

# Algoritmos Genéticos

Prof. Luis Otavio Alvares  
INE/UFSC

prof. Luis Otavio Alvares

# Características de alguns problemas

- Tamanho do espaço de busca- Ex. caixeiro viajante:
  - 10 cidades: 181.000 soluções
  - 20 cidades: 10.000.000.000.000 soluções
- Complexidade da função objetivo
- Restrições em problemas reais: scheduling, timetable
- Ambientes dinâmicos

prof. Luis Otavio Alvares

# Pontos fracos dos métodos tradicionais

- Mapeamento **Problema Real ==> Modelo** freqüentemente modificado (o modelo é simplificado)
- Maioria dos modelos é local em abrangência (garante só otimização local)
- Muitos métodos
- Mudanças no problema muitas vezes implica em recomeçar quase do zero

prof. Luis Otavio Alvares

Problema ==> modelo ==> solução



prof. Luis Otavio Alvares

# Algoritmos Genéticos

prof. Luis Otavio Alvares

# Algoritmos Genéticos

- propostos por John Holland (1975)
- a idéia foi imitar algumas etapas do processo de evolução natural das espécies incorporando-as a um algoritmo computacional

prof. Luis Otavio Alvares

# Teoria da Evolução Natural

- A Origem das Espécies [Charles Darwin 1859]
- principais pontos:
  - existe uma variação no grau de adaptação dos indivíduos ao meio em que vivem (ambiente)
  - a variação no grau de adaptação é hereditária
  - pelo resultado da seleção natural (luta pela sobrevivência), os indivíduos mais adaptados gerarão maior número de descendentes

prof. Luis Otavio Alvares

Como seria um algoritmo computacional baseado na teoria da evolução?

prof. Luis Otavio Alvares

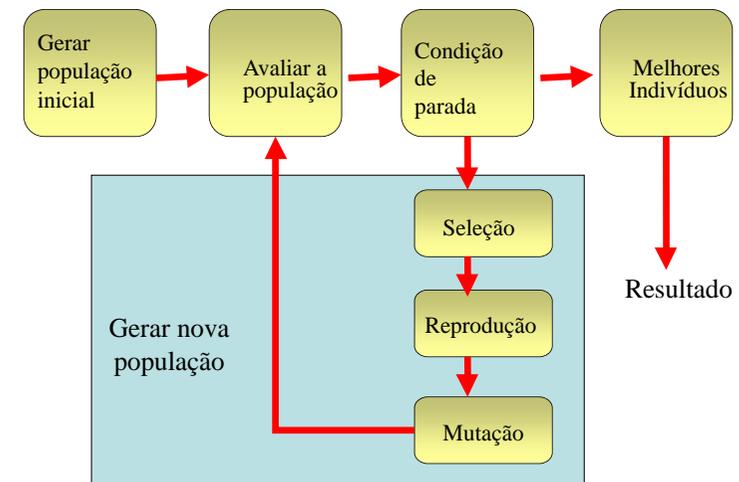
## Abordagem

O esquema geral de um algoritmo genético baseia-se na **representação de um problema** através de um **conjunto de indivíduos** que são **soluções potenciais para o problema** em questão. Através de processos de **seleção, reprodução e mutação**, obtêm-se uma **nova geração** de indivíduos e o processo continua. Após um certo número de gerações espera-se convergir para uma geração de elite que corresponde a uma solução ótima ou quase ótima para o problema



prof. Luis Otavio Alvares

## Algoritmo Genético Tradicional



prof. Luis Otavio Alvares

## Necessidades

- uma representação das soluções potenciais (possíveis) do problema
- uma população inicial de soluções potenciais
- uma função de aptidão (*fitness*) que avalie cada solução potencial (cada indivíduo)
- operadores genéticos para alterar a composição dos descendentes
- valores para os parâmetros utilizados (tamanho da população, probabilidades dos operadores, etc.)

prof. Luis Otavio Alvares

## Representação do problema

- Cada indivíduo da população corresponde a uma solução possível para o problema, mesmo que não seja uma boa solução

prof. Luis Otavio Alvares

## Representação do indivíduo (cromossomo)

- Especificação das possíveis soluções no espaço de busca (define-se a estrutura do cromossomo)
- A representação depende do tipo de problema a ser manipulado
- Tipos usuais de representação:
  - Binária
  - Números reais
  - Símbolos

prof. Luis Otavio Alvares

## Exemplos de representação do indivíduo (cromossomo)

- Binária

1	1	1	0	0	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- Simbólica

A	J	D	I	B	E	D	G	F	H
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- Valores reais

4	3,7	1	3	2,3	5	6	8,9	5	8
---	-----	---	---	-----	---	---	-----	---	---

prof. Luis Otavio Alvares

## Exemplo: representação binária

- Define-se o valor de cada *alelo* do cromossomo para todos os indivíduos da população, indicando a presença ou ausência de determinada característica
  - 1 – presença de determinada característica
  - 0 – ausência de determinada característica

Exemplo de conjunto de cromossomos (indivíduos) que compõem a população:

0 0 1 0 0 1  
0 0 0 1 0 0  
0 0 0 1 1 1  
0 0 1 0 1 0

prof. Luis Otavio Alvares

## Exemplo: representação por símbolos

- Considerando o problema do caixeiro viajante com 10 cidades (A a J), uma solução possível (um indivíduo) pode ser:

G	B	I	A	D	F	H	C	J	E
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

prof. Luis Otavio Alvares

## População inicial

- Geralmente é criada aleatoriamente, para garantir a “biodiversidade”:
  - geração randômica uniforme
  - geração randômica não uniforme
  - geração randômica, mas com inserção de alguns indivíduos muito bons

prof. Luis Otavio Alvares

## Função de avaliação (fitness)

- Responde à questão “Quão bem este indivíduo resolve o problema?”
- Depende do problema
- Exemplo: no problema do caixeiro viajante pode ser a soma das distâncias entre as cidades do percurso

prof. Luis Otavio Alvares

## Operadores genéticos: seleção

Seleciona indivíduos da população para a reprodução.

prof. Luis Otavio Alvares

## Seleção

- Baseada na aptidão dos indivíduos, onde os mais aptos têm maior chance de serem escolhidos para reprodução
  - Proporcional / Técnica da Roleta (mais utilizada)
  - Torneio
  - Amostragem universal estocástica
  - .....

prof. Luis Otavio Alvares

## Seleção Proporcional (Roleta)

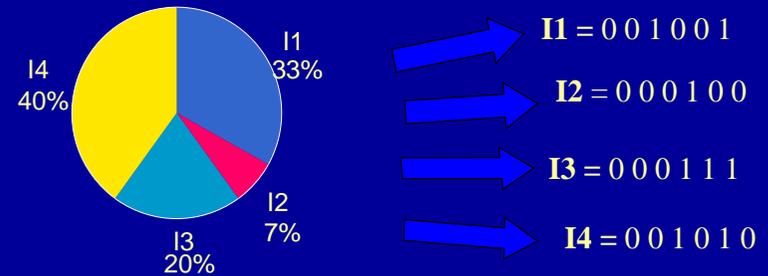
- A probabilidade de um indivíduo ser selecionado é proporcional ao seu valor de aptidão

$$p_i = \frac{f(x_i)}{\sum_{k=1}^N f(x_k)}$$

Ind.	Cromossomo	x	f(x)	Prob. Seleção (%)
I1	001001	9	81	33%
I2	000100	4	16	7%
I3	000111	7	49	20%
I4	001010	10	100	40%
		246		100%

prof. Luis Otavio Alvares

## Seleção Proporcional (Roleta)



Buscando 4 indivíduos para a reprodução, gira-se a Roleta 4 vezes. Poderíamos ter o seguinte resultado:

- Giro 1 - Indivíduo 4
- Giro 2 - Indivíduo 1
- Giro 3 - Indivíduo 4
- Giro 4 - Indivíduo 3

O indivíduo 4 tem duas copias, os indivíduos 3 e 2 têm uma copia e o indivíduo 1 nenhuma

prof. Luis Otavio Alvares

## Seleção por Torneio

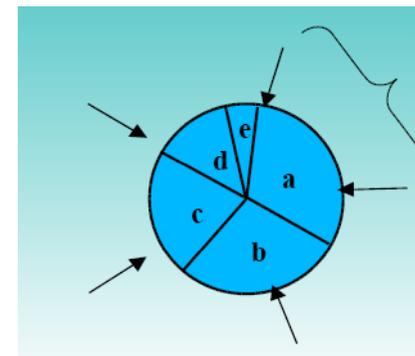
- Escolhe-se  $k$  (tipicamente 2 ou 3) indivíduos aleatoriamente da população e o melhor é selecionado (aumentando o tamanho  $k$  do torneio aumenta-se o risco de convergência prematura).

Obs.: o resultado não é proporcional a aptidão

prof. Luis Otavio Alvares

## Amostragem Universal Estocástica

Evita a possível variância de filhos do método da roleta



N ponteiros igualmente espaçados

Pais selecionados:  
a b c d

prof. Luis Otavio Alvares

# Reprodução

- mecanismo pelo qual o organismo se perpetua
- tipos:
  - reprodução **assexuada**: são produzidas novas gerações essencialmente idênticas (clonagem)
  - reprodução **sexuada**: as novas gerações tem origem após uma fusão do material genético de dois pais diferentes, o que acaba produzindo uma maior variação genética.

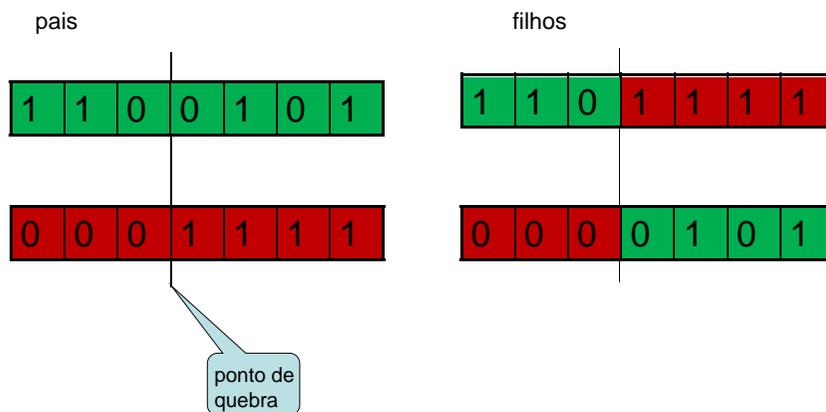
prof. Luis Otavio Alvares

# Recombinação (crossover)

- fusão das características dos pais.
- escolhe-se ao acaso um ponto na representação do indivíduo e procede-se a troca das características dos pais anteriores ou posteriores a esse ponto, criando-se dois novos descendentes.
- Outra forma de recombinação consiste em utilizar dois pontos de quebra aleatórios, trocando-se as características limitadas por estes dois pontos, mantendo-se as características anteriores e posteriores.

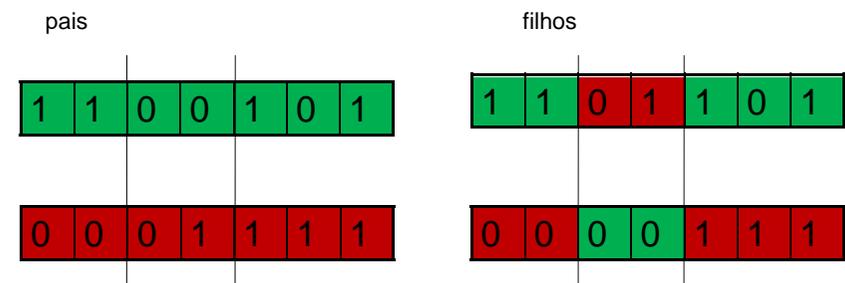
prof. Luis Otavio Alvares

## Exemplo: recombinação de 1 ponto



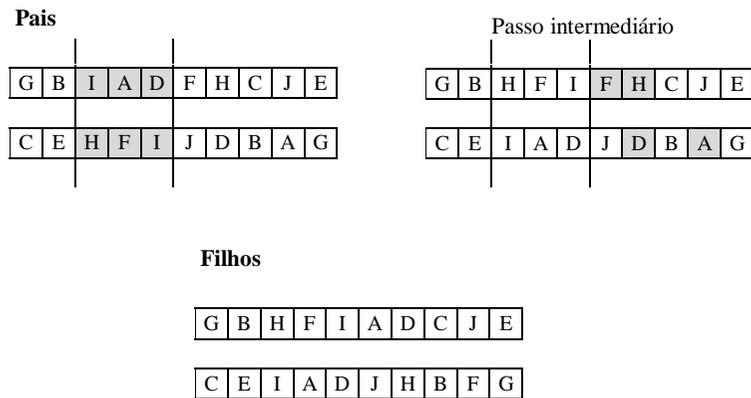
prof. Luis Otavio Alvares

## Exemplo: recombinação de 2 pontos



prof. Luis Otavio Alvares

## Exemplo: recombinação de 2 pontos



prof. Luis Otavio Alvares

## Mutação

- atua sobre um indivíduo apenas e corresponde a uma alteração aleatória no código genético do indivíduo
- ocorre eventualmente (por exemplo, uma vez em cada cem novos indivíduos)
- o objetivo é incluir novas diversidades genéticas na população
  - Se o resultado for positivo irá se disseminar
  - Se for negativo, será naturalmente descartado

prof. Luis Otavio Alvares

## Exemplos de mutação

antes da mutação

0	0	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---

depois da mutação

0	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---

antes da mutação

A	B	C	D	E	F	G
---	---	---	---	---	---	---

depois da mutação

A	G	C	D	E	F	B
---	---	---	---	---	---	---

prof. Luis Otavio Alvares

## Parâmetros genéticos

- **tamanho da população:** deve ser grande o suficiente para proporcionar um bom espaço de busca, evitando convergência prematura para mínimos locais
- **taxa de reprodução:**
  - pequena torna lento o algoritmo
  - grande pode levar a perda de estruturas (indivíduos) de alta aptidão
- **taxa de mutação:**
  - baixa é interessante (evita máximos ou mínimos locais)
  - alta torna a busca praticamente aleatória

prof. Luis Otavio Alvares

## Parâmetros genéticos (cont.)

- tipo de substituição:
  - **de geração** - ao final da reprodução se elimina a geração anterior e se passa a utilizar a nova (insetos)
  - **estado fixo**: pais e filhos coexistem (mamíferos)

prof. Luis Otavio Alvares

## Elitismo

- A reprodução ou a mutação podem destruir o melhor indivíduo da população
- Por que perder a melhor solução encontrada?
- O *Elitismo* garante uma cópia do(s) melhor(es) indivíduo(s) na geração seguinte.

prof. Luis Otavio Alvares

## Algoritmo genético simples

- 1- inicie uma população
- 2- calcule a função de aptidão para cada indivíduo
- 3- crie novos indivíduos com os operadores genéticos definidos
- 4- gere uma nova população
- 5- se a condição de parada não for satisfeita, volte para 2

(cada iteração corresponde a uma *geração*)

prof. Luis Otavio Alvares

## Condições de parada

- condições de parada mais usuais:
  - tempo de execução
  - número de gerações
  - falta de diversidade, isto é, grande parte da população é formada por indivíduos semelhantes (de mesmas características)
  - últimas  $k$  gerações sem melhora (convergência)

prof. Luis Otavio Alvares

## Características

Diferenças importantes com relação aos métodos tradicionais de otimização e busca:

- trabalham com uma codificação do conjunto de parâmetros (seqüência de bits) e não com os parâmetros diretamente
- procuram a solução para o problema simultaneamente em uma população de pontos e não em um ponto de cada vez
- utilizam diretamente uma função de avaliação e não derivadas ou outro conhecimento auxiliar
- regras de transição probabilísticas e não determinísticas

prof. Luis Otavio Alvares

## Características (cont.)

- vantagem prática de fornecer soluções não muito longe da solução ótima mesmo não se conhecendo métodos que solucionem o problema
- não exige nenhum conhecimento sobre a maneira de resolver o problema; somente é necessário poder avaliar a qualidade de uma solução
- adaptação a mudanças no contexto

prof. Luis Otavio Alvares

## Características (cont.)

- obtenção de soluções para problemas cuja solução exata é muito difícil de ser encontrada em um tempo razoável

prof. Luis Otavio Alvares

## Aplicações

- problemas de otimização: AG são normalmente aplicados em problemas complexos de otimização com muitos parâmetros ou características que precisam ser combinados
  - otimização de funções matemáticas complexas
  - aplicações industriais (como chegar ao melhor produto, com menor custo, melhor qualidade e com o lucro desejado)
  - .....
- simulação de modelos biológicos no que diz respeito a comportamento e evolução
- pesquisa em vida artificial

prof. Luis Otavio Alvares

# Referências

- DARWIN, C. **On the origin of species**. 1859. Disponível em <http://www.hn.psu.edu/faculty/jmanis/darwin.htm>
- HOLLAND, J. **Adaptation in natural and artificial systems**. Ann Arbor: Univ. of Michigan Press, 1975.
- GOLDBERG, D.E. **Genetic Algorithms in Search, optimization and machine learning**. Addison-Wesley, 1989.
- DAVIS, L.D. **Handbook of genetic algorithms**. Van Nostrand Reinhold, 1991.

prof. Luis Otavio Alvares