



ISSN 1679-5830

Disponível eletronicamente em  
www.revista-ped.unifei.edu.br

Edição Especial – Projeto Pró Engenharias  
Revista P&D em Engenharia de Produção V. 08 N. 01 (2010) p. 67-71

## **DELINEAMENTO DE EXPERIMENTOS DE MISTURAS NA OTIMIZAÇÃO DE PORTFÓLIOS**

**Ronã Rinston Amaury Mendes**

Doutorando em Engenharia Mecânica  
Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG  
rona.rinston@gmail.com

**Prof. Dr. Messias Borges da Silva (Orientador)**

Professor Assistente-Doutor  
Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG  
messias.silva@feg.unesp.br

**Prof. Dr. Pedro Paulo Balestrassi (Co-orientador)**

Professor Adjunto  
Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI  
Instituto de Engenharia de Produção e Gestão - IEPG  
ppbalestrassi@gmail.com

*Palavras-chave: Otimização de portfólio; DOE; Projeto de experimentos de misturas.*

### **1. PROPOSTA**

Este trabalho visa propor um novo método para a otimização de portfólios de carteiras de investimento, onde leva em conta a maximização do retorno de diferentes ações ao mesmo tempo em que considera a minimização do seu risco. Este método considera a influência de variáveis de mercado sobre a formação de portfólio usando arranjos de mistura e programação não-linear. As variáveis de mercado podem ser entendidas como variáveis de ruído ou cenários para o cálculo do risco/retorno por modelos convencionais.

De forma secundária, objetiva também:

- Desenvolver uma proposta de integração entre diversos cenários de mercado e os modelos de cálculo de risco/retorno;
- Levantar o estado da arte dos modelos existentes para a otimização de portfólios e de aplicação de DOE de misturas;
- Realizar análise comparativa entre os principais modelos existentes de otimização de portfólio e o proposto pelo projeto;
- Avaliar a adequação do modelo proposto.

Seu ineditismo se mostra à medida que a utilização de projetos de experimentos para a formação de portfólio se mostra uma idéia relativamente nova.

## 2. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA E OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo desta pesquisa é o mercado acionário brasileiro, centralizado na BMFBovespa. Os dados para a realização deste trabalho de pesquisa se encontram no banco de séries temporais não-lineares, disponibilizado pela própria BMFBovespa.

A pesquisa será de natureza aplicada, de objetivo exploratório e explicativo. O problema será abordado de forma quantitativa. Os procedimentos técnicos se basearão em pesquisas bibliográfica e experimental, com a utilização também de técnicas de modelagem e simulação.

## 3. CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E PRÁTICAS

Considera-se importante que modelos de formação de portfólio que utilizam as relações entre risco e retorno, também considerem a influência de variáveis de mercado, tais como liquidez, grau de endividamento, dentre outras, o que é pouco visto na literatura.

A viabilidade da utilização de arranjos de misturas se mostra através da existência na literatura de estudos para a diversificação de contratos de risco junto ao setor de energia elétrica

Para Markowitz (1952), o risco de um ativo seria a variância ou o seu desvio em relação à média. Posteriormente, Sharpe (1964), através da Teoria do CAPM (*Capital Asset Pricing Model*), complementa Markowitz postulando que o risco de um ativo para o investidor é o risco que este ativo acrescenta à carteira de mercado. Por estas contribuições, os dois autores receberam o Prêmio Nobel de Economia, em 1990.

A partir dos estudos de Markowitz, muito se tem pesquisado e publicado visando a otimização da composição de portfólios e, segundo Marzano (2004), os principais modelos de otimização de portfólio apresentados na literatura são:

- **Modelo de Média-Variância:** (Markowitz, 1959), parte do princípio que para o investidor, o retorno esperado e a volatilidade dos prováveis retornos são aspectos cruciais na definição do portfólio ótimo.
- **Modelo de Desvio Absoluto Médio (MAD):** (Konno e Yamazaki, 1991), que utiliza como medida de risco o desvio absoluto médio, que considera que as incertezas com relação aos retornos dos ativos candidatos a compor o portfólio são representadas de forma discreta através de cenários.

- **Modelo MiniMax:** (Young, 1998), que propõe um modelo de otimização de portfólio onde as incertezas com relação aos retornos dos ativos candidatos são representadas de forma discreta através de cenários, e que utiliza como medida de risco o resultado do cenário de pior retorno.
- **Modelo de Programação Objetiva:** (Lee, 1972), que é um ramo da tomada de decisão multi-objetivo, e se baseia no conceito de se encontrar pontos viáveis mais próximos possíveis de determinadas metas.
- **Modelo Value-at-Risk (VAR):** (Jorion, 1997) uma medida de risco largamente aceita e utilizada pelas instituições financeiras no gerenciamento do risco de mercado. Ele é uma estimativa da máxima perda potencial, a um dado nível de confiança, que uma instituição financeira estaria exposta durante um período padronizado (dia, semana, ano etc.).
- **Modelo Conditional Value-at-Risk (CVaR):** (Rockafellar e Uryasev, 2000) nele, o CVaR a nível de confiança  $b\%$  é definido como o valor esperado condicional das perdas de um portfólio, dado que as perdas a serem contabilizadas são as maiores ou iguais ao VaR. Por exemplo, para  $b = 95\%$ , o CVaR é dado pela média das 5% maiores perdas.

Assim como vários produtos são obtidos através da mistura de diferentes componentes, a forma inicialmente escrita para o modelo de mistura determinará quais são as composições mais adequadas do ponto de vista estatístico, para a composição ótima de um portfólio de ações. Para seu entendimento, basicamente, o modelo de regressão mais simples, para duas variáveis, seria o modelo aditivo ou linear:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon_i$$

Onde:

$y_i$  = Valor experimental da variável de interesse

$\beta$  = Parâmetros do modelo

$\varepsilon$  = Erro aleatório

Ao se referir a uma mistura de dois componentes, por exemplo,  $x_1$  e  $x_2$  tornam-se variáveis independentes e, ajustando-se o modelo, e acrescentando a restrição onde  $x_1 + x_2 = 1$ , tem-se a equação:

$$\hat{y}_i = (b_0 + b_1)x_1 + (b_0 + b_2)x_2 = b_1^* x_1 + b_2^* x_2.$$

Sejam  $x_1, x_2, \dots, x_q$  as variáveis que representam as proporções dos  $q$  componentes de uma mistura. Então:

$$\sum_{i=1}^q x_i = 1 \text{ e } 0 \leq x_i \leq 1; i = 1, \dots, q$$

Assim como um bolo é composto por percentuais de ingredientes como farinha, leite, açúcar, dentre outros, também um portfólio pode ser tomado como um inteiro composto por diversos ativos que compõem, cada um, um percentual desse todo que é igual a 1. Para a discretização das variáveis de ruído, as empresas seriam agrupadas por técnicas multivariadas como Cluster, K-Means ou Análise Discriminante de Fisher, e os níveis (alto e baixo) poderiam ser determinados por técnicas como o Qui-quadrado Iterativo ou outras técnicas de Datamining.

Alternativamente, a relação risco-retorno pode ser entendida como uma relação sinal-ruído de Taguchi. Nesse contexto, os cenários podem ser considerados ruídos (*outer array*) e as proporções do portfólio serão os fatores (*inner array*).

Segundo Taguchi et al. (1990), as relações sinal-ruído devem ser sempre maximizadas. Traçando-se um paralelo com a Teoria de Portfólio, isso significa maximizar o retorno (sinal) enquanto se minimiza o risco (ruído).

Neste caso, os cenários formados pelas variáveis de processo servem para gerar variação para os parâmetros controláveis (diversificação do portfólio).

## REFERÊNCIAS

- Balestrassi, P.P.; Popova E.; Paiva, A.P. de; Lima, J.W.M. Design of experiments on neural network's training for nonlinear time series forecasting. **Neurocomputing (Amsterdam)**, v. 72, p. 1160-1178, 2009.
- Benetti, Cristiane ; Decourt, R.F.; Terra, P.R.S. The Practice of Corporate Finance in an Emerging Market: Preliminary Evidence from the Brazilian Survey. In: Annual Meeting of the Financial Management Association, 2007, Tampa. **Proceedings of the Annual Meeting of the Financial Management Association 2007**, 2007.
- Braga, C.; Leal, R. Ações de valor e crescimento nos anos 90. In: **Finanças Aplicadas no Brasil**. Bonomo, M.A. (Org.). Rio de Janeiro: Editora FGV, 2002.
- Brown, Gerald R.; Matysiak, George A. Using commercial property indices for measuring portfolio performance. **Journal of Property Finance**, v. 6, n. 3, p. 27-38, 1995.
- Chongqi, Z. **Optimal design for mixture and trigonometry regression experiments**. PhD thesis. University of Hong Kong, 2001.
- Cornell, J.A. **Experiments with mixtures: designs, models and the analysis of mixture data**. 2nd edition, John Wiley & Sons, New York, NY, 1990.
- Jorion, P. **Value at Risk: The New Benchmark for Controlling Market Risk**. McGraw-Hill, NY, 1997.
- Konno, H. Yamazaki, H. Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Application to Tokyo Stock Market. **Management Science**, v. 37, n. 5, p.519-531, 1991.
- Lee, Stephen; Stevenson, Simon. Real estate portfolio construction and estimation risk. **Journal of Property Investment & Finance**, v. 23, n. 3, p. 234-253, 2005.
- Markowitz, Harry M. Portfolio Selection. **Journal of Finance**, v. 7, n. 1, p. 77-91, 1952.
- Marzano, L.G.B. **Otimização de portfólio de contratos de energia em sistemas hidrotérmicos com despacho centralizado** (Tese de Doutorado). Orientadores: Reinaldo Castro Souza, Albert Cordeiro Geber de Melo. – Rio de Janeiro, PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2004.
- Myers, R.H. & Montgomery, D.C. **Response Surface Methodology**. 2nd edition, John Wiley & Sons, New York, NY, 2002.
- Oliveira, F.A. **Otimização de Portfólio para o Mercado de Eletricidade usando Delineamento de Experimentos de Misturas** (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Itajubá, 2009.

Oliveira, M.F. de; Arfux, G.A.B.; Teive, R.C.G. Risk management in the commercialization activity in Brazil an approach by using Markowitz, VaR and CVaR. In: **IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exposition Latin America**, 2006, Venezuela. T & D 2006 Latin America, p. 1-6, 2006.

Rockafellar, R.T. Uryasev, S. Optimization of Conditional Value-at-Risk, **The Journal of Risk**, v. 2, n. 3, p.21-41, 2000.

Sharpe, William F. Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. **The Journal of Finance**. v. 19, n. 3, p. 425-442, 2006.

Taguchi, G.; Elsayed, A.E.; Hsiang, T. **Taguchi Engenharia de Qualidade em Sistemas de Produção**. São Paulo: MacGraw Hill, 1990.

Vieira, A.F. de C.; Dal Bello, L.H.A. Experimentos com mistura para otimização de processos: uma aplicação com respostas não normais. **Pesquisa Operacional**, v.26, n.3, p. 605-623, Set/Dez, 2006.

Weston, J. Fred. Brigham, Eugene, F. **Fundamentos da Administração Financeira**. Editora Makron, 10ª Edição, 2000.

Young, M.R. A MiniMax Portfolio Selection Rule with Linear Programming Solution, **Management Science**, v. 44, n. 5, p. 673-683, 1998.

## **RESULTADOS**

### **APROVAÇÃO EM CONCURSO PÚBLICO FEDERAL**

1. Professor de Administração do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul de Minas Gerais, campus de Inconfidentes.

## **PERÍODO**

Data de início do doutorado: março/2009

Data prevista para defesa: novembro/2011.

## **AGRADECIMENTOS**

A CAPES - Programa Pró-Engenharias (processo PE024/2008).