

# CTC-17 Inteligência Artificial

## Introdução a Algoritmos genéticos

Prof. Paulo André Castro

[pauloac@ita.br](mailto:pauloac@ita.br)

[www.comp.ita.br/~pauloac](http://www.comp.ita.br/~pauloac)

IEC-ITA

Sala 110,

# Algoritmos Genéticos

---

- As técnicas de computação evolucionária operam sobre uma população de candidatos em paralelo,
- Algoritmos Genéticos fazem busca em diferentes áreas do espaço de solução, alocando um número de membros para a busca em várias regiões.
- Os Algoritmos Genéticos (AGs) diferem dos métodos tradicionais de busca e otimização, principalmente em cinco aspectos:
  1. Trabalham com uma codificação do conjunto de parâmetros e não com os próprios parâmetros.
  2. Trabalham com uma população e não com um só elemento.
  3. Utilizam informações de custo ou recompensa.
  4. Utilizam regras de transição probabilísticas em oposição as determinísticas.
  5. São baseados na técnica de gerar-e-testar

# Modelagem de Algoritmos Genéricos

---

- A modelagem de um problema através de Algoritmos genéticos é baseada em:
  - Codificação da solução
  - Função de avaliação
  - Função de aptidão (fitness)

# Função de Avaliação

---

- Função de avaliação:
  - Prover uma medida de desempenho com respeito a um conjunto particular de parâmetros.
  - Deve ser relativamente rápida, uma vez que, em cada iteração, cada membro da população é avaliado e recebe um valor de aptidão.
  - A avaliação de um membro (cromossomo) representando um conjunto particular de parâmetros é independente da avaliação de qualquer outro membro

# Função de Aptidão

---

- Função de aptidão:
  - Transforma a medida da função de avaliação em alocação de oportunidades reprodutivas.
  - É sempre definida de acordo com outros membros da atual população.
- No algoritmo genético canônico, aptidão é definida como  **$fit = f(x)/f'$**  onde  **$f(x)$**  é a **avaliação associada** ao cromossomo  **$x$**  e  **$f'$**  é a **soma das avaliações** de todos os membros da população.
- A aptidão pode também ser associada à classificação de um cromossomo na população ou outras medidas

# Codificação

---

- O cromossomo deve, de algum modo, conter informação sobre a solução a qual representa.
- O modo mais usual de codificação é a seqüência binária. O cromossomo, então deve ser algo como:

Cromossomo 1	1101100100110110
Cromossomo 2	1101111000011110

- Cada bit na seqüência (gene) pode representar uma característica da solução ou a série como um todo pode representar um número.
-

# Pseudocódigo de um AG

---

**[Início] Gerar uma população aleatória com  $n$  cromossomos**

**Repetir até obter a solução (ou terminar)**

1. **[Avaliação]** Determinar  $f(x)$  e  $fix$  de cada cromossomo  $x$  na população.
2. **[Seleção]** Selecionar elementos para criar uma população intermediária //Quanto melhor o ***fix, maior chance de ser*** selecionado); uma porcentagem dos mais adaptados é mantida, enquanto os outros são descartados (mortos).
3. **[Recombinação (Crossover)]** Com uma probabilidade de recombinação, realizar uma recombinação sobre os pais para formar uma nova prole  
//Se não ocorrer recombinação, a prole é uma cópia exata dos pais.
4. **[Mutação]** Com uma probabilidade de mutação, realizar mutação sobre a nova prole em cada *gene* (*posição no cromossomo*).
5. **[Atualização da população]** Usar a nova população gerada para repetir os passos 1-5 do algoritmo

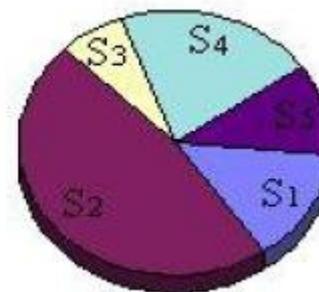
**Retornar a melhor solução na população atual.**

---

# Seleção através da Roleta

- O pais são selecionados de acordo com sua função de aptidão.
- Quanto melhor os cromossomos são, maior a chance de serem selecionados. Imagine uma **roleta** onde são colocados todos os cromossomos da população, o espaço ocupado depende do valor da sua função de aptidão, como mostra a figura:

Indivíduo			Aptidão
$S_i$	$f(S_i)$		Relativa
$S_1$	10110	2.23	0.14
$S_2$	11000	7.27	0.47
$S_3$	11110	1.05	0.07
$S_4$	01001	3.35	0.21
$S_5$	00110	1.69	0.11



# Elitismo

---

- Elitismo é o nome do método, aliado à seleção, que primeiro copia o melhor cromossomo (ou alguns melhores cromossomos) para a nova população. O processo restante é feito do modo clássico.
- O elitismo pode aumentar rapidamente o desempenho do AG porque evita que se perca a melhor solução encontrada até o momento.

# Recombinação (Crossover)

- Seleciona genes a partir dos cromossomos pais e cria uma nova prole.
- O modo mais simples: 1. escolher aleatoriamente algum ponto (*locus entre genes*) no cromossomo, 2. tudo que estiver antes desse ponto será copiado do primeiro pai, 3. tudo que estiver depois será copiado do segundo pai.

Cromossomo 1	11011   00100110110
Cromossomo 2	11011   11000011110
Prole 1	11011   11000011110
Prole 2	11011   00100110110

- Existem outros meios de realizar recombinação, por exemplo, podemos escolher mais pontos de recombinação.
- Recombinações desenvolvidas para problemas específicos podem melhorar o desempenho do AG.

# Mutações

---

- Mutação permite evitar que a população fique presa em um mínimo (máximo) local.
- A mutação altera aleatoriamente a nova prole. Na codificação binária, podemos mudar alguns bits de 1 para 0 e de 0 para 1:

Prole Original 1	11101111000011110
Prole Original 2	11101100100110110
Prole com Mutação 1	11100111000011110
Prole com Mutação 2	11101101100110110

- A mutação depende tanto da codificação como da recombinação.
-

# Parâmetros - 1

---

- **Probabilidade de recombinação: indica o quão** freqüente a recombinação é executada.
    - Se **não ocorre recombinação, a prole é a cópia dos pais.**
    - Se ocorre recombinação, a prole é formada por partes dos pais.
    - Se a probabilidade de recombinação é **100%, então toda a prole** será formada com recombinação.
    - Se for **0%, a nova geração será formada por cópias exatas da população anterior**
  
  - A recombinação é realizada com a esperança de que os novos cromossomos tenham partes boas dos cromossomos anteriores e talvez sejam melhores que seus pais. Entretanto é aconselhável deixar parte da população sobreviver na geração seguinte.
-

## Parâmetros - 2

---

- **Probabilidade de mutação: indica o quão freqüente** partes dos cromossomos sofrerão mutações.
  - Se não ocorrer mutação (probabilidade de mutação = 0%), a prole não sofrerá mudanças após a recombinação.
  - Se ocorrer mutação, parte dos cromossomos será alterada.
  - Se a probabilidade de mutação for **100%, todos os** cromossomos serão alterados.
- A mutação é realizada para prevenir que o AG caia em um extremo local (mínimo ou máximo, depende das funções usadas), porém ela não deve ocorrer com muita freqüência, pois acarretaria em uma **busca aleatória no** espaço de soluções.

## Parâmetros - 3

---

- **Tamanho da população: indica quantos cromossomos existem em uma população (em uma geração).**
    - Se existirem poucos cromossomos, o AG terá poucas possibilidades de realizar a recombinação e apenas uma pequena porção do espaço de estados será explorada.
    - Se existirem muitos cromossomos, o AG ficará lento.
  - Pesquisas mostram que após algum limite (que depende principalmente da codificação e do problema) não é vantajoso aumentar o tamanho da população pois não tornará o algoritmo mais rápido.
-

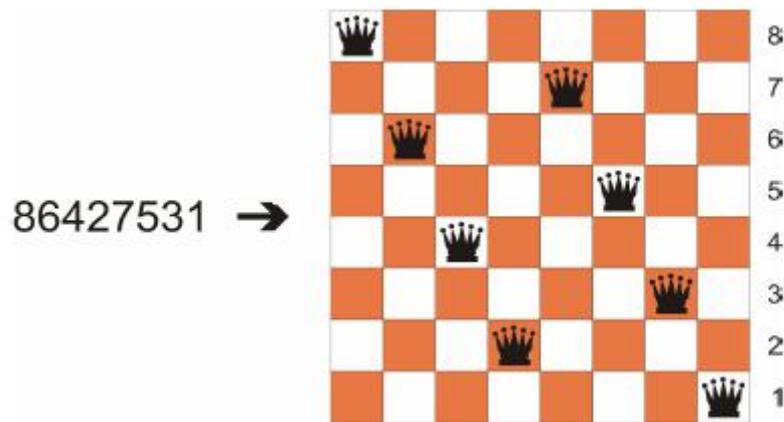
## Parâmetros - 4

---

- **Intervalo de Geração.** Controla a porcentagem da população que será substituída durante a próxima geração.
  - Com um valor alto, a maior parte da população será substituída, mas com valores muito altos pode ocorrer perda de estruturas de alta aptidão.
  - Com um valor baixo, o algoritmo pode tornar-se muito lento.

# Exemplo: 8 Rainhas

- **Codificação**
- Cromossomos compostos por 8 números (genes), a posição do gene indica a coluna, o valor do número indica a linha



# Exemplo: 8 Rainhas

- Função de avaliação:

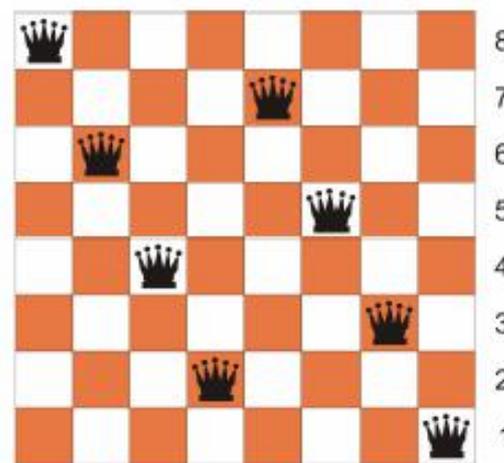
- $f(x)$  = número de pares que **não** se atacam
- Na solução: 1-2, 1-3, ..., 1-8, 2-3, ..., 2-8, 3-4, ..., 3-8, ..., 6-7, 6-8, 7-8 = 28 pares

- Função de aptidão:

- $fi_x = f(x) / \Sigma f(x)$  [%]

x: 1-8 em ataque →

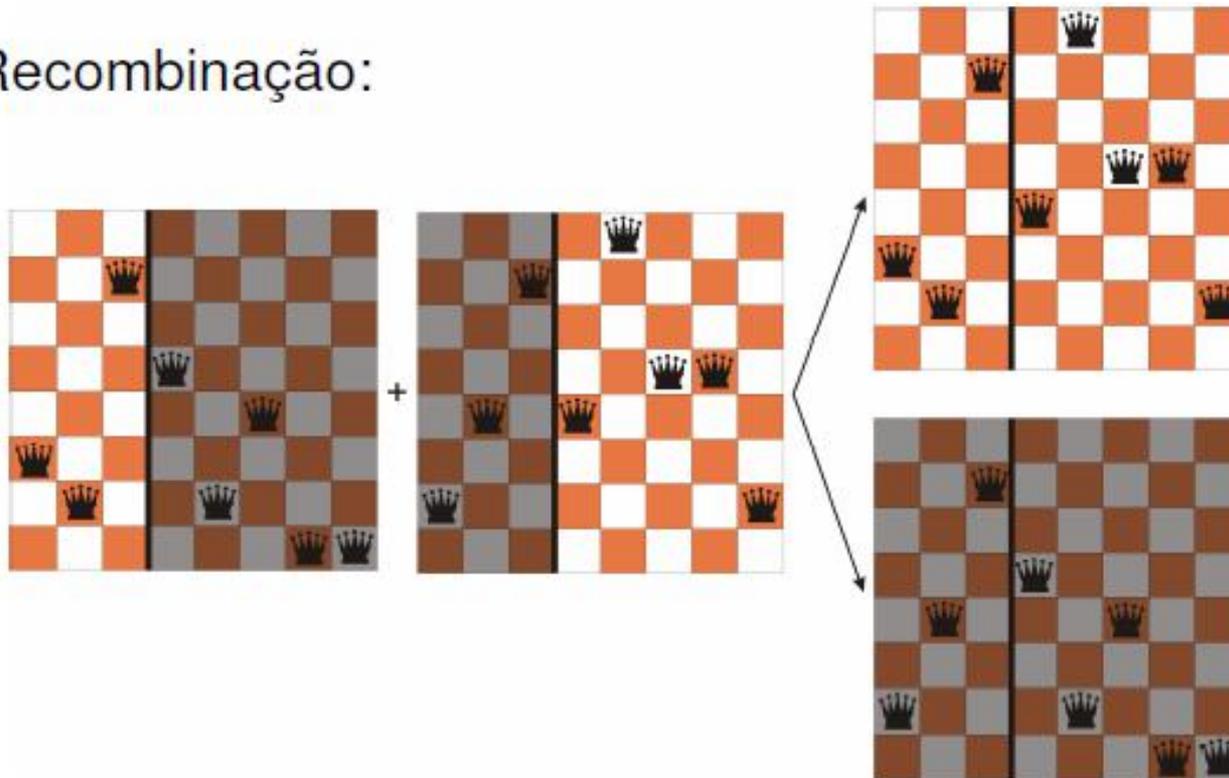
→  $f(x) = 27$



# Recombinação: 8 Rainhas

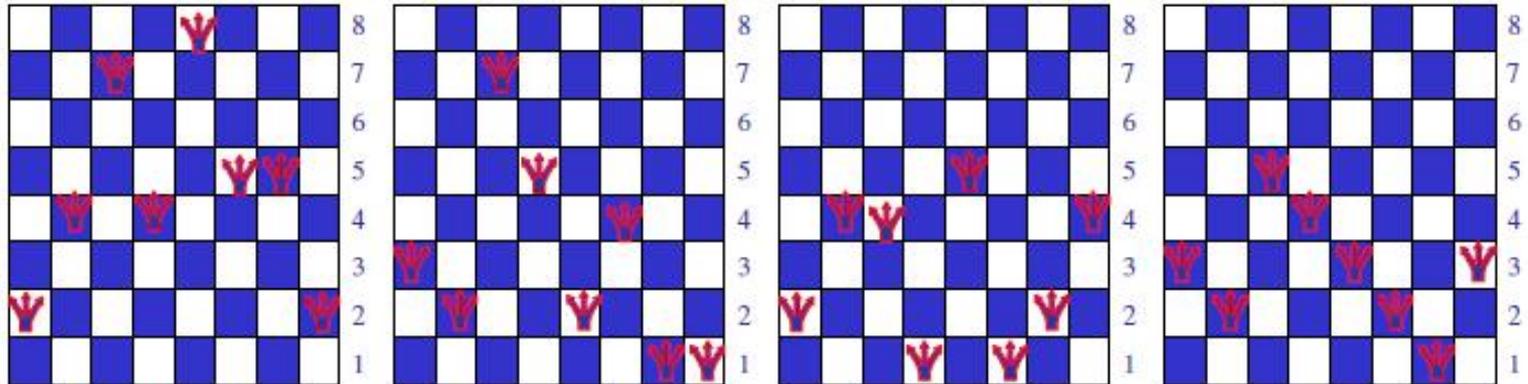
---

Recombinação:



# Exemplo: 8 Rainhas

- Considere a seguinte população inicial:



1. Determine a codificação de cada cromossomo.
2. Determine a população intermediária considerando que a seleção (roleta) tenha sorteado, nesta ordem: o 2º mais apto, o 1º mais apto, novamente o 2º mais apto e o 3º mais apto (matou o menos apto).
3. Recombine os 2 primeiros após o 3º gene (gerando 2 filhos) e os 2 últimos após o 5º gene (mais 2 filhos). Mostre a população atual.
4. Faça a mutação (cromossomo, novo valor, gene): (1º, 1, 6º), (3º, 2, 3º), (4º, 7, 8º). Mostre a nova população.

# Exemplo: 8 Rainhas

- Indivíduos mais aptos (maior função de aptidão) tem maiores chances de serem selecionados

