

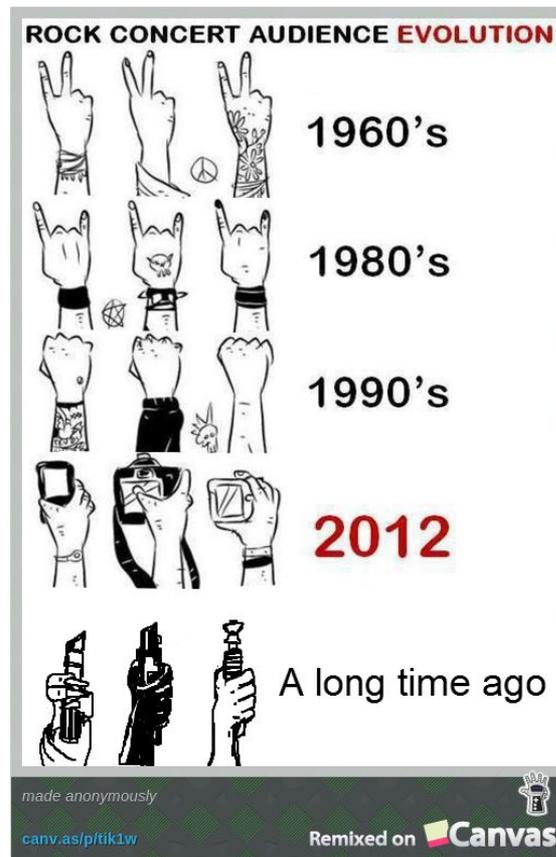
# Algoritmos Evolutivos

---

Introdução e conceitos básicos

# Sistemas Evolutivos - SE

- Interpretação geral: Sistemas evolutivos se refere aquele sistema que muda de forma incremental no tempo. Por exemplo, os requisitos de software para um sistema de contabilidade de folha de pagamento.



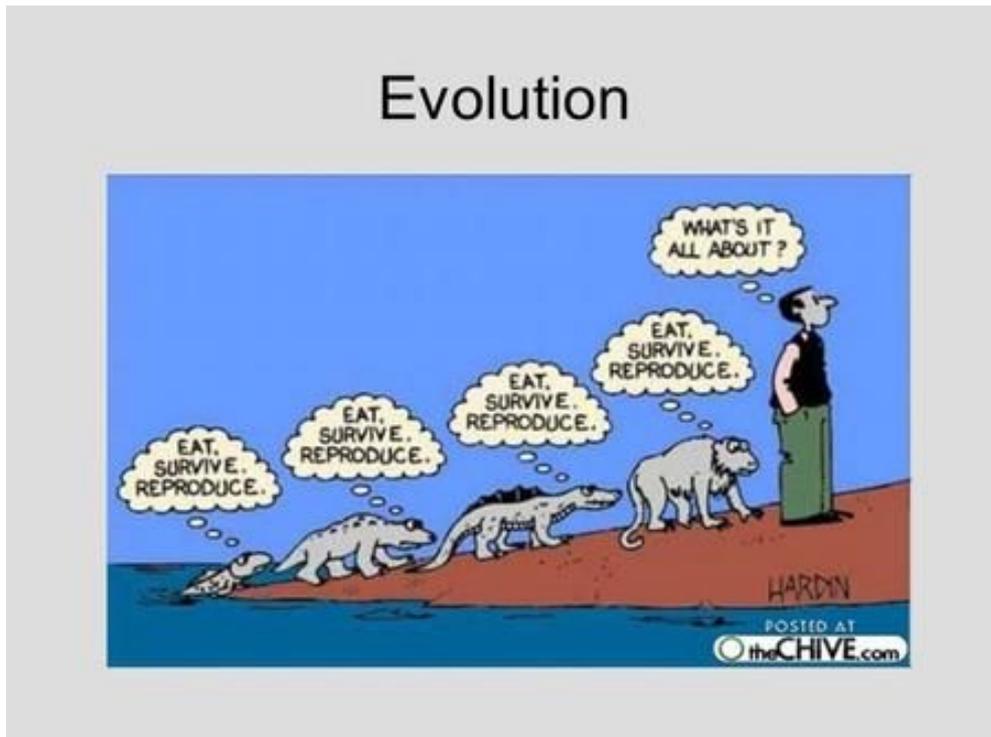
# Sistemas Evolutivos - SE

- Interpretação específica: Sistemas evolutivo Darwiniano onde se descata:
  - Uma ou mais populações de indivíduos que competem por recursos limitados.
  - Há uma noção de mudança dinâmica nas populações através do nascimento e morte de indivíduos.
  - Conceito de fitness que indica a capacidade de um indivíduos sobreviver e reproduzir.
  - Conceito de herança, onde os novos indivíduos herdam características dos seus pais, não sendo necessariamente iguais a eles.



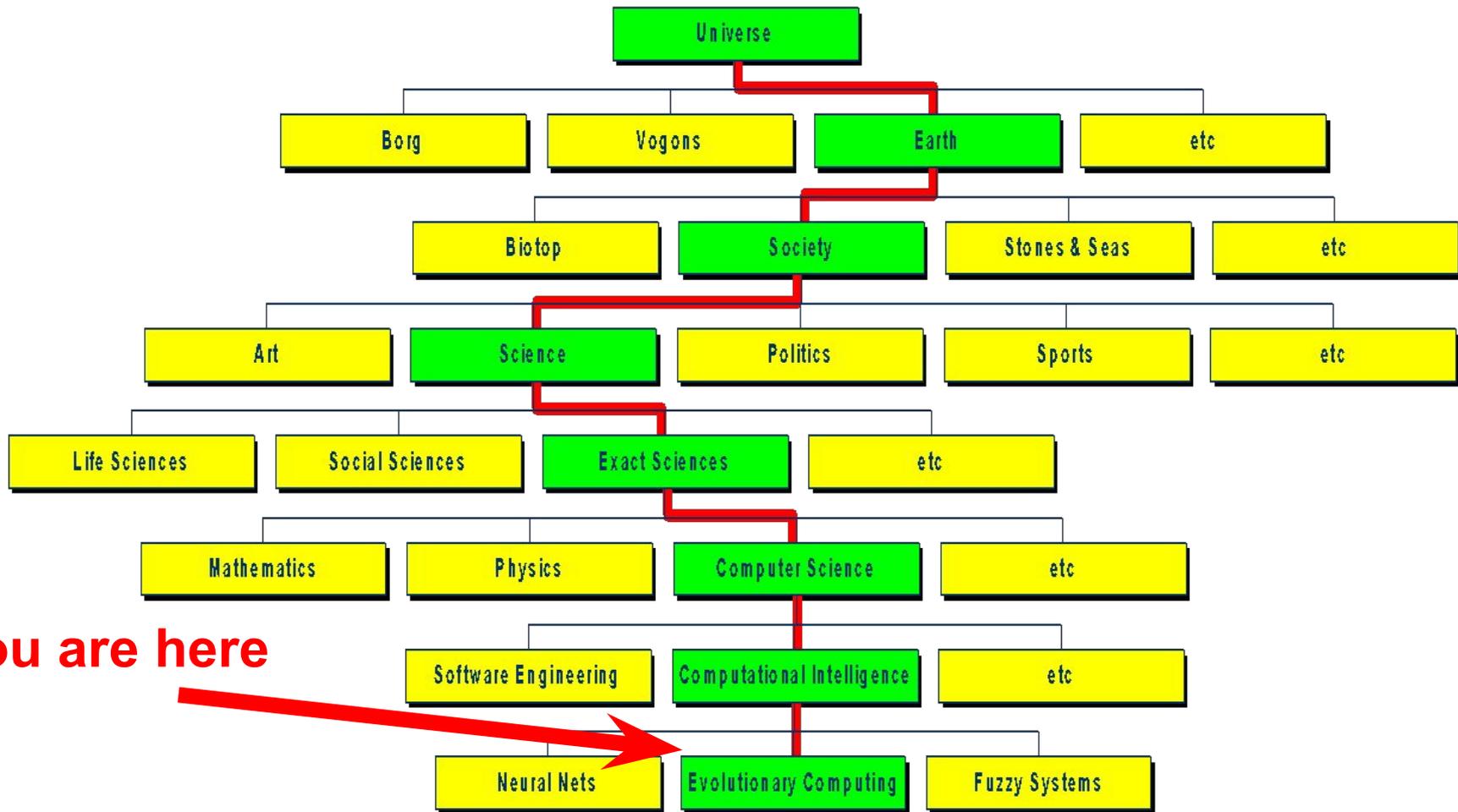
# Sistemas Evolutivos - SE

- Logo, trata-se de um processo que segue uma trajetória no decorrer do tempo através de uma espaço de busca (*search space* ou *state space*) evolutivo complexo a partir de uma condição inicial.



# Computação Evolutiva

- Área de pesquisa dentro da ciência da computação inspirada por processos de evolução natural.
- Família de algoritmos de otimização baseados na evolução biológica.

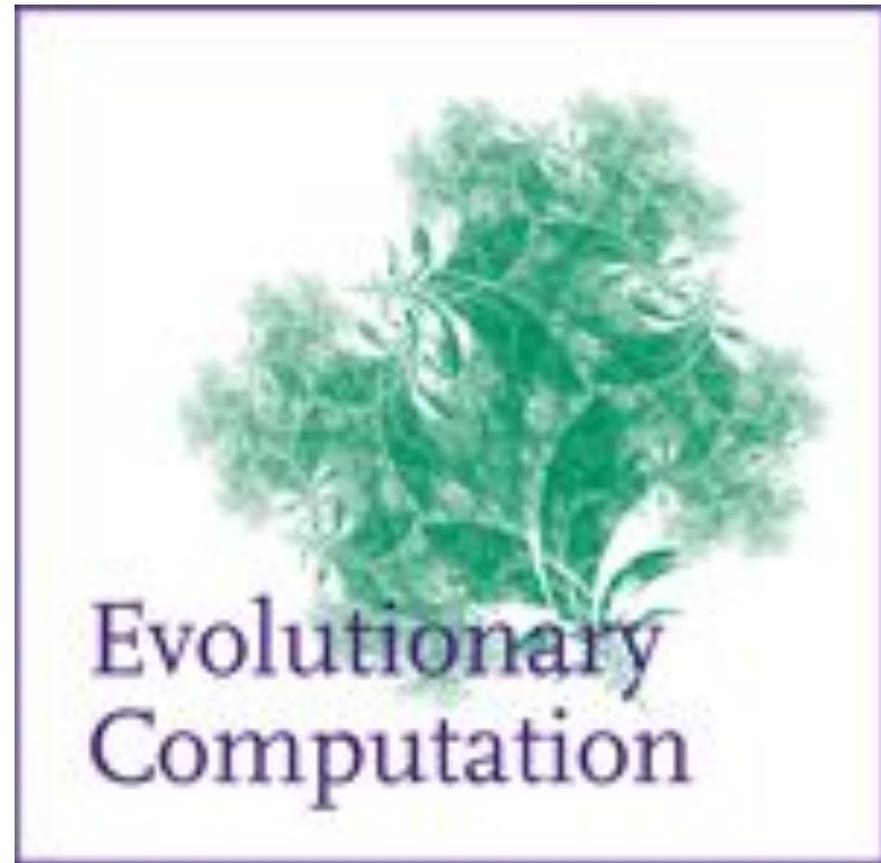


**You are here**

Adaptado de Eibem2003.

# Conferências e Journals

- Primeira conferência internacional foi a ICGA em 1985.
- Primeiro journal foi o EC journal da MIT Press



# Conferências e Journals

- Atualmente, principais conferências:

- CEC



- GECCO



- Journals

- Evolutionary Computation - A1 Capes

- IEEE Transactions on evolutionary computation - A1 Capes

- Applied Soft Computing - A1 Capes.

# Algoritmos Evolutivos

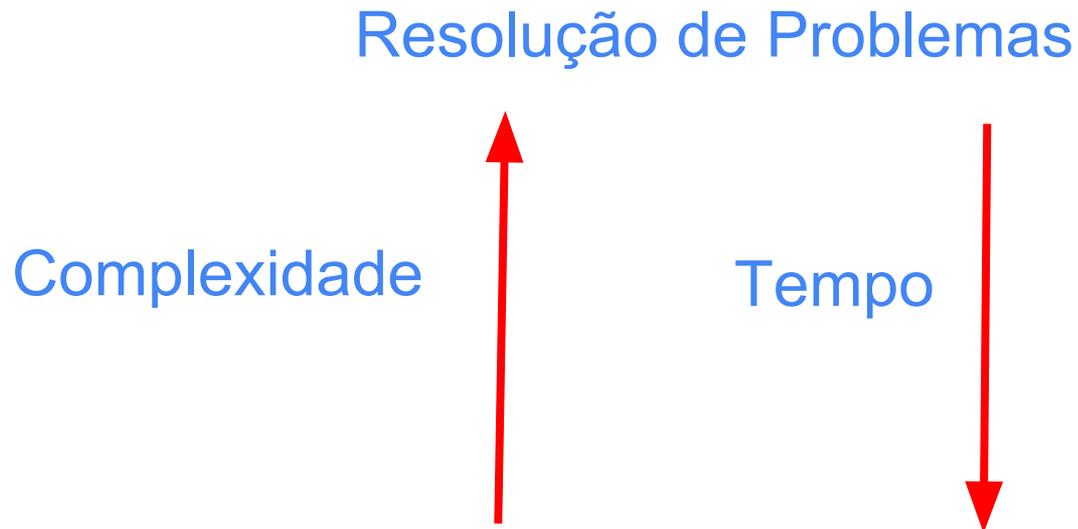
- Subconjunto de algoritmos da Computação Evolutiva que aplicam técnicas que implementam processos da evolução biológica como seleção natural, mutação e recombinação.
- Família de algoritmos do tipo gerar-e-testar (generate-and-test) com as seguintes características:
  - Population-based;
  - Operadores variacionais: recombinação e mutação.
  - Processos de seleção para reprodução e sobrevivência.
  - Estocásticos.

# Histórico - Principais Métodos

- Três propostas de AE foram desenvolvidas de forma independente nas décadas de 60 e 70:
  - Evolutionary Programming por Fogel, Owes e Walsh nos EUA.
  - Genetic Algorithms por Holland também nos EUA.
  - Evolutionary Strategies por Rechenberg e Schwefel na Alemanha.
- Na década de 1990, Koza da Stanford University, propõe Genetic Programming.

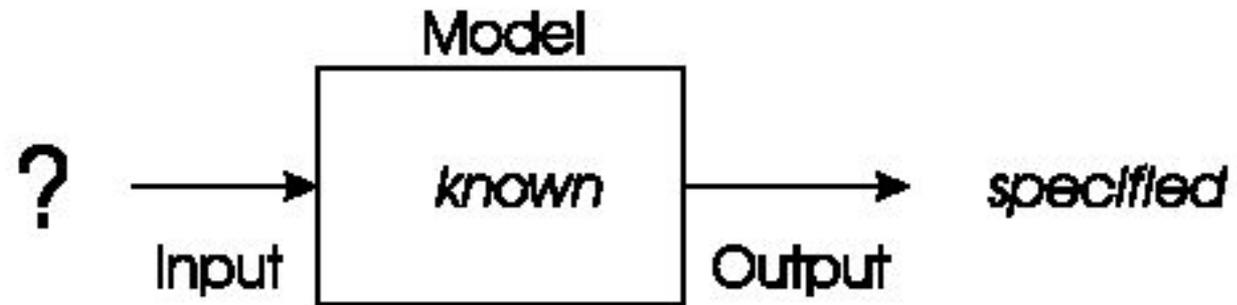
# Motivação

- Mecanismos de evolução aplicados pela natureza natureza foram capazes de, por exemplo, criar o cérebro humano.



- Robustes

# Aplicação: Problemas de Otimização



Adaptado de Eibem2003

# Otimização da estrutura de uma antena para satélite

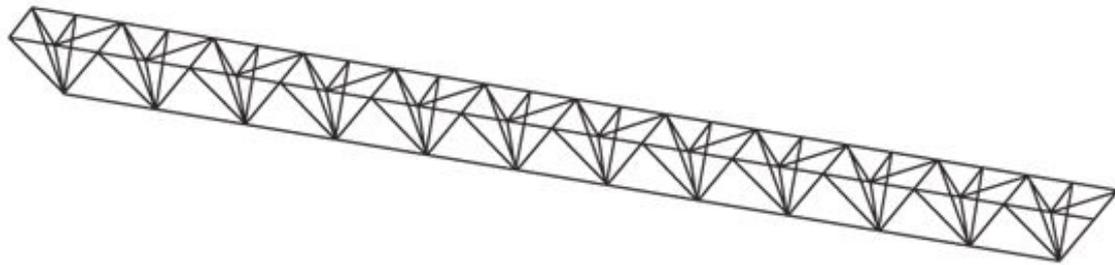
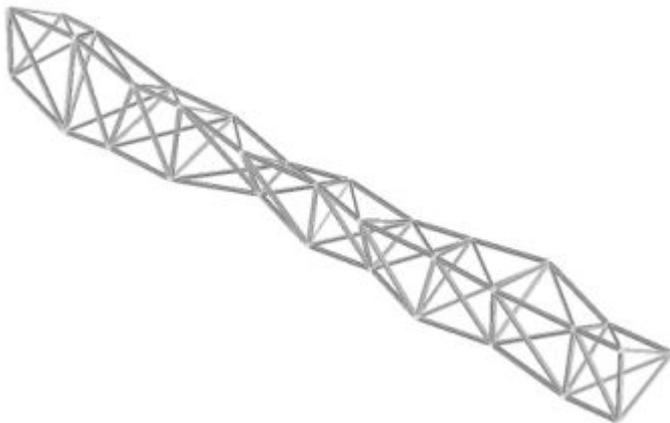
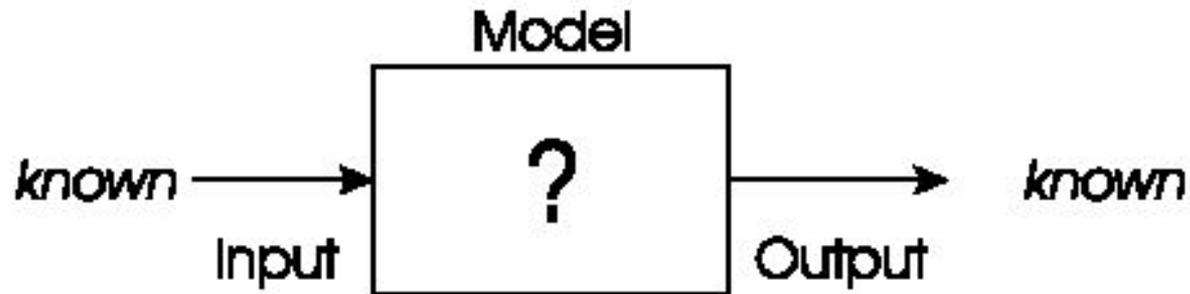


Figure 4  
The best geometry found for the  
example - perspective view



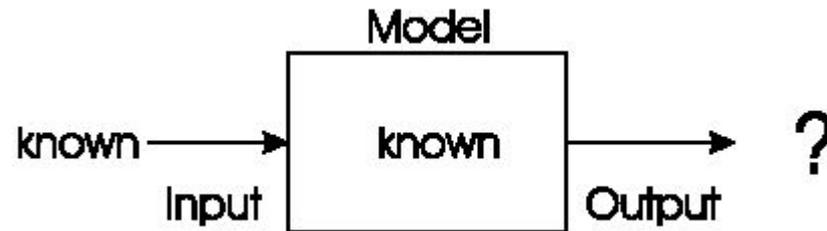
# Aplicação: Modelagem



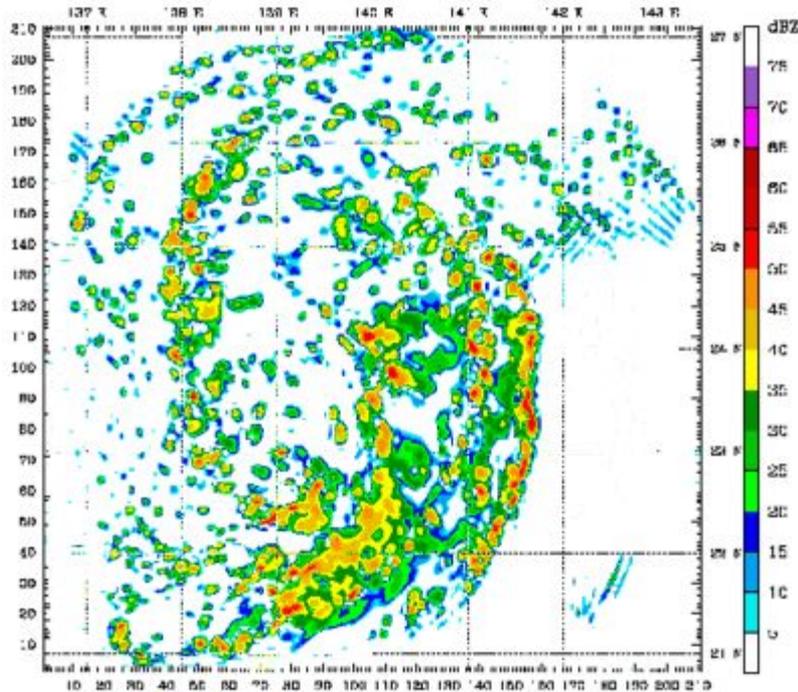
# Exemplo: Empréstimos em bancos



# Aplicação: Simulação



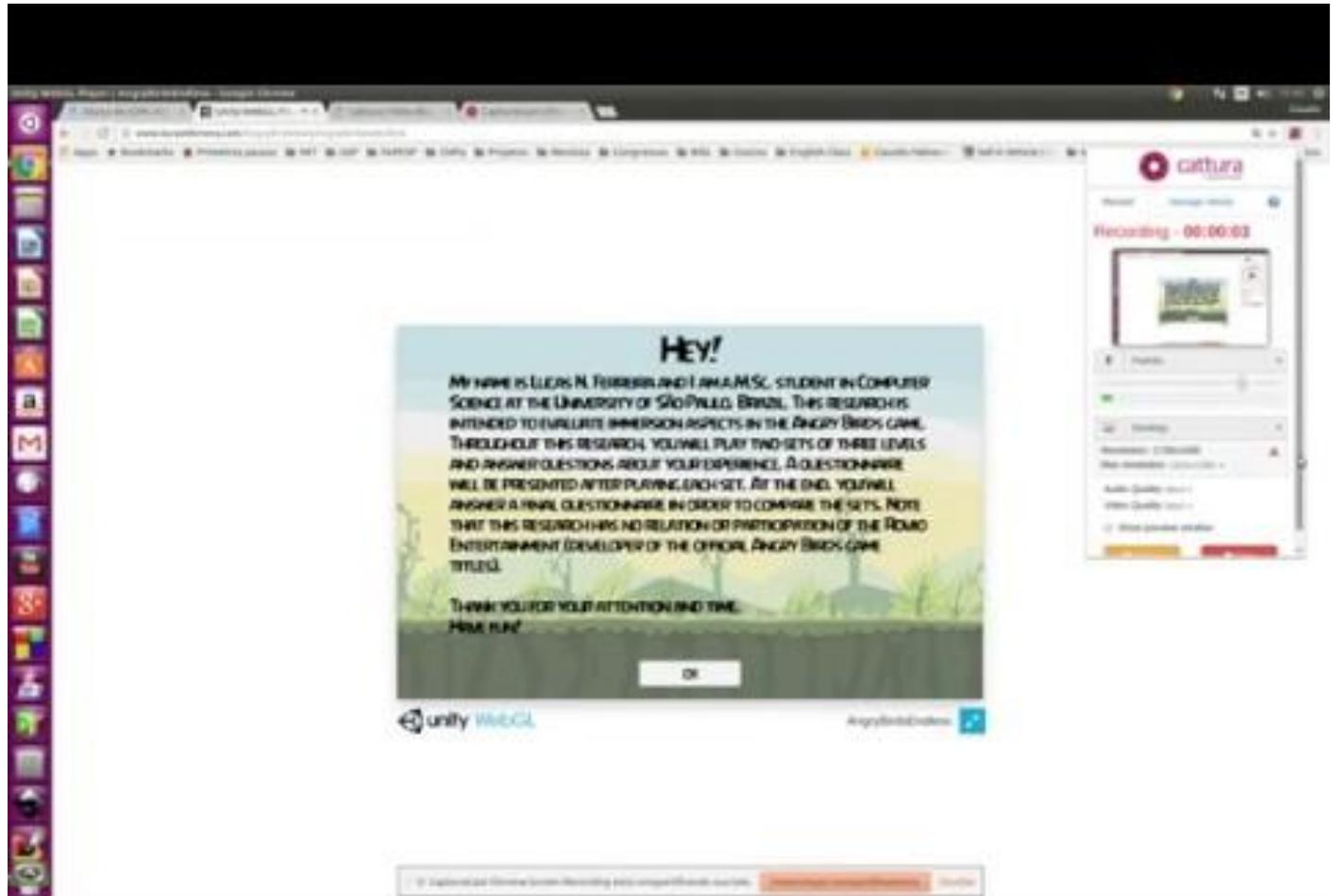
# Simulation example: evolving artificial societies



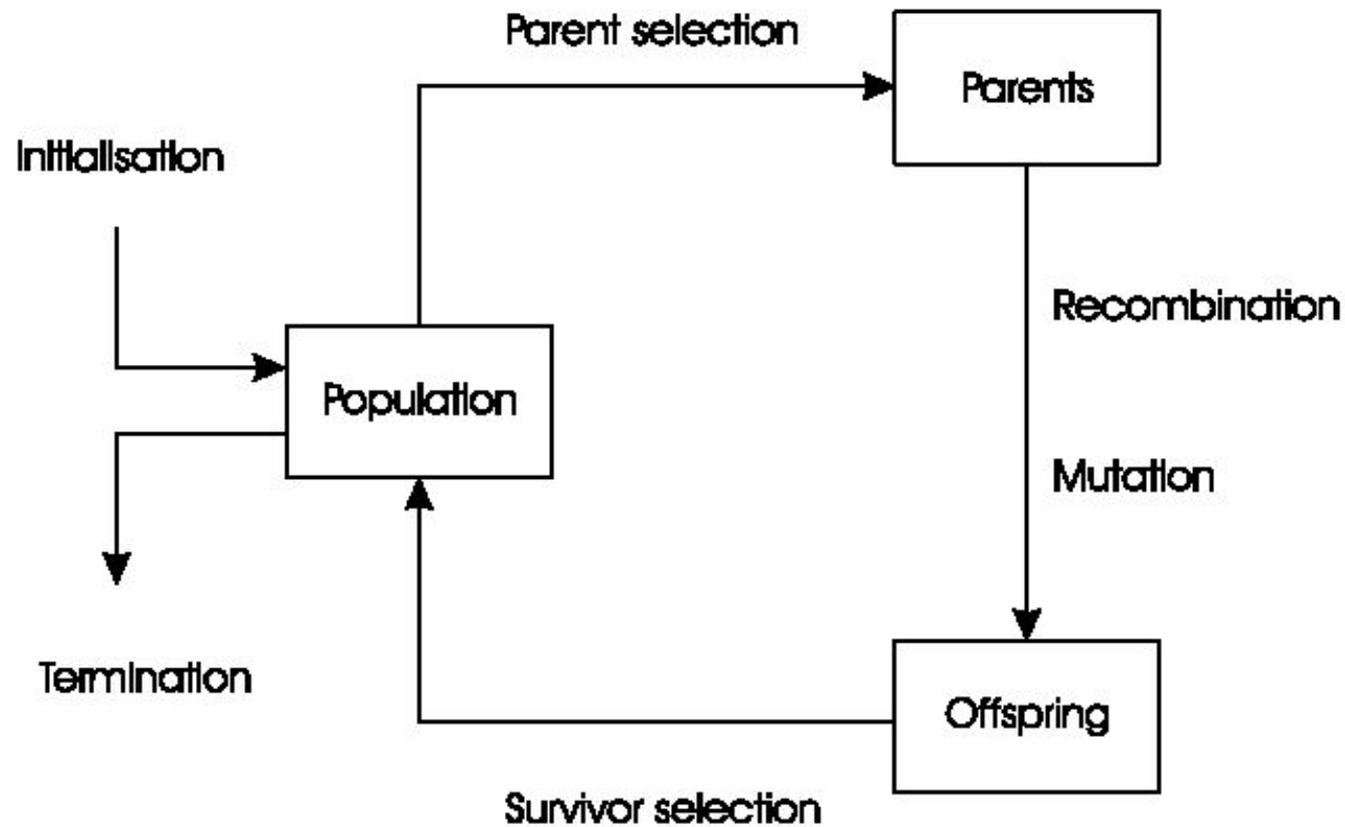
# Alguns resultados....



# Alguns resultados....



# Algoritmos Evolutivos



# Algoritmos Evolutivos

```
BEGIN
  INITIALISE population with random candidate solutions;
  EVALUATE each candidate;
  REPEAT UNTIL ( TERMINATION CONDITION is satisfied ) DO
    1 SELECT parents;
    2 RECOMBINE pairs of parents;
    3 MUTATE the resulting offspring;
    4 EVALUATE new candidates;
    5 SELECT individuals for the next generation;
  OD
END
```

# Resolução de Problemas e Evolução

Domínio do Problema



Meio ambiente

Solução



Indivíduo

Avaliação da solução

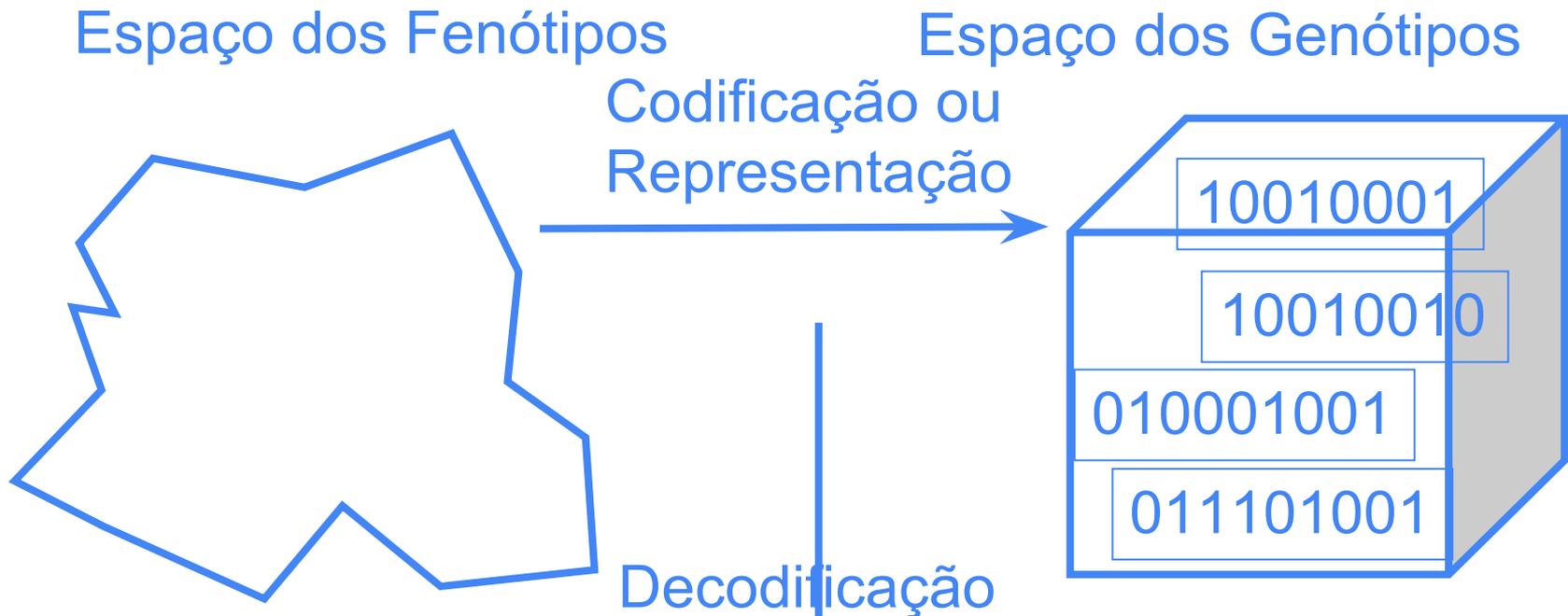


Fitness

Fitness: reprodução e sobrevivência

Avaliação da solução → qualidade da solução encontrada.

# Domínio do Problema

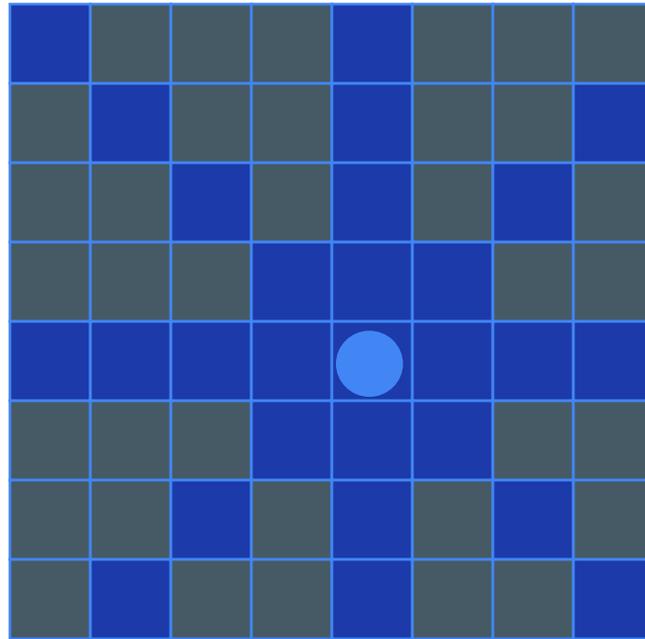


- Soluções ótimas são alcançadas apenas se toda solução factível no espaço dos fenótipos estiver mapeada no espaço dos genótipos.

# Representação

- Solução do problema ou indivíduo
  - Pertence ao espaço dos fenótipos.
- Codificação da solução ou cromossomo.
  - Pertence ao espaço dos genótipos.
- As seguintes relações são válidas:
  - Um para vários: Fenótipo=>Genótipo
  - Um para um: Genótipo=> Fenótipo
- Cada subconjunto de informações codificada em um cromossomo é chamada gene.

# Exemplo: Problema das 8 rainhas



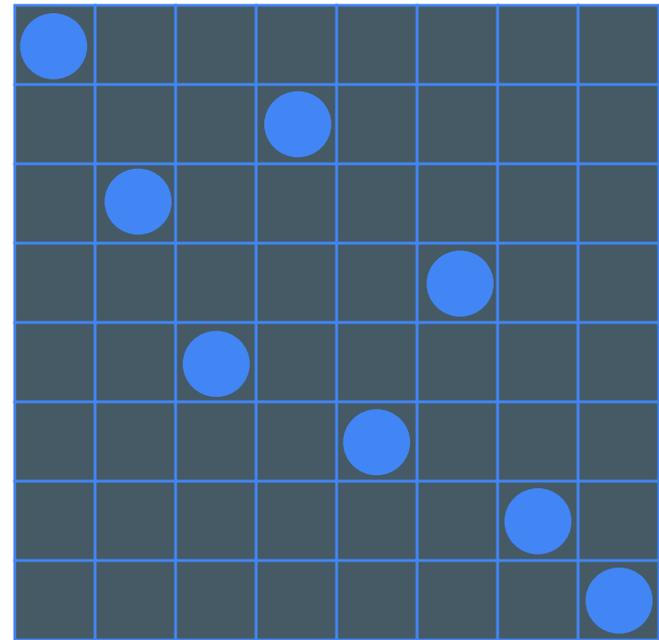
# Exemplo: Problema das 8 rainhas

Fenótipo:

Configuração das peças  
no tabuleiro

Genótipo:

Vetor de valores  
inteiros entre 1 - 8



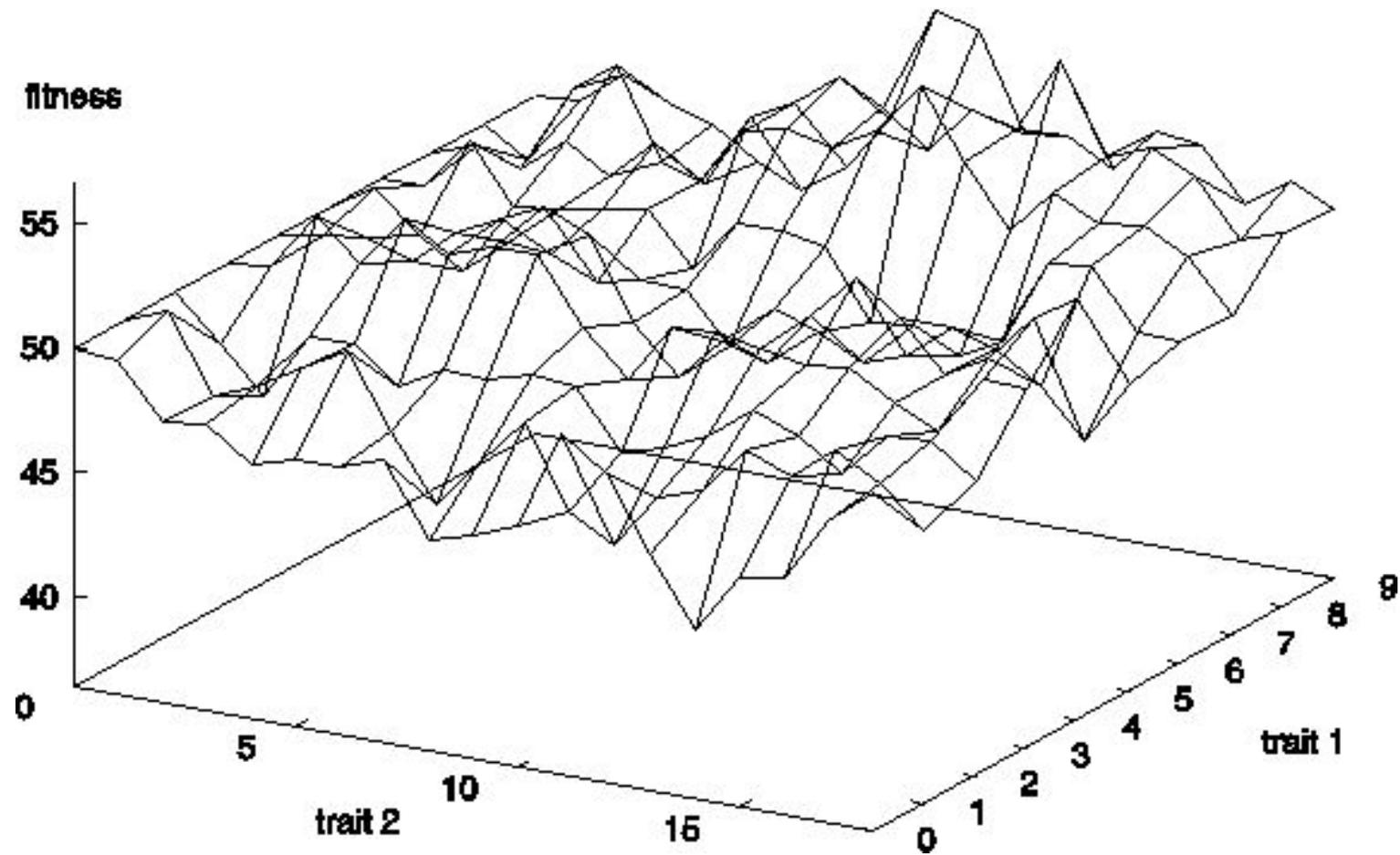
Mapeamento



# Population

- Conjunto com tamanho limitado contendo as possíveis soluções codificadas.
- AEs podem definir uma estrutura específica para a disposição dos indivíduos na população.
- A diversidade de uma população pode estar relacionada aos diferentes valores de fitness, fenótipos ou genótipos existentes na população.

# Population



# Fitness

- Avalia a qualidade de uma solução.
- Pode ser representado pela função objetivo em um problema de otimização.
- Trata-se de um valor a ser maximizado.

# Exemplo: Problema das 8 rainhas

- Fitness:

- Penaliza número de rainhas em cheque.
- A função será minimizada ou o inverso da penalização será maximizado.

# Operadores de reprodução

- Responsáveis por gerar novas soluções.
  - Mutação
  - Recombinação.

# Mutação

- Trata-se de um operador estocástico aplicado sobre um único indivíduo (codificação da solução).
- Há uma probabilidade de ser aplicado e alterar características dos genes em um cromossomo.
- Propriedade: permite alcançar diferentes pontos no espaço de busca do problema. Logo, pode ser utilizada para provar a convergência do método.

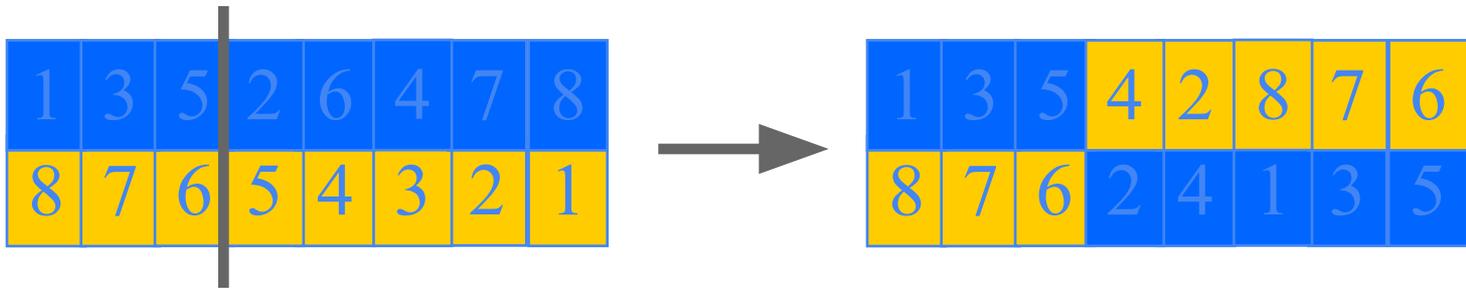
# Exemplo: Problema das 8 rainhas



# Recombinação

- Combina informações codificadas em duas (ou mais) soluções, chamadas pais, para gerar uma nova solução chamada filho.
- A decisão de como executar a combinação das informações é estocástica.

# Exemplo: Problema das 8 rainhas



# Seleção: Reprodução e Sobrevivência

- Seleção para reprodução
  - Baseada no fitness dos indivíduos de uma população.
  - Indivíduos com melhor valor de fitness possuem maiores chances de serem selecionados.
  - Todavia, piores indivíduos também podem ser selecionados.

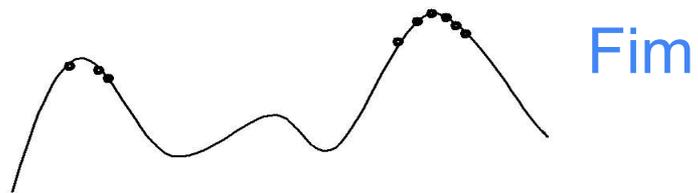
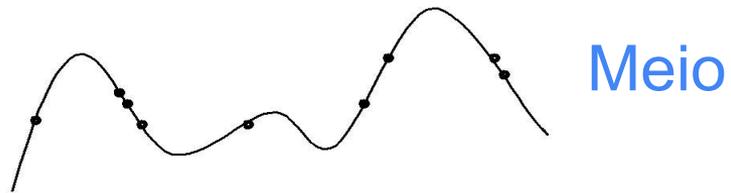
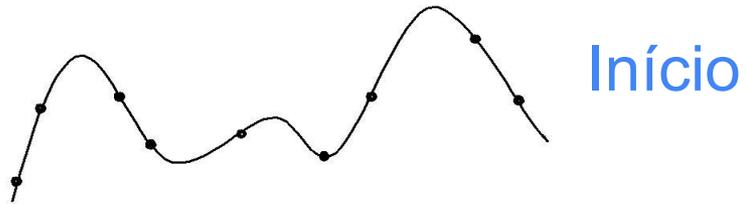
# Seleção: Reprodução e Sobrevivência

- Seleção para sobrevivência
  - Ao final de cada geração em um AE podemos ter população + filhos.
  - Assim, parte desse total deve ser descartada para se estabelecer a população para a próxima geração.
  - Diferentes estratégias podem ser empregadas:
    - Escolha dos melhores indivíduos.
    - Melhor indivíduo entre os filhos gerados substitui o pior indivíduo da população atual.
    - Uma fração dos  $p$  melhores filhos substitui os  $p$  piores indivíduos da população atual.
    - Geracional, ou seja, filhos substituem todos os pais.

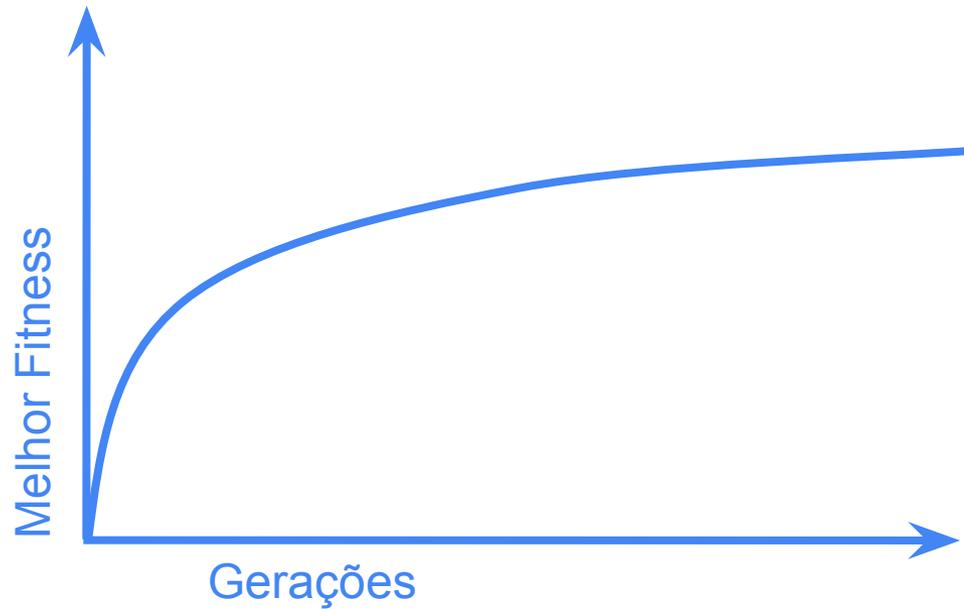
# Critérios de Parada

- Número de gerações
- Tempo de execução
- Determinado valor de fitness foi alcançado.
- Baixo nível de diversidade da população.
- Certo número de gerações sem atualização da melhor solução encontrada.

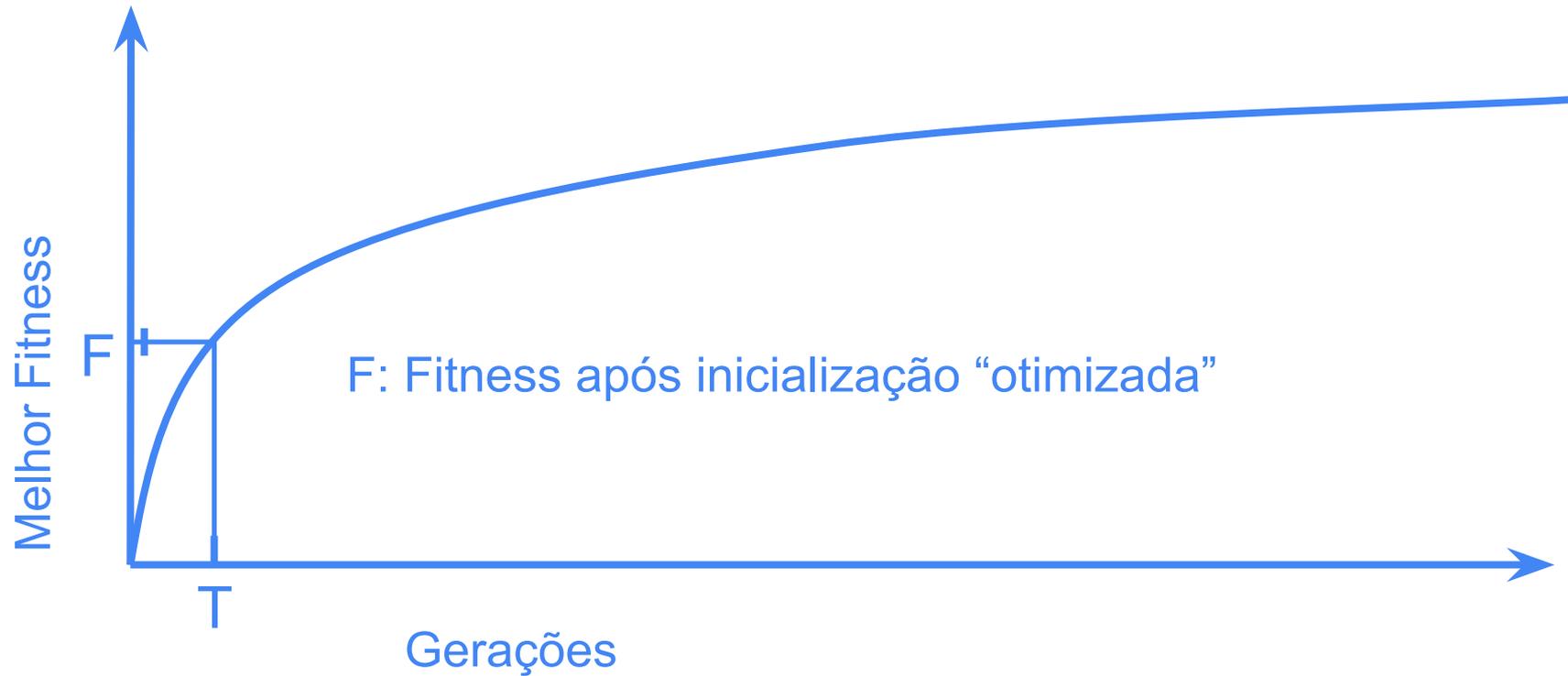
# Performance usual de um AE



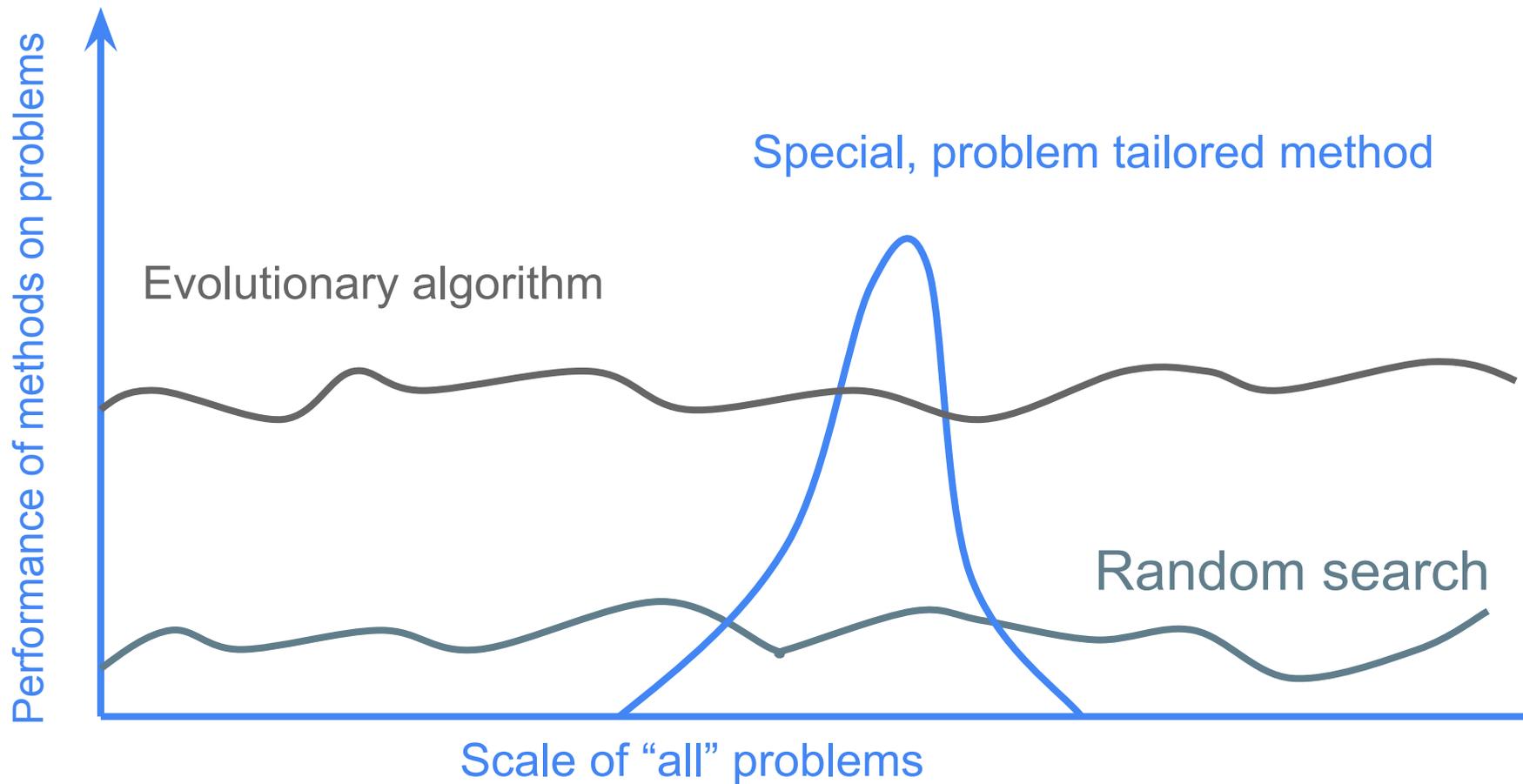
# Performance usual do fitness



# Performance usual do fitness



# Análise de performance: Goldberg's 1989



# Análise de performance: Michalewicz' 1996

