

# Tópicos em Sistemas Inteligentes

## Computação Evolutiva - Algoritmos Genéticos

**Prof. Rafael Martins D'Addio**

rafael.daddio@ifsuldeminas.edu.br

**Instituto Federal do Sul de Minas**

Campus Poços de Caldas

Sul de Minas Gerais

Campus  
Poços de Caldas

5 de outubro de 2020



# Sumário

1 Referências

2 Histórico e Motivação

3 Algoritmos genéticos (AG)



Aula adaptada do material cedido pelo prof. Antônio Batista.

## Referências

- Aula baseada na Seção 20.2 de [1] e a Seção 4.1.4 de [2].
- 1 FACELI, K.; LORENA, A.C.; GAMA, J.; CARVALHO, A.C.P.L.F. *Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. 2011.
- 2 NORVIG, P.; RUSSEL, S. **Inteligência Artificial**. 3a ed. Rio de Janeiro: Campus. 2013.



## Computação Evolutiva (CE):

É o conjunto de técnicas computacionais baseadas na **Genética** e na **Teoria da Evolução**.



# Teoria da Evolução

## A Teoria da Evolução

- A Teoria de Darwin revolucionou muitas áreas de conhecimento.
- A Teoria moderna da evolução combina a genética e as ideias de Darwin, criando o princípio básico de Genética Populacional:

*A variabilidade entre indivíduos em uma população de organismos que se reproduzem sexualmente é produzida pela **mutação** e pela **recombinação genética**.*



# Teoria da Evolução

## A Teoria da Evolução

- A Teoria moderna da evolução combina a genética e as ideias de Darwin, criando o princípio básico de Genética Populacional:

*Na natureza os indivíduos competem por recursos limitados. Aqueles mais **aptos** sobrevivem e passam suas características genéticas para as próximas **gerações**.*



# Teoria da Evolução

## A recombinação genética:

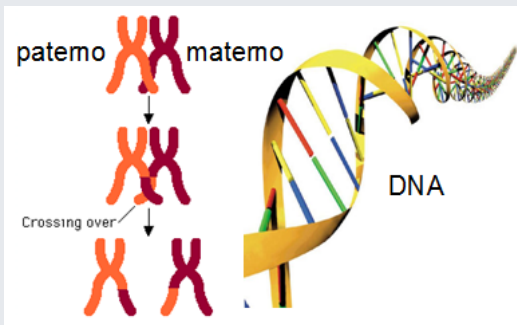


Figura: Recombinação genética



# Algoritmos genéticos

## Algoritmos genéticos

Os algoritmos genéticos (AG) são técnicas computacionais aplicadas a problemas de otimização. São totalmente baseados nos conceitos da teoria moderna da evolução.





# Aspectos dos AGs

## Características

- Aplica os conceitos de **mutação** e **recombinação genética** (*cossover*) como operações.



# Aspectos dos AGs

## Características

- O ponto de partida para a utilização de um AG é a representação de um problema: **representação genotípica**.
- Normalmente a representação genotípica trata-se de um vetor binário e representa um indivíduo.



# Aspectos dos AGs

## Características

- Uma representação genotípica binária define o **fenótipo** do indivíduo: característica do indivíduo.
- Na representação binária é comum que: 1 indica a presença de uma determinada característica e 0 a ausência da característica.



# Aspectos dos AGs

## Características

- Para solucionar um problema, diversos indivíduos são inicialmente formados, cada um deles representando uma solução para o problema.
- Este conjunto de indivíduos forma o que denomina-se de população.



# Aspectos dos AGs

## Características

- Uma nova geração de indivíduos são gerados a partir da população inicial. E cada geração subsequente é gerada pela anterior.
- A ideia é que a geração atual seja mais “evoluída” do que a anterior. Em outras palavras, agrupe um conjunto de indivíduos que são soluções melhores do que os indivíduos da geração anterior.



# Aspectos dos AGs

## Características

- A forma como os indivíduos são formados para compor uma nova geração envolvem a aplicação dos conceitos de *cossover* e mutação.
- Além desses operadores somente os indivíduos mais **aptos** serão escolhidos para compor a nova geração.



# Aspectos dos AGs

## Exemplo de AG:

### Algoritmo 1: AG simples

**Entrada:** *populacao\_inicial, n\_geracoes*

**Saída:** *populacao\_final*

```
1 início
2   |    $t = 0;$ 
3   |    $populacao = poulacao\_inicial;$ 
4   |   enquanto ( $t < n\_geracoes$ ) faça
5   |       |    $populacao = gera\_individuos(populacao)$ 
6   |   fim
7 fim
8 retorna populacao
```

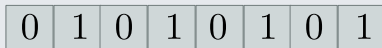


# Representação de indivíduos

## Cromossomos:

- Cada indivíduo possui sua representação genotípica (**cromossomo**).

Indivíduo



21 fenótipo

Figura: Cromossomo de um indivíduo





# Representação de indivíduos

## Cromossomos:

- A representação é arbitrária;
- A ideia é que seja a mais simples dentre todas as possíveis;
- Se houver solução proibidas para o problema, então é importante que seja possível representá-la;
- Se o problema impor restrições, então é ideal que essas restrições estejam dentro da representação.



# Representação de indivíduos

## Cromossomos:

Vamos tomar como exemplo o problema clássico das 8-Rainhas:

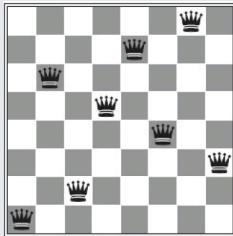


Figura: Tabuleiro com 8 rainhas



# Representação de indivíduos

## Cromossomos:

Cada **tabuleiro** corresponde a um **estado final**, que corresponde a um **indivíduo**.

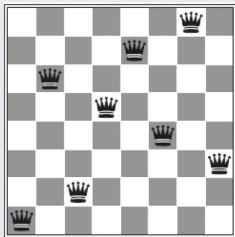


Figura: Tabuleiro com 8 rainhas



# Representação de indivíduos

## Cromossomos:

Duas maneiras de representar:

- Binária: vetor binário com 8 x 3 *bits*
- Decimal: vetor inteiro com 8 posições

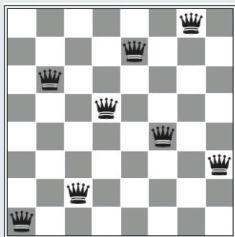


Figura: Tabuleiro com 8 rainhas



# Representação de indivíduos

## Cromossomos:

Duas maneiras de representar:

- Binária:  $v[24] = \{0,0,0,1,0,1,(\dots),0,1,0\}$
- Decimal:  $v[8] = \{1,6,2,5,7,4,8,3\}$

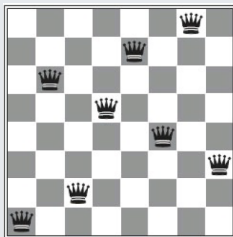


Figura: Tabuleiro com 8 rainhas [2]



# Novos indivíduos

## Novo indivíduo

Como podemos gerar um novo indivíduo?

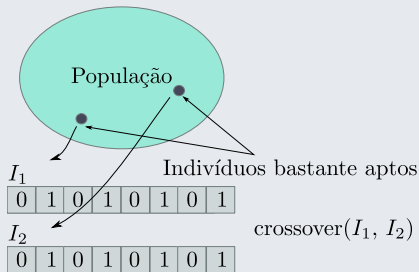


Figura: *Seleção dos mais aptos*

# Novos indivíduos

## Novo indivíduo

Como podemos gerar um novo indivíduo?

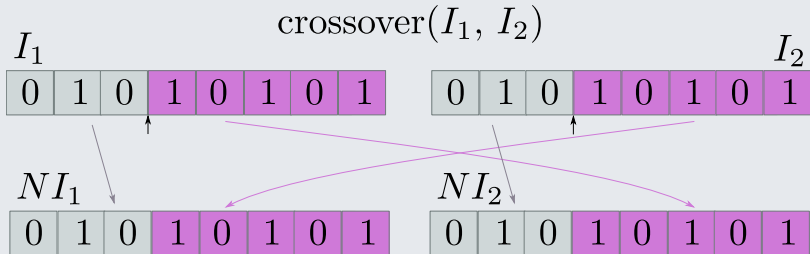


Figura: *Crossover*



# Novos indivíduos

## Novo indivíduo

Como podemos gerar um novo indivíduo?

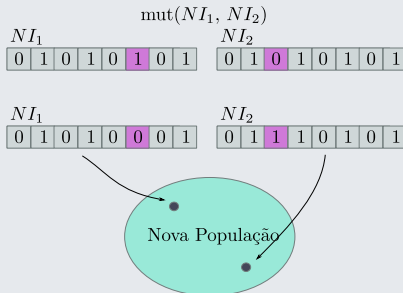


Figura: *Mutação*





# Novos indivíduos

## Novo indivíduo

Como podemos gerar um novo indivíduo?

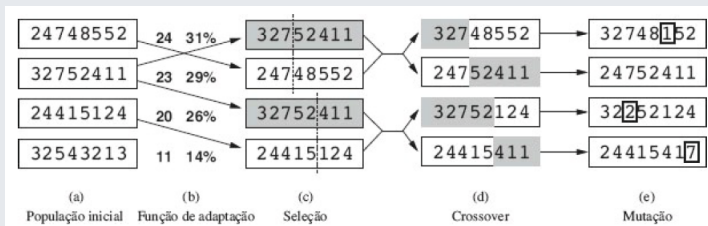


Figura: Exemplo de geração de indivíduos - 8 Rainhas [2]



# Novos indivíduos

## Novo indivíduo

Como podemos gerar um novo indivíduo?

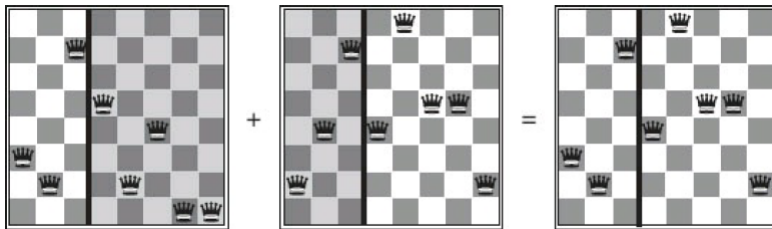


Figura: Exemplo de crossover de 2 indivíduos gerando um filho [2]



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos

Como selecionar os indivíduos mais aptos?

- AGs são técnicas para a maximização
- Utilização de funções de adaptação (*fitness*)
- Quanto maior o *fitness*, melhor a solução (até um máximo global)



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos

Calculando o *fitness* para o problema das rainhas

- Uma maneira de se pensar numa função de adaptação é considerar o número de não-colisões entre pares de rainhas
- Valor máximo com **8**-rainhas: 28 não colisões
  - Solução ideal!



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos

Qual é a aptidão dos seguintes indivíduos?

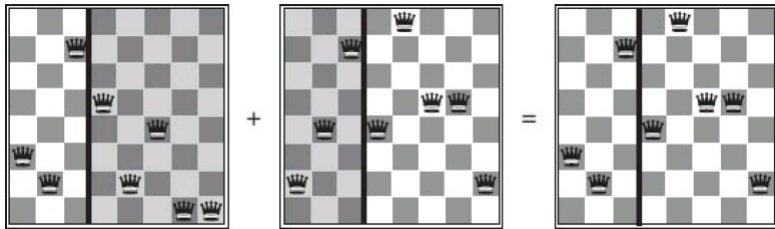


Figura: Exemplo de crossover de 2 indivíduos gerando um filho [2]



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos

Qual é a aptidão dos seguintes indivíduos?

- Pai 1 :  $f(i_j) = 23$
- Pai 2 :  $f(i_j) = 24$
- Filho 1 :  $f(i_j) = 23$

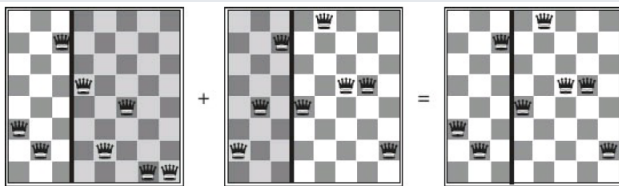


Figura: Exemplo de crossover de 2 indivíduos gerando um filho [2]



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos

- Roleta;
- Torneio;
- Elitismo;



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos: Roleta

indivíduo aptidão  $f(i_j)$

 $i_1$ 

5

 $i_2$ 

10

 $i_3$ 

13

 $i_4$ 

2

$$\rightarrow \sum_{j=1}^4 f(i_j) = 30$$

Figura: Método da roleta



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos: Roleta

indivíduo aptidão  $f(i_j)$

$i_1$	5
$i_2$	10
$i_3$	13
$i_4$	2



$$\sum_{j=1}^4 f(i_j) = 30$$

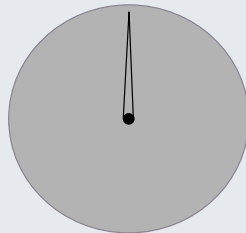


Figura: Método da roleta



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos: Roleta

indivíduo aptidão  $f(i_j)$

$i_1$	5
$i_2$	10
$i_3$	13
$i_4$	2

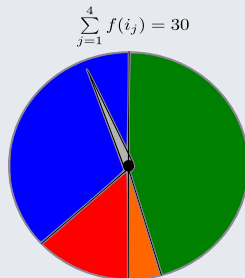


Figura: Método da roleta



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos: Torneio

- Seleciona  $n$  cromossomos aleatoriamente, com probabilidade de escolhas iguais
- Cromossomos com maior aptidão são escolhidos para gerar novos indivíduos
- Comumente emprega-se  $n = 2$  ou  $n = 3$



# Seleção dos mais aptos

## Seleção dos mais aptos: Elitismo

- Preserva-se uma certa porcentagem dos melhores indivíduos para a próxima geração
- Geralmente mantém-se somente o maior elemento