

Pós Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação  
Universidade Federal do Ceará – Campus Sobral

---

# Algoritmos Genéticos

David Borges  
davidborges@protonmail.com

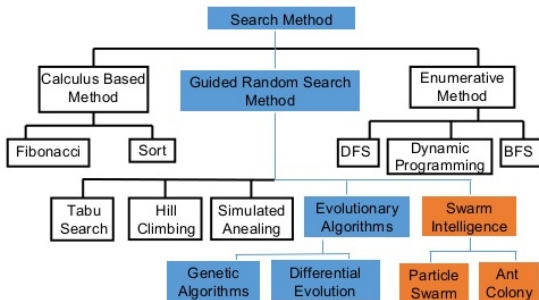
31 de Maio, 2019



# Algoritmos genéticos

**Busca guiada** Heurística de busca e otimização guiada.

**Bioinspiração** Inspirada na genética e na seleção natural.

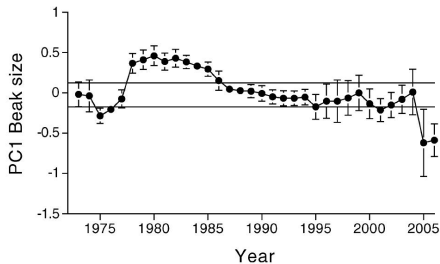
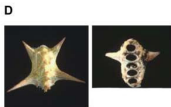


Fonte: <https://www.slideshare.net/ddawar/evolutionary-computation-andapplications>

# Motivação

**Exemplo** Tentilhões do Arquipélago de Galápagos.

**Objetivo** Aproveitar os mecanismos de seleção natural, recombinação genética e mutação para solucionar problemas de otimização.



Fonte: <https://science.sciencemag.org/content/313/5784/224>

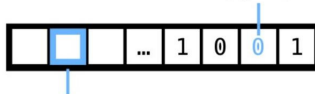
# Terminologia

**Indivíduo** A representação de uma possível solução do problema.

**População** O conjunto de indivíduos.

**Aptidão** A nota associada a cada indivíduo.

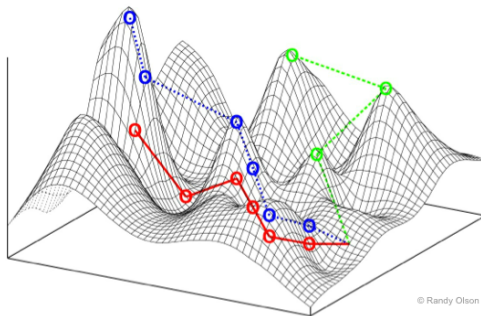
**Chromosome**  
a.k.a.  
Genotype, Organism,  
Creature, Member,  
Individual, Solution



Fonte: <https://www.slideshare.net/JeremyFisher1/genetic-algorithms-programming-by-the-seat-of-your-genes>

# Terminologia

**Paisagem de aptidão** do inglês, Fitness Landscape. A superfície de otimização.



Fonte: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fitness\\_landscape](https://en.wikipedia.org/wiki/Fitness_landscape)

# Base do algoritmo genético

**Representação** das soluções;

**Inicialização** da população;

**Avaliação** dos indivíduos;

**Seleção** dos indivíduos mais aptos;

**Cruzamento** dos cromossomos selecionados;

**Mutação** aleatória dos indivíduos filhos;

**Repetição** até o critério de parada.

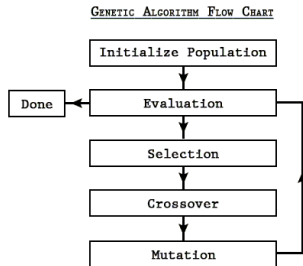


FIGURE 2

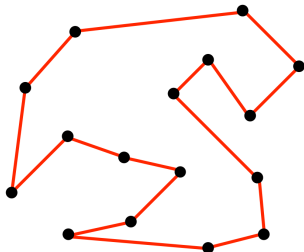
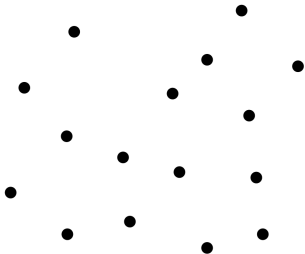
Fonte: <http://techeffigyutorials.blogspot.com/2015/02/the-genetic-algorithm-explained.html>

# Exemplo de problema

**Caixeiro-viajante** Dada uma lista de cidades e suas coordenadas, determinar a rota mais curta que visita cada cidade uma vez e retorna à cidade inicial.

**Busca exaustiva** Testar todos os possíveis caminhos:  $O(N!)$ .

**Prog. Dinâmica** Algoritmo de Held-Karp:  $O(N^2 2^N)$ .



Fonte: [http://algorist.com/problems/Traveling\\_Salesman\\_Problem.html](http://algorist.com/problems/Traveling_Salesman_Problem.html)

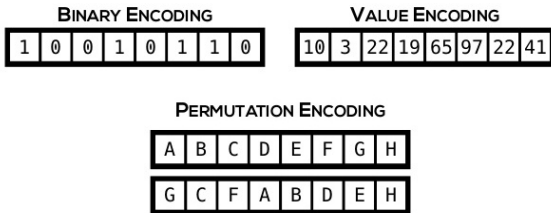
# Representação do problema

**Binária** Codifica cada indivíduo como uma string de bits.

**Real** Codifica cada indivíduo como uma sequência numérica.

**Permutação** O indivíduo é uma permutação dos possíveis elementos da solução.

**Outras** Codificações são dependentes do problema tratado.



Fonte: <https://www.slideshare.net/JeremyFisher1/genetic-algorithms-programming-by-the-seat-of-your-genes>



# Inicialização da população



Fonte: <http://www.sbs.utexas.edu/levin/bio213/popgen/popgen.html>

**Diversidade** É importante manter a diversidade a fim de evitar convergência prematura para ótimos locais.

**Tamanho** Populações pequenas: incapazes de explorar a paisagem de aptidão.  
Populações grandes: execução demorada, esgotamento de memória.  
Tamanho adequado é decidido experimentalmente.

## Inicialização

**Aleatória** População inicial é um conjunto de soluções aleatórias.

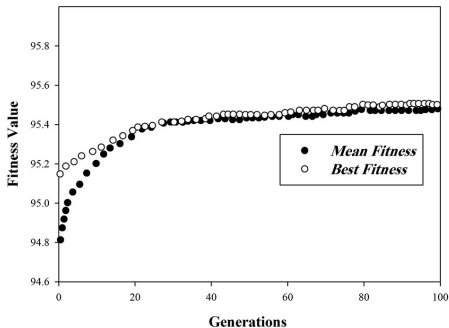
**Heurística** População inicial é um conjunto de soluções produzidas por uma heurística conhecida para o problema.

**Híbrida** População inicial é formada por algumas soluções produzidas por heurísticas e o restante dos indivíduos gerados aleatoriamente.

**Função fitness** Avalia a qualidade da solução.

**Velocidade** O cálculo da função fitness deve ser rápido, pois sua execução ocorre diversas vezes a cada geração.

**Consistência** A função deve avaliar quantitativamente o quão apta é a solução ou o quão bem tal solução pode produzir outras soluções aptas.

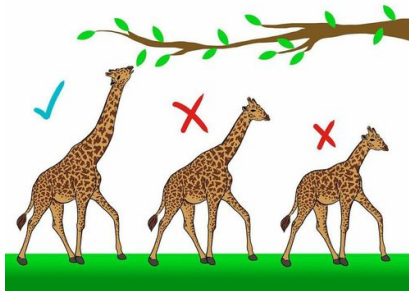


Fonte: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2018/ra/c8ra01504j>

# Seleção

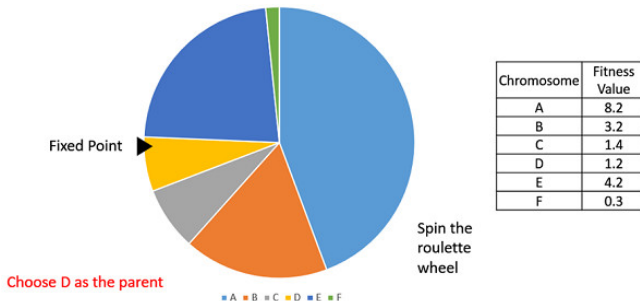
**Seleção natural** A sobrevivência e reprodução do mais apto.

**Objetivo** Simular computacionalmente o mecanismo de seleção natural.



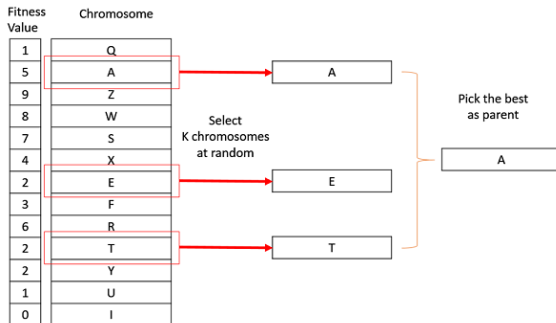
Fonte: <https://www.ck12.org/book/CK-12-Biology-Advanced-Concepts/section/10.36/>

**Método Roleta** Cada indivíduo pode ser selecionado para reprodução com probabilidade diretamente proporcional à sua aptidão.



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_parent\\_selection.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_parent_selection.htm)

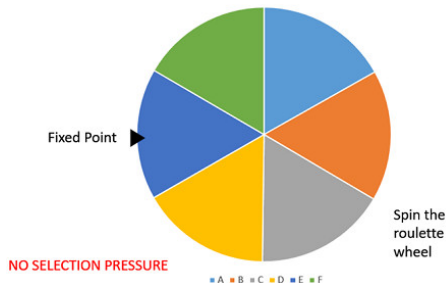
**Método Torneio**  $K$  indivíduos são escolhidos aleatoriamente com probabilidade uniforme e o melhor dentre eles é selecionado.



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_parent\\_selection.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_parent_selection.htm)

**Método Ranking** Usado quando os indivíduos possuem aptidões muito próximas.

Consiste em criar um ranking de acordo com os valores de aptidão e priorizar a seleção dos indivíduos com rank superior.



Chromosome	Fitness	Rank
A	8.1	1
B	8.0	4
C	8.05	2
D	7.95	6
E	8.02	3
F	7.99	5

Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_parent\\_selection.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_parent_selection.htm)

# Cruzamento

**Pais** O cruzamento é aplicado aos pares de pais selecionados.

**Filhos** Um ou mais cromossomos filhos são gerados através da combinação dos cromossomos pais.

**Probabilístico** O cruzamento ocorre com probabilidade  $P_c$ .

**Taxa** Normalmente, a taxa de cruzamento é alta (entre 60% e 90%).



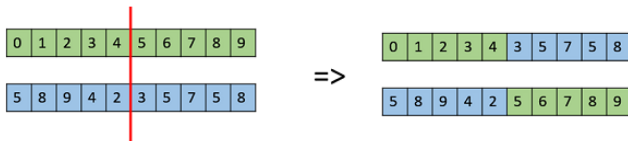
Fonte: <https://www.untamedscience.com/biology/genetics/chromosome-genetics/>



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_crossover.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_crossover.htm)

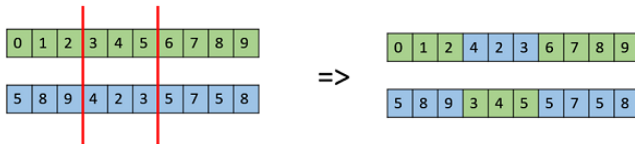
# Cruzamento

**Um-ponto** Um ponto de cruzamento é selecionado aleatoriamente e ambas as partes dos pais são permutadas para gerar dois filhos.



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_crossover.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_crossover.htm)

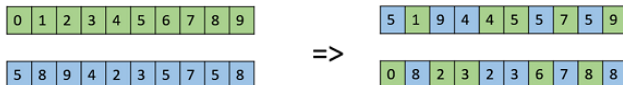
**Multi-pontos** Dois ou mais pontos são selecionados aleatoriamente e ocorre a permutação de cada segmento resultante para gerar dois filhos.



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_crossover.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_crossover.htm)



**Uniforme** A origem do gene a ser incluído nos filhos é determinada aleatoriamente em cada posição.



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_crossover.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_crossover.htm)

**Recombinação aritmética** Os filhos são médias ponderadas dos pais (repr. real).

$$F_1 = \alpha P_1 + (1 - \alpha)P_2$$

$$F_2 = \alpha P_2 + (1 - \alpha)P_1$$



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_crossover.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_crossover.htm)

# Cruzamento

## Cruzamento ordenado

Usado na representação por permutação com o objetivo de manter a ordenação relativa dos genes entre as gerações futuras.

Passo 1: Selecionar dois pontos de cruzamento;

Passo 2: Copiar o gene entre os pontos de cruzamento do primeiro pai para a mesma posição no cromossomo filho;

Passo 3: A partir do segundo ponto de cruzamento, copiar os elementos do segundo pai para o filho, sem que ocorra repetição; retornar ao início da codificação do segundo pai até que o filho seja preenchido;



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_crossover.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_crossover.htm)

Passo 4: Repetir o processo, com a ordem inversa dos pais, para gerar o segundo filho.

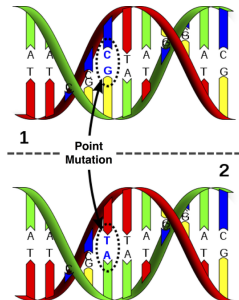
# Mutação

**Variabilidade** O operador de mutação auxilia na manutenção ou crescimento da variabilidade genética da população.

**Aplicação** A mutação é aplicada nos cromossomos filhos após sua produção.

**Probabilístico** A mutação ocorre com probabilidade  $P_m$ .

**Taxa** Normalmente, a taxa de mutação é baixa (entre 1% e 5%).



Fonte: <http://rosalind.info/glossary/point-mutation/>

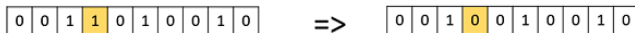
0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 $\Rightarrow$ 

0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

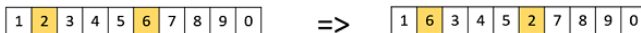
Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_mutation.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_mutation.htm)

**Bit flip** Os valores de um ou mais bits são invertidos.



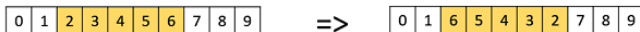
Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_mutation.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_mutation.htm)

**Swap** Duas posições são selecionadas e seus elementos são permutados.



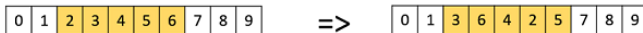
Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_mutation.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_mutation.htm)

**Inversão** Um segmento do cromossomo é escolhido e a ordem de seus elementos é invertida.



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_mutation.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_mutation.htm)

**Embaralhamento** Um segmento do cromossomo é escolhido e seus elementos são embaralhados aleatoriamente.



Fonte: [https://www.tutorialspoint.com/genetic\\_algorithms/genetic\\_algorithms\\_mutation.htm](https://www.tutorialspoint.com/genetic_algorithms/genetic_algorithms_mutation.htm)

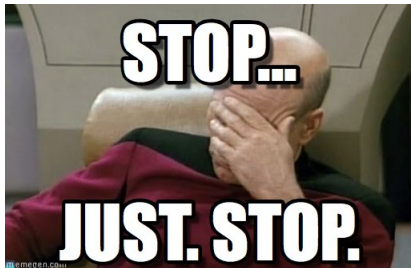
# Critério de parada

**Gerações** Estipular número máximo de gerações.

**Valor ótimo** O algoritmo alcança aptidão ótima.

**Valor aceitável** O algoritmo alcança um nível aceitável de aptidão.

**Convergência** Não há mais alteração significativa no nível de aptidão.



Fonte: <https://spoonuniversity.com/lifestyle/why-you-seriously-need-to-stop-snapchatting-your-food>

**Elitismo** Preservar uma parcela dos indivíduos mais aptos: a elite.



Fonte: <https://travelwhut.com/2015/04/22/like-a-sir-our-stay-at-novotel-montreal-centre/>

**AG Adaptativo** Parâmetros como taxa de cruzamento e mutação, etc, são alterados no decorrer da execução com base nas características da população.

# Vantagens de algoritmos genéticos

- Compreensível** Fácil compreensão e implementação do algoritmo base.
- Flexível** Adaptável a um amplo conjunto de problemas.
- Independente** A função de otimização não precisa ser diferenciável.
- Multiobjetivo** A otimização pode ser feita com base em múltiplos objetivos.
- Distribuído** A busca é distribuída (população vs indivíduo).
- Paralelismo** Facilmente adaptável para usar múltiplos processadores.
- Soluções** Ao fim da execução, o algoritmo provê uma lista de boas soluções.



Fonte: <https://patrizeproperties.com/resources/landlord-art/advantages-and-disadvantages-of-hiring-a-property-manager/>



# Desvantagens de algoritmos genéticos

**Arte** Elaborar boas representações e operadores não é trivial.

**Convergência** Não há garantias de convergência.

**Não ótimo** Não há garantia de soluções ótimas.

**Tempo** A execução pode ser demorada.

**Discretização** Em muitos casos, as soluções precisam ser discretizadas.



Fonte: <https://patrizeproperties.com/resources/landlord-art/advantages-and-disadvantages-of-hiring-a-property-manager/>

Perguntas

