro cortes trimestrais: 01/04/2021 a 30/06/2021 (1 trimestre), 01/04/2021 a 30/09/2021 (2 trimestres), 01/04/2021 a 31/12/2021 (3 trimestres) e 01/04/2021 a 21/03/2022 (4 trimestres), permitindo observar não apenas o desempenho relativo das carteiras, mas também por quanto tempo o efeito momentum permanece detectável estatisticamente.

RESULTADOS

Carteira Selecionada pela Estratégia de Momentum

A partir do ranking de retorno das 93 ações da amostra no primeiro trimestre de 2021, foram selecionadas as nove ações pertencentes ao décimo decil, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Ações vencedoras pelo critério de momentum (1º trimestre de 2021).

Ação	Código	Decil	Ordenação
Companhia Brasileira de Distribuição	PCAR3.SA	10	1 ^a
Embraer S.A.	EMBR3.SA	10	2 ^a
Braskem S.A.	BRKM5.SA	10	3 ^a
Méliuz S.A.	CASH3.SA	10	4 ^a
SLC Agrícola S.A.	SLCE3.SA	10	5 ^a
Positivo Tecnologia S.A.	POSI3.SA	10	6 ^a
Petro Rio S.A.	PRI03.SA	10	7 ^a
JBS S.A.	JBSS3.SA	10	8 ^a
Santos Brasil Participações S.A.	STBP3.SA	10	9 ^a

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Composição das Carteiras

A Tabela 2 apresenta a proporção de cada ativo nas quatro carteiras alternativas construídas a partir das ações vencedoras. Observa-se que a carteira de algoritmo genético apresentou pesos bastante próximos aos da carteira ingênua (em torno de 11% para cada ativo), enquanto as carteiras de Markowitz concentraram parcela maior dos recursos em poucos ativos — notadamente BRKM5.SA e SLCE3.SA na carteira de máximo Sharpe e JBSS3.SA, BRKM5.SA e SLCE3.SA na carteira de mínima variância.

Tabela 2 - Proporção de cada ação nas carteiras de vencedoras, por critério de otimização.

Ação	Código	Ingênua	Máx. Sharpe (Mkw.)	Mín. Variância (Mkw.)	Algoritmo Genético
Santos Brasil Part.	STBP3.SA	11,11%	5,00%	5,00%	11,59%
JBS S.A.	JBSS3.SA	11,11%	5,00%	30,00%	10,98%
Petro Rio S.A.	PRI03.SA	11,11%	5,00%	5,00%	11,10%
Positivo Tecnologia	POSI3.SA	11,11%	5,00%	5,00%	11,16%
SLC Agrícola S.A.	SLCE3.SA	11,11%	30,00%	24,13%	11,00%
Méliuz S.A.	CASH3.SA	11,11%	5,00%	5,00%	11,10%

Ação	Código	Ingênua	Máx. Sharpe (Mkw.)	Mín. Variância (Mkw.)	Algoritmo Genético
Braskem S.A.	BRKM5.SA	11,11%	30,00%	15,87%	11,15%
Embraer S.A.	EMBR3.SA	11,11%	10,00%	5,00%	11,01%
Comp. Bras. Distribuição	PCAR3.SA	11,11%	5,00%	5,00%	10,90%

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

Desempenho das Carteiras Fora da Amostra

As Tabelas 3 a 6 apresentam o retorno anualizado, o índice de Sharpe, a diferença entre o índice de Sharpe da carteira e o do mercado e o p-valor do teste de Ledoit e Wolf (LW), para os quatro cortes trimestrais cumulativos fora da amostra.

Tabela 3 - Desempenho das carteiras: 01/04/2021 a 30/06/2021 (1 trimestre fora da amostra).

Parâmetro	Ingênua	Máx. Sharpe (Mkw.)	Mín. Variância (Mkw.)	Algoritmo Genético	Mercado (Ibovespa)
Retorno anualizado	127,13%	115,76%	81,47%	127,50%	42,10%
Índice de Sharpe	0,3857	0,3051	0,2438	0,3875	0,1952
Dif. Sharpe (carteira – mercado)	0,1905	0,1099	0,1461	0,1923	-
Teste L.W. (p-valor)	0,0954*	0,3093	0,0708*	0,0914*	-

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados da pesquisa. * significativo a 10%; ** significativo a 5%.

No primeiro trimestre fora da amostra, a carteira de algoritmo genético apresentou o melhor desempenho, tanto em retorno anualizado (127,50%) quanto em índice de Sharpe (0,3875), superando inclusive a carteira ingênua. O teste de Ledoit e Wolf indicou significância estatística a 10% para as carteiras ingênua, de algoritmo genético e de mínima variância; a carteira de máximo Sharpe, apesar do bom desempenho bruto, não apresentou diferença estatisticamente significativa frente ao mercado.

Tabela 4 - Desempenho das carteiras: 01/04/2021 a 30/09/2021 (2 trimestres fora da amostra).

Parâmetro	Ingênua	Máx. Sharpe (Mkw.)	Mín. Variância (Mkw.)	Algoritmo Genético	Mercado (Ibovespa)
Retorno anualizado	60,92%	55,44%	51,32%	61,06%	-5,77%
Índice de Sharpe	0,1370	0,1205	0,1262	0,1374	-0,0202
Dif. Sharpe (carteira – mercado)	0,1572	0,1407	0,1462	0,1576	-
Teste L.W. (p-valor)	0,0284**	0,0472**	0,0708*	0,0284**	-

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados da pesquisa. * significativo a 10%; ** significativo a 5%.

No acumulado de dois trimestres, a carteira de algoritmo genético manteve o melhor desempenho (61,06% de retorno anualizado; Sharpe de 0,1374), e todas as carteiras passaram a apresentar significância estatística no teste de LW — a 5% para a maioria, e a 10% para a carteira de mínima variância —, confirmando a persistência do efeito momentum também neste horizonte.

Tabela 5 - Desempenho das carteiras: 01/04/2021 a 31/12/2021 (3 trimestres fora da amostra).

Parâmetro	Ingênua	Máx. Sharpe (Mkw.)	Mín. Variância (Mkw.)	Algoritmo Genético	Mercado (Ibovespa)
Retorno anualizado	35,15%	41,22%	38,00%	35,17%	-10,89%
Índice de Sharpe	0,0729	0,0862	0,0936	0,0729	-0,0352
Dif. Sharpe (carteira – mercado)	0,1081	0,1214	0,1288	0,1081	-
Teste L.W. (p-valor)	0,0420**	0,0384**	0,0516*	0,0412**	-

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados da pesquisa. * significativo a 10%; ** significativo a 5%.

A partir do terceiro trimestre fora da amostra, o cenário se inverte: as carteiras de Markowitz passam a superar tanto a carteira ingênua quanto a de algoritmo genético, com destaque para a carteira de máximo Sharpe (41,22% de retorno anualizado) em termos de retorno, e para a carteira de mínima variância (Sharpe de 0,0936) em termos de retorno ajustado ao risco. Todas as carteiras mantiveram significância estatística no teste de LW, a 5% ou a 10%, mesmo com o mercado apresentando retorno negativo no período (-10,89%).

Tabela 6 - Desempenho das carteiras: 01/04/2021 a 21/03/2022 (4 trimestres fora da amostra).

Parâmetro	Ingênua	Máx. Sharpe (Mkw.)	Mín. Variância (Mkw.)	Algoritmo Genético	Mercado (Ibovespa)
Retorno anualizado	19,37%	25,75%	25,90%	19,44%	1,19%
Índice de Sharpe	0,0409	0,0563	0,0662	0,0410	0,0062
Dif. Sharpe (carteira – mercado)	0,0347	0,0500	0,0667	0,0348	-
Teste L.W. (p-valor)	0,4805	0,3555	0,2470	0,4813	-

Fonte: elaborada pelo autor a partir dos dados da pesquisa.

No quarto trimestre fora da amostra, embora todas as carteiras continuem apresentando retorno anualizado e índice de Sharpe superiores aos do mercado — com destaque novamente para as carteiras de Markowitz —, nenhuma delas apresenta diferença estatisticamente significativa no teste de Ledoit e Wolf, nem mesmo ao nível de 10%. Esse resultado sugere que o efeito momentum, embora economicamente perceptível, deixa de ser estatisticamente robusto após nove meses da formação da carteira.

DISCUSSÃO

Os resultados encontrados corroboram, de forma geral, a persistência de curto e médio prazo do efeito momentum no mercado acionário brasileiro, em linha com Piccoli, Souza, Vieira e Cruz (2015), que constataram retornos estatisticamente significativos para carteiras de momentum fora de períodos de crise financeira. A perda de significância estatística do teste de Ledoit e Wolf após nove meses (terceiro para o quarto trimestre fora da amostra) é também compatível com o padrão descrito por Jegadeesh e Titman (1993), segundo o qual os retornos de estratégias de momentum se concentram nos primeiros meses após a formação da carteira, com sinais de reversão a partir de aproximadamente um ano. O resultado também converge com a recomendação de Silva Neto, Silva, Raboni e Oliveira (2014), que sugerem a manutenção de carteiras de ações vencedoras por até seis meses, podendo se estender a nove, antes de sinais de reversão.

Quanto à comparação entre técnicas de otimização de pesos, observa-se um padrão temporal interessante: a carteira de algoritmo genético — cuja composição se mostrou muito próxima à da carteira ingênua, com pesos distribuídos de forma relativamente homogênea entre os nove ativos — apresentou o melhor desempenho nos dois primeiros trimestres fora da amostra, enquanto as carteiras de Markowitz, mais concentradas em poucos ativos, superaram as demais a partir do terceiro trimestre. Uma possível explicação é que a maior concentração das carteiras de Markowitz em ativos específicos (como BRKM5.SA e SLCE3.SA) as torna mais sensíveis a movimentos idiossincráticos de curto prazo desses papéis, mas também mais capazes de capturar tendências de médio prazo quando essas se confirmam — um resultado que mereceria investigação adicional em amostras mais longas.

Esse achado relativiza, ao menos parcialmente, a suposta superioridade de qualquer técnica de otimização isoladamente: nem o algoritmo genético nem o modelo de Markowitz dominam a carteira ingênua ou a concorrente em todos os horizontes analisados, resultado que se aproxima da conclusão de De Miguel, Garlappi e Uppal (2009) de que modelos de otimização mais sofisticados não superam de forma consistente, fora da amostra, a diversificação ingênua. No caso analisado, a semelhança de desempenho entre a carteira de AG e a carteira ingênua nos primeiros trimestres reforça essa leitura, já que a proximidade de composição entre ambas — evidenciada na Tabela 2 — praticamente as torna estratégias equivalentes nesse horizonte.

Por fim, a robustez estatística encontrada nos dois primeiros trimestres fora da amostra, período que coincide com parte da recuperação do mercado após as quedas de 2020, sugere que a força do efeito momentum aqui identificado pode estar parcialmente associada às condições macroeconômicas e de mercado do período estudado, e não apenas a um padrão estrutural do mercado brasileiro — ressalva já levantada por Piccoli, Souza, Vieira e Cruz (2015) ao segregarem períodos de crise e de normalidade na análise do fenômeno.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar e comparar, fora da amostra, o desempenho de carteiras de ações construídas a partir da estratégia de momentum e submetidas a quatro diferentes critérios de otimização: diversificação ingênua, maximização do índice de Sharpe segundo a abordagem de Markowitz, minimização da variância segundo Markowitz e utilização de algoritmo genético. O desempenho dessas carteiras foi comparado ao do IBOVESPA, considerando o mercado acionário brasileiro no período de 2021 a 2022.

Os resultados obtidos corroboram a hipótese de pesquisa, uma vez que as carteiras construídas com base na estratégia de momentum apresentaram desempenho superior ao observado pelo mercado, com significância estatística nos três primeiros trimestres do período out-of-sample. Entretanto, no quarto trimestre, verificou-se perda dessa significância, indicando que a vantagem associada à estratégia não se mantém de forma permanente e tende a se reduzir à medida que o horizonte de investimento se prolonga.

Como principal contribuição, o estudo evidencia que a escolha do método empregado na determinação dos pesos das carteiras não produz resultados uniformes ao longo do tempo. Observou-se que o algoritmo genético, particularmente por meio da evolução diferencial, ao produzir carteiras com composição semelhante àquela obtida pela diversificação ingênua, tende a apresentar desempenho mais favorável em horizontes de curtíssimo prazo. Em contrapartida, as carteiras construídas a partir dos modelos de Markowitz, caracterizadas por maior concentração dos ativos, apresentam resultados relativamente mais expressivos à medida que o período de manutenção da carteira se amplia.

Esse comportamento sugere que, para investidores cujo horizonte de investimento esteja concentrado em holding periods muito curtos, a adoção de uma estratégia de diversificação ingênua entre as ações vencedoras pode produzir resultados semelhantes aos obtidos mediante procedimentos mais sofisticados de otimização. Em horizontes mais longos, por sua vez, os resultados indicam que a utilização de técnicas fundamentadas na abordagem de Markowitz pode apresentar vantagens relativas, especialmente em períodos de seis a nove meses.

Entre as principais limitações da pesquisa, destaca-se o horizonte temporal relativamente reduzido, correspondente a um ano e três meses de observações fora da amostra, além da utilização de apenas um período de formação da carteira, situado no primeiro trimestre de 2021. Essas características restringem a possibilidade de generalização dos resultados para diferentes condições de mercado e períodos econômicos.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a ampliação da análise mediante a utilização de múltiplos períodos de formação de carteiras, por meio de procedimentos de rolling windows, bem como a extensão do horizonte de avaliação out-of-sample. Sugere-se, adicionalmente, a incorporação dos custos de transação no cálculo dos retornos, de modo a aproximar os resultados das condições efetivamente enfrentadas

pelos investidores. Outra possibilidade consiste em comparar o desempenho das metodologias empregadas com outras técnicas de otimização evolutiva, incluindo algoritmos genéticos clássicos com codificação binária e métodos baseados em enxame de partículas, conhecidos como particle swarm optimization.

REFERÊNCIAS

- DE MIGUEL, Victor; GARLAPPI, Lorenzo; UPPAL, Raman. Optimal versus naive diversification: how inefficient is the 1/N portfolio strategy? **The Review of Financial Studies**, v. 22, n. 5, p. 1915-1953, 2009.
- DUARTE JÚNIOR, Antônio Marcos. **Gestão de riscos para fundos de investimento**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- ELTAEIB, Tarik; MAHMOOD, Ausif. **Differential evolution: a survey and analysis**. Applied Sciences, v. 8, n. 10, p. 1945, 2018.
- FAMA, Eugene F. Efficient capital markets: a review of theory and empirical work. **The Journal of Finance**, v. 25, n. 2, p. 383-417, 1970.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOLDBERG, David E. **Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning**. Reading: Addison-Wesley, 1989.
- JEGADEESH, Narasimhan; TITMAN, Sheridan. Returns to buying winners and selling losers: implications for stock market efficiency. **The Journal of Finance**, v. 48, n. 1, p. 65-91, 1993.
- LEDOIT, Olivier; WOLF, Michael. Robust performance hypothesis testing with the Sharpe ratio. **Journal of Empirical Finance**, v. 15, n. 5, p. 850-859, 2008.
- MARKOWITZ, Harry. Portfolio selection. **The Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.
- MOTA, Lucas da Silveira. **Otimização de carteiras de investimento através da aplicação de algoritmos genéticos multiobjetivo**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.
- PICCOLI, Pedro Guilherme Ribeiro; SOUZA, Alceu; VIEIRA, Wesley Mendes; CRUZ, June Alisson Westarb. Revisitando as estratégias de momento: o mercado brasileiro é realmente uma exceção? **Revista de Administração**, v. 50, n. 2, p. 183-195, 2015.
- PITTHAN, Francisco do Nascimento. **Como o efeito-disposição pode explicar momentum: a relação entre viés de comportamento de investimento e movimentos do mercado brasileiro**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PRATES, Wlademir Ribeiro; DUARTE JÚNIOR, Antônio Marcos; SANTOS, André A. P. Efeito disposição: propensão à venda de investidores individuais e institucionais. **Revista Brasileira de Economia**, v. 73, p. 97-119, 2019.

SARMAS, Elissaios. **Multicriteria portfolio construction with Python**. Cham: Springer, 2020.

SILVA NETO, Odilon Saturnino; SILVA, Valéria Louise de Araújo Maranhão Saturnino; RABONI, Pierre Lucena; OLIVEIRA, Marcos Roberto Gois de. Efeito momentum no curto prazo: vale a pena comprar ações vencedoras no Brasil? RAM. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 15, n. 4, p. 193-228, 2014.

JAZYNSKI, Tiago. **Seleção e otimização de carteiras de ações do mercado brasileiro: momentum, Markowitz e algoritmo genético**. 2022. 59 f. Dissertação (Mestrado em Economia) — Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2022.