

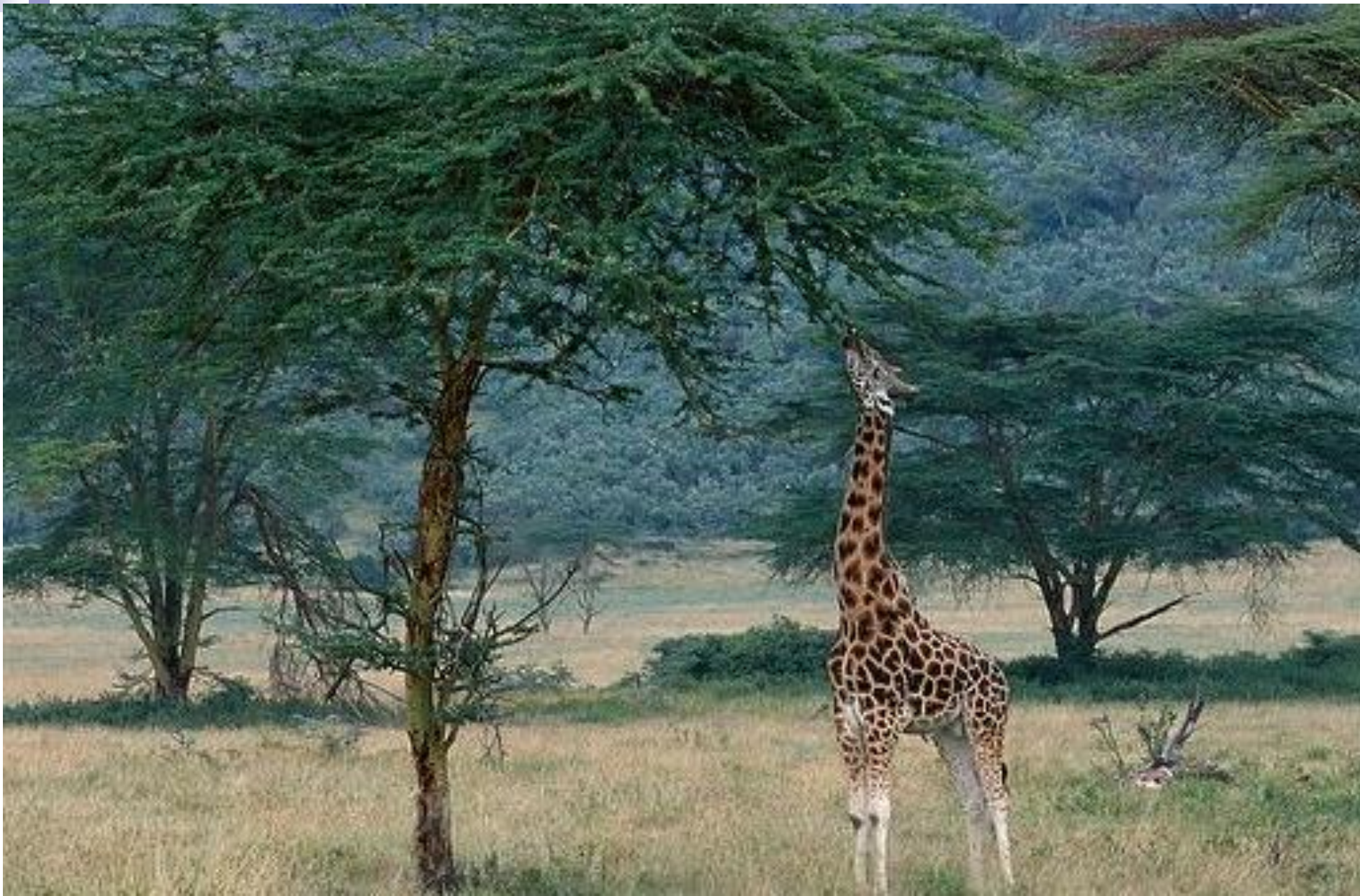


PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

# Algoritmos Genéticos

Prof. Sandro Jerônimo de Almeida

[sandro.j@pucminas.br](mailto:sandro.j@pucminas.br)



# Algoritmo Genético

- John **Holland** (1975) e David **Goldberg** (1989)
- Inspirado na Teoria da Evolução de Evolução das espécies: as populações mais adaptadas sobrevivem

# Introdução

- Um Algoritmo genético (AG), conceitualmente, segue passos inspirados no processo biológico de evolução natural segundo a teoria de Darwin
- Algoritmos Genéticos seguem a idéia de sobrevivência do mais forte em cada geração



# Fundamentos

- Sua técnica de busca é baseada na seleção natural e reprodução genética
- Trabalham com uma população de soluções simultaneamente

# Para que servem?

- Busca e Otimização
- Amplamente utilizados, com sucesso, em problemas de difícil manipulação pelas técnicas tradicionais de otimização
- Eficiência X Flexibilidade

# Funcionamento geral (1)

- Começar com um conjunto de soluções
  - Representado por cromossomos
  - Chamado população
- Soluções de uma população são escolhidas e usadas para formar uma nova população (reprodução)



# Funcionamento geral (2)

- Espera-se que a nova população seja “melhor” que a anterior
- Soluções que são escolhidas para formar novas soluções
- São escolhidas de acordo com uma função de adaptação (função objetivo)

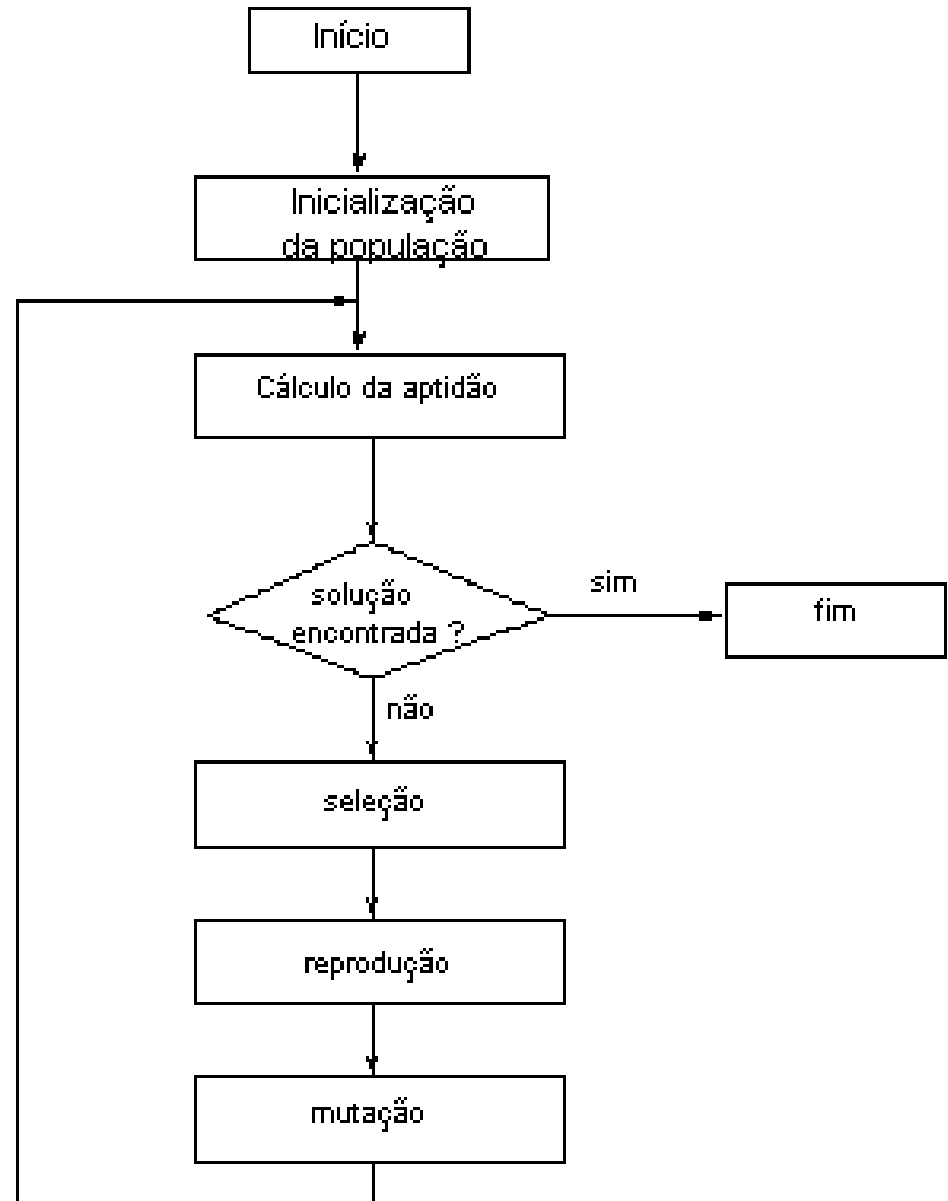


# Funcionamento geral (3)

- O processo é repetido até que uma condição seja satisfeita

# Algoritmo

- Opera em ciclos



# Problema da Mochila com AG

- Um ladrão irá assaltar uma casa que tem  $n$  objetos que lhe interessam
- Cada objeto  $i$  possui um valor  $v_i$  e um peso  $w_i$
- Sabendo que sua mochila poderá levar no máximo um peso  $K$ , o ladrão terá que determinar qual o objeto que irá levar, buscando maximizar o valor do assalto.

# Etapas importantes

- 1. Definição do Cromossomo
- 2. Geração da População Inicial
- 3. Função de Aptidão
- 4. Método de Seleção
- 5. Método de Reprodução
- 6. Método de Mutação
- 7. Condição de Parada



# Cromossomo

- Todo organismo vivo consiste de células
- Em cada célula, existe o mesmo conjunto de cromossomos.
- Cromossomos consistem de genes – seqüências de DNA- que servem para determinar as características de um indivíduo

# 1. Definição do Cromossomo

- Cromossomo deve representar uma solução do problema
- Como realizar a codificação de cromossomos?
- É a primeira pergunta que deve ser feita ao resolver um problema com AG

# Codificação

- A codificação dependerá fortemente do problema
- Tipos de codificação de variáveis:
  - Codificação Binária
  - Codificação por Permutação
  - Codificação de Valores
  - Codificação em Árvore



# Problema da Mochila

## ■ Cenário

Item	Valor (\$)	Peso (Kg)
1	100	1,2
2	200	2
3	300	3,1
4	400	4,2
5	500	4,8
6	600	5,9
7	700	6,9



Capacidade máxima:  $K = 11$  kg

# Codificação binária

- É a mais comum devido a sua simplicidade
- Cada cromossomo é uma string de bits – 0 ou 1
  - Crom: A = 1 0 1 1 0 0 1
  - Crom: B = 1 1 0 1 0 0 0
- Exemplo de uso: problema da mochila
- Codificação: Cada bit diz se um elemento está ou não na mochila

# Codificação por permutação

- Mais usado em problemas de ordenação
- Cada cromossomo é uma string de números que representa uma posição numa seqüência
  - Crom A: 1 5 3 2 6 4 7 9 8
  - Crom B: 8 5 6 7 2 3 1 4 9
- Exemplo de uso: problema do caixeiro viajante
- Codificação: os cromossomos descrevem a ordem em que o caixeiro irá visitar as cidades

# Codificação por valor

- Usado em problemas onde valores mais complicados são necessários
- Cada cromossomo é uma seqüência de valores
  - Crom A: 1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545
  - Crom B: ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGT
  - Crom C: (back), (back), (right), (forward), (left)

# Codificação por valor (Cont.)

- Exemplo de uso: dada uma estrutura, encontrar pesos para uma rede neural
- Codificação: Valores reais num cromossomo representam pesos em uma rede neural

## 2. População Inicial

### ■ Tamanho

- Geralmente tamanho par
- Tamanho base 2 é interessante

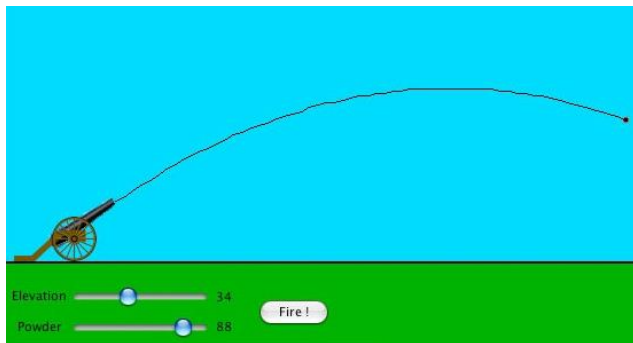
Exemplos: 4, 8, 16, 32 indivíduos

### ■ Forma de geração

- Aleatoriamente
- Baseado se em soluções anteriores (previamente conhecidas)

### 3. Função de Aptidão (fitness)

- Mede o quão um indivíduo é adaptado
- Em problemas de otimização, geralmente é representada pela função objetivo
- Simulação vs. Equação



$$erro = d - \frac{v^2 \cdot \sin 2a}{g}$$



## 4. Seleção

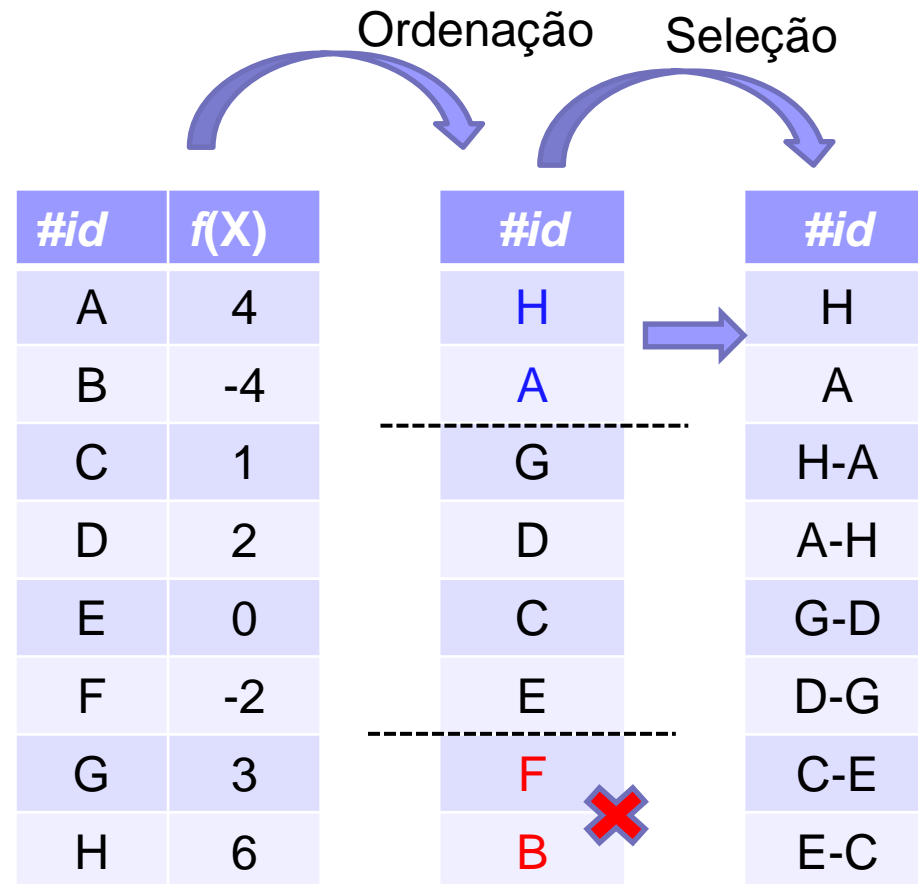
- Consiste em selecionar os indivíduos (reprodutores) que irão ser utilizados para gerar os indivíduos da nova população
- Seleção feita com base na aptidão
- Alguns métodos
  - Método elitista
  - Método da roleta
  - Método torneio



$$f(\text{indivíduo } X) = \dots$$

# Seleção: método do elitismo

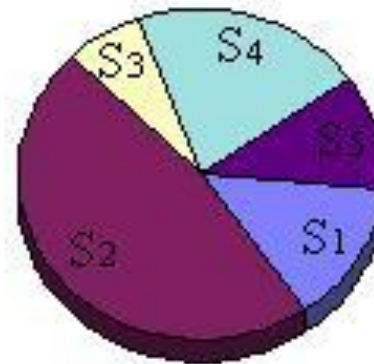
- Define-se um parâmetro  $k$ , cujo valor é menor que a metade do tamanho da população (ex.  $k = 2$ )
- Copia-se os  $k$  melhores indivíduos na nova população
- Elimina-se os  $k$  piores indivíduos
- Realiza-se cruzamento entre os demais (incluindo os melhores)



# Seleção: método da roleta

- Consiste em sortear os indivíduos com probabilidade associada a aptidão

	Indivíduo $S_i$	Aptidão $f(S_i)$	Aptidão Relativa
S1	10110	2.23	0.14
S2	11000	7.27	0.47
S3	11110	1.05	0.07
S4	01001	3.35	0.21
S5	00110	1.69	0.11





# Seleção: método do torneio



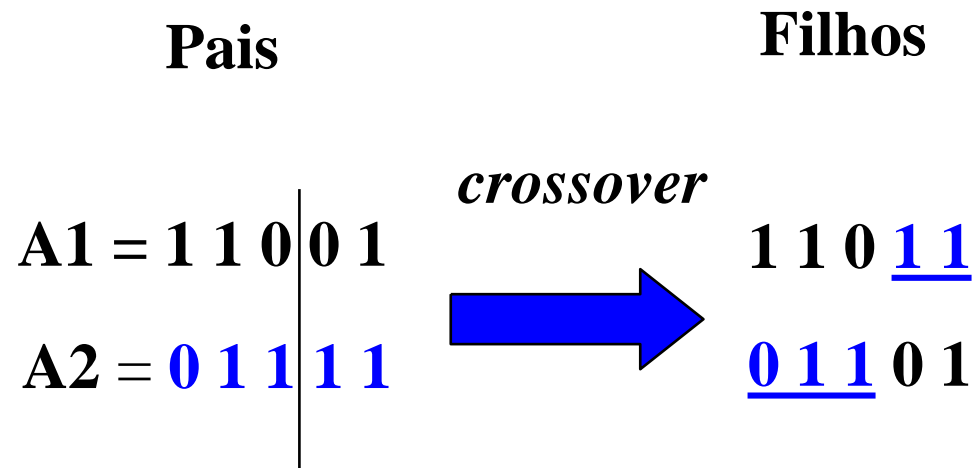
# Reprodução

- Durante o processo de reprodução ocorre-se a recombinação (ou crossover – cruzamento-). Genes dos pais se combinam para formar novos cromossomos.

# Crossover

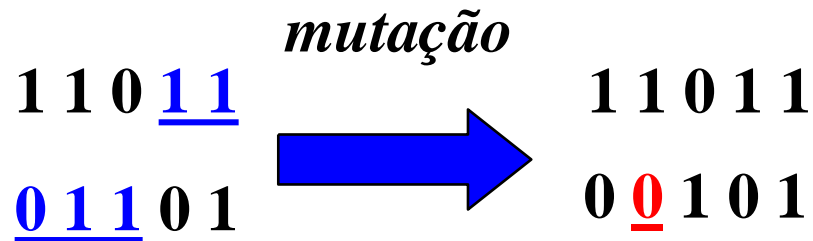
## ■ Opções

- ☐ Ponto fixo
- ☐ Ponto aleatório
- ☐ Multipontos



# Mutação

- Aleatorização do código genético do indivíduo/população

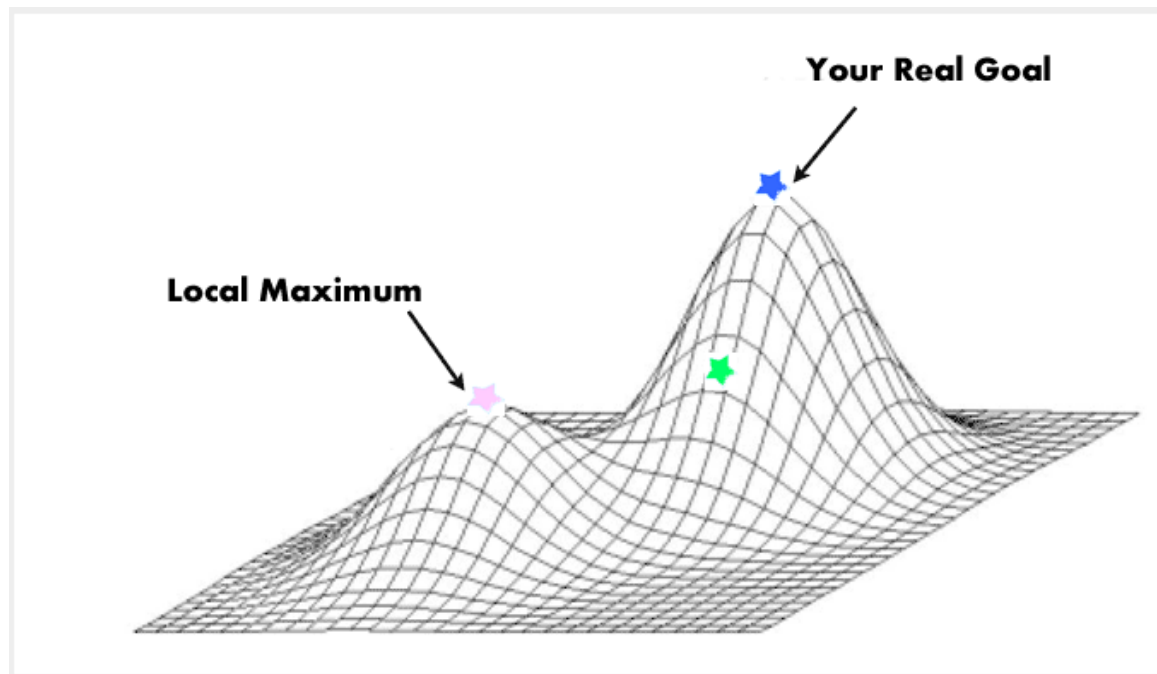


- Mantém diversidade da população
- Sugestão de taxa de mutação: 0,5 à 1%



# Mutação

- Mutação evita que as soluções na população fiquem apenas num mínimo local



# Condição de Parada

- Número de gerações/iterações
- Encontrada a solução
  - Quando conhecida
- Perda de diversidade
- Convergência
  - nas últimas  $k$  gerações não houve melhora da aptidão



# Avaliação

## ■ Vantagens

- Técnica de busca robusta
- Otimização de problemas mal estruturados

## ■ Limitações

- Dificuldades na representação da solução
- Dificuldades em determinar a função de avaliação do problema

# Problemas propostos

## ■ Modelagem

- ☐ 1. Definição do Cromossomo
- ☐ 2. População Inicial
- ☐ 3. Função de Aptidão
- ☐ 4. Método de Seleção
- ☐ 5. Método de Reprodução
- ☐ 6. Método de Mutação
- ☐ 7. Condição de Parada

## ■ Problemas

- ☐ 8-rainhas
- ☐ Mochila
- ☐ Caixeiro Viajante
- ☐ Grade de horário
- ☐ Mochila Múltipla

# Problema de Balística

- Que ajustes podemos fazer para acertar o alvo?

