

# **ALGORITMOS GENÉTICOS**

Luís Morgado

ISEL-ADEETC

# ALGORITMOS GENÉTICOS

## MOTIVAÇÃO

- **Os mecanismos naturais subjacentes parecem ser bastante robustos** e adequados ao suporte de mecanismos de adaptação, nomeadamente biológicos
- **Permitem pesquisar espaços de hipóteses complexos** e compostos por elementos interdependentes, cujo impacto global na selecção da hipótese mais adequada pode ser difícil de modelar
- **São facilmente paralelizáveis**, permitindo por isso tirar partido de sistemas computacionais massivamente paralelos

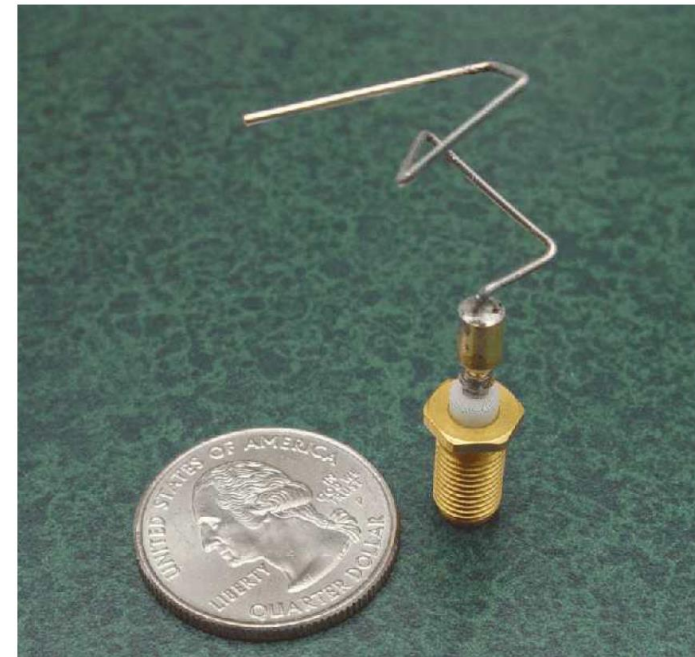
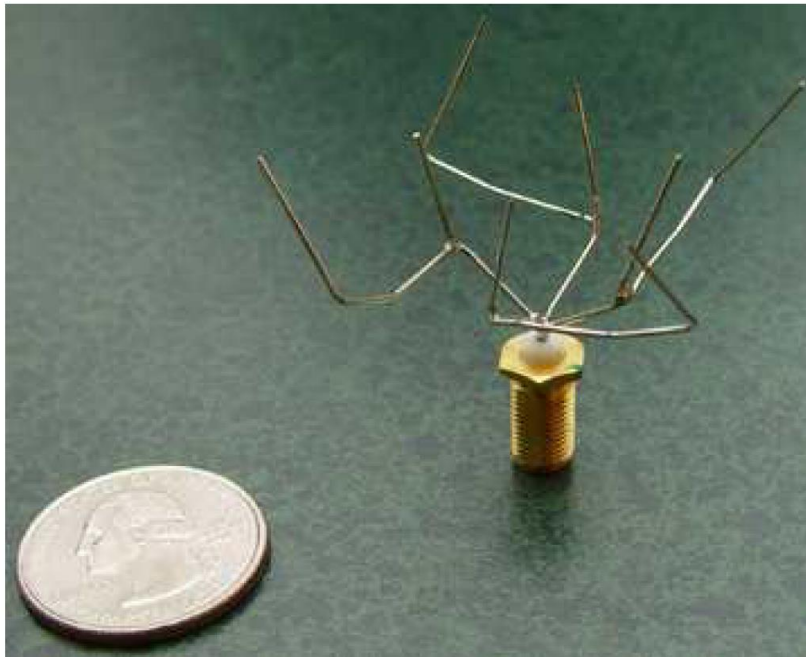
# ALGORITMOS GENÉTICOS COMO MÉTODOS DE PROCURA/OPTIMIZAÇÃO

## Diferenças em relação a outros métodos de procura

- **Utilizam uma codificação do conjunto de parâmetros** da função a otimizar, não os próprios parâmetros
- **Procura paralela** a partir de uma população de estados e não de um único estado
- **Paralelismo implícito** - cada indivíduo representa um conjunto variado de esquemas
- **Utilizam regras de transição de estado não determinísticas**
  - *Seleção* (reprodução)
  - *Cruzamento* (recombinação)
  - *Mutação*

# EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Concepção de antenas para a missão da NASA  
*Space Technology 5* (ST5)



[Hornby *et al.*, 2006]

# ALGORITMOS GENÉTICOS

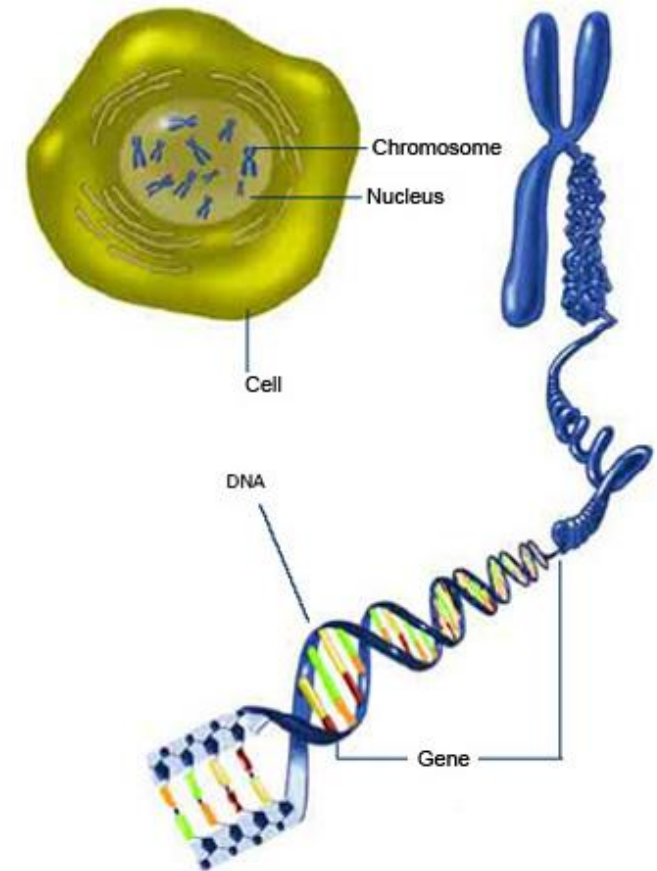
Algoritmos de procura baseados nos mecanismos biológicos de selecção natural e na genética, nomeadamente:

- Representação baseada em *cromossomas*
- Reprodução, cruzamento, mutação
- Sobrevivência dos mais adaptados
- Adaptação de sucessivas gerações ao ambiente
  - Surgimento de novas espécies

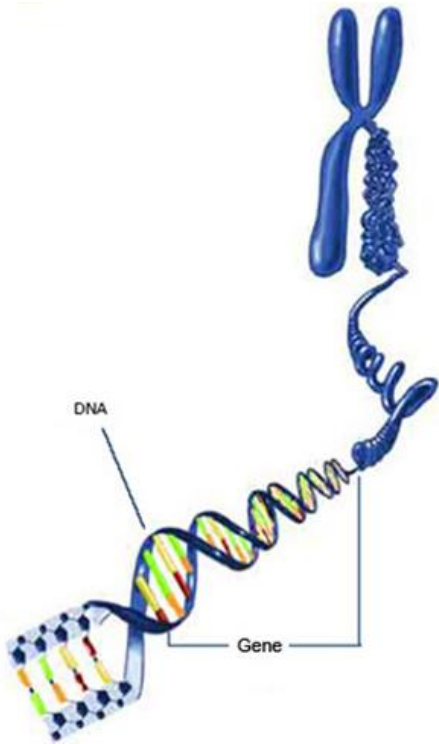
Origem: *Jonh Holland, Univ. Michigan, 1962*

Objectivos:

- Explicar o processo adaptativo dos sistemas naturais
- Desenvolver sistemas que incorporam modelos de mecanismos dos sistemas naturais



# TERMINOLOGIA NATURAL VS. ARTIFICIAL



**Cromossomas** .....

compostos por

**Genes**

caracterizados por

**Locus**

**Alelo**

**Genótipo** .....

(conteúdo genético)

**Fenótipo** .....

(organismo formado pela interação do  
genótipo com o ambiente)

**Cadeias de elementos simbólicos**

compostos por

**Elementos simbólicos**

caracterizados por

**Posição**

**Valor**

**Configuração codificada**

(cadeias de elementos simbólicos)

**Configuração decodificada**

(solução candidata)

# OPERADORES GENÉTICOS

## ***Seleção***

Processo através do qual indivíduos de uma geração são *seleccionados* para a próxima geração

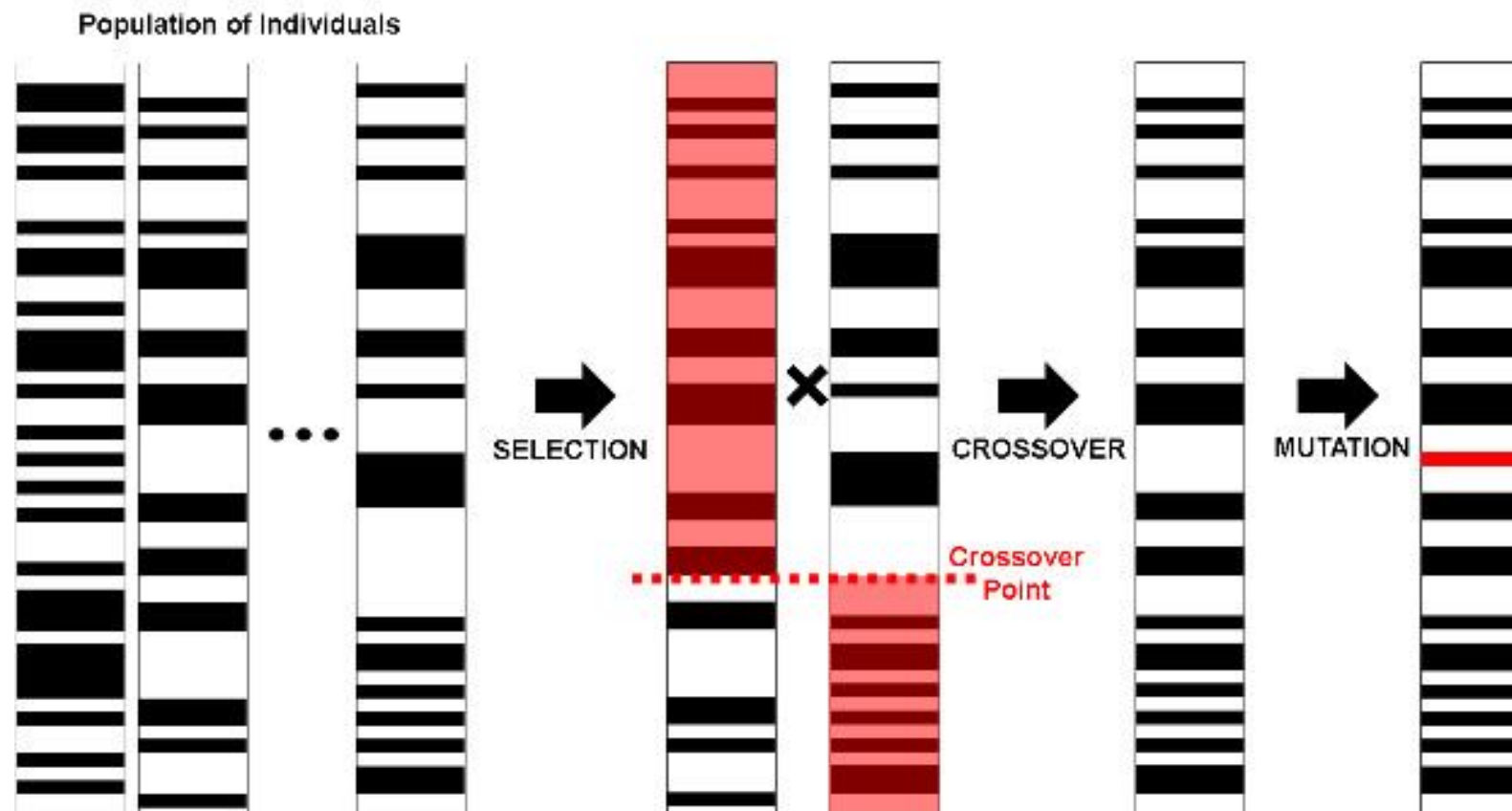
## ***Cruzamento***

Processo através do qual o material genético de um indivíduo é *misturado* com material genético de outro indivíduo

## ***Mutação***

Processo através do qual o material genético é alterado

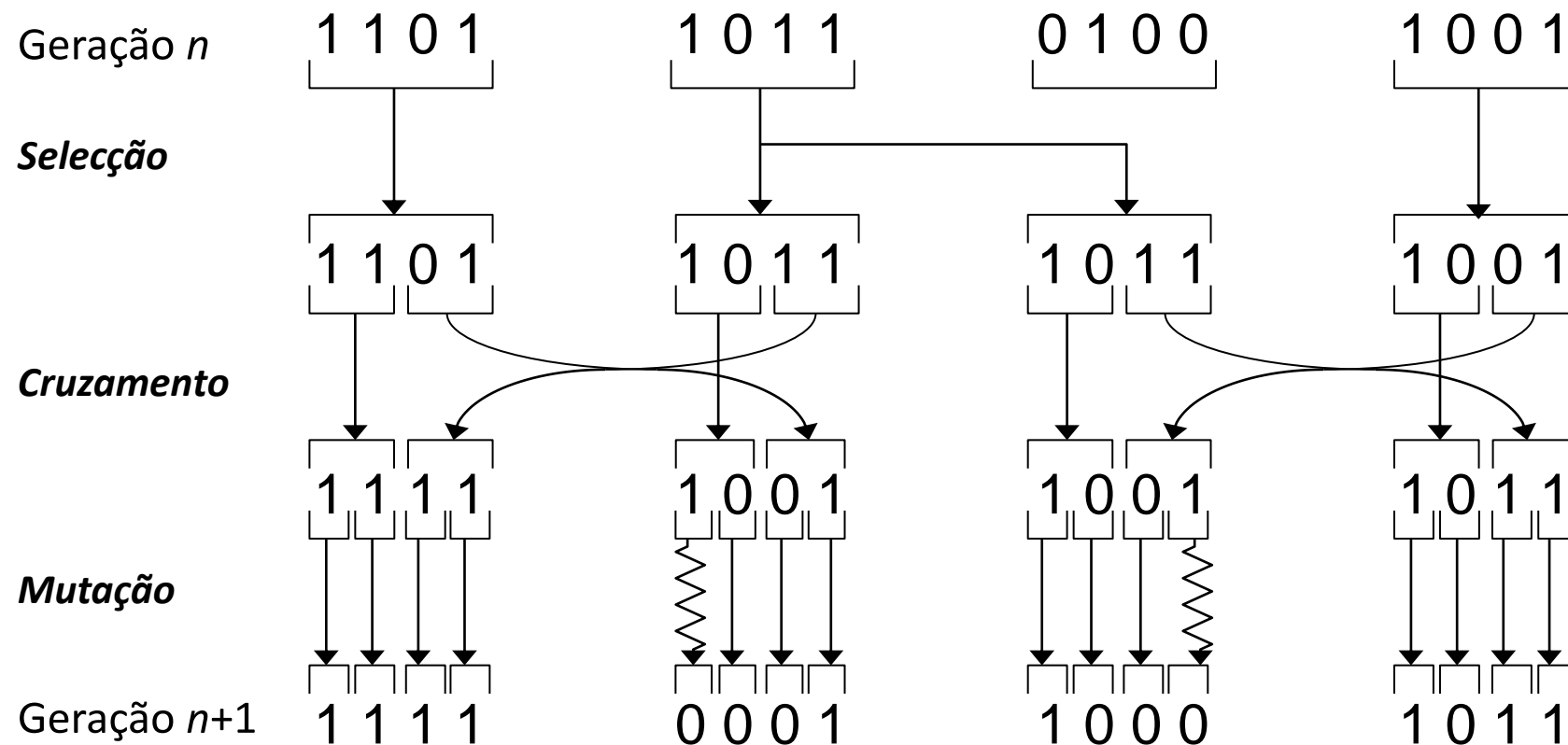
# OPERADORES GENÉTICOS





# EXEMPLO DE APLICAÇÃO DOS OPERADORES GENÉTICOS

## Cadeias binárias



# OPERADOR SELECÇÃO

## Por reprodução proporcional à adequação

A *função de adequação* ou *adaptação* (*fitness function*) é uma medida do valor de um indivíduo em relação a um determinado problema

Pretende-se que a selecção dos indivíduos para uma nova geração tenha em conta a sua *adequação*



Seja  $S$  uma população de indivíduos, a probabilidade de selecção de um indivíduo  $s \in S$  é proporcional à sua adequação normalizada, ou seja:

$$PSel(s) = \frac{f(s)}{\sum_{s_i \in S} f(s_i)}$$

# EXEMPLO

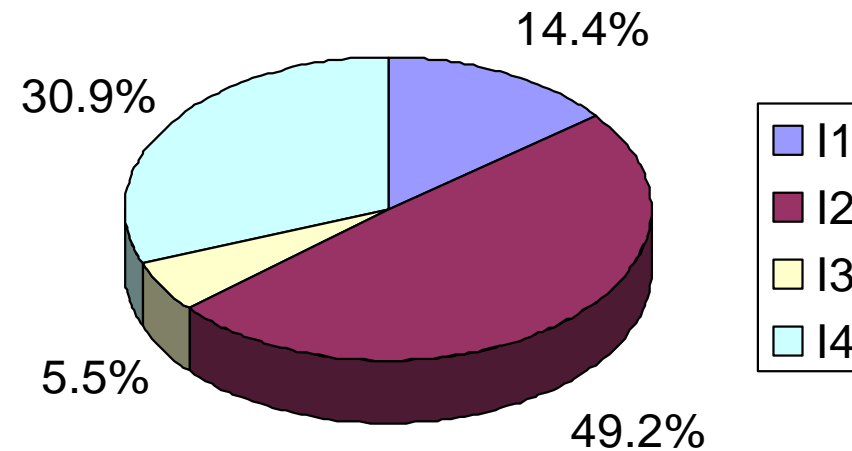
Considerando quatro indivíduos representados pelas seguintes *cadeias*:

10010, 11101, 01000, 10011

	$s$	$f(s)$	$PSel(s)$
$I1$	10010	169	0.14
$I2$	11101	576	0.49
$I3$	01000	64	0.05
$I4$	10011	361	0.31
Total		1170	1.00

# SELECÇÃO POR *ROLETA*

Probabilidade de selecção de um indivíduo



$n$  jogadas da roleta permitem seleccionar  $n$  novos indivíduos (*cadeias*)

A probabilidade de selecção de um indivíduo  $s$  é  $PSel(s)$

# EXEMPLO

$n$		$s$	$f(s)$	$PSel(s)$	$n*PSel(s)$	$N^o \text{ de cópias}$
4	$I1$	10010	169	0.14	0.58	1
	$I2$	11101	576	0.49	1.97	2
	$I3$	01000	64	0.05	0.22	0
	$I4$	10011	361	0.31	1.23	1

Número de cópias esperado para uma cadeia  $s$ :

$$n \cdot PSel(s) = f(s) \cdot \frac{n}{\sum_{Si \in S} f(Si)} = \frac{f(s)}{\overline{f}}$$

# MÉTODOS DE SELECÇÃO

- Devido a ser um processo estocástico, a selecção por *roleta* permite que **alguns indivíduos sejam seleccionados um número de vezes superior ao correspondente à sua adequação**
- $PSel(s)$  é um valor real, ao passo que o número de indivíduos seleccionados é um valor inteiro
- Existem outros métodos de selecção, por exemplo ***Seleção por categoria*** (*Rank selection*)
  - Utilizado quando os indivíduos têm valores de adequação muito próximos
    - Para evitar perda de pressão selectiva para aumento da adequação

# OPERADOR CRUZAMENTO

O processo de selecção produz um conjunto de candidatos a cruzamento (*mating pool*)

Cruzamento de uma cadeia  $s$

- Tendo em conta uma probabilidade de cruzamento  $P_c$ 
  - Obter aleatoriamente uma outra cadeia para constituição de um par
  - Sendo  $l$  o comprimento das cadeias, determinar um inteiro  $c \in [1, l-1]$ 
    - $c$  representa a posição de cruzamento

# EXEMPLO

Par de cadeias a *cruzar*:

1 1 0 1 1 0 1

0 1 1 1 0 1 0

$l = 7, c = 4$

1 1 0 1 | 1 0 1  
0 1 1 1 | 0 1 0

Posição de cruzamento

Troca de material genético

1 1 0 1 **0** 1 0  
0 1 1 1 **1** 0 1



# OPERADOR CRUZAMENTO

## Outras formas de cruzamento

- ***Cruzamento em dois pontos***: Similar ao anterior, só que neste caso são seleccionados duas posições de cruzamento distintas
- ***Cruzamento multi-ponto***: Extensão do anterior para diversas posições de cruzamento
- ***Cruzamento uniforme***: Cada novo gene é gerado por cópia do gene correspondente de um dos progenitores, de acordo com uma *máscara de cruzamento* gerada aleatoriamente, a qual indica qual dos progenitores deve fornecer o gene

**Máscara de cruzamento** : 1 0 1 0 0 1 0 1

Progenitor 1 : 1 1 0 1 0 0 1 0

↓ ↓ ↓ ↓

**Descendente 1** : 1 1 0 1 0 0 0 0

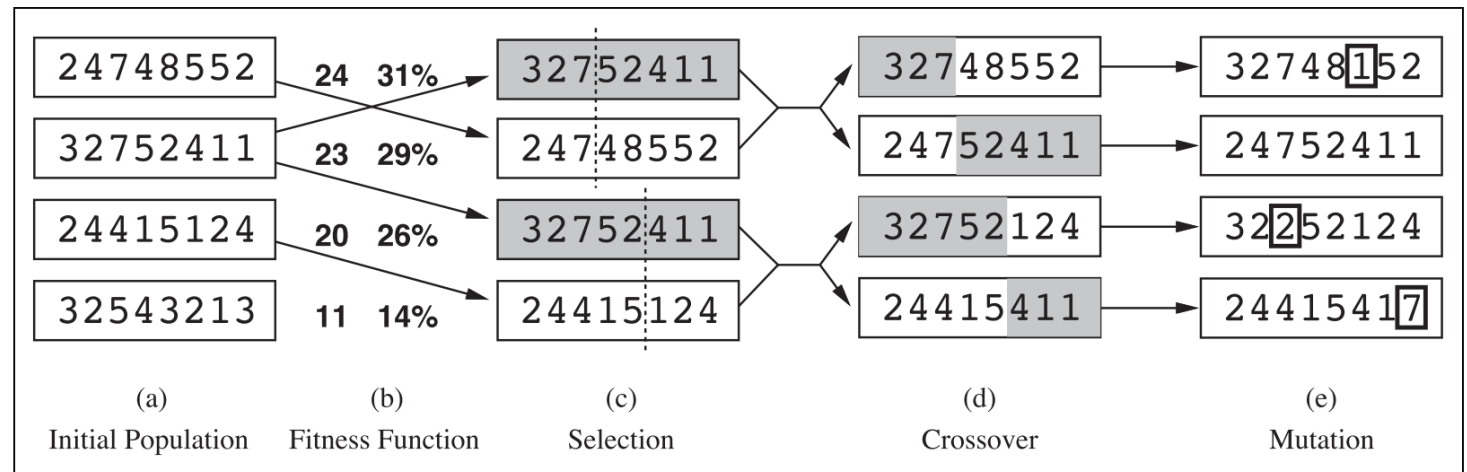
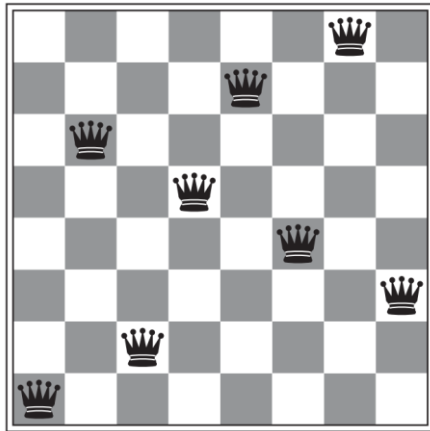
↑ ↑ ↑ ↑

Progenitor 2 : 0 1 1 1 0 1 0 0

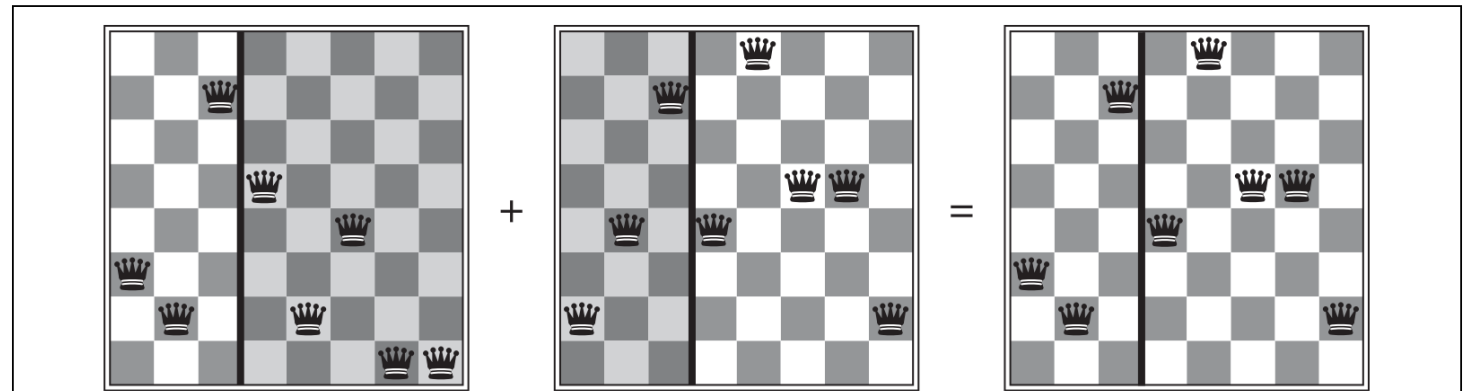
# OPERADOR MUTAÇÃO

- Alteração ocasional (com pequena probabilidade) de um valor numa das posições de uma cadeia
- Pode servir de precaução contra a perda de material genético potencialmente útil
- É uma operação não fundamental
- **Deve ser relativamente baixa**

# OPERADORES GENÉTICOS: EXEMPLO



**Figure 4.6** The genetic algorithm, illustrated for digit strings representing 8-queens states. The initial population in (a) is ranked by the fitness function in (b), resulting in pairs for mating in (c). They produce offspring in (d), which are subject to mutation in (e).



**Figure 4.7** The 8-queens states corresponding to the first two parents in Figure 4.6(c) and the first offspring in Figure 4.6(d). The shaded columns are lost in the crossover step and the unshaded columns are retained.

# REFERÊNCIAS

[Goldberg , 1989]

David E. Goldberg, “Genetic Algorithms”, *Addison-Wesley*, 1989.

[Michalewicz, 1994]

Zbigniew Michalewicz, “Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs”, *Springer Verlag*, 1994.

[Mitchell, 1996]

Melanie Mitchell, “An Introduction to Genetic Algorithms”, *MIT Press*, 1996.

[Booker, 1991]

Lashon B. Booker, “Representing Attribute-Based Concepts in a Classifier System”, in “*Foundations of Genetic Algorithms*”, *Morgan Kaufmann*, 1991.

[Buckles & Petry , 1992]

B. Buckles, F. Petry, “Genetic Algorithms”, *IEEE Press*, 1992.

[Mitchell, 1997]

Tom M. Mitchell, “Machine Learning”, *McGraw-Hill*, 1997.

[Hornby *et al.*, 2006]

G. Hornby, A. Globus, D. Linden, J. Lohn, "Automated antenna design with evolutionary algorithms". American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2006

[Holland, 1975]

J. Holland, "Adaptation in Natural and Artificial Systems". MIT Press, 1975