



EA 072 Inteligência Artificial em Aplicações Industriais

7.4 Algoritmos Genéticos

7.4.1 Introdução

- Computação evolucionária
 - Algoritmos genéticos
 - Programação genética
 - Estratégias de evolução

Motivação

- Métodos de otimização discreta
 - enumeração
 - relaxação
 - busca
- Maioria dos problemas práticos requer uso de heurísticas
- Busca: determinística e estocástica

Enumeração

Enumeração total: resolve problemas de otimização discreta comparando e verificando a factibilidade de todos os valores possíveis das variáveis de decisão (combinações dos valores discretos das variáveis de decisão).

$$\begin{array}{ll} \max & 7x_1 + 4x_2 + 19x_3 \\ \text{s.a.} & x_1 + x_3 \leq 1 \\ & x_2 + x_3 \leq 1 \\ & x_1, x_2, x_3 = 0 \text{ ou } 1 \end{array}$$

solução	objetivo
(0, 0, 0)	0
(0, 0, 1)	19
(0, 1, 0)	4
(0, 1, 1)	infectível
(1, 0, 0)	7
(1, 0, 1)	infectível
(1, 1, 0)	11
(1, 1, 1)	infectível



solução
ótima

7.4.2 Algoritmos genéticos

$P(t)$: população de soluções candidatas (x^1, x^2, \dots, x^p) no passo t

algoritmoGenético

$t \leftarrow 0$;

inicializar $P(t)$;

enquanto $t \leq t_{\max}$ fazer

 inicio

 avaliar $P(t)$;

 selecionar pares de soluções de acordo com função objetivo;

 produzir filhos de acordo com operadores genéticos;

 atualizar população;

$t \leftarrow t + 1$;

 fim;

fim

- AG: algoritmo de busca bio–inspirado
 - mecanismos da seleção natural
 - genética

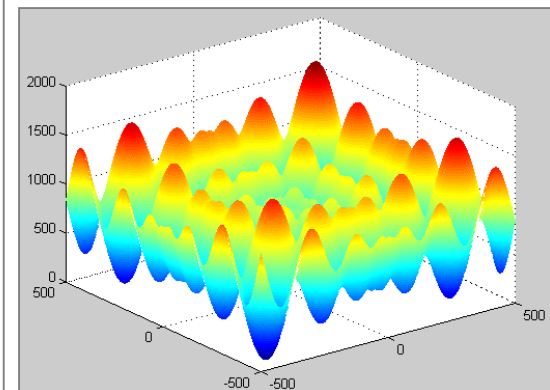
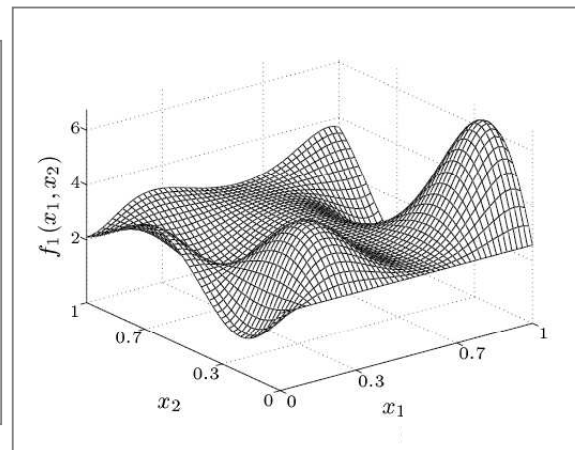
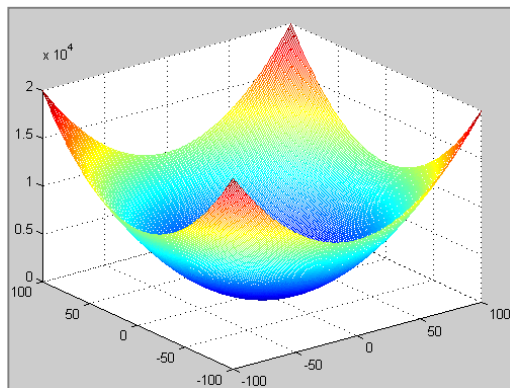
- Combina melhores indivíduos de uma população
 - mecanismo estruturado
 - aleatório
 - troca de informações
 - fornece novas soluções

- Métodos de otimização
 - cálculo: diretos e indiretos
 - enumeração
 - estocásticos

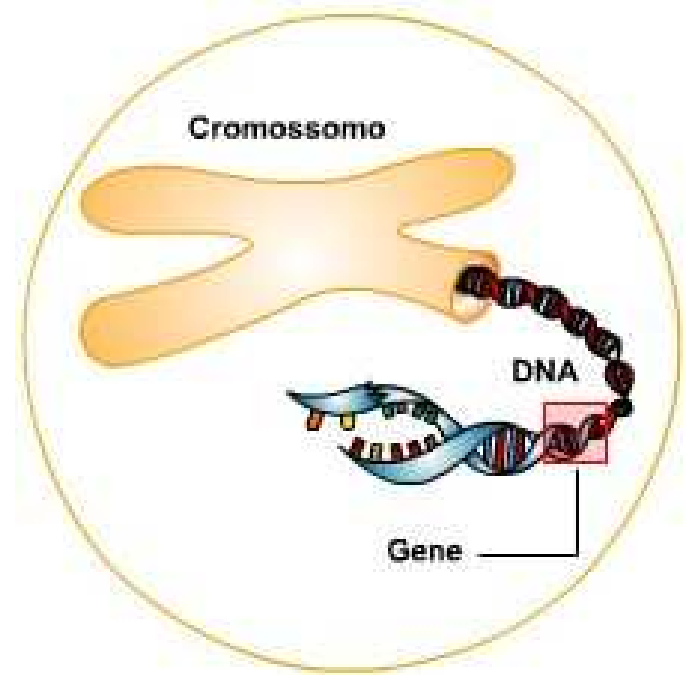
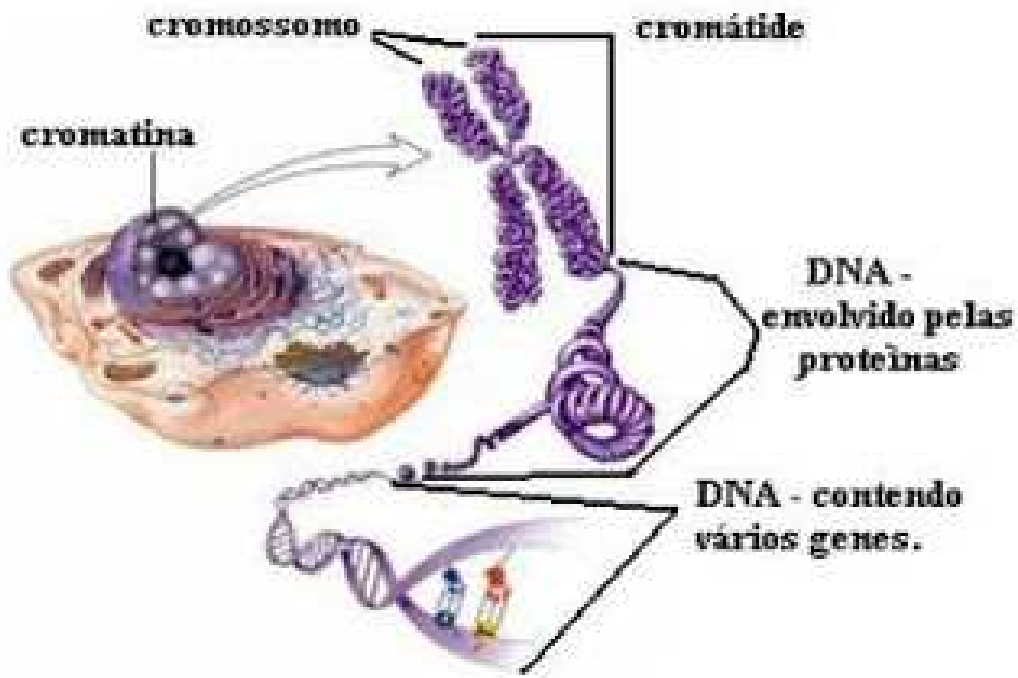
- AG: algoritmo de busca estocástico

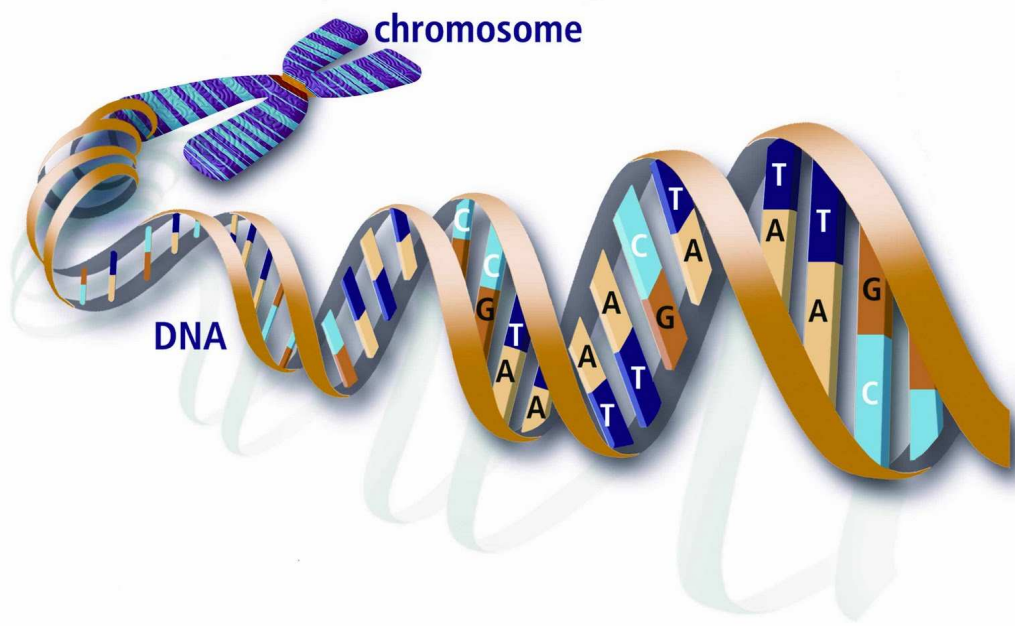
■ Algoritmos genéticos × métodos clássicos de otimização

- AG usa codificação e não as variáveis de decisão diretamente
- AG realiza busca utilizando população ao invés de um ponto
- AG usa valores da função e não dependem de derivadas
- AG usa regras de transição probabilísticas

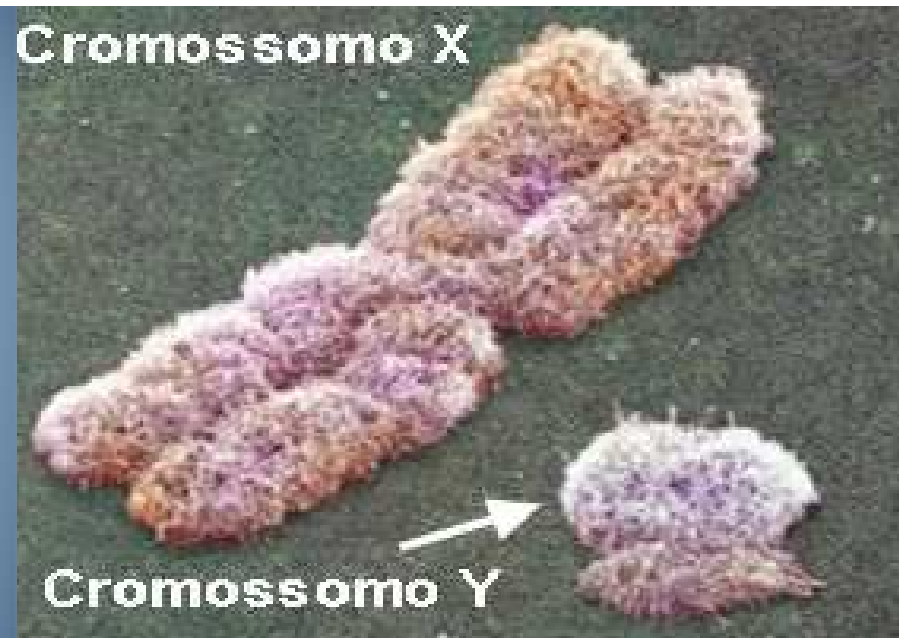
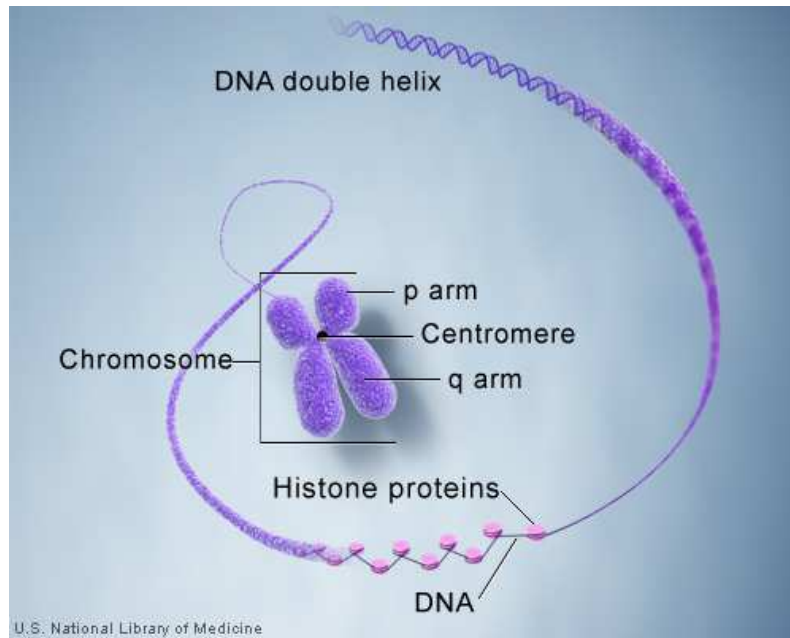


■ Genética

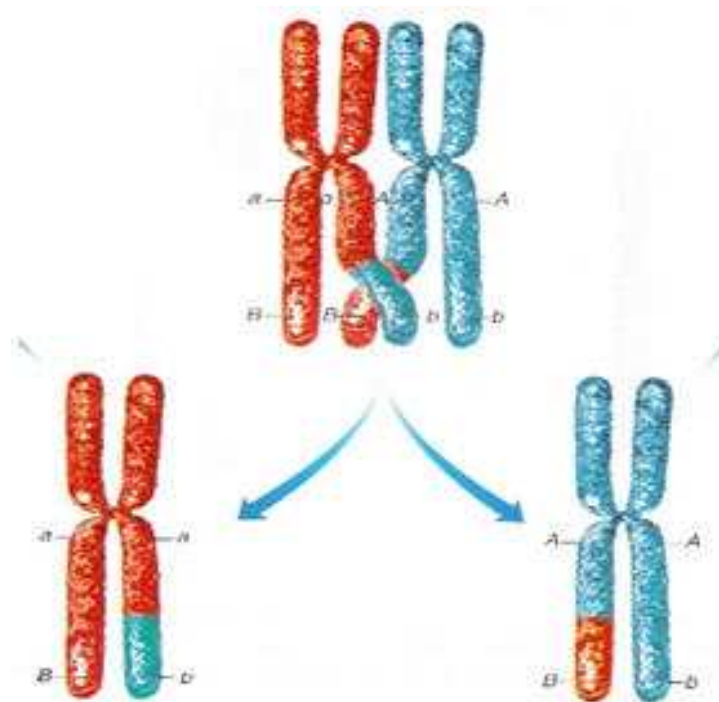




■ Genética



■ Recombinação

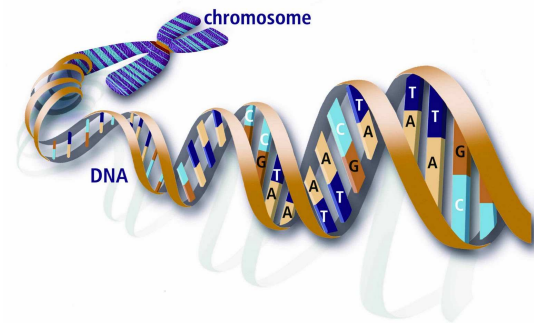


■ Analogia entre genética natural e AG

- cromossomo cadeias (*strings*)
- gen elemento de uma cadeia
- alelo valor do gen
- locus posição na cadeia
- genótipo estrutura cromossômica
- fenótipo solução
- epistasia não linearidade
- fitness função objetivo

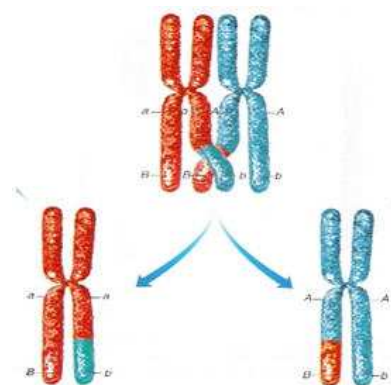
■ Codificação

- binária
- alfanumérica
- real
- Grey

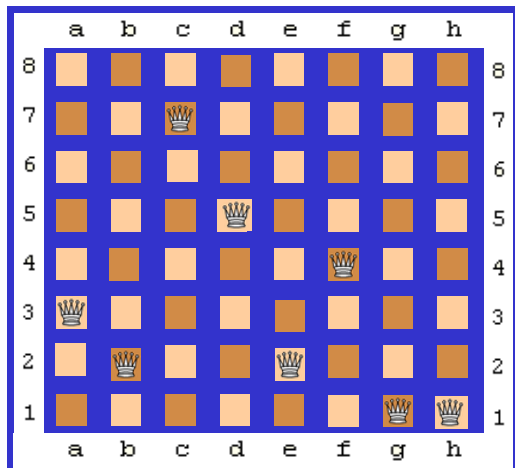


■ Operadores genéticos

- seleção
- recombinação (*crossover*)
- mutação



Exemplo: problema das 8 rainhas



32752411

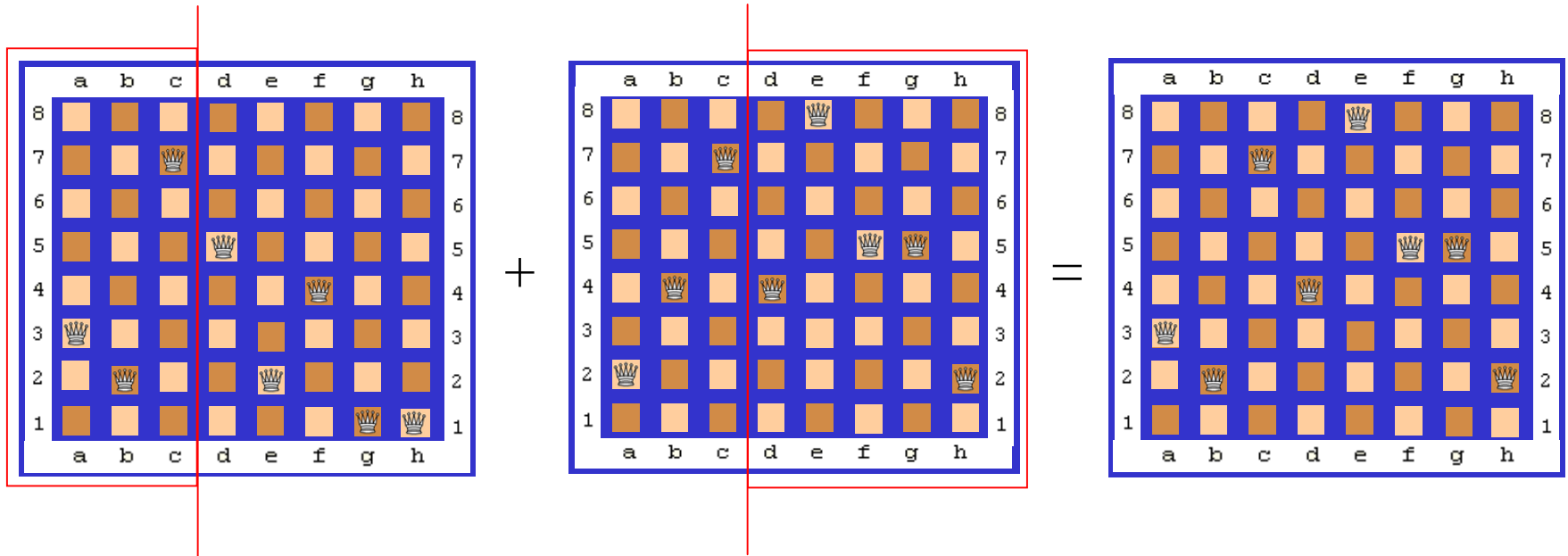
Cromossomo

24

Fitness

■ Crossover

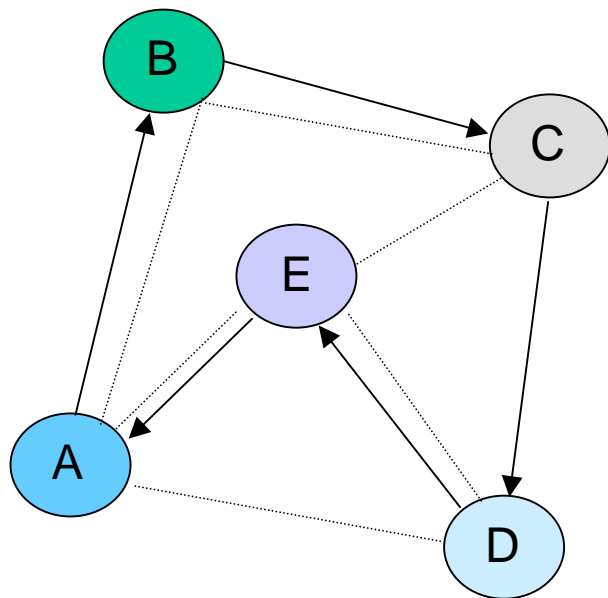
$$\boxed{32752411} + \boxed{24748552} = \boxed{32748552}$$



■ Mutação

$$\boxed{32748552} \rightarrow \boxed{32748152}$$

Exemplo: caixeiro viajante

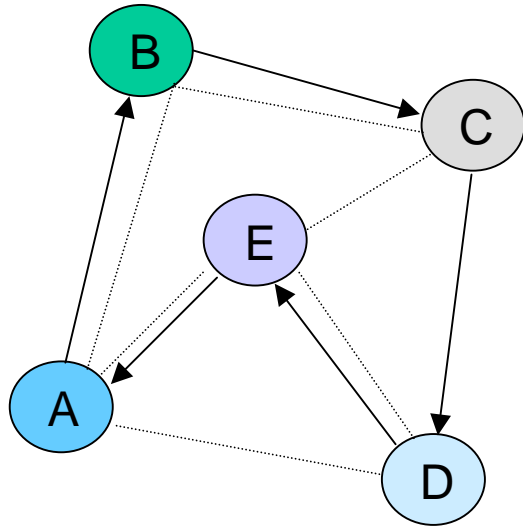


Menor caminho ???

Cromossomo = [A B C E D]

Comprimento caminho = fitness

Caixeiro viajante



[A B C E D] indivíduo
 Caminho fitness
 Menor caminho ???

Operadores Básicos

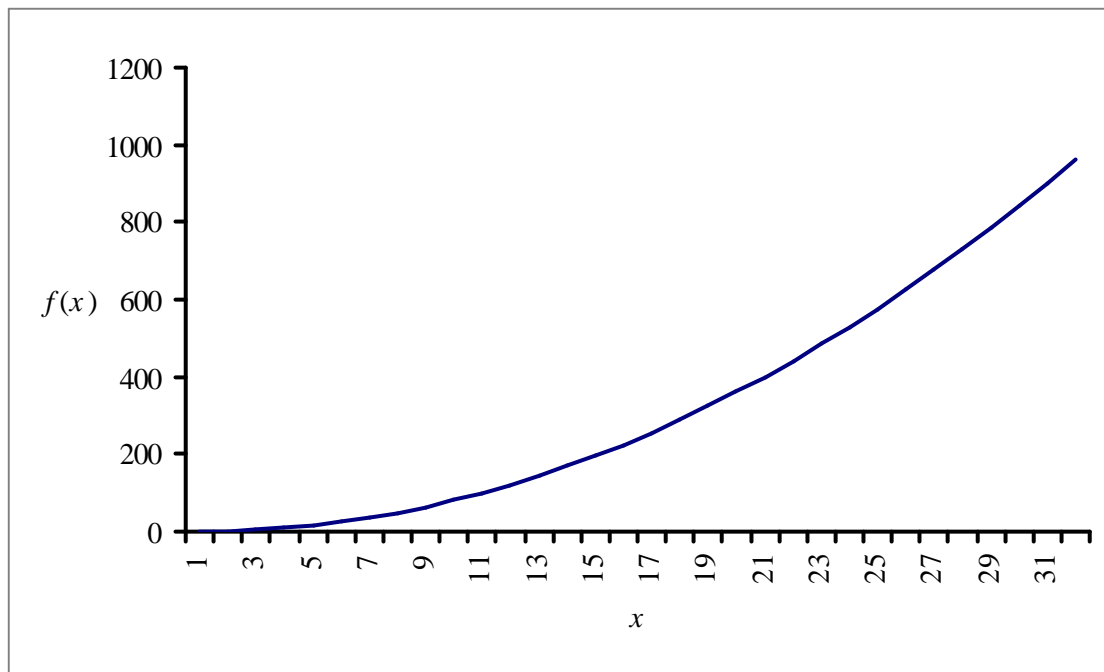
Pais		Filhos
[A B C D E]	→	[C B A D E]
↑ ↑		
pontos mutação		mutação

[A B C D E]		
[C B A E D]	→	[A B C E D]
		x-over

Exemplo

$$\max f(x) = x^2$$

$$x \in S = \{0, 1, 2, \dots, 31\}$$



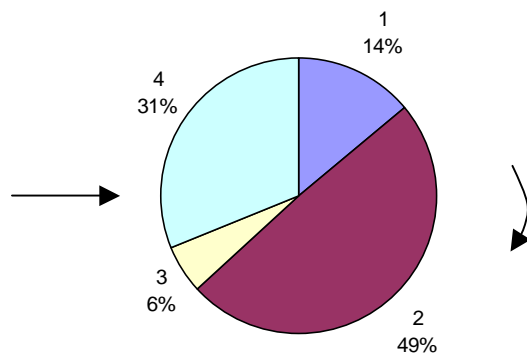
0	0
1	1
2	4
3	9
4	16
5	25
6	36
7	49
8	64
9	81
10	100
11	121
12	144
13	169
14	196
15	225
16	256
17	289
18	324
19	361
20	400
21	441
22	484
23	529
24	576
25	625
26	676
27	729
28	784
29	841
30	900
31	961

Codificação: número binário de 5 bits

Fitness: $f(x) = x^2$ função objetivo

População inicial:

No	Cadeia	$f(x)$	% Total
1	01101	169	14
2	11000	576	49
3	01000	64	6
4	10011	361	31
Total		1170	100



$$p_{\text{mutação}} = 0.001$$

Crossover

Pais

Filhos

11|000 → 11011

10|011 → 10000

Mutação

Antes

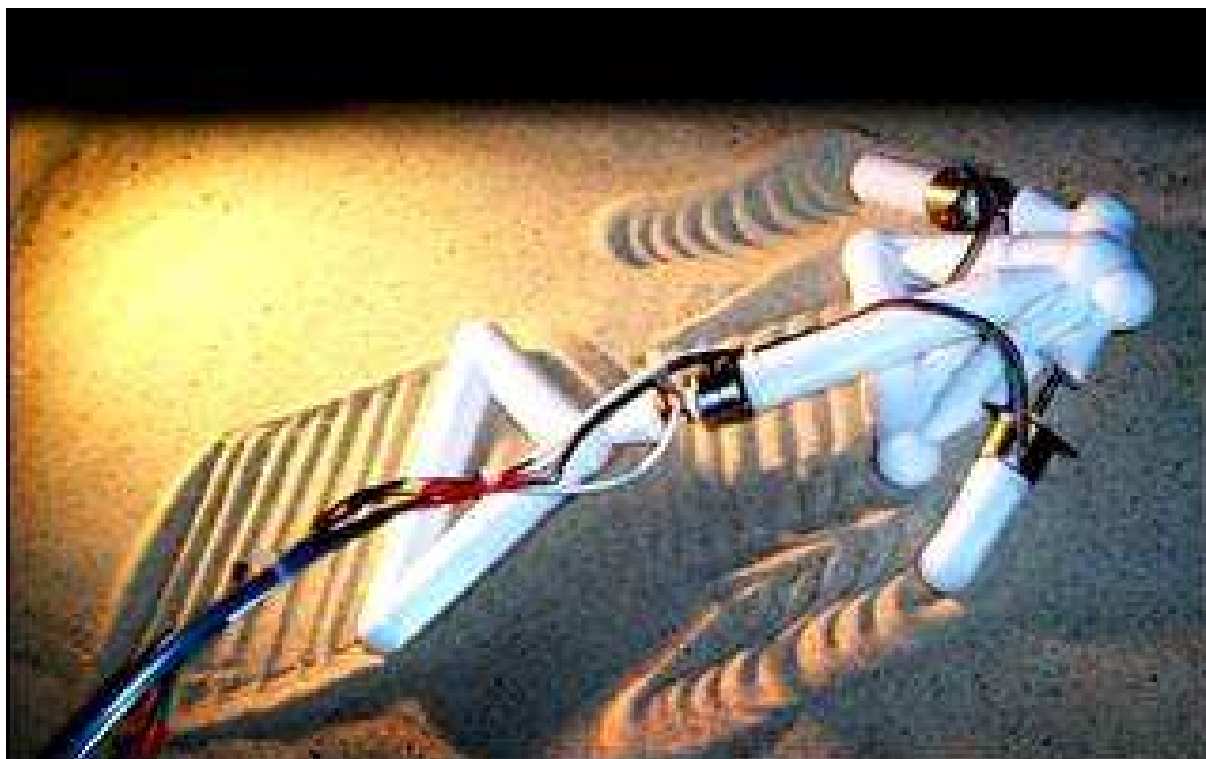
Depois

11000 → 10011

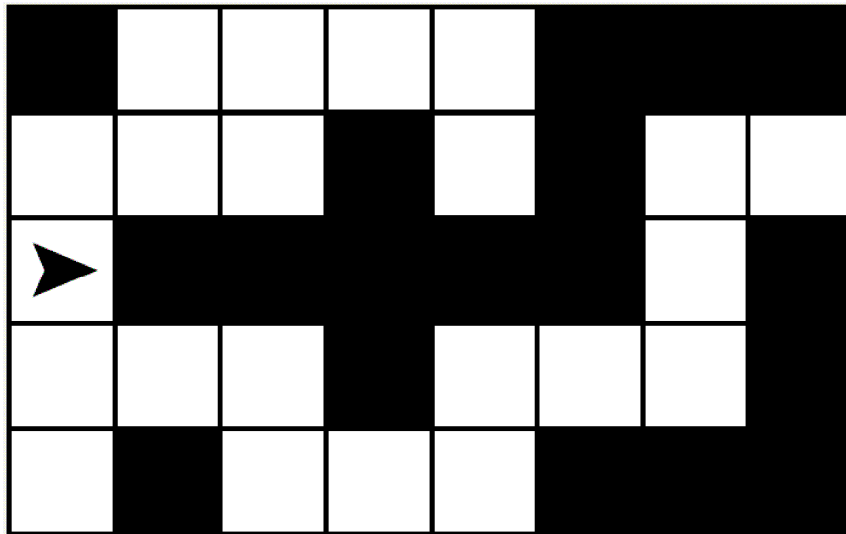
Cadeia	População Inicial	Valor x	$f(x)$	f_i/Sf_i	f_i/f	Roleta
1	01101	13	169	0.14	0.58	1
2	11000	24	576	0.49	1.97	2
3	01000	8	64	0.06	0.22	0
4	10011	19	361	0.31	1.23	1
Soma			11770	1.00	4.00	4.00
Média			293	0.25	1.00	1.00
Max			576	0.49	1.97	2.00

População	Par	Posição x-over	Nova População	Valor x	$f(x)$	
0110 1	2	4	01100	12	144	
1100 0	1	4	11001	25	625	
11 000	4	2	11011	27	729	
10 011	3	2	10000	16	256	
Soma					1754.00	
Média					439.00	
Max					729.00	

Robô genético



Programação genética



➤ robô (posição, orientação)

Instruções

(Move)

(Turn right)

(Turn left)

(While wall ahead)

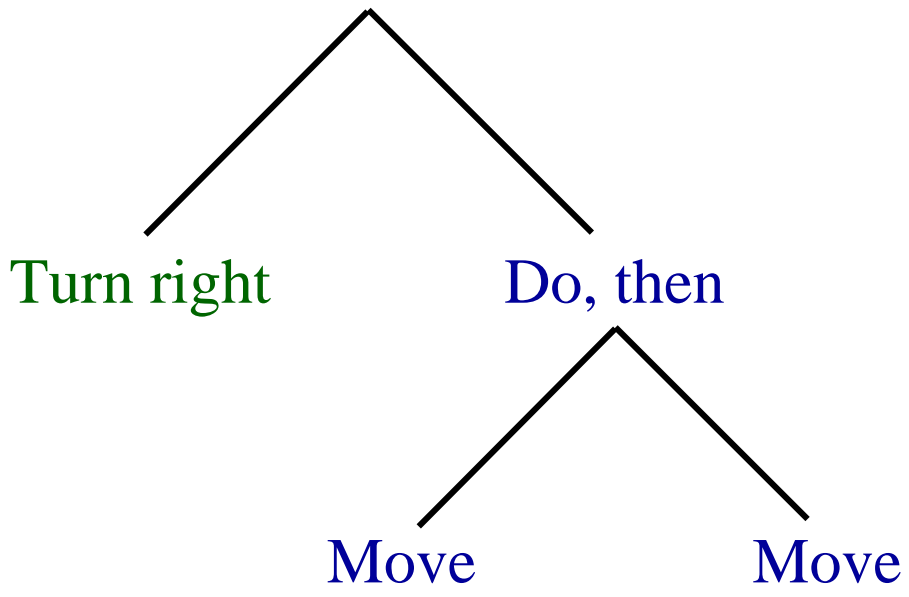
(Do X)

(then Do Y)

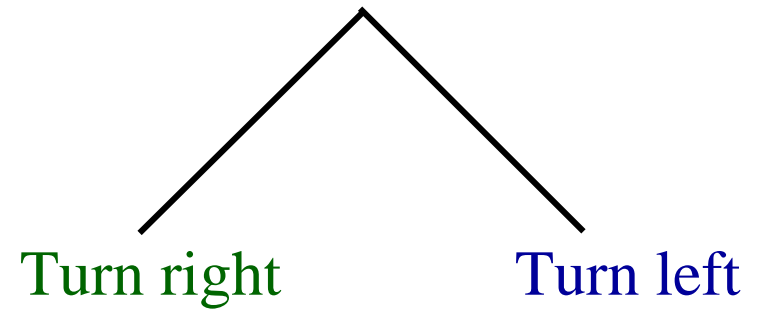
(Do X then do Y)

(While wall ahead (Turn right), (Do (Move), then Do (Move)))

While wall ahead



While wall ahead



Observação

Este material refere-se às notas de aula do curso EA 072 Inteligência Artificial em Aplicações Industriais da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Unicamp. Não substitui o livro texto, as referências recomendadas e nem as aulas expositivas. Este material não pode ser reproduzido sem autorização prévia dos autores. Quando autorizado, seu uso é exclusivo para atividades de ensino e pesquisa em instituições sem fins lucrativos.