



Human-Centered Data & AI



Vinicius Caridá, Ph.D.

- Executive Specialist, Artificial Intelligence and Data - Itaú
- MBA Professor – FIAP and ESPM



@vinicius caridá



@vfcarida



@vinicius caridá



@vfcarida



@vinicius caridá



@vfcarida

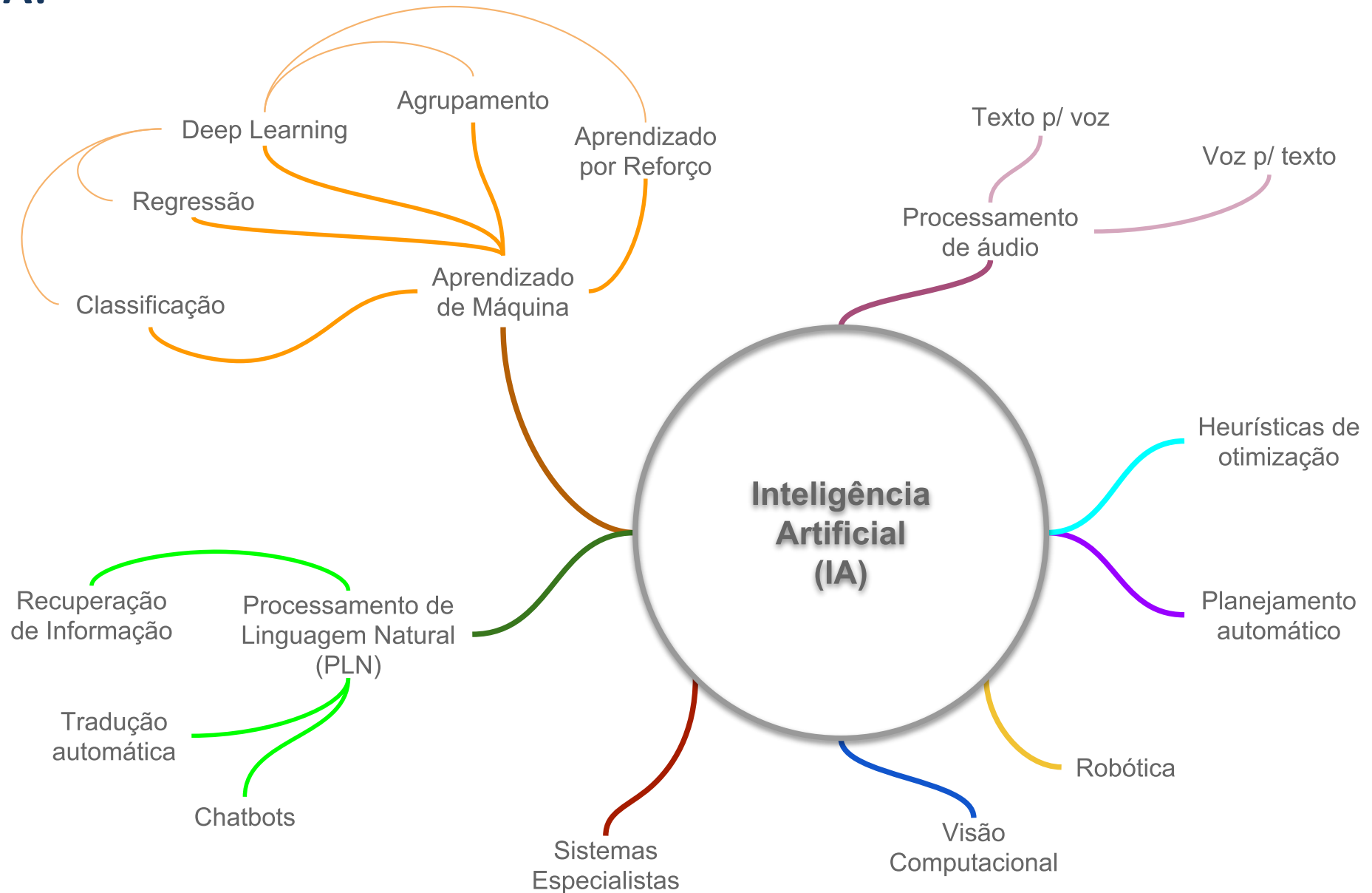
“

Algoritmos Genéticos

Objetivo

Tentar **melhorar as qualidades genéticas de uma população** através de um processo de renovação iterativa das populações

WTF is IA?



Roteiro

- Introdução
 - Otimização
- Algoritmos Genéticos
 - Representação
 - Seleção
 - Operadores Geneticos
- Aplicação
 - Caixeiro Viajante

Introdução

- Os Algoritmos Genéticos (AGs) são algoritmos de busca e otimização, que utilizam regras baseadas em uma metáfora do processo evolutivo proposto por Charles Darwin, operando sobre um espaço de soluções codificado ([GOLDBERG, 1989](#)); ([HOLLAND, JOHN. H., 1992](#)).
- Os AGs simulam o mecanismo evolucionário dos sistemas biológicos naturais, onde os indivíduos mais aptos têm maior probabilidade de se reproduzir gerando descendentes.

Características

- ✓ 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**

Características

- ✓ 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**)

Otimização - Definição

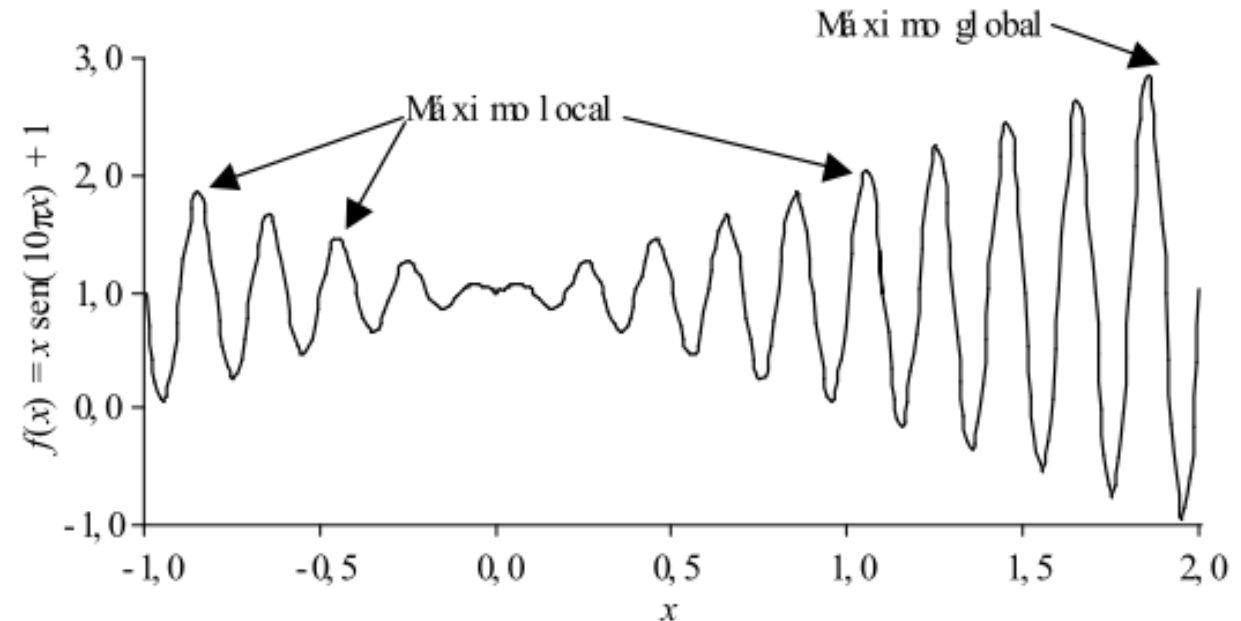
- Espaço de Busca
 - Possíveis soluções de um problema
- Função Objetivo
 - Avalia cada solução com uma *nota*
- Tarefa:
 - Encontrar a solução que corresponda ao ponto de máximo (ou mínimo) da função objetivo

Otimização - Dificuldades

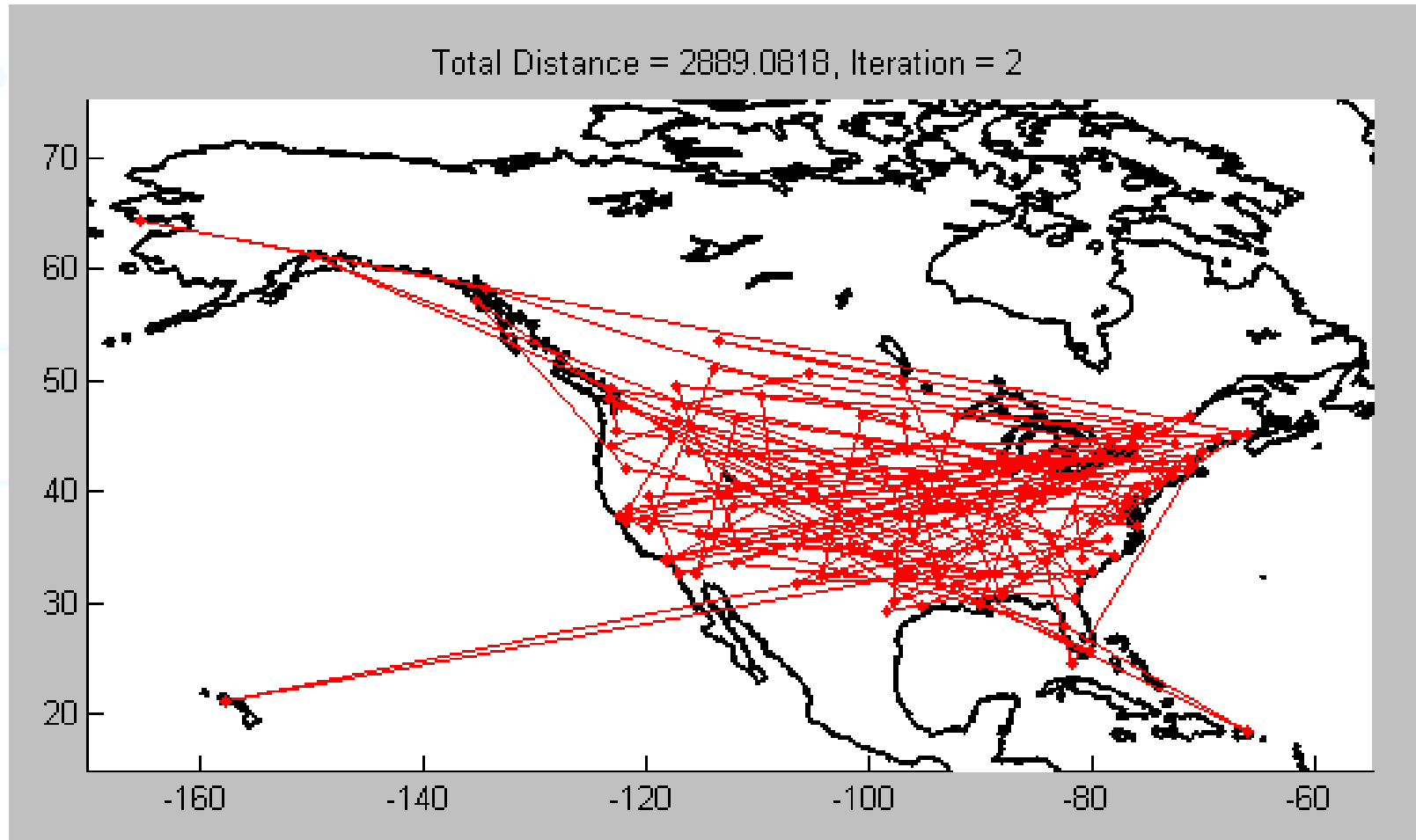
- Alguns problemas podem ter espaços de busca muito grandes
- Muitos algoritmos não são capazes de localizar ótimo global na presença de múltiplos ótimos locais

Otimização - Exemplo

- Achar ponto máximo da função
 - $f(x) = x \sin(10\pi x) + 1, \quad -1 \leq x \leq 2$



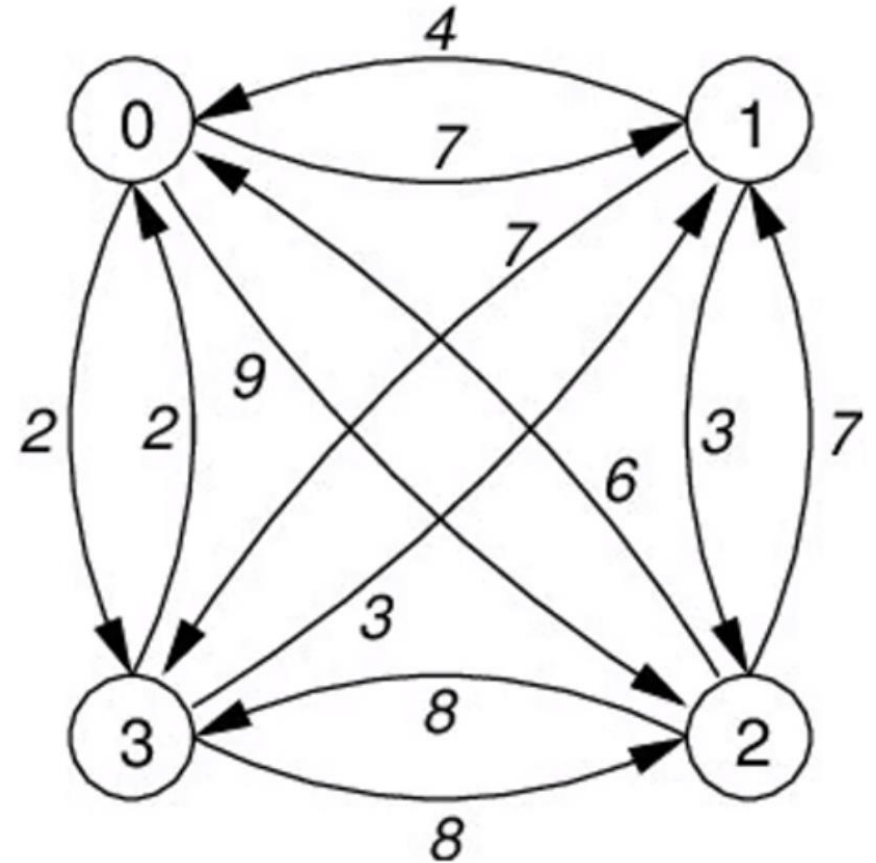
Exemplo – Problema do Caixeiro-viajante



Exemplo – Problema do Caixeiro-viajante

Problema

- Encontrar a melhor rota que percorre todas as distribuidoras
- Melhor = Menor Distância



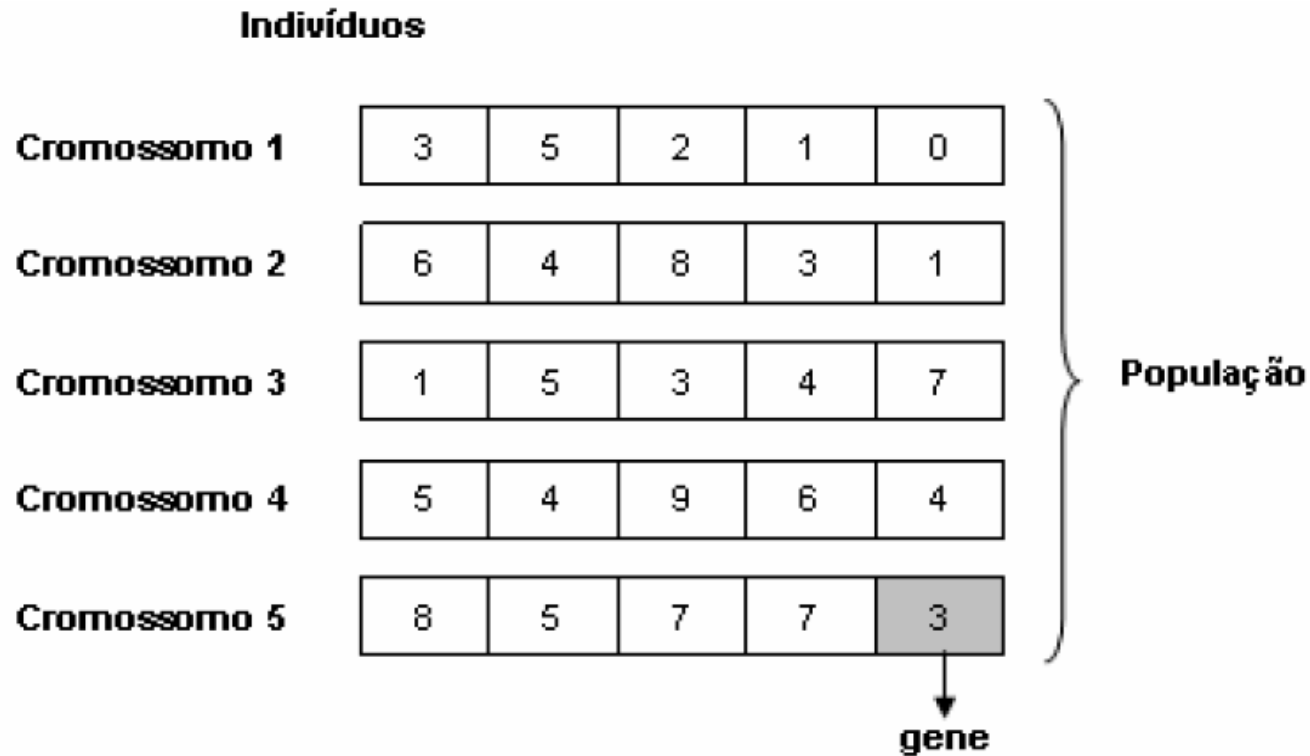
Algoritmos Genéticos

- Geração de um conjunto inicial de soluções que são iterativamente melhoradas
 - *População* de *indivíduos (cromossomos)*
- Busca de soluções seguem um processo evolutivo
 - *Seleção* dos mais aptos +
Transmissão de características

AG x 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
Crossover / Mutação	Operadores de busca

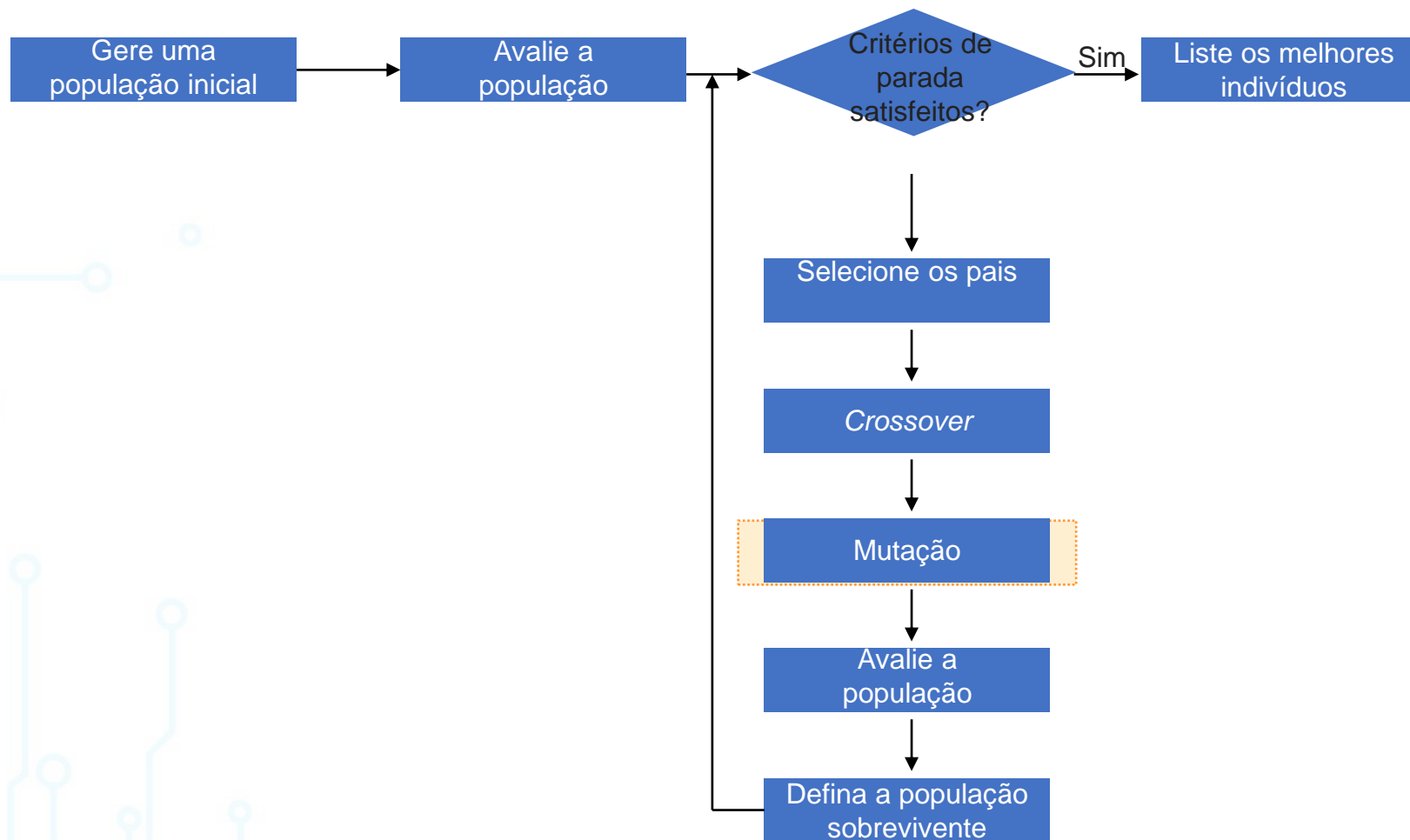
Algoritmos Genéticos



Algoritmos Genéticos

- Passo 1: Geração de uma população inicial com indivíduos escolhidos aleatoriamente
- Passo 2: Avaliação dos indivíduos
 - Cálculo da função de *fitness* (usando função objetivo)
- Passo 3: Seleção de indivíduos mais aptos
- Passo 4: Geração de uma nova população a partir dos indivíduos selecionados e ir para Passo 2
 - Operadores de busca (*crossover* e *mutação*)

Estrutura de um AG básico

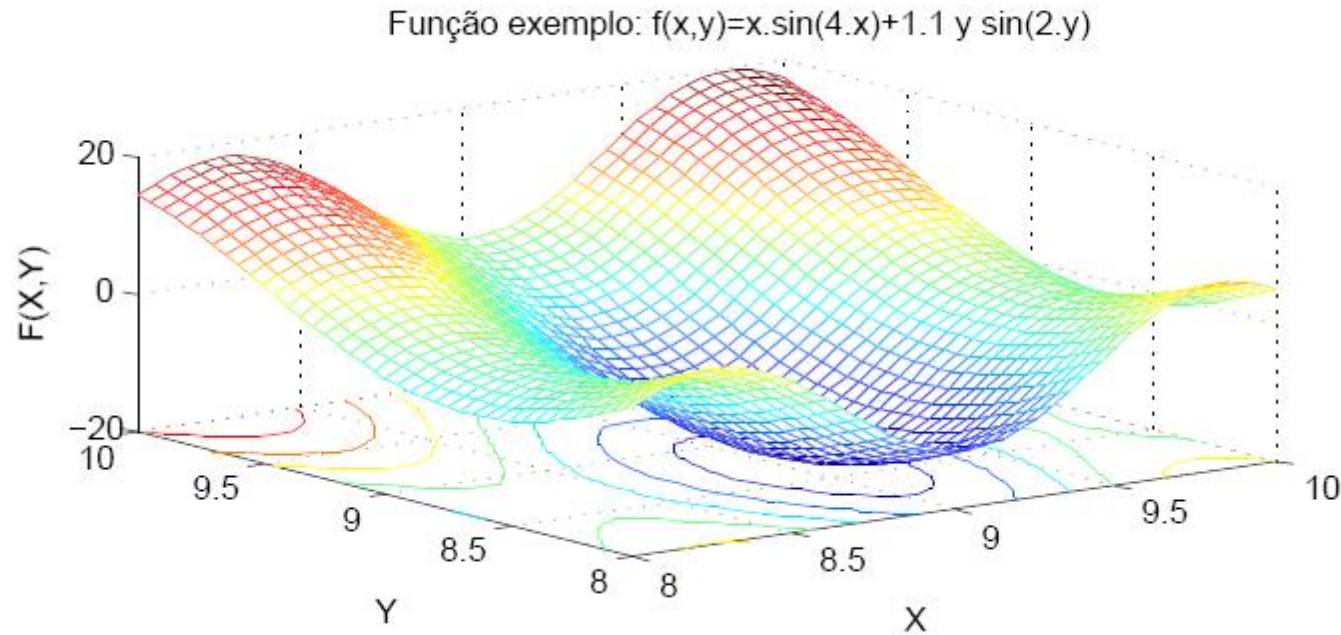


Geração de uma nova população

Função de aptidão

- Avalia os cromossomos (*fitness*)
- Em um problema de maximização pode ser a própria função objetivo
- Em um problema de minimização pode ser o complemento da função objetivo, ou seja, $(-1 * f_{obj})$

Função de aptidão : exemplo para problema de minimização



Algoritmos Genéticos

- Pontos importantes a definir:
 - Representação dos indivíduos
 - Estratégia de seleção
 - Operadores de busca

Representação de Indivíduos

- A representação de uma solução do espaço de busca é dependente do problema de otimização
 - Porém, alguns esquemas de representação podem ser reaproveitados

Seleção de indivíduos: sobrevivência e morte

- 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

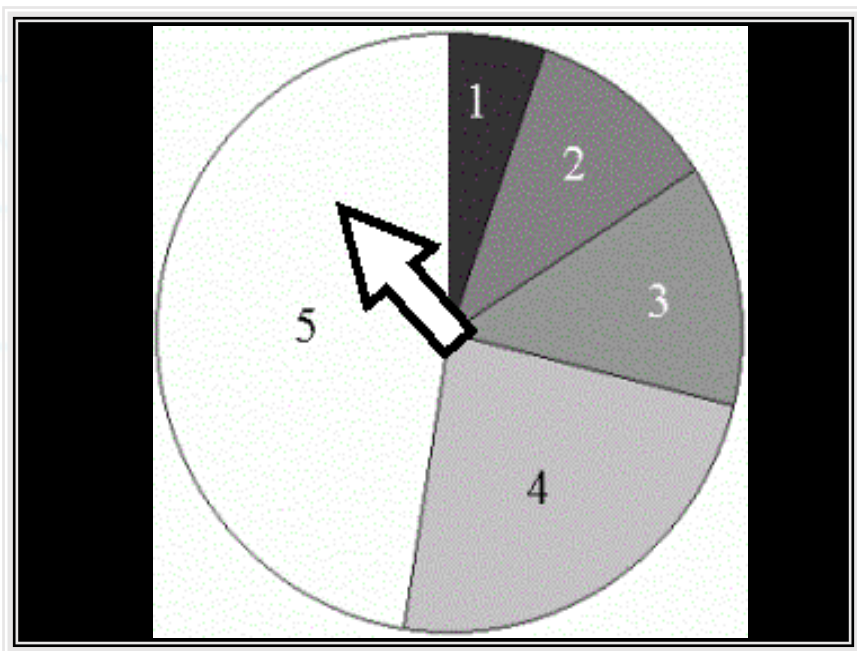
Seleção de indivíduos: métodos

- Roleta
- Torneio
- Aleatório, etc...

Método da Roleta

- Coloca-se os indivíduos em uma roleta, dando a cada um uma “fatia” proporcional à sua aptidão relativa
- Roda-se a roleta. O indivíduo em cuja fatia a agulha parar permanece para a próxima geração
- Repete-se o sorteio tantas vezes quanto forem necessárias para selecionar a quantidade desejada de indivíduos

Roleta - Exemplo



<i>Indivíduo</i>	<i>Aptidão Absoluta</i>	<i>Aptidão Relativa</i>
1	2	0,052631579
2	4	0,105263158
3	5	0,131578947
4	9	0,236842105
5	18	0,473684211
<i>Total</i>	38	1

Seleção de indivíduos: métodos

- Roleta
- Torneio
- Aleatório, etc...

Método do Torneio

- Utiliza sucessivas *disputas* para realizar a seleção
- Para selecionar k indivíduos, realiza k disputas, cada disputa envolvendo n indivíduos escolhidos ao acaso
- O indivíduo de maior aptidão na disputa é selecionado
- É muito comum utilizar $n = 3$
- Este processo se repetirá até que a população intermediária seja preenchida.

Torneio - Exemplo

Indiv 1, Indiv 2, Indiv 4



Indiv 4

Indiv 1, Indiv 2, Indiv 3



Indiv 3

Indiv 2, Indiv 3, Indiv 4



Indiv 4

Indiv 3, Indiv 4, Indiv 5



Indiv 5

Operadores Genéticos

- A etapa de seleção, gera uma população intermediária de potenciais cromossomos pais
- Na nova geração, escolhe-se aleatoriamente dois pais para aplicação de operadores genéticos (*crossover* e *mutação*)
- Produção de filhos é feita até completar o tamanho da população desejada

Operadores genéticos



CROSSOVER



MUTAÇÃO



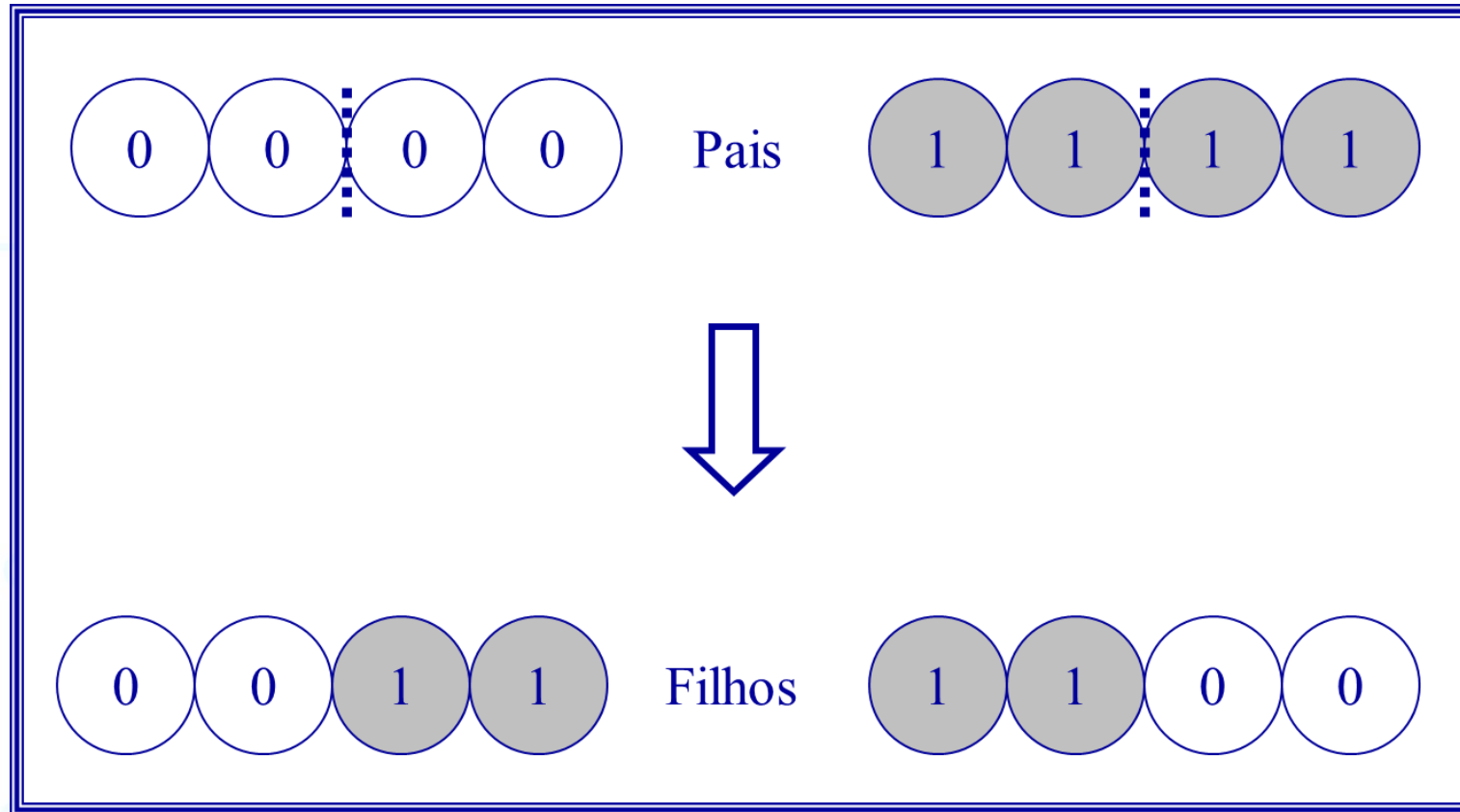
Operador de Cruzamento

- Também chamado de *reprodução* ou *crossover*
- Combina as informações genéticas de dois indivíduos (*pais*) para gerar novos indivíduos (*filhos*)
- Versões mais comuns criam sempre dois filhos para cada operação

Operador de Cruzamento

- Operador genético principal
- Responsável por gerar novos indivíduos *diferentes* (sejam melhores ou piores) a partir de indivíduos já promissores
- Deve atuar com probabilidade alta

Cruzamento Um-Ponto



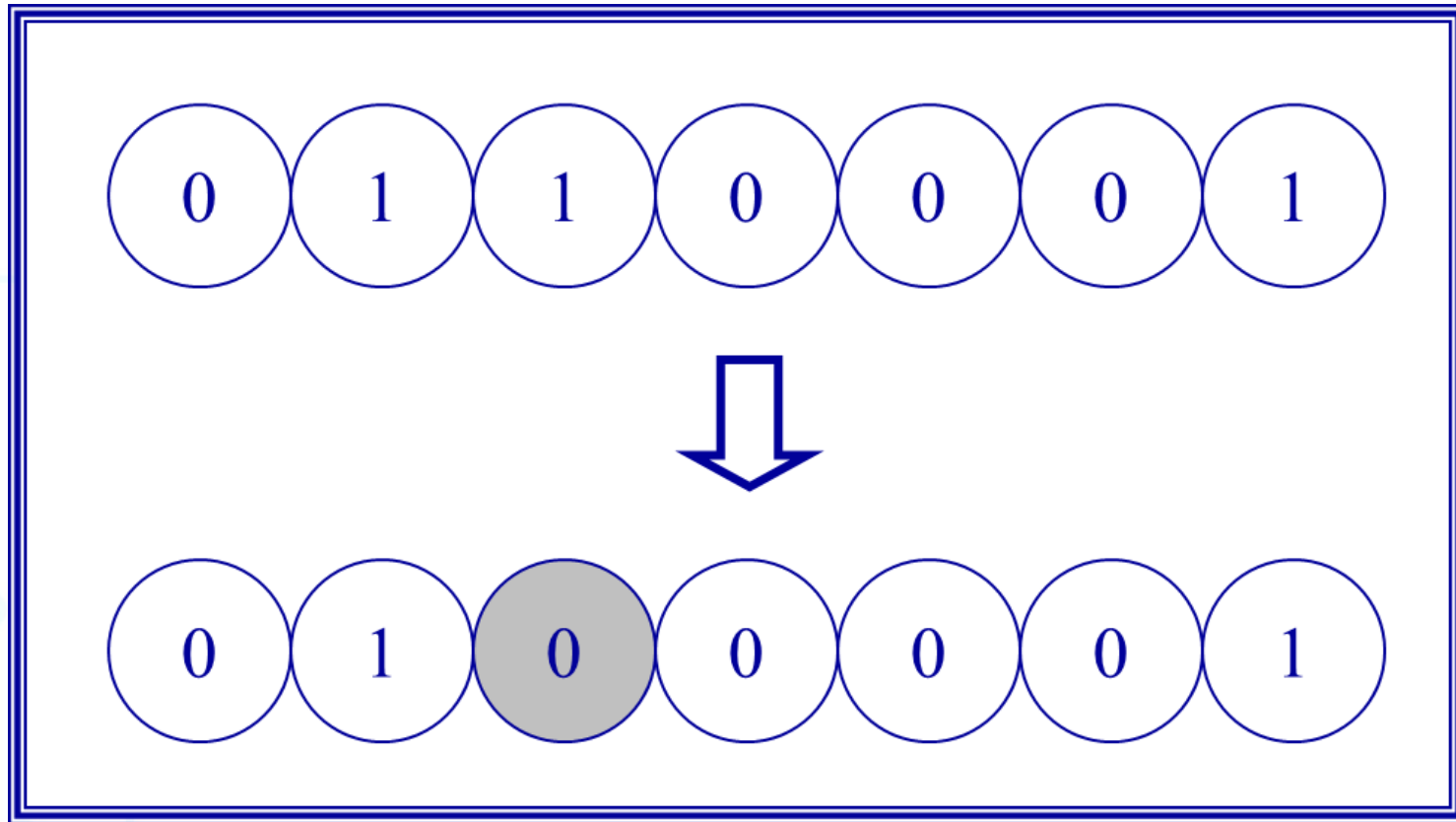
Operador de Mutação

- Operador **randômico** de manipulação
- Introduz e mantém a **variedade genética** da população
- Garante a possibilidade de se alcançar qualquer ponto do espaço de busca
- Contorna mínimos locais
- Opera sobre os indivíduos resultantes do processo de cruzamento

Operador de Mutação

- É um **operador genético secundário**
- Se seu uso for exagerado, reduz a evolução a uma **busca totalmente aleatória**
- Deve atuar com probabilidade baixa

Operador de Mutação



Elitismo

- O elitismo é uma técnica utilizada para melhorar a convergência dos AGs. Ele foi primeiramente introduzido por Jong ([1975](#)) como uma adição aos métodos de seleção. O elitismo força os AG a reter certo número de “melhores” indivíduos em cada geração. Tais indivíduos podem ser perdidos se não forem selecionados para reprodução ou se forem destruídos por cruzamento ou mutação.

Parâmetros Genéticos

- Tamanho da população
- Taxa de cruzamento
- Taxa de mutação
- Intervalo de geração
- Critério de parada

Algoritmos Genéticos – Observações Importantes

- Convergência Prematura
 - Em algumas execuções, AG pode convergir para soluções iguais
 - Cromossomos com boa aptidão (mas ainda não ótimos) que geram filhos com pouca diversidade
 - Nesses casos, aconselha-se:
 - Aumento da taxa de mutação e crossover
 - Evitar a inserção de filhos duplicados

Algoritmos Genéticos – Observações Importantes

- População inicial
 - Não pode ser excessivamente pequena
 - Pouca representatividade do espaço de busca
 - Não pode ser excessivamente grande
 - Demora na convergência
- Para melhorar a representatividade população inicial pode possuir indivíduos igualmente espaçados no espaço de busca

Algoritmos Genéticos – Observações Importantes

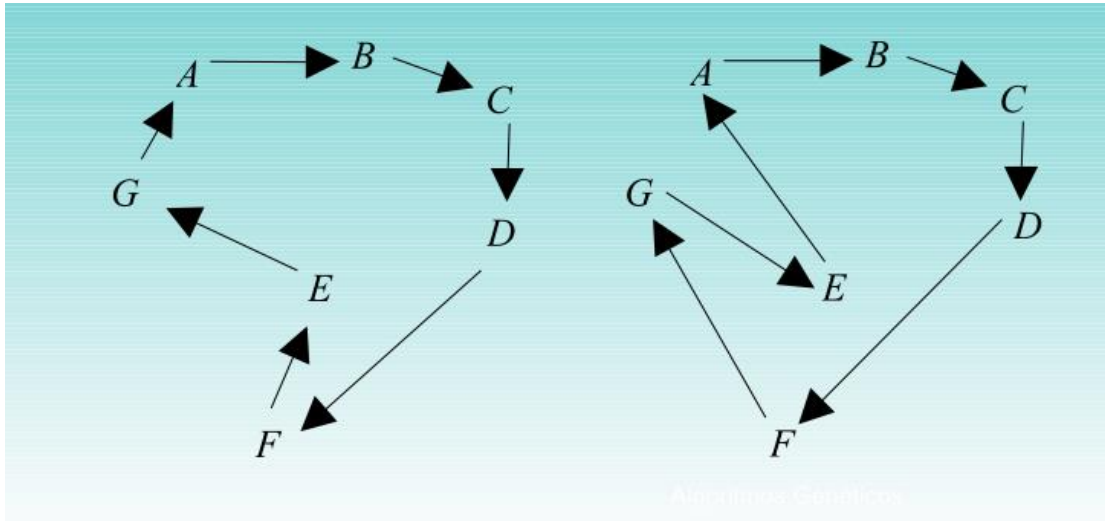
- Critérios de Parada
 - Número máximo de gerações
 - Função objetivo com valor ótimo alcançado (quando esse valor é conhecido)
 - Convergência na função objetivo (i.e., quando não ocorre melhoria significativa da função)

Algoritmos Genéticos

- Caixeiro Viajante

O Problema

- Dado um número de cidades, encontrar o caminho mais curto passando por todas as cidades uma única vez
 - Função Objetivo = Distância Total Percorrida



Algoritmos Genéticos

Aplicações

- Alocação de tarefas
- Configuração de sistemas complexos
- Seleção de Rotas
- Problemas de Otimização e de Aprendizagem de Máquina
- Problemas cuja solução seja um estado final e não um caminho

Thank you!



@vinicius caridá



@vfcarida



vfcarida@gmail.com



<https://linktr.ee/vfcarida>