

Metaheurísticas Populacionais

PEP300 Técnicas Metaheurísticas
para Otimização Combinatória

Prof. Dra. Tatiana Alves Costa
DECSI

Metaheurísticas Populacionais

- ▶ População inicial
 - Indivíduo – solução viável para o problema
- ▶ Iterações
 - Geração de novos indivíduos
 - População corrente → nova população

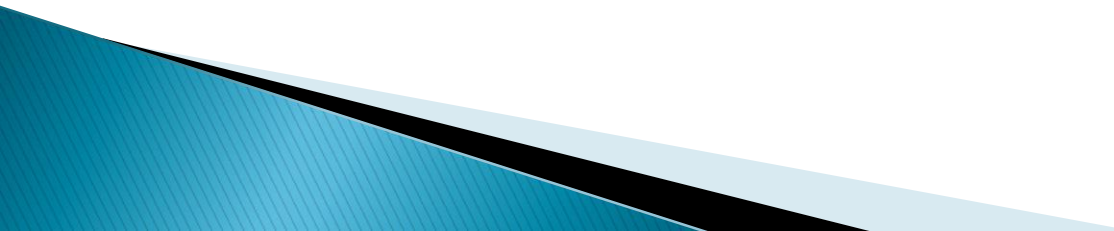
Memória de Busca

- ▶ Conjunto de informações extraídas e armazenadas durante a busca
 - população de soluções
 - matriz de feromônio
 - modelo de probabilidade de aprendizagem

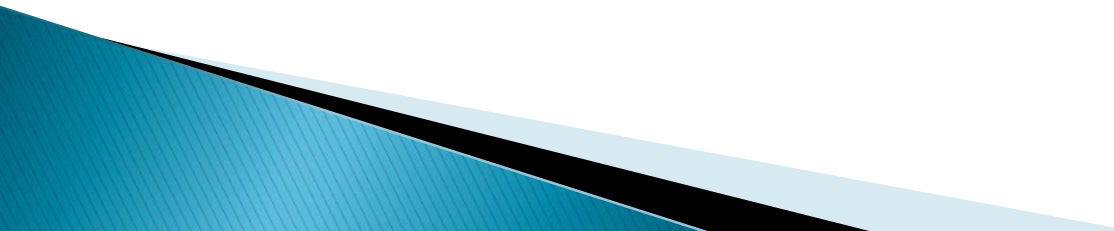
Geração/Seleção

- ▶ Geração de uma nova população
 - Operadores variacionais: reprodução e/ou mutação
 - Atuam diretamente nos indivíduos da população corrente
 - Novos indivíduos são gerados a partir dos atributos das soluções pertencentes à população corrente
- ▶ Seleção
 - Nova população gerada/elitismo

População Inicial

- ▶ Visar diversidade
 - Geração randômica
 - Diversificação sequencial
 - Diversificação paralela
 - Inicialização heurística
- 

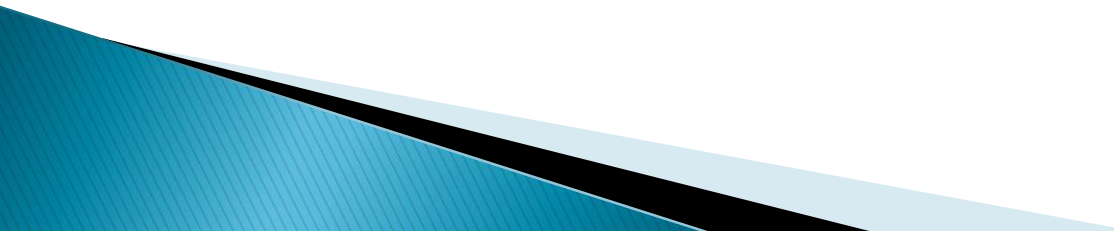
Critérios de Parada

- ▶ Número de iterações (gerações)
 - ▶ Tempo de processamento
 - ▶ Número máximo de avaliações de F.O.
 - ▶ Número de iterações sem melhora
 - ▶ Valor satisfatório para a F.O alcançado
- 

Algoritmos Evolucionários

- ▶ Baseados em competição/evolução das espécies
 - ▶ População inicial – Conjunto de soluções
 - ▶ Função de aptidão – Avaliação de uma solução
 - ▶ Seleção de pais
 - ▶ Cruzamento/mutação/descendentes
 - ▶ Nova população
 - ▶ Critério de parada
- 

Algoritmos Genéticos

- ✓ Método de busca populacional, i.e, parte de um conjunto de soluções, aplicando sobre estes operadores que visam à melhoria desse conjunto.
 - ✓ Fundamentam-se em uma analogia com processos naturais de evolução, nos quais, dada uma população, os indivíduos com características genéticas melhores têm maiores chances de sobrevivência e de produzirem filhos cada vez mais aptos, enquanto 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*).
- ✓ O objetivo de um AG é o de tentar melhorar as qualidades genéticas de uma população através de um processo de renovação iterativa das populações

Operadores genéticos



CROSSOVER



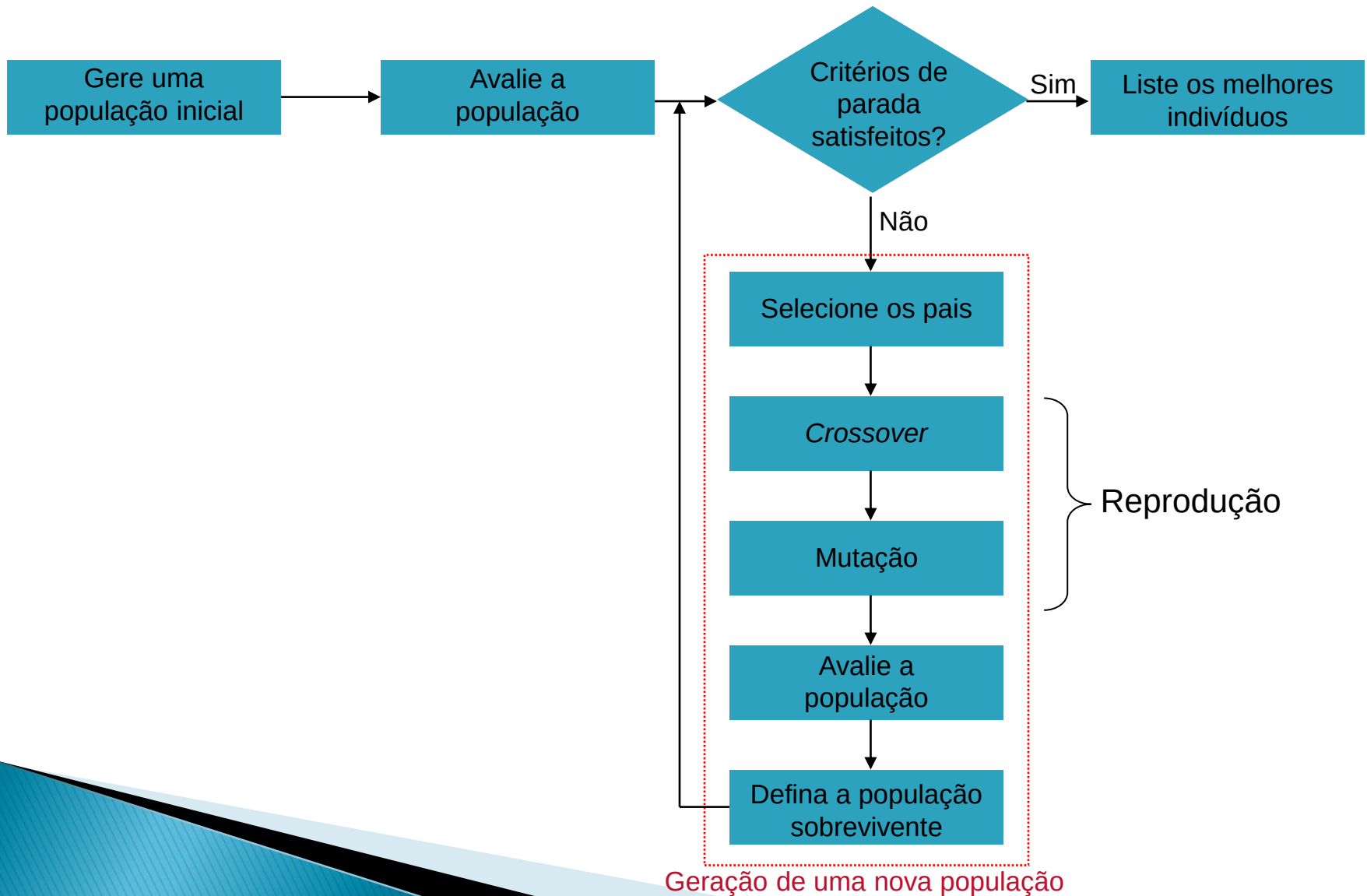
MUTAÇÃO



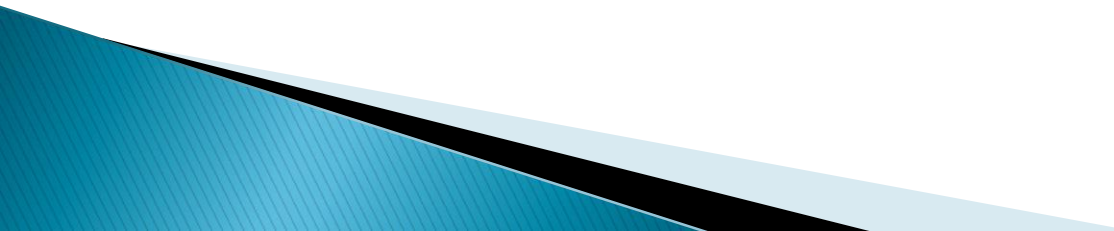
Relação entre AG e Problema de Otimização

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

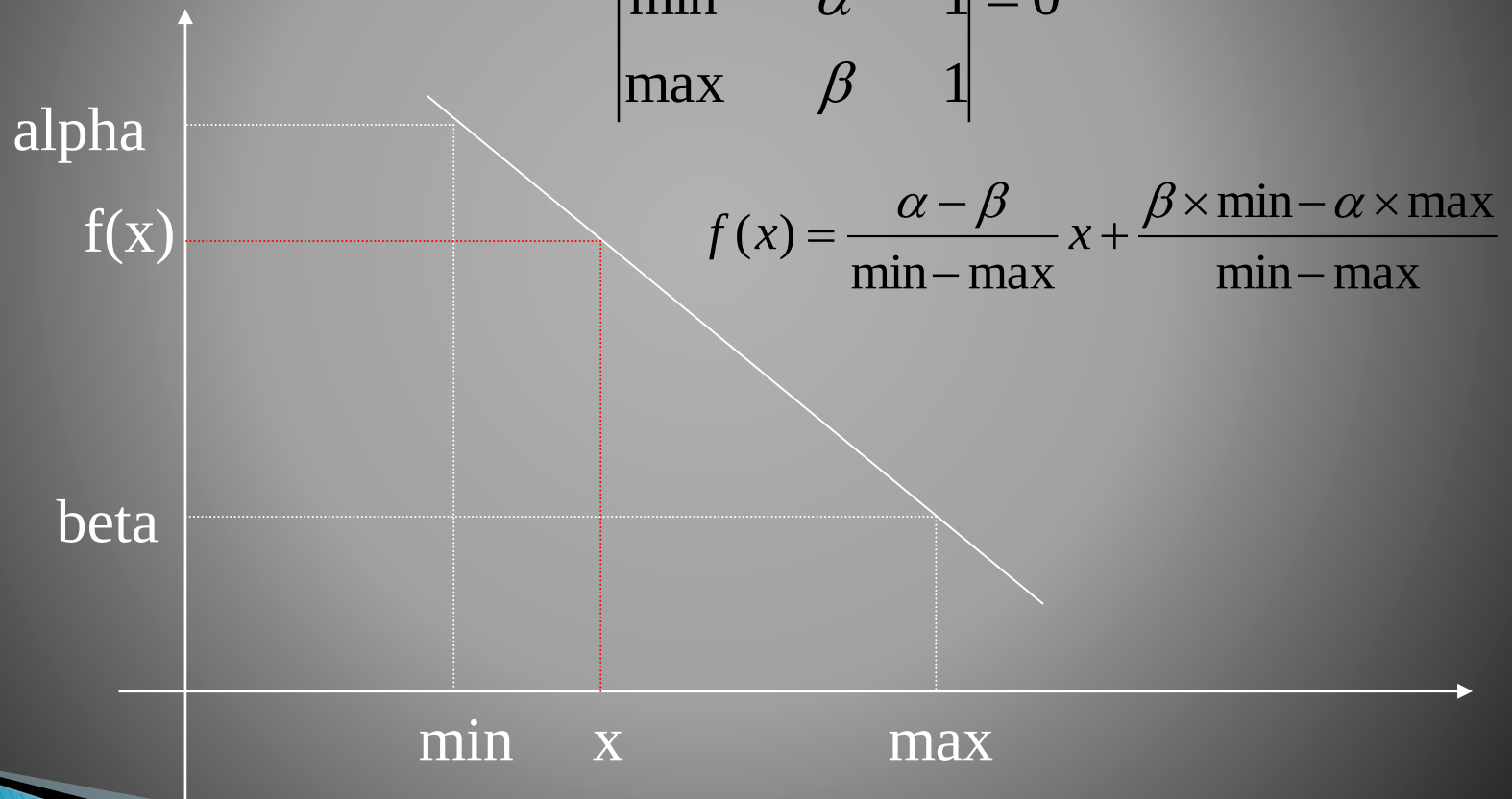


Avaliação de cromossomos

- Feita pela função de aptidão (*fitness*)
 - Em um problema de maximização pode ser a própria função objetivo
 - Em um problema de minimização pode ser o inverso da função objetivo
- 

Avaliação de cromossomos: Exemplo para problema de minimização

Função escala:



$$\begin{vmatrix} x & f(x) & 1 \\ \min & \alpha & 1 \\ \max & \beta & 1 \end{vmatrix} = 0$$

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
- Aleatório
- Roleta

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

$$p_1 = (\textcolor{blue}{0} \textcolor{blue}{1} \textcolor{blue}{1} \mid \textcolor{green}{1} \textcolor{green}{0} \textcolor{green}{0})$$

$$p_2 = (1 \ 0 \ 1 \mid \textcolor{brown}{0} \textcolor{brown}{1} \textcolor{brown}{0})$$



$$O_1 = (\textcolor{blue}{0} \textcolor{blue}{1} \textcolor{blue}{1} \mid \textcolor{brown}{0} \textcolor{brown}{1} \textcolor{brown}{0})$$

$$O_2 = (1 \ 0 \ 1 \mid \textcolor{green}{1} \textcolor{green}{0} \textcolor{green}{0})$$

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

- ▶ $p_1 = (6 \ 3 \ 8 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 5 \ 7 \ 9)$
- ▶ $p_2 = (1 \ 2 \ 7 \mid 4 \ 6 \ 5 \mid 8 \ 9 \ 3)$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid x \ x \ x)$
- ▶ Ordem de visita de $p_2 = \{8, 9, 3, 1, 2, 7, 4, 6, 5\}$

Operador OX para o PCV

- ▶ $p_1 = (6 \ 3 \ 8 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 5 \ 7 \ 9)$
- ▶ $p_2 = (1 \ 2 \ 7 \mid 4 \ 6 \ 5 \mid 8 \ 9 \ 3)$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid x \ x \ x)$
- ▶ Ordem de visita de $p_2 = \{8, 9, 3, 1, 2, 7, 4, 6, 5\}$

Operador OX para o PCV

- ▶ $p_1 = (6 \ 3 \ 8 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 5 \ 7 \ 9)$
- ▶ $p_2 = (1 \ 2 \ 7 \mid 4 \ 6 \ 5 \mid 8 \ 9 \ 3)$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid x \ x \ x)$
- ▶ Ordem de visita de $p_2 = \{8,9,3,1,2,7,4,6,5\}$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 8 \ x \ x)$

Operador OX para o PCV

- ▶ $p_1 = (6 \ 3 \ 8 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 5 \ 7 \ 9)$
- ▶ $p_2 = (1 \ 2 \ 7 \mid 4 \ 6 \ 5 \mid 8 \ 9 \ 3)$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid x \ x \ x)$
- ▶ Ordem de visita de $p_2 = \{8, 9, 3, 1, 2, 7, 4, 6, 5\}$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 8 \ 9 \ x)$

Operador OX para o PCV

- ▶ $p_1 = (6 \ 3 \ 8 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 5 \ 7 \ 9)$
- ▶ $p_2 = (1 \ 2 \ 7 \mid 4 \ 6 \ 5 \mid 8 \ 9 \ 3)$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid x \ x \ x)$
- ▶ Ordem de visita de $p_2 = \{8,9,3,1,2,7,4,6,5\}$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 8 \ 9 \ 3)$

Operador OX para o PCV

- ▶ $p_1 = (6 \ 3 \ 8 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 5 \ 7 \ 9)$
- ▶ $p_2 = (1 \ 2 \ 7 \mid 4 \ 6 \ 5 \mid 8 \ 9 \ 3)$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid x \ x \ x)$
- ▶ Ordem de visita de $p_2 = \{8, 9, 3, 1, 2, 7, 4, 6, 5\}$
- ▶ $f_1 = (7 \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 8 \ 9 \ 3)$

Operador OX para o PCV

- ▶ $p_1 = (6 \ 3 \ 8 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 5 \ 7 \ 9)$
- ▶ $p_2 = (1 \ 2 \ 7 \mid 4 \ 6 \ 5 \mid 8 \ 9 \ 3)$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid x \ x \ x)$
- ▶ Ordem de visita de $p_2 = \{8,9,3,1,2,7,4,6,5\}$
- ▶ $f_1 = (7 \ 6 \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 8 \ 9 \ 3)$

Operador OX para o PCV

- ▶ $p_1 = (6 \ 3 \ 8 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 5 \ 7 \ 9)$
- ▶ $p_2 = (1 \ 2 \ 7 \mid 4 \ 6 \ 5 \mid 8 \ 9 \ 3)$
- ▶ $f_1 = (x \ x \ x \mid 2 \ 4 \ 1 \mid x \ x \ x)$
- ▶ Ordem de visita de $p_2 = \{8,9,3,1,2,7,4,6,5\}$
- ▶ $f_1 = (7 \ 6 \ 5 \mid 2 \ 4 \ 1 \mid 8 \ 9 \ 3)$

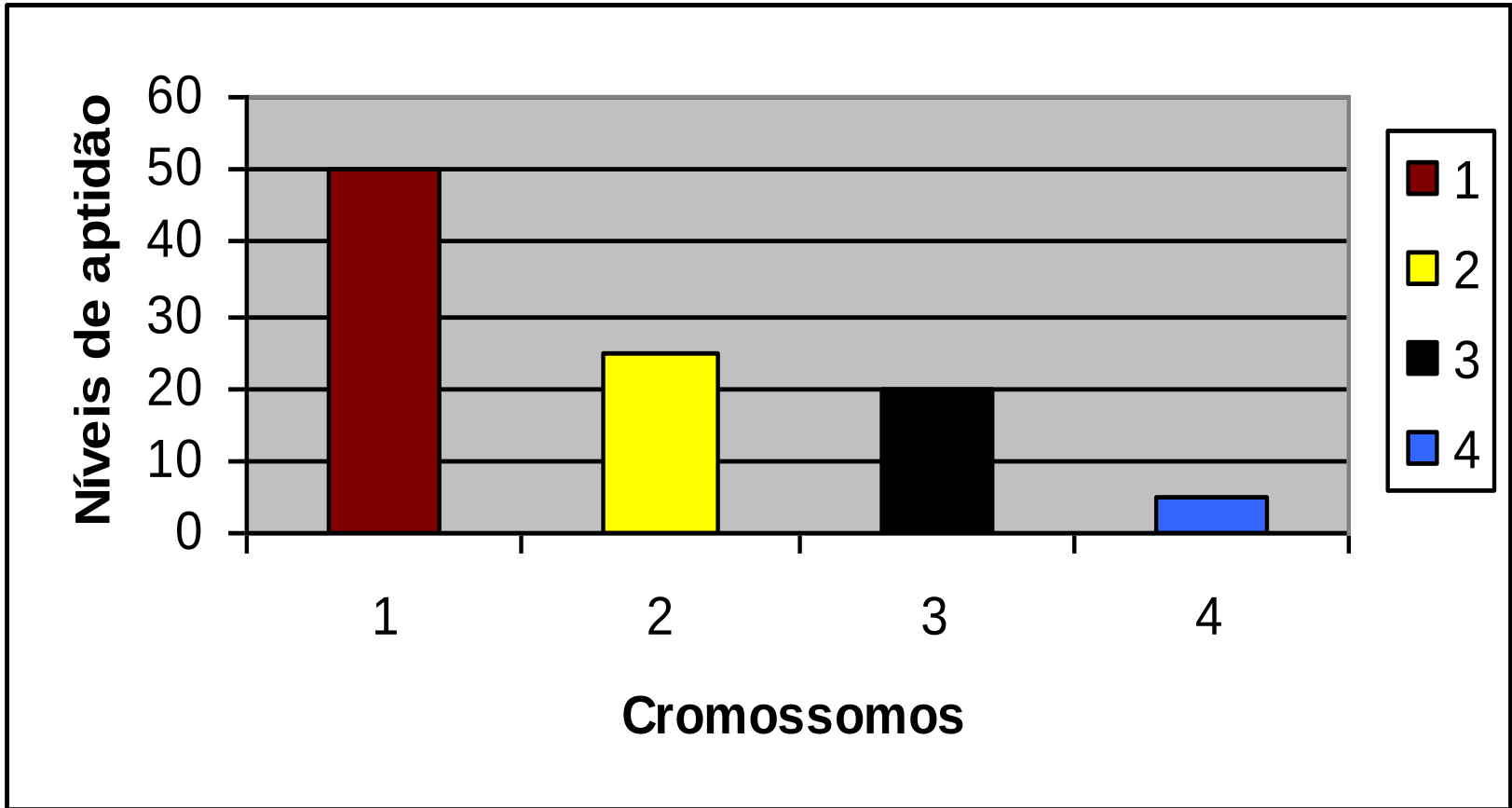
Exemplo de operador de mutação para o PCV

- ▶ 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

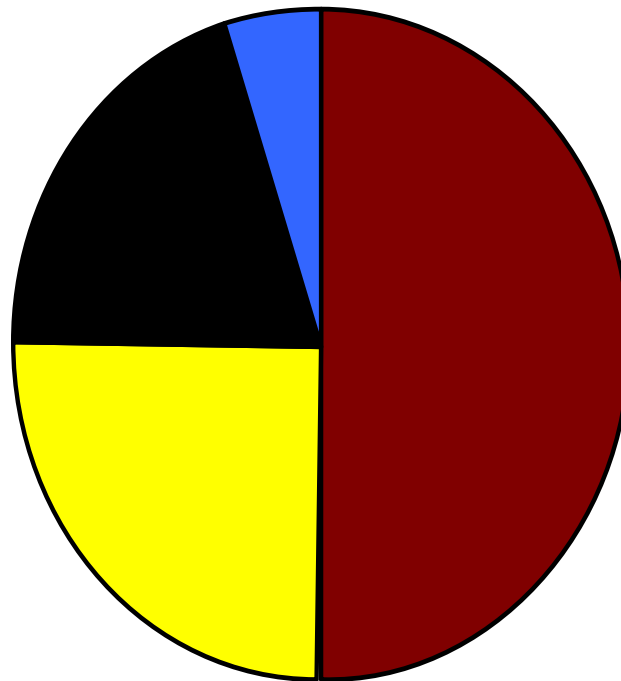
- Como selecionamos os cromossomos que devem sobreviver?
 - Sobrevivem os que possuem os melhores níveis de aptidão?
 - É importante permitir também a sobrevivência de cromossomos menos aptos, do contrário o método ficaria preso em ótimos locais
 - Elitismo
- 

Seleção de cromossomos sobreviventes



Roleta russa:

mecanismo para selecionar os cromossomos sobreviventes



Sobrevivência / morte de cromossomos

- Souza, M. J. F. Inteligência Computacional para Otimização. Disponível em www.iceb.ufop.br/decom/prof/marcone/ico2009, acessado em Outubro de 2019.
- Martins, A. X. Heurísticas e Metaheurísticas. Material didático, 2018.