

Algoritmos Genéticos

Marcone Jamilson Freitas Souza^{1,2,3}

Puca Huachi Vaz Penna¹

Departamento de Computação

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

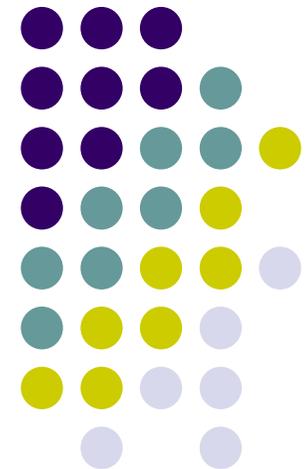
Universidade Federal de Ouro Preto

² Programa de Pós-graduação em Modelagem Matemática e Computacional / CEFET-MG

³ Programa de Pós-graduação em Instrumentação, Controle e Automação de Processos em Mineração / ITV/UFOP

www.decom.ufop.br/prof/marcone, www.decom.ufop.br/puca

E-mail: {marcone,puca}@ufop.edu.br





Algoritmos Genéticos

- Método de busca populacional
 - Parte-se de um conjunto de soluções
 - Periodicamente (a cada geração) aplicam-se operadores sobre essas soluções
 - O objetivo é melhorar a qualidade dessas soluções
- Desenvolvido por John Holland e equipe em 1975
 - Popularizado por David Goldberg

Algoritmos Genéticos



- Fundamentam-se em uma analogia com processos naturais da evolução dos seres vivos
 - Depois de várias gerações, populações naturais evoluem de acordo com os princípios de seleção natural e sobrevivência dos mais aptos (Charles Darwin, A Origem das Espécies)
 - Indivíduos com características genéticas melhores **têm maiores chances de sobrevivência** e de produzirem filhos cada vez mais aptos
 - Indivíduos menos aptos **tendem a desaparecer**

Algoritmos Genéticos



- As características dos indivíduos, registradas em seus genes, são transmitidas para seus descendentes e tendem a propagar-se por novas gerações
- Características dos descendentes são parcialmente herdadas de seus pais (**Crossover**) e parcialmente de novos genes criados durante o processo de reprodução (**Mutação**)

Operadores genéticos



CROSSOVER



MUTAÇÃO



Algoritmos Genéticos



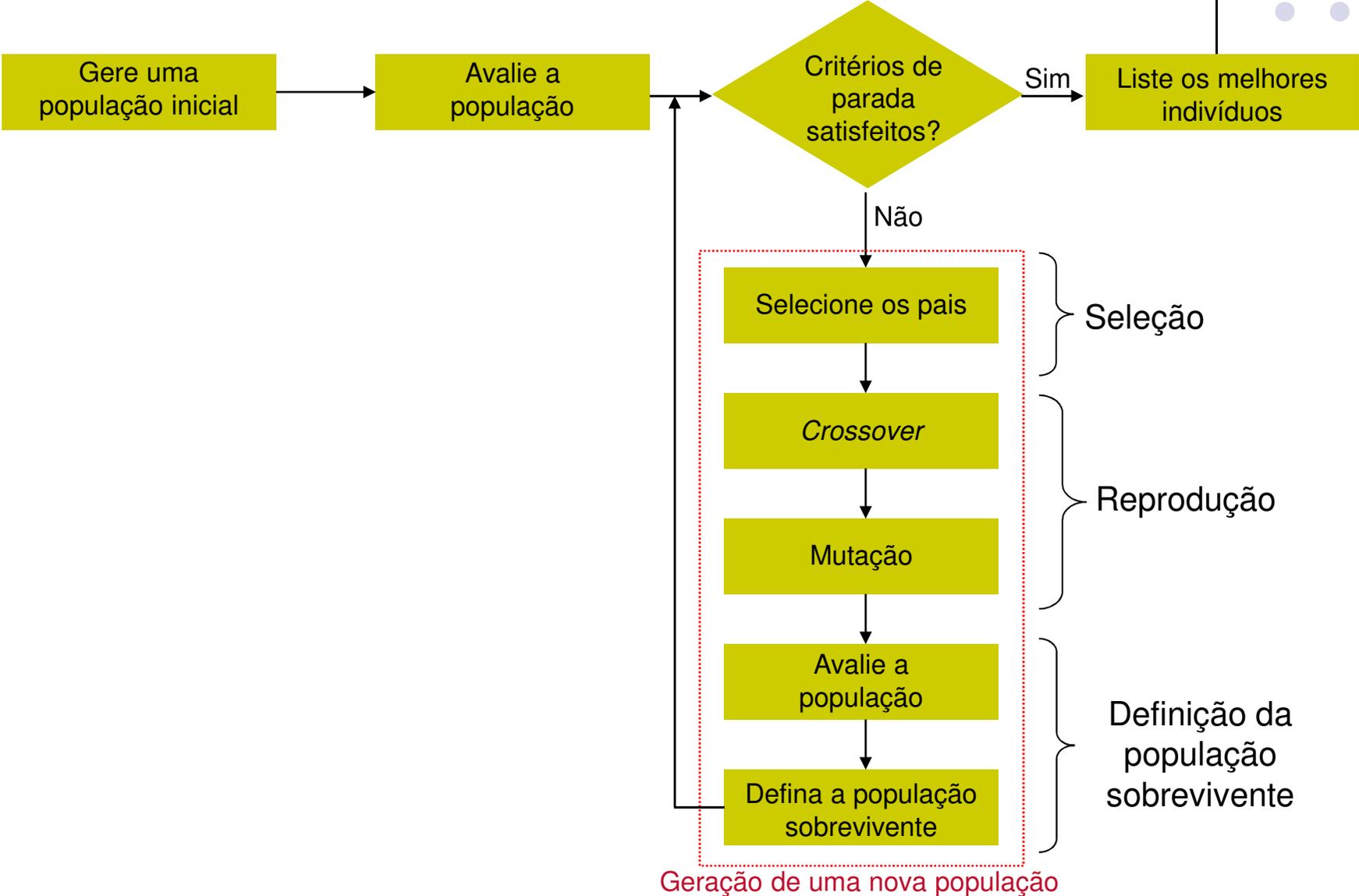
- O objetivo de um AG é o de tentar melhorar as qualidades genéticas de uma população por meio de um processo de renovação iterativa das populações

Relação entre AG e Problema de Otimização



AG	Problema de Otimização
Indivíduo	Solução de um problema
População	Conjunto de soluções
Cromossomo	Representação de uma solução
Gene	Parte da representação de uma solução
Alelo	Valor que um gene pode assumir
Crossover / Mutação	Operadores de busca

Estrutura de um AG básico





Avaliação dos indivíduos

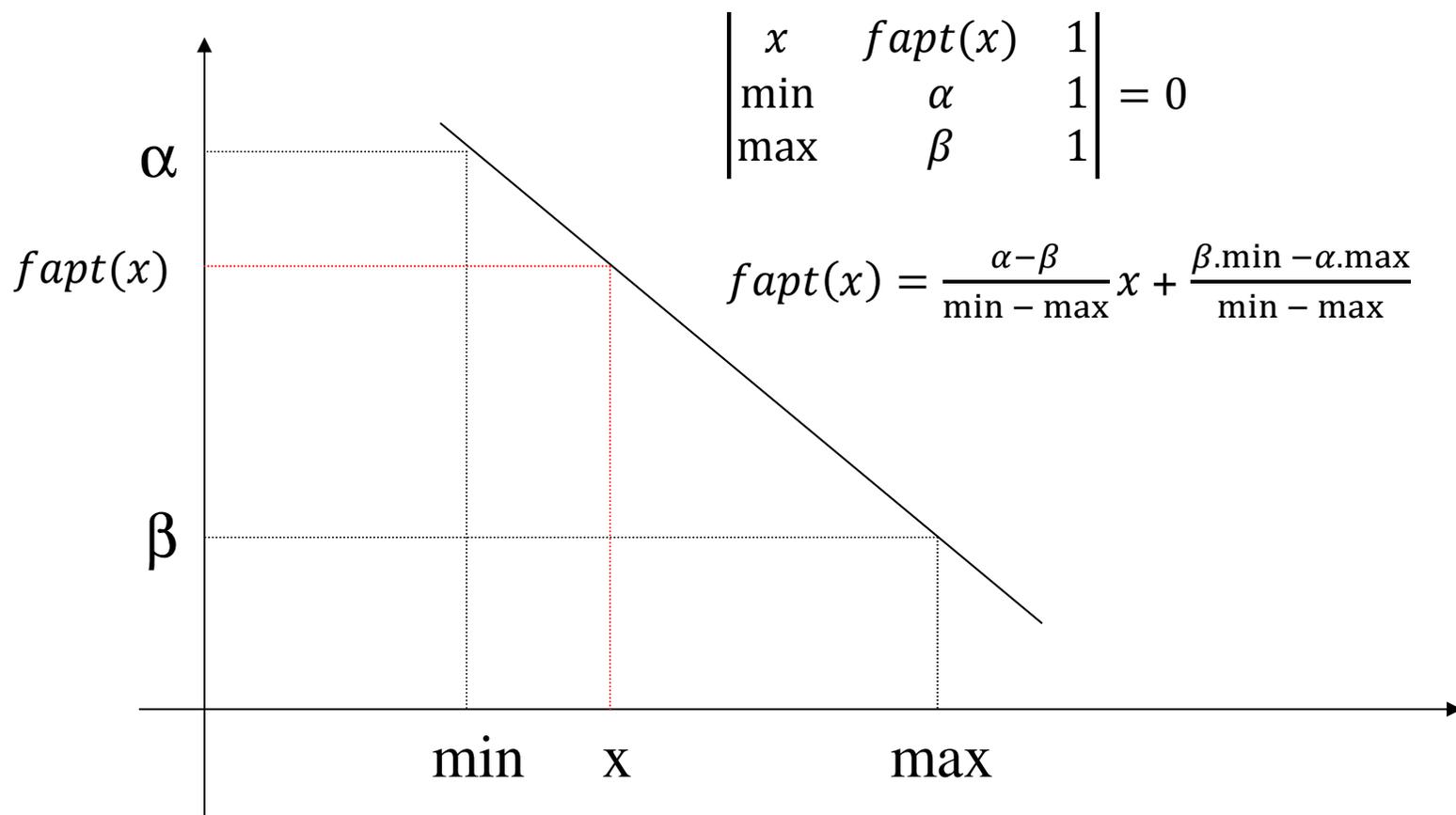
- Feita pela função de aptidão (*fitness*)
 - Avalia o quão bom é o indivíduo
- Em um problema de maximização pode ser a própria função objetivo:
 - $f_{apt}(x) = f_o(x)$

Avaliação dos indivíduos



- Em um problema de minimização pode ser:
 - O inverso da função objetivo:
 - $f_{apt}(x) = 1/fo(x)$
 - Definida como:
 - $f_{apt}(x) = C_{max} - fo(x) + 1$,
 - C_{max} = valor maior ou igual ao da função objetivo do **pior** indivíduo da população corrente
 - Definida como uma função escala

Avaliação dos indivíduos em problema de minimização: Aptidão como função escada





Fase de seleção

- *Binary tournament selection:*
 - Selecionar dois indivíduos aleatoriamente
 - O primeiro pai é o indivíduo com maior aptidão
 - Selecionar, aleatoriamente, outros dois pais
 - O segundo pai é o indivíduo com maior aptidão nessa nova seleção
- Torneio n -ário ($n \geq 3$)
- Aleatório
- Roleta
 - Os indivíduos são escolhidos proporcionalmente à sua aptidão



Fase de seleção

- **Deve haver equilíbrio entre pressão seletiva e diversidade**
- **Pressão Seletiva:** grau com que os melhores indivíduos são favorecidos
 - Influencia a taxa de convergência do AG
 - Pressão muito baixa
 - Taxa de convergência lenta
 - Pressão muito alta
 - Convergência prematura

Fase de reprodução



- Dois ou mais cromossomos passam por um processo de mutação e/ou recombinação (*crossover*) para gerar novos cromossomos filhos (*offsprings*)



Fase de reprodução

- Operador crossover clássico (one point crossover):
- Descendentes são formados a partir da reunião de segmentos de cada pai

$$p_1 = (0 \ 1 \ 1 \ | \ 1 \ 0 \ 0)$$

$$p_2 = (1 \ 0 \ 1 \ | \ 0 \ 1 \ 0)$$



$$O_1 = (0 \ 1 \ 1 \ | \ 0 \ 1 \ 0)$$

$$O_2 = (1 \ 0 \ 1 \ | \ 1 \ 0 \ 0)$$



Fase de reprodução

- Operador mutação clássico

$$p = (0 \ 1 \ 0 \ 1)$$



$$p = (0 \ 1 \ 1 \ 1)$$

Exemplo de operador *crossover* para o PCV



- Operador OX
 - Operador crossover de dois pontos de corte
 - Cruzamento entre os pais geram dois filhos
 - Filhos herdam a ordem de visita dos pais



Operador OX para o PCV

- $p_1 = (6\ 3\ 8\ | 2\ 4\ 1\ | 5\ 7\ 9)$
- $p_2 = (1\ 2\ 7\ | 4\ 6\ 5\ | 8\ 9\ 3)$

- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | x\ x\ x)$
- Ordem de visita de $p_2 = \{8,9,3,1,2,7,4,6,5\}$



Operador OX para o PCV

- $p_1 = (6\ 3\ 8\ | 2\ 4\ 1\ | 5\ 7\ 9)$
- $p_2 = (1\ 2\ 7\ | 4\ 6\ 5\ | 8\ 9\ 3)$

- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | x\ x\ x)$
- Ordem de visita de $p_2 = \{8, 9, 3, \cancel{1}, \cancel{2}, 7, \cancel{4}, 6, 5\}$



Operador OX para o PCV

- $p_1 = (6\ 3\ 8\ | 2\ 4\ 1\ | 5\ 7\ 9)$
- $p_2 = (1\ 2\ 7\ | 4\ 6\ 5\ | 8\ 9\ 3)$

- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | x\ x\ x)$
- Ordem de visita de $p_2 = \{8, 9, 3, \cancel{1}, \cancel{2}, 7, \cancel{4}, 6, 5\}$
- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | 8\ x\ x)$



Operador OX para o PCV

- $p_1 = (6\ 3\ 8\ | 2\ 4\ 1\ | 5\ 7\ 9)$
- $p_2 = (1\ 2\ 7\ | 4\ 6\ 5\ | 8\ 9\ 3)$

- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | x\ x\ x)$
- Ordem de visita de $p_2 = \{\cancel{8}, \cancel{9}, \cancel{3}, \cancel{1}, \cancel{2}, \cancel{7}, \cancel{4}, 6, 5\}$
- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | 8\ 9\ x)$



Operador OX para o PCV

- $p_1 = (6\ 3\ 8\ | 2\ 4\ 1\ | 5\ 7\ 9)$
- $p_2 = (1\ 2\ 7\ | 4\ 6\ 5\ | 8\ 9\ 3)$

- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | x\ x\ x)$
- Ordem de visita de $p_2 = \{\cancel{8}, \cancel{9}, 3, \cancel{1}, \cancel{2}, 7, \cancel{4}, 6, 5\}$
- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | 8\ 9\ 3)$



Operador OX para o PCV

- $p_1 = (6\ 3\ 8\ | 2\ 4\ 1\ | 5\ 7\ 9)$
- $p_2 = (1\ 2\ 7\ | 4\ 6\ 5\ | 8\ 9\ 3)$

- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | x\ x\ x)$
- Ordem de visita de $p_2 = \{\cancel{8}, \cancel{9}, \cancel{3}, \cancel{1}, \cancel{2}, \cancel{7}, \cancel{4}, 6, 5\}$
- $f_1 = (7\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | 8\ 9\ 3)$



Operador OX para o PCV

- $p_1 = (6\ 3\ 8\ | 2\ 4\ 1\ | 5\ 7\ 9)$
- $p_2 = (1\ 2\ 7\ | 4\ 6\ 5\ | 8\ 9\ 3)$

- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | x\ x\ x)$
- Ordem de visita de $p_2 = \{\cancel{8}, \cancel{9}, \cancel{3}, \cancel{1}, \cancel{2}, \cancel{7}, 4, 6, 5\}$
- $f_1 = (7\ 6\ x\ | 2\ 4\ 1\ | 8\ 9\ 3)$



Operador OX para o PCV

- $p_1 = (6\ 3\ 8\ | 2\ 4\ 1\ | 5\ 7\ 9)$
- $p_2 = (1\ 2\ 7\ | 4\ 6\ 5\ | 8\ 9\ 3)$

- $f_1 = (x\ x\ x\ | 2\ 4\ 1\ | x\ x\ x)$
- Ordem de visita de $p_2 = \{\cancel{8}, \cancel{9}, \cancel{3}, \cancel{1}, \cancel{2}, \cancel{7}, \cancel{4}, \cancel{6}, 5\}$
- $f_1 = (7\ 6\ 5\ | 2\ 4\ 1\ | 8\ 9\ 3)$

Exemplo de operador de mutação para o PCV



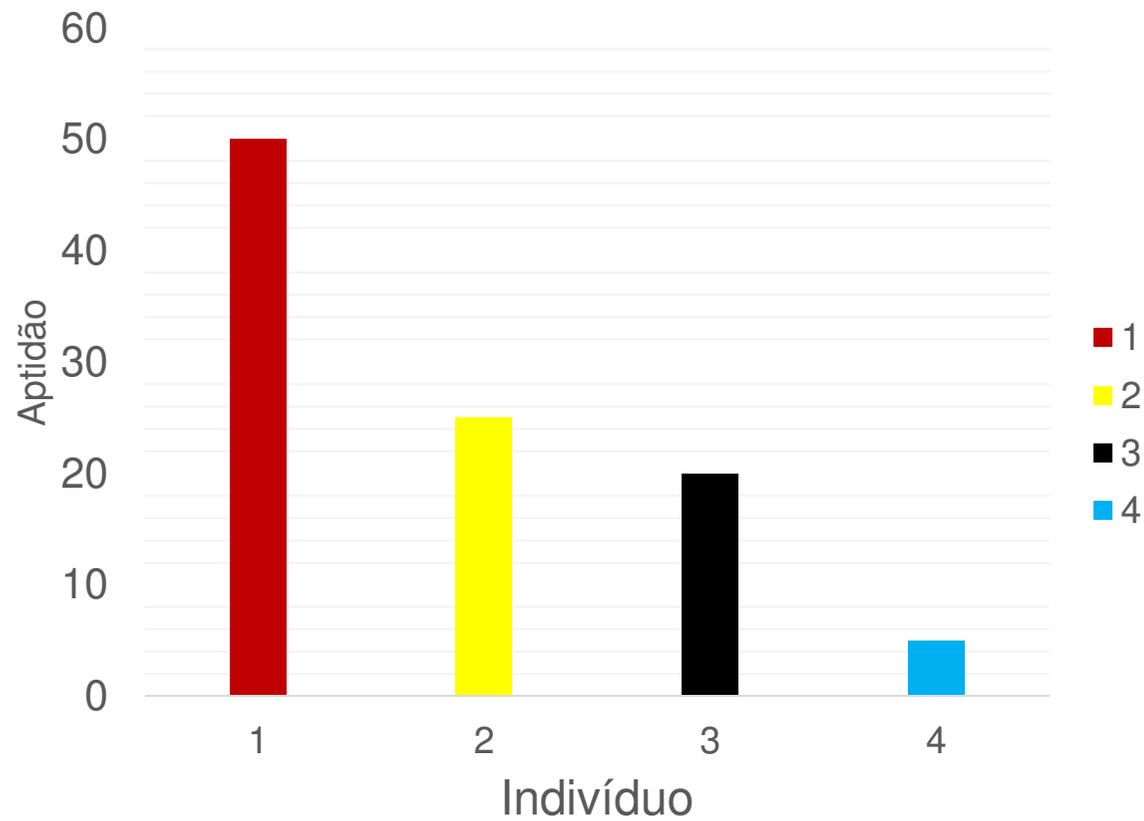
- Troca da ordem de visita entre duas cidades:
 - Indivíduo antes da mutação:
 - $f_1 = (7\ 6\ 5\ 2\ 4\ 1\ 8\ 9\ 3)$
 - Indivíduo após a mutação:
 - $f_1 = (7\ 6\ 8\ 2\ 4\ 1\ 5\ 9\ 3)$
 - Característica da mutação:
 - A ordem de visita decorrente não vem de um dos pais

Sobrevivência / morte de cromossomos



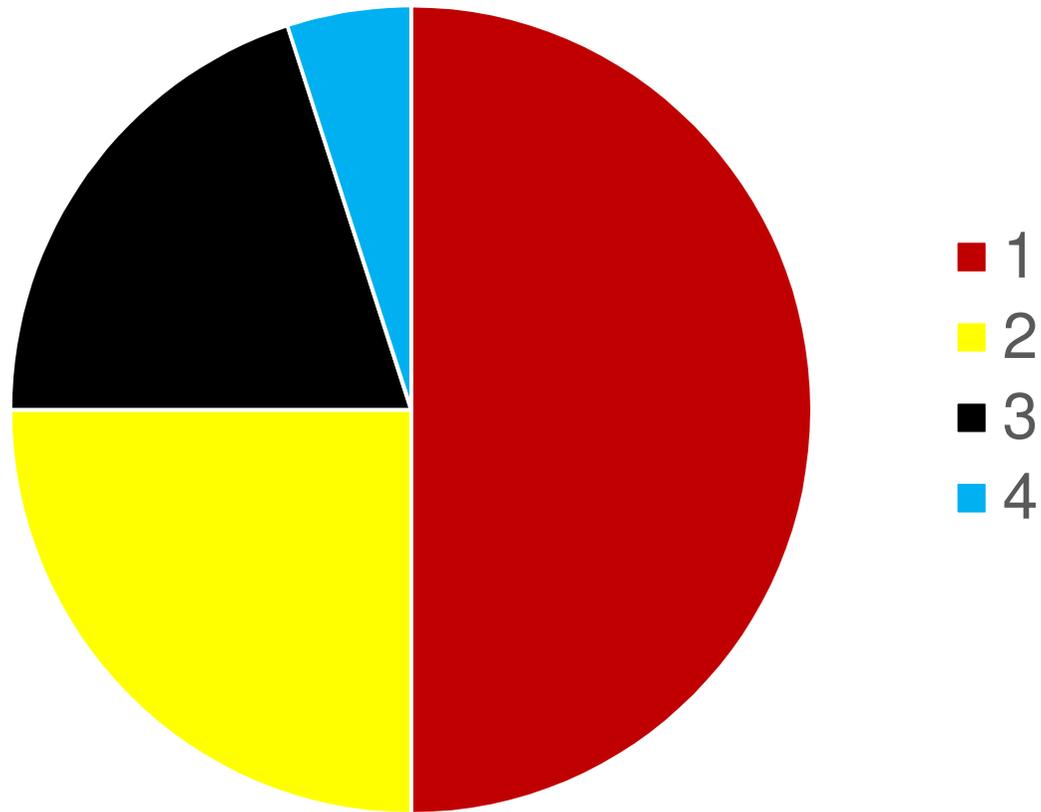
- Como selecionamos os cromossomos que devem sobreviver?
- Sobrevivem os que possuem os melhores níveis de aptidão?
- É importante permitir também a sobrevivência de cromossomos menos aptos, do contrário o método ficaria preso em ótimos locais
- Elitismo

Seleção de cromossomos sobreviventes



Roleta:

mecanismo para selecionar os cromossomos sobreviventes



Estrutura de um AG básico

