

## **Otimização de Carteiras Utilizando Algoritmos Genéticos**

**MARIANA GALDINO ALCANTARA**

FATEC BP

mari.mgalcantara@gmail.com

**GLAUCIA DOS SANTOS SILVA**

FATEC BP

glaucia.91@outlook.com



## OTIMIZAÇÃO DE CARTEIRAS UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS

### Resumo

No mercado de ações, uma das alternativas para reduzir os riscos e aumentar o retorno dos ativos, é a diversificação da carteira, visando buscar melhores resultados para os investimentos. Harry Markowitz, foi pioneiro com sua teoria de diversificação de investimentos, criando o primeiro modelo de constituição de um portfólio ótimo. Partindo de sua teoria, o trabalho conceitua temas importantes em seu referencial teórico e faz um elo com o algoritmo genético, para assim mostrar os resultados da otimização da carteira utilizando como ferramenta o software *Evolver*®. O objetivo deste artigo é mostrar o processo de criação de uma carteira e a diversificação de ações visando assim, diminuir o risco e aumentar o retorno.

**Palavras-chave:** Risco, Retorno, Otimização, Algoritmo Genético

### Abstract

In the stock market, one of the alternatives to reduce risks and increase the return of assets, is a diversification of the portfolio, looking for better results for investments. Harry Markowitz, pioneered with your theory of diversification of investments, creating the first model of constituting an optimal portfolio. Based on his theory, the paper conceptualizes important themes in its theoretical reference and links with the genetic algorithm to show the results of portfolio optimization using *Evolver*® software. The purpose of this article is to show the process of creating a portfolio and a diversification of stocks looking for at reducing risk and increasing returns.

**Keywords:** Risk, Return, Optimization, Genetic Algorithm



## 1. Introdução

A crescente procura por ativos com mais lucratividade e a necessidade de tomada de decisão de maneira rápida e eficiente, faz com que os investidores procurem meios e ferramentas que são capazes de auxiliar e prever riscos oriundos de um mercado incerto. Diante disto, o investidor procura diversificar seus ativos, de forma a minimizar seus riscos, buscando um maior retorno. Visando esta diversificação, elaborar uma carteira eficiente se tornou primordial para o investidor,

O conceito mais moderno de diversificação de uma carteira de investimento de ações, é atribuído à Harry Markowitz, ganhador do Prêmio Nobel de Economia (1990), cuja essência de seu estudo pode ser encontrada no livro *Portifólio Selection*, de 1952, onde evidencia um primeiro modelo para se constituir um portfólio ótimo com minimização de riscos e ampliação dos retornos.

O objetivo do presente artigo é verificar a viabilidade da diversificação de ativos em uma carteira e mostrar como a utilização desta estratégia irá contribuir para o aumento do retorno e diminuição do risco relativo a este tipo de investimento.

A metodologia utilizada será a modelagem matemática, onde serão utilizados históricos de cotações das ações de cinco empresas, criados para exemplificar este trabalho. Aos dados, serão aplicados cálculos provenientes da Teoria de Markowitz (Teoria Moderna do Portfólio) combinado ao software *Evolver*<sup>®</sup>, que utiliza o Microsoft Excel para otimização através do Algoritmo Genético, com a finalidade de localizar-se assim uma combinação eficiente de ativos que ofereça o máximo de retorno para determinado nível de risco assumido.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Mercado de Capitais

O mercado de capitais é um sistema de distribuição de valores mobiliários que visa proporcionar liquidez aos títulos de emissão de empresas e viabilizar seu processo de capitalização. É constituído pelas bolsas, corretoras e outras instituições financeiras autorizadas.

Os principais títulos negociados são os representativos do capital de empresas, que permitem a circulação de capital para custear o desenvolvimento econômico. Além disso, o mercado de capitais abrange as negociações com direitos e recibos de subscrição de valores mobiliários, certificados de depósitos de ações e demais derivativos autorizados à negociação.

Segundo Lemes Junior (2010, p. 297) a existência de um mercado de capitais ativo sinaliza o nível de desenvolvimento da economia do país, porquanto pessoas, empresas e instituições passam a ter maiores oportunidades de investimento e as empresas, fontes permanentes de captação de recursos financeiros. A participação nesse mercado permite às organizações a obtenção de recursos a custo competitivo, uma vez que podem captar externamente por meio da emissão de ações ou títulos de dívida, reduzindo, assim, a dependência dos financiamentos de longo prazo de recursos internos ou do endividamento.

Lemes Junior (2010) ainda diz que o mercado de capitais também contribui para o desenvolvimento econômico do país, por facilitar o fluxo de capital dos agentes superavitários



para o investimento em indústrias, comércio e serviços; fornece maior agilidade às negociações para alteração de propriedade ou controle da empresa; facilitar a entrada e aplicação do capital externo na economia nacional; dentre outros fatores contribuintes.

## 2.2 Ações

Segundo Lawewncw J. Gritman (2008) ações são títulos que representam a participação social do capital de uma empresa, sendo nominativos e negociáveis.

As expectativas do mercado quanto ao desempenho futuro da empresa implicam no valor de uma ação, refletindo tanto o seu desenvolvimento passado, como as informações obtidas pelo mercado, quanto suas possibilidades a médio e longo prazo. Essas possibilidades dependem de fatores como gestão de recursos da empresa, cotações de mercado, conjuntura do mercado dentre outros.

## 2.3 Carteira de Ações e a Teoria de Markowitz

Segundo Assaf Neto (2012, p. 274), Carteira ou Portfólio é um conjunto de ativos, podendo ser ações, títulos de renda fixa, obrigações, imóveis, projetos de investimento etc., cujo objetivo básico é a redução do risco e otimização da rentabilidade através de uma eficiente diversificação do capital aplicado em diferentes alternativas.

O pioneiro na formulação e desenvolvimento da teoria de diversificação de investimentos em condições de risco, foi Markowitz (1952), seu modelo constituía em obter uma carteira “ótima” de títulos baseando-se na minimização do risco, sendo este quantificado pela variância dos retornos dos mesmos.

Assaf Neto (2012, p. 274) explica que a teoria de Markowitz faz parte do processo de avaliação de carteiras de investimentos, o qual envolve três grandes fases:

- Análise dos títulos – trata os fundamentos da avaliação de ativos, em que o valor intrínseco de um título é obtido por descontar os fluxos futuros a uma taxa de atratividade;
- Análise de carteiras - que envolve projeções de retorno esperado e do risco de um conjunto de ativos;
- Seleção de carteiras – que identifica a melhor combinação possível dos ativos analisados e sugere uma alocação de ativos dentro de uma carteira que maximize a satisfação do investidor;

O risco de um ativo é avaliado pelo risco total a uma carteira. A partir de um determinado número de títulos de uma carteira a redução do risco praticamente deixa de existir. Para determinação de tal escolha, o investidor deve-se basear em alguns parâmetros.

$E_p$  = valor esperado da taxa de retorno;

$\sigma$  = desvio - padrão da taxa de retorno (risco).

Segundo Assaf Net (2008, p. 268) o retorno esperado de uma carteira composta por mais de um ativo é definido pela média ponderada do retorno de cada ativo, em relação a sua participação no total da carteira.

$$\text{Retorno Esperado} = x_i E(r_i) + x_j E(r_j)$$



Onde:

$x_i$   $x_j$  = proporção de investimento alocada aos ativos i e j;

$E(r_i)$  e  $E(r_j)$  = retorno esperado dos ativos i e j.

Assaf Neto (2008, p.418) ainda diz que, o desvio padrão e a variância são as mais importantes e utilizadas medidas de risco de um ativo. O desvio padrão pode ser calculado sobre toda a população envolvida, ou ainda pode ser calculado segundo os dados de uma amostra, e é denotado pelo S. A variância é definida como sendo o quadrado do desvio padrão ou analogamente o desvio padrão é a raiz quadrada da variância.

Partindo de um ponto de uma carteira de dois ativos, o cálculo do risco dá-se da seguinte expressão:

$$\sigma_p = [(W_x^2 \times \sigma_x^2) + (W_y^2 \times \sigma_y^2) + 2 \times W_x \times W_y \times COV_{xy}]^{\frac{1}{2}}$$

Onde:

$W_x$   $W_y$  = são as participações de cada ativo no portfólio;

$\sigma_x^2$   $\sigma_y^2$  = refere-se a variância dos retornos dos ativos;

$COV_{xy}$  = covariância entre os ativos.

Segundo Markowitz (1952, p.89) na tentativa de reduzir a variância, investir em diversos ativos não é o suficiente. É preciso evitar que o investimento seja feito em ativos com alta covariância entre si. Devemos diversificar entre indústrias, especialmente indústrias com diferentes características econômicas, porque empresas de diferentes indústrias tem covariâncias menores que empresas da mesma indústria.

Baseando-se no modelo de portfólio desenvolvido por Markowitz, pode-se utilizar a expressão geral para cálculo do risco de uma carteira contendo n ativos:

$$\sigma_p = \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_i W_j CORR_{i,j} \sigma_i \sigma_j \right]^{\frac{1}{2}}$$

É importante salientar que a diversificação proposta no modelo de Markowitz, permite uma redução de riscos diversificáveis, porém não reduz o risco sistemático. Deve-se sempre elaborar observando as correlações entre os ativos, de maneira a compor a melhor carteira possível.



## **2.4 Risco e Retorno**

Segundo Padovezi e Bertolucci (2009, p.v) um dos modelos mais utilizados para minimizar o efeito dos riscos associados a um investimento é buscar a diversificação de investimentos. Construindo-se uma carteira de investimentos adequadamente diversificada, há possibilidades de redução do risco e maximização do retorno, considerando essa minimização do risco.

### **2.4.1 Risco**

Segundo Gitman (2004, p. 184) risco é a possibilidade de perda financeira. Os ativos considerados mais arriscados são os que oferecem maiores possibilidades de perda financeira. Resumindo, risco é sinônimo de incerteza, da possibilidade de não se alcançar um retorno esperado. Em finanças, o risco é mensurado pelo grau de volatilidade associado aos retornos esperados. Ou seja, quanto maior a volatilidade maior o nível de risco. No mercado de capitais, o risco é considerado uma das variáveis que mais afetam o resultado dos investimentos.

Os riscos financeiros podem ser definidos em quatro grandes áreas.

### **2.4.2 Risco de mercado**

O risco de mercado está relacionado com o preço do ativo e com as variações que este preço pode sofrer de acordo com as condições do mercado. Alguns fatores que impactam o mercado são:

- As taxas de juros
- As taxas de cambio
- Os preços das ações
- Alterações políticas, econômicas e fiscais

Os riscos no mercado financeiro podem ser divididos também em risco diversificável e risco não diversificável. O risco diversificável está relacionado com causas específicas da empresa e com o próprio desempenho do investimento, não afetando os demais ativos de uma carteira por exemplo. O risco não diversificável é intrínseco a todos os ativos, pois está relacionado com acontecimentos que afetam o mercado como um todo, como as taxas de juros, o crescimento econômico, etc. O risco total de um ativo é composto destes dois tipos de riscos, porém o risco não diversificável é mais significativo que o diversificável pois este pode ser eliminado com a diversificação.

### **2.4.3 Risco de crédito**

O risco de crédito está relacionado com a inadimplência, ou seja, a possibilidade do não pagamento das obrigações financeiras na data prevista. Resumindo, o risco de crédito é a possibilidade de não se receber os valores prometidos pelos títulos que se mantém em uma carteira de ativos. O risco de crédito existe pela possibilidade de um devedor deixar de cumprir suas obrigações financeiras.





#### 2.4.4 Risco de liquidez

O risco de liquidez está relacionado com a capacidade de se honrar todos os compromissos financeiros por falta de recursos disponíveis. O risco de liquidez também é conhecido como risco do fluxo de caixa pois está relacionado com a disponibilidade imediata de caixa. O risco de liquidez também está relacionado com o mercado. Segundo Assaf Neto (2012), a liquidez do mercado se faz presente quando todo agente puder praticar negociações, em qualquer volume, sem que isso venha a afetar a estabilidade do mercado ou causar alterações relevantes nos preços praticados.

#### 2.4.5 Risco operacional

O risco operacional é o risco de haver uma falha ou fraude no processo de operação. Este tipo de risco está relacionado com falhas na análise, deficiências ou inadequação nos processos internos e também está relacionado a pessoas, sistemas ou eventos externos que tem como resultado a ocorrência de perdas.

#### 2.4.6 Mensuração do Risco

Segundo Assaf Neto (2012, p. 261) a mensuração do risco de um investimento processa-se geralmente por meio do critério probabilístico, o qual consiste em atribuir probabilidades – subjetivas ou objetivos – aos diferentes estados de natureza esperados e, em consequência aos possíveis resultados do investimento.

#### 2.4.7 Retorno

Retorno sobre o investimento pode ser entendido como um ganho ou perda em um determinado período de tempo. Resumidamente, esses retornos podem ser ganhos formados por rendimentos como dividendos ou lucro, ou também pode ser formado por uma variação que terá como resultado ganho ou prejuízo. No geral, em qualquer investimento, quanto maior o risco, maior o retorno esperado.

Existem algumas formas de se calcular o retorno de um investimento. A expressão do cálculo da taxa de retorno de um ativo em geral é calculada conforme abaixo:

$$k = \frac{(P_t - P_{t-1} - 1 + C_t)}{P_{t-1}}$$

Onde:

k = retorno esperado

P<sub>t</sub> = preço do ativo no tempo t

P<sub>(t-1)</sub> = preço do ativo no tempo t – 1

C<sub>t</sub> = caixa ou fluxo recebido do ativo no período t

#### 2.5 Fronteira Eficiente

Segundo ALMONACID (2010), a fronteira eficiente é o conjunto de carteiras cuja distribuição do peso dos ativos apresenta, para cada patamar de risco, o melhor retorno



possível e, para cada patamar de rentabilidade, o menor risco possível. O economista Harry Markowitz desenvolveu em sua teoria do portfólio esta ferramenta com o objetivo de mostrar que ao se analisar diferentes combinações de uma carteira é possível verificar a alocação mais adequada em relação as outras carteiras possíveis, sendo assim, o conjunto das carteiras preferíveis forma a fronteira eficiente. Ao se colocar as condições de risco e retorno em um gráfico, onde o eixo X corresponde ao risco e o eixo Y ao retorno, será observada uma curva que mostra as oportunidades de investimento a serem consideradas de acordo com a restrição escolhida.

## 2.6 Algoritmos Genéticos e o Evolver®

Na matemática e na computação, um algoritmo é definido como uma formula a ser seguida para a realização de algo, é um passo a passo do que deve ser feito para a execução de algo ou a resolução de um problema. Algoritmos Genéticos são métodos computacionais de buscas que se baseiam na genética e na evolução de populações de seres vivos e são utilizados para resolver problemas em diversas áreas do conhecimento.

O algoritmo genético foi inventado por John Henry Holland, um cientista e professor dos Estados Unidos, especializado em Matemática, Ciência da Computação e ciência não linear. Os algoritmos genéticos são utilizados, além de outros fins, como otimizadores de funções e operam utilizando um processo evolucionário. Basicamente, eles funcionam com a união de um grupo de elementos (população) inicial selecionando-os e recombinao-os para formar uma nova população melhor que a primeira.

Segundo Linden (2008, p. 5) Algoritmos Genéticos (GA) são uma técnica de busca extremamente eficiente no seu objetivo de varrer o espaço de soluções e encontrar soluções próximas da solução ótima, quase sem necessitar interferência humana.

O Evolver® é um programa de otimização que acrescenta novas funções para o Microsoft Excel. O Evolver® utiliza, dentre outros recursos, um algoritmo genético para se obter a melhor solução para problemas complexos

Em uma carteira de ações, o algoritmo genético serve para recombinar as ações, o nível de risco é uma restrição que pode ser adicionada para otimizar o retorno esperado da carteira. Sendo esse um dos atributos do Evolver®, respalda-se a utilização do programa para a aplicação dos conceitos apresentados neste artigo.

## 3. Aplicação

Para dar início a aplicação serão utilizados os dados da variação das ações de 5 empresas fictícias, aqui denominadas como Empresa V, Empresa W, Empresa X, Empresa Y e Empresa Z. Essa variação foi analisada por um período de 3 meses e variações diárias, no período de 01 de março de 2017 à 31 de maio de 2017.

A partir deste histórico, foram calculados o retorno e o risco de cada empresa.



Tabela 1: Risco e Retorno

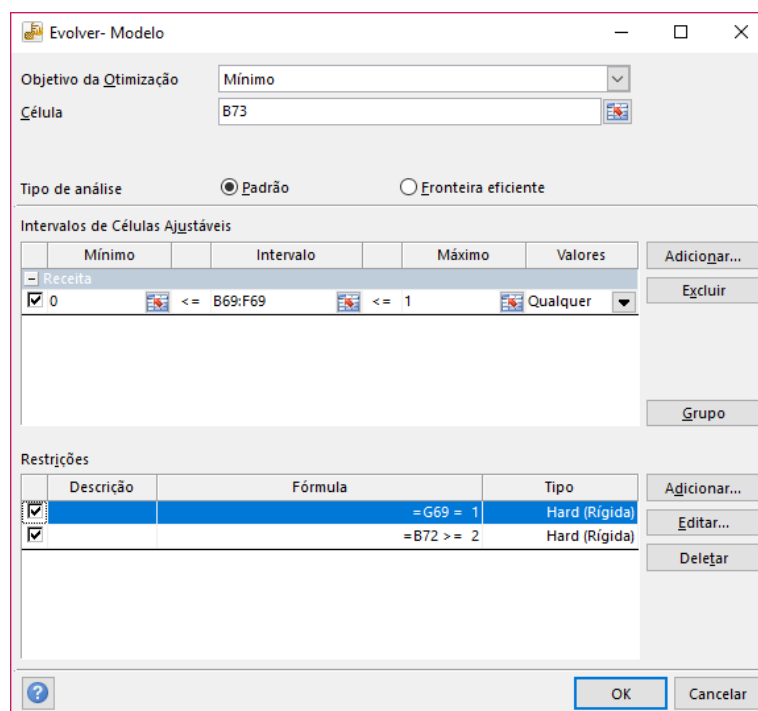
Empresa	Retorno	Risco
V	1,94%	2,41%
W	2,31%	2,62%
X	2,22%	2,42%
Y	3,04%	3,45%
Z	2,05%	2,85%

Fonte: Autoria Própria

De acordo com a teoria de Markowitz já citada anteriormente, para se criar uma carteira ótima é necessária uma diversificação da proporção dos pesos. A princípio foi selecionada uma carteira de forma genuína, ou seja, o peso de cada ação é o mesmo, totalizando 100%, neste caso utilizamos 20% para cada empresa. Com a utilização do software *Evolver*®, foram adicionadas restrições e nos possibilitam moldar a resolução desejada.

- Pesos – entre 0 e 1;
- Restrições – a soma dos pesos deve ser igual a 1 e nossa retorno deve ser maior que 2.

Figura 1 – Definição de Modelo



Fonte: Software Evolver®

Sendo assim, o software busca os melhores parâmetros para que se atinja o menor risco e o maior retorno.

Figura 2 – Definição de Modelo - continuação

Observador do Evolver							
Progresso   <b>Sumário</b>   <u>Registro</u>   Condições de Parada							
Exibir: <span>Todas as Tentativas</span>							
Tenta..	Tempo Decorrid..	Resultado	B69	C69	D69	E69	
104	00:00:30	0,0168	0,2489	0,1445	0,2848	0,1111	
105	00:00:30	0,0168	0,2408	0,1444	0,2904	0,1115	
106	00:00:30	0,0168	0,2432	0,1448	0,2891	0,1115	
107	00:00:30	0,0168	0,2374	0,1441	0,2930	0,1115	
108	00:00:30	0,0168	0,2526	0,1375	0,2891	0,1115	
109	00:00:30	0,0168	0,2360	0,1459	0,2926	0,1116	
110	00:00:31	0,0168	0,2269	0,1509	0,2952	0,1122	
111	00:00:31	0,0168	0,2326	0,1457	0,2952	0,1116	
112	00:00:31	0,0168	0,2337	0,1479	0,2935	0,1122	
113	00:00:31	0,0168	0,2357	0,1440	0,2943	0,1115	
114	00:00:31	0,0168	0,2406	0,1448	0,2917	0,1115	
Melhor=0,0168 (Tentativa #100) Original=0,0177 Tentativas=115 Tempo=00:00:31							

Fonte: Software Evolver®

Após a análise dos dados pelo software, podemos observar a nova composição da carteira, nota-se que com uma carteira genuína o risco de investir numa empresa é igual para todos, já com a otimização utilizada podemos ter uma diversificação maior, nos possibilitando reduzir o risco. Neste caso, obtivemos um retorno de 2,31% e risco de 1,63%.

Tabela 2 – Comparativo entre Carteira Genuína e Otimizada

Empresa	Carteira Genuína	Carteira Otimizada
V	20%	31%
W	20%	18%
X	20%	34%
Y	20%	1%
Z	20%	15%

Fonte: Autoria Própria

Sendo assim as restrições estabelecidas foram cumpridas, fazendo com que criássemos uma carteira ótima de acordo com o cenário estabelecido. Vale salientar, e como dito anteriormente, este cálculo possibilita a redução de um risco diversificáveis e não sistêmicos, é necessário a análise do cenário total e econômico e fim de minimizar os riscos que o mercado pode oferecer.

#### 4. Conclusão

A aplicação de uma ferramenta para atestar os conceitos ensinados com a Teoria de Harry Markowitz (1952) foi fundamental, pois auxiliou que uma carteira melhor diversificada



fosse encontrada de forma rápida e eficaz. Acredita-se que o modelo apresentado foi útil para exemplificar todos os conceitos apresentados no referencial teórico, de uma forma simples e prática.

A partir dos cálculos efetuados é possível notar que com base nos históricos de variação das ações das cinco empresas exemplificadas, o mais viável é manter-se a carteira formada por 34% das ações da Empresa X, 31 % da Empresa V, 18% da Empresa W, 15% da Empresa Z e somente 1% das ações devem provir da Empresa Y. Isso se justifica com base em que, individualmente, a Empresa Y é a que apresenta a maior volatilidade.

A utilização de modelos como este por gestores, auxilia na análise e tomada de decisão referentes à investimentos em carteira de ações. Com isso, verificou-se a importância da utilização de ferramentas que auxiliem no momento de se montar um portfólio para que a mesma fica o mais próximo possível de se obter o melhor resultado, de acordo com o perfil do investidor.

Concluiu-se a neste artigo que com a aplicação de algoritmos genéticos, neste caso com o auxílio do software *Evolver*®, é possível tornar uma carteira mais eficiente.

## REFERÊNCIAS

ALMONACID, G. A. Aplicabilidade da Teoria de Markowitz para Investimentos em Ativos do Real Estate: Estudo de Caso de uma Carteira Mista. 2010. 76 f. Monografia (MBA-USP – Real Estate Economia e Mercados) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ELTON, Edwin J. et al. Moderna Teoria de Carteiras e Análise de Investimentos. Tradução Antonio Zoratto Sanvicente. São Paulo: Atlas, 2004. 602 p.

F NETO, Alexandre, MERCADO FINANCEIRO. ed..São Paulo: Atlas - 2012- 11ª Edição

GITMAN, L. J. Princípios da administração financeira. 10. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2004. 745p

GITMAN, Lawrence J. Princípios de Administração Financeira. 10ª ed, Pearson Education - Br, 2008.

LEMES Jr., Antônio Barbosa; RIGO, Cláudio Miessa & CHEROBIM, Ana Paula Mussi Szabo. ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA: Princípios, Fundamentos e Práticas Brasileiras. São Paulo, SP: 2010. Ed. Elsevier

MARKOWITZ, H. “Portfolio Selection”. *Journal of Financial*, n. 7, p. 77-91, mar. 1952.

PADOVEZE, Clovis Luís e BERTOLUCCI, Ricardo Galinari, Gerenciamento do Risco Corporativo em Controladoria, 2ª. edição. Editora Atlas. 2013

RICARDO, Linden. Algoritmos genéticos: uma importante ferramenta da inteligência computacional. Brassport, 2008