ADAPTAÇÃO DE MODELOS DE OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRAS FRENTE A PERÍODOS DE CRISE

Palavras-Chave: Otimização de Carteiras, Markowitz, Konno e Yamazaki, Gestão de Risco.

Autores(as):

Nicholas Luz Ferreira, FCA – UNICAMP

Prof. Dr. Johan Hendrik Poker Jr, FCA - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Uma carteira de investimentos é um conjunto diversificado de ativos, como ações, fundos e títulos, cuja composição varia conforme o perfil de risco e os objetivos do investidor. A gestão eficaz desses portfólios é essencial para otimizar a relação entre risco e retorno, um desafio que exige métodos sofisticados para mitigar as incertezas do mercado. A busca por estratégias que equilibrem a rentabilidade com a segurança levou ao desenvolvimento de modelos teóricos fundamentais que moldaram as finanças modernas e continuam a ser a base para a alocação de ativos.

A grande revolução na área veio em 1952 com a Teoria Moderna de Portfólios de Harry Markowitz, que lhe rendeu o Prêmio Nobel de Economia. Seu modelo de programação quadrática demonstrou que a diversificação, considerando a covariância entre os ativos, poderia reduzir o risco total da carteira a níveis inferiores aos dos ativos individuais mais seguros. Em 1991, Hiroshi Konno e Hiroaki Yamazaki propuseram uma alternativa baseada em programação linear, utilizando o erro absoluto médio como medida de risco. Essa abordagem simplificou os cálculos e ampliou a aplicabilidade da otimização de portfólios em diferentes contextos

Apesar de suas contribuições, ambos os modelos partem da premissa de que variáveis como retorno esperado, variância e covariância permanecem estáveis, o que limita sua eficácia em mercados dinâmicos. Oscilações econômicas e crises financeiras alteram essas variáveis, impactando a composição ideal das carteiras. Este estudo se propõe a avaliar o desempenho dos modelos de Markowitz e Konno/Yamazaki em cenários de instabilidade, comparando estratégias com diferentes frequências de atualização de suas variáveis, tendo como base de dados o período de 2000 a 2024.

O objetivo central é realizar uma análise comparativa entre os dois modelos no contexto do mercado financeiro brasileiro, avaliando seu desempenho em períodos de estabilidade e de alta volatilidade, como as crises de 2008 e 2020. Para isso, com base nos dados até o primeiro semestre de 2024, serão analisadas três configurações de gestão: estática, com dados históricos fixos (2000-2004); ajustável, com atualizações bienais baseadas nos dois anos anteriores; e dinâmica, com rebalanceamento semestral a partir dos últimos seis meses de dados.

Ao explorar essas abordagens, o estudo busca identificar os pontos fortes e as limitações de cada uma, fornecendo recomendações práticas para investidores e gestores. A análise detalhada pretende orientar decisões estratégicas, maximizando retornos e minimizando riscos em diferentes cenários. Por fim, almeja-se enriquecer a literatura sobre gestão de carteiras com evidências empíricas atualizadas sobre a aplicabilidade dos modelos clássicos no dinâmico e volátil mercado brasileiro

METODOLOGIA:

A metodologia deste estudo foi estruturada para garantir uma análise robusta e replicável. A base de dados foi construída a partir das cotações diárias de empresas listadas no Índice da Bolsa de Valores de São Paulo (IBOVESPA), abrangendo o período de janeiro de 2000 a outubro de 2024, com dados extraídos da plataforma Economatica. Para assegurar a consistência e a liquidez dos ativos, aplicou-se um filtro que selecionou apenas as 41 ações com presença em mais de 90% dos pregões do período. Adicionalmente, as séries históricas foram normalizadas para uma base 100, padronizando o ponto de partida para todas as análises.

O núcleo da pesquisa reside na aplicação e comparação dos modelos de otimização de carteiras de Markowitz (1952) e Konno e Yamazaki (1991). A formulação matemática se baseia em conceitos estatísticos fundamentais, como o retorno esperado dos ativos, o risco (medido pela variância e pelo desvio absoluto médio - MAD) e a interdependência entre os ativos (quantificada pela covariância e correlação). Esses pilares matemáticos foram utilizados para construir as fronteiras eficientes e otimizar a alocação dos portfólios segundo as diferentes estratégias propostas: estática, ajustável e dinâmica.

Para avaliar e comparar o desempenho das carteiras resultantes, foi utilizado um conjunto abrangente de critérios. A análise incluiu métricas clássicas de performance, como a Rentabilidade total, o Índice de Sharpe para medir o retorno ajustado ao risco, a Taxa de Ganhos (Win Rate) para avaliar a consistência dos ganhos, e o Drawdown para quantificar a maior perda acumulada. Além disso, foi empregado o Value at Risk (VaR) para estimar a perda máxima potencial e o modelo econométrico DCC-GARCH para analisar a evolução dinâmica das correlações entre os ativos, especialmente durante períodos de crise.

Toda a implementação do estudo, a partir do tratamento dos dados, passando pela otimização matemática dos modelos até a apuração e análise dos critérios de desempenho, foi desenvolvida na linguagem de programação Python. A escolha dessa ferramenta se deu por sua versatilidade e pelo vasto ecossistema de bibliotecas especializadas em análise financeira e estatística, que foram essenciais para a execução dos cálculos exigidos pela pesquisa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A análise dos dados revelou um panorama complexo e multifacetado sobre a otimização de carteiras no mercado brasileiro. Os resultados, que abrangem a comparação entre estratégias, o confronto entre os modelos teóricos e um estudo aprofundado sobre a dinâmica das correlações, convergem para conclusões robustas que desafiam algumas premissas da gestão de portfólios. A discussão a seguir integra esses achados, oferecendo uma interpretação coesa sobre o desempenho e os riscos inerentes a cada abordagem.

A comparação entre as estratégias de gestão (Estático, Dinâmico e Ajustável) demonstrou uma notável e consistente superioridade da abordagem Estático. Em ambos os modelos, Markowitz (MV) e Konno/Yamazaki (MAD), a carteira estática, definida com base em dados de um período mais longo e anterior às grandes crises, apresentou maior rentabilidade acumulada, melhor controle de perdas máximas (Drawdown) e maior frequência de ganhos diários (Win Rate). Em contrapartida, a estratégia Ajustável se mostrou a menos eficaz, sugerindo que rebalanceamentos de médio prazo com janelas de dados de dois anos foram prejudiciais. Curiosamente, embora as diferenças de desempenho fossem claras, os Índices de Sharpe não apresentaram variação estatisticamente significativa, indicando que, na relação retorno por

unidade de risco, as estratégias foram equivalentes. Isso sugere que a vantagem da carteira Estático não veio de uma melhor "eficiência", mas de uma estrutura de risco fundamentalmente mais resiliente.

No confronto direto entre os modelos, a análise revelou um claro trade-off. Em métricas como Índice de Sharpe e Win Rate, os modelos MV e MAD foram estatisticamente indistinguíveis. As diferenças cruciais surgiram na avaliação de risco e na rentabilidade. O modelo MAD (Konno/Yamazaki) provou ser superior na qualidade da gestão de risco, com estimativas de VaR mais robustas e violações de risco independentes, tornando-o mais confiável em cenários de crise. Ele também se destacou em estratégias mais ativas. Em contraste, o modelo MV (Markowitz), embora apresentasse um modelo de risco de cauda menos confiável (com agrupamento de violações), foi mais eficaz na geração de rentabilidade em estratégias com janelas de dados mais longas, como a Dinâmica e a Estática. A escolha entre eles, portanto, não é de superioridade absoluta, mas de alinhamento ao perfil do investidor: MAD para o avesso ao risco, MV para o focado em retorno.

A análise de correlação entre VALE3 e PETR4, via modelo DCC-GARCH, forneceu o elo explicativo para esses resultados. Confirmou-se a hipótese de que crises sistêmicas (Crise de 2008, Pandemia) elevam drasticamente a correlação, fazendo os ativos se moverem em bloco e reduzindo os benefícios da diversificação. Por outro lado, crises intrínsecas a uma empresa como Lava Jato e Brumadinho, provocam um "descolamento" e diminuem a correlação, como é mostrado no Gráfico 1. Essa dinâmica ajuda a explicar o sucesso da estratégia Estático: sua carteira, definida em um período de correlações mais baixas e estáveis, manteve uma estrutura diversificada que se provou resiliente. As estratégias adaptativas, ao rebalancearem durante as crises, podem ter inadvertidamente incorporado as correlações temporariamente elevadas, resultando em portfólios menos diversificados e mais vulneráveis justamente nos piores momentos.

Gráfico 1 - Resultados da Regressão - DCC-GARCH

Fonte: Elaboração Própria

CONCLUSÕES:

Este estudo realizou uma análise comparativa aprofundada entre os modelos de otimização de carteiras de Markowitz e Konno/Yamazaki, avaliando estratégias de gestão estática, ajustável e dinâmica

no volátil mercado de ações brasileiro. As conclusões oferecem insights práticos para investidores e gestores, questionando a eficácia de rebalanceamentos frequentes em períodos de instabilidade.

A principal conclusão da pesquisa é a robusta e consistente superioridade da estratégia Estático. Uma carteira construída com base em um longo período histórico (2000-2004) e mantida sem alterações ao longo de duas décadas superou significativamente as abordagens que se ajustavam periodicamente às condições de mercado. Este achado sugere que, para o horizonte analisado, a estabilidade de uma alocação estratégica e bem fundamentada de longo prazo foi mais benéfica do que as tentativas de adaptação tática, que se mostraram prejudiciais ao incorporar a alta volatilidade e correlação dos períodos de crise.

A escolha entre os modelos teóricos revelou um trade-off fundamental. O modelo de Konno/Yamazaki (MAD) emergiu como a opção preferencial para o investidor com maior aversão ao risco, oferecendo métricas de risco mais confiáveis (VaR) e um melhor controle de perdas em estratégias mais ativas. Em contrapartida, o modelo de Markowitz (MV) mostrou-se mais vantajoso para o investidor focado na maximização da rentabilidade em horizontes mais longos, ainda que seu modelo de risco de cauda seja menos robusto. A decisão, portanto, não reside em qual modelo é objetivamente superior, mas em qual se alinha melhor à expectativa de retorno e tolerância ao risco de cada investidor.

A análise da dinâmica de correlação entre ativos-chave do IBOVESPA demonstrou que a interdependência do mercado não é fixa. Crises sistêmicas aumentam a correlação e anulam os benefícios da diversificação, enquanto choques específicos a uma empresa podem criar oportunidades de descolamento. Este fenômeno reforça a conclusão de que rebalancear uma carteira com base em dados de um passado recente e turbulento pode ser uma armadilha, pois tende a cristalizar uma estrutura de portfólio menos diversificada e mais arriscada.

Em suma, este estudo oferece uma forte evidência empírica de que, no mercado brasileiro, uma estratégia de investimento passiva e bem fundamentada pode ser mais resiliente e rentável do que uma gestão excessivamente reativa. Para investidores de longo prazo, a lição é clara: a paciência estratégica e a manutenção de uma estrutura de portfólio diversificada, definida em tempos de relativa normalidade, podem ser as ferramentas mais poderosas para navegar com sucesso através dos inevitáveis ciclos de euforia e pânico do mercado financeiro.

BIBLIOGRAFIA:

MARKOWITZ, H. ***Portfolio selection***. Journal of Finance, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.

KONNO, H.; YAMAZAKI, H. **Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market.** Management Science, v. 37, n. 5, p. 519-531, 1991.

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

J.P. MORGAN; REUTERS. **RiskMetrics – Technical Document**. 4. ed. New York: J.P. Morgan/Reuters, 1996.

KUPIEC, P. H. **Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models**. Journal of Derivatives, v. 3, n. 2, p. 73-84, 1995.

CHRISTOFFERSEN, P. F. **Evaluating interval forecasts.** International Economic Review, v. 39, n. 4, p. 841-862, 1998.

LEDOIT, O.; WOLF, M. **Robust performance hypothesis testing with the Sharpe ratio**. Journal of Empirical Finance, v. 15, n. 5, p. 850-859, 2008.

HAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **An analysis of variance test for normality (complete samples).** Biometrika, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

ELTON, E. J.; GRUBER, M. J.; BROWN, S. J.; GOETZMANN, W. N. **Modern portfolio theory and investment analysis**. 9. ed. Hoboken: Wiley, 2014.

ECONOMATICA. [S.l.]: **Economatica**, [2025]. Disponível em: https://economatica.com/. Acesso em: 7 maio 2025.

KASENBACHER, Geoffrey. **Mean-Variance vs. Mean-Absolute Deviation: A performance comparison of portfolio optimization models**. ResearchGate, [S.l.], 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Geoffrey-Kasenbacher/publication/330358884_Mean-Variance_vs_Mean-Absolute_Deviation_A_Performance_Comparison_of_Portfolio_Optimization_Models/links/5c3c4239a6fdccd6b5ab3e4e/Mean-Variance-vs-Mean-Absolute-Deviation-A-Performance-Comparison-of-Portfolio-Optimization-Models.pdf. Acesso em: 7 maio 2025.

KIM, Haeun. P**ython Markowitz optimization: Build a portfolio using modern portfolio theory.** Towards Data Science, [S.l.], 8 mar. 2021. Disponível em: https://towardsdatascience.com/python-markowitz-optimization-b5e1623060f5. Acesso em: 7 maio 2025.

MATIOLI, L. **Modelos de otimização de portfólios: média-variância e Value at Risk**. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia, [S.l.], 2008. Disponível em: https://docs.ufpr.br/~matioli/minhahome/arquivos/Artigo_media_variancia_VAR.pdf. Acesso em: 7 maio 2025.

PINGOUIN. **pingouin.ttest**. [S.l.]: Pingouin, [2024]. Disponível em: https://pingouin-stats.org/build/html/generated/pingouin.ttest.html. Acesso em: 7 maio 2025.

RISKFOLIO-LIB. **Portfolio optimization**. [S.l.]: Riskfolio-Lib, [2024]. Disponível em: https://riskfolio-lib.readthedocs.io/en/latest/portfolio.html. Acesso em: 7 maio 2025.

SCIKIT-PORTFOLIO. **Efficient MAD: Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization**. [S.l.]: Scikit-Portfolio, [2024]. Disponível em: https://scikit-portfolio.github.io/scikit-portfolio/efficient_mad/. Acesso em: 7 maio 2025.

SCIPY. **scipy.stats.binomtest**. [S.l.]: SciPy, [2024]. Disponível em: https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.stats.binomtest.html. Acesso em: 7 maio 2025.

TTHUSTLA. **Efficient frontier implementation**. [S.l.]: GitHub, [2023]. Disponível em: https://github.com/tthustla/efficient_frontier/blob/master/Efficient%20_Frontier_implementation.ipynb. Acesso em: 7 maio 2025.

VASCONCELOS, Francisca Maria de Almeida. **A interdependência entre a estrutura de capital e o desempenho financeiro: Evidência empírica no sector do turismo. 2020. Dissertação (Mestrado em Gestão)** – Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2020. Disponível em: https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/100088/1/Tese_Francisca-final.pdf. Acesso em: 7 maio 2025.

ENGLE, Robert F. **Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized** Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models. Journal of Business & Economic Statistics, [S.l.], v. 20, n. 3, p. 339-350, 2002. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1392121. Acesso em: 29 jun. 2025.

SHEPPARD, Kevin et al. arch**: Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) Models**. [S.l.]: GitHub, 2014. Disponível em: https://github.com/bashtage/arch. Acesso em: 29 jun. 2025.