

- 
- 
- 
- 
- 

# IF-705 – Automação Inteligente

## Algoritmos Evolucionários

Aluizio Fausto Ribeiro Araújo  
Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Informática - CIn  
Departamento de Sistemas da Computação  
aluizioa@cin.ufpe.br



- 
- 
- 
- 
-

# Conteúdo

- A Metáfora Evolucionária
- Esquema Geral de um Algoritmo Evolucionário.
- Componentes Básicos de AEs:
  - Representação; Avaliação; População; Seleção de Pais; Recombinação; Mutação; Seleção de Sobreviventes; Inicialização; Término.
- Empregos de Algoritmos Evolucionários

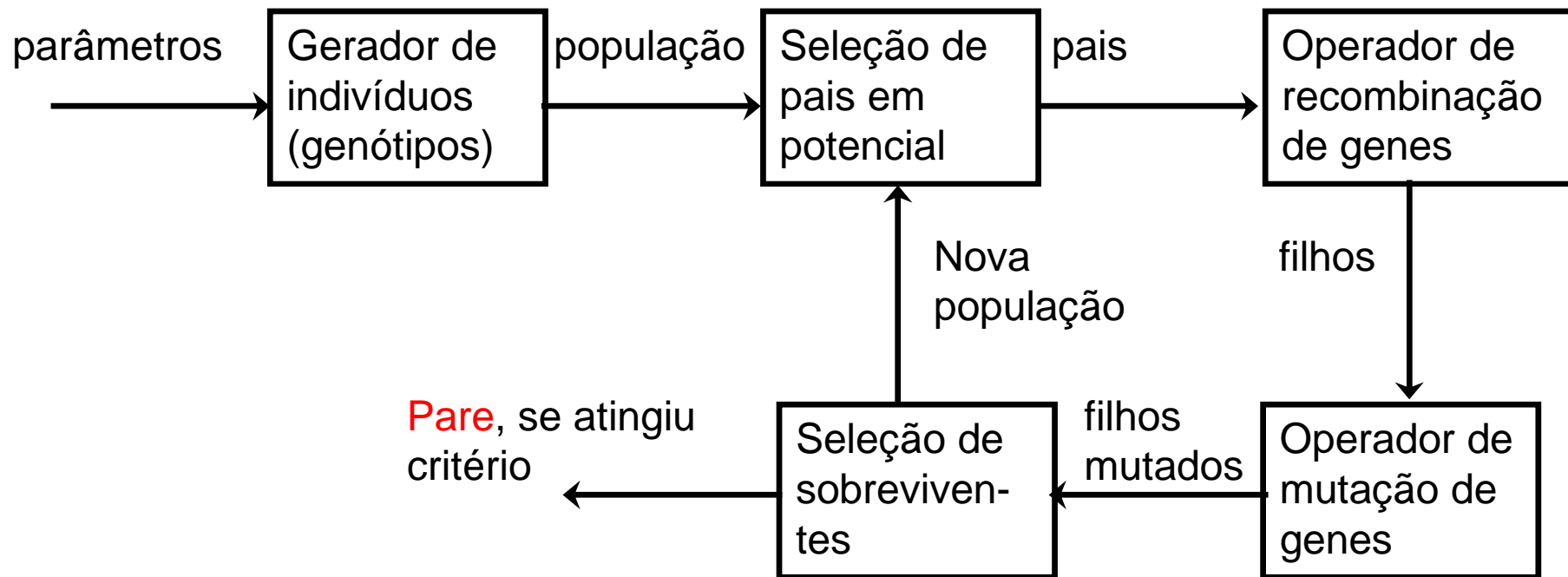
# A Metáfora de Computação Evolucionária

- Uma população de indivíduos existe em um ambiente com fontes limitadas.
- A **competição** por esses recursos causa a seleção natural dos indivíduos mais **aptos** para o ambiente.
- Esses indivíduos se tornam favoritos a serem escolhidos como pais para gerar novos indivíduos por recombinação e mutação.
- Os novos indivíduos competem entre si e com os indivíduos que já estavam na população por sua sobrevivência.
- Com o tempo, a Seleção Natural leva ao crescimento da aptidão da população.

# A Metáfora de Computação Evolucionária

- EAs se enquadram na categoria de "gerar e testar" em termos de algoritmos para resolução de problemas.
- EAs são algoritmos estocásticos e baseados em população.
- Duas forças fundamentais constituem a base de sistemas evolucionários:
  - Operadores de variação: criam a diversidade necessária entre as gerações propiciando a novidade entre os indivíduos. São a recombinação e mutação.
  - Operadores de seleção: reduzem a diversidade e atuam para melhorar a aptidão da população. São as seleções de pais e de sobreviventes.
- O equilíbrio entre a variação e seleção tende a melhorar os valores de aptidão em gerações subsequentes.

# Esquema Geral de AEs



# Pseudo-código para AE Típico

```
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
```

# Representações

- Candidatas a soluções (**indivíduos**) existem no espaço de fenótipos (**espaço de soluções**).
- Os fenótipos são codificados em **cromossomos** que existem no **espaço de genótipos**:
  - Codificação de fenótipo a genótipo frequentemente não é única.
  - Codificação de genótipo a fenótipo tem que ser única.
- Os cromossomos contém **genes**, os quais estão em posições, usualmente fixas, chamadas **loci** (singular é **locus**) e tem um valor chamado de **alelo**.

# Função de Aptidão

- Normalmente, esta é uma função da qualidade ou função objetivo para cada indivíduo dentro de uma geração em um processo evolucionário artificial.
- A função de aptidão atribui um único valor real de cada fenótipo, que constitui a base para a seleção.
- Normalmente, o problema original é um problema de otimização:
  - Muitas vezes, o problema exige aptidão sendo maximizada.
  - Alguns problemas são definidos como problemas de minimização, mas a conversão pode ser trivial.



# População

- Conjunto de representações de candidatas a soluções:
  - Normalmente tem tamanho fixo.
  - Normalmente formada por conjunto de múltiplos genótipos.
- Em geral, os operadores de seleção consideram toda a população para aplicar operadores à geração atual.
  - Por exemplo, o pior indivíduo de uma população é escolhido para ser substituído na próxima geração.
- **Diversidade** de uma população é função do número de seus indivíduos que são diferentes em termos de soluções, aptidões, fenótipos ou genótipos que eles apresentam.

# Mecanismo de Seleção de Pais

- Este mecanismo atribui probabilidades de indivíduos se tornarem pais dependendo de sua aptidão.
  - Ser pai significa ser submetido a operadores de variação.
- Principais características:
  - Geralmente tem natureza estocástica que possibilita escapar de ótimos locais.
  - Soluções de alta qualidade são mais prováveis de se tornarem pais que soluções de baixa qualidade.
  - Geralmente, todos os indivíduos em uma população podem se tornar pais.

# Operadores de Variação

- A missão é gerar novos candidatos a soluções a partir das já existentes.
- Normalmente os operadores são recombinação (chamado de cruzamento para dois pais) e mutação.
- Recombinação e mutação são relevantes para o processo evolucionário:
  - Possibilitam exploração e exploração;
- Diferentes representações levam a diferentes operadores de variação.

# Recombinação

- Este é um operador estocástico para combinar características dos genótipos dos pais para os genótipos da prole.
- Os filhos gerados por recombinação nem sempre são mais aptos que seus pais.
- É esperado que alguns dos filhos tenham composição genética que os torne mais aptos que seus pais.
- Este princípio tem sido usado há muito tempo para melhoras na raça de animais e família de plantas.

# Mutação

- Atua em um genótipo, gene a gene, para gerar uma versão modificada do genótipo.
  - Originalmente a mudança é pequena.
- Tem que ser estocástico e isto é a diferença principal de outros operadores heurísticos.
- Pode garantir conectividade de regiões no espaço de busca e portanto pode viabilizar provas de convergência.

# Seleção de Sobreviventes

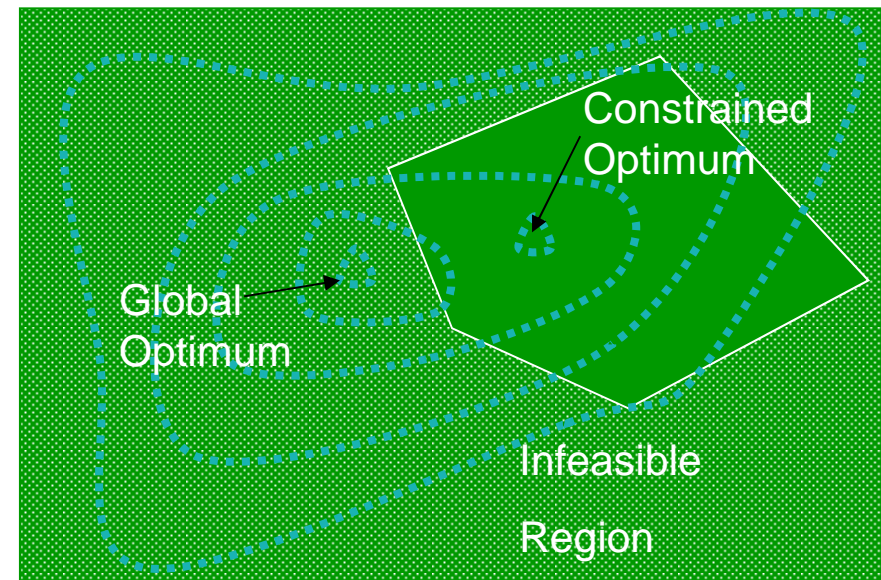
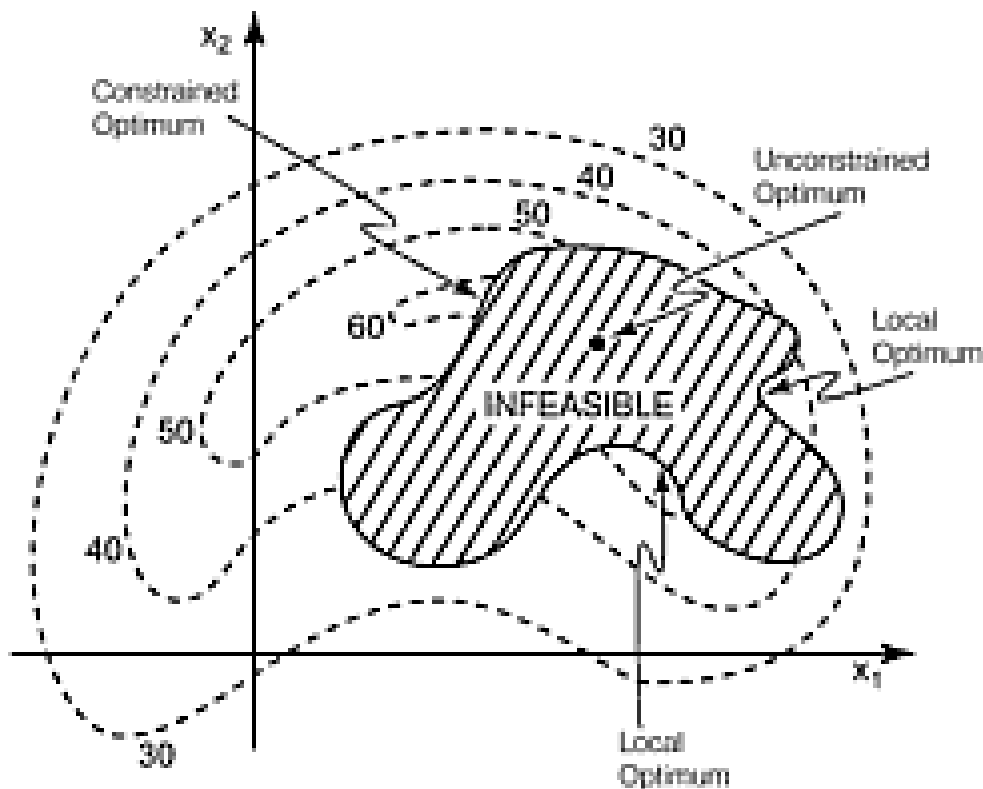
- Também chamado de operador de substituição.
- Como a maioria dos AEs usam tamanhos fixos de população, então é preciso uma estratégia para escolher sobreviventes entre os indivíduos novos e antigos.
- Podem ser de três tipos:
  - Determinísticos: Baseado na aptidão, baseado na idade;
  - Estocásticos: Baseado na aptidão, aleatório;
  - Combinados: Elitismo.

# Inicialização e Término

- Inicialização é normalmente aleatória:
  - Precisa assegurar espalhamento e mistura de alelos;
  - Pode incluir soluções anteriores ou heurísticas para o problema;
- A condição de término deve ser verificada ao final de cada geração. Tipicamente, ela visa atingir:
  - Aptidão pré-estabelecida; número máximo de gerações, nível mínimo de diversidade, número de gerações sem melhoria na aptidão, combinações destes.
  - Usualmente é uma disjunção: Encontrar o ótimo ou uma condição alternativa.

# Exemplos: Otimização

- Restrições não-lineares, não convexas
- Ótimos nas fronteiras de restrições.
- Restrições não-diferenciáveis, ou convexas.
- Ótimo longe das fronteiras de restrições.





# Aprendizagem: Jogos

- Sistemas co-evolucionários

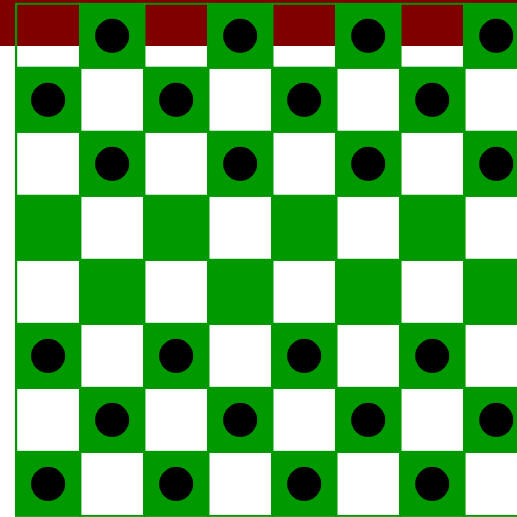
- Jogos de recreação

- Damas
- Gamão

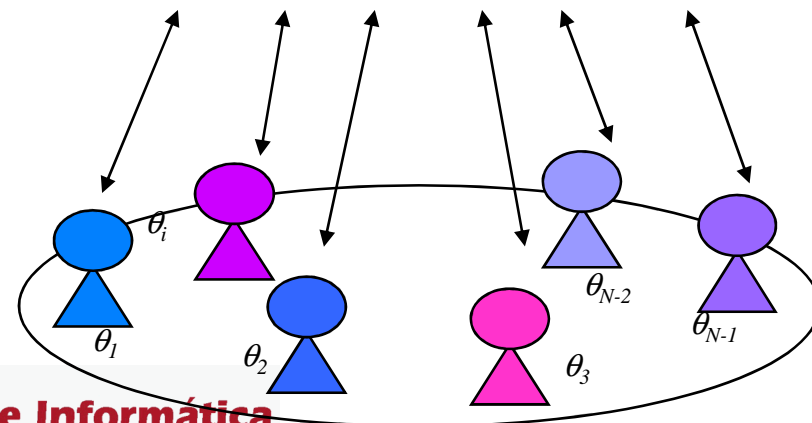
- Jogos Sociais

- Agentes aprendizes para estudar comportamento econômico: dilema do prisioneiro, El-farol, Jogos Hawk-Dove  
([http://www.youtube.com/watch?v=RAKjII7xCdk&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=RAKjII7xCdk&feature=player_embedded))

- Mercado artificial

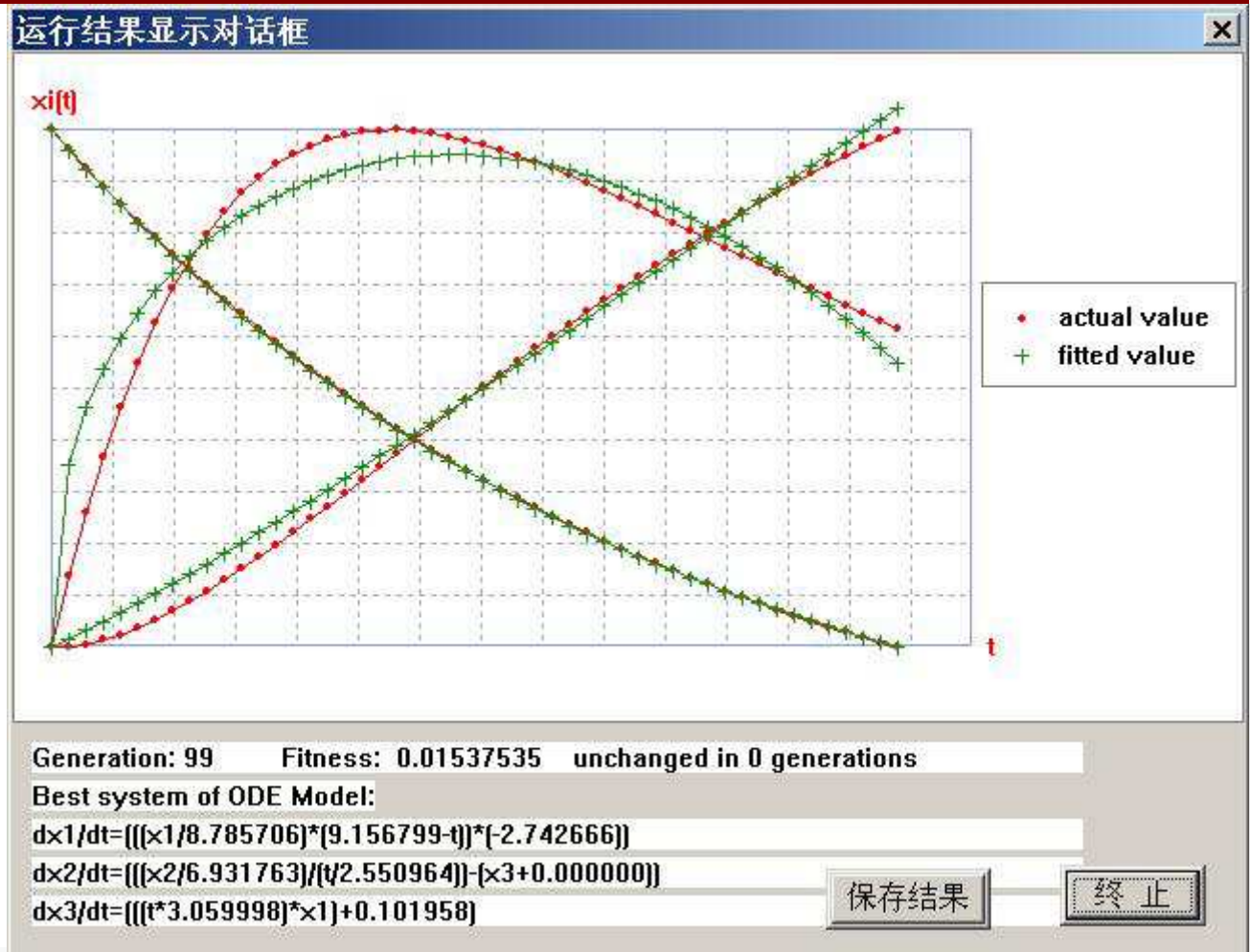


Collective Decision



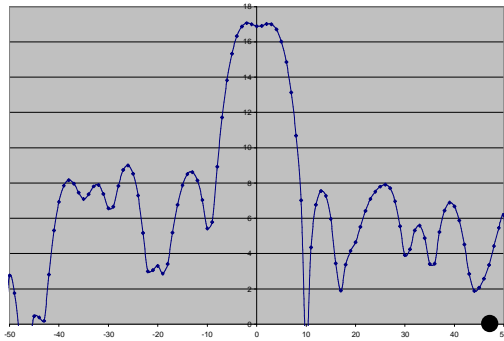
# Modelagem

- Sistemas evolucionários de equações
  - Equações diferenciais
  - Equações diferenciais ordinárias
  - Equações diferenciais parciais



# Design

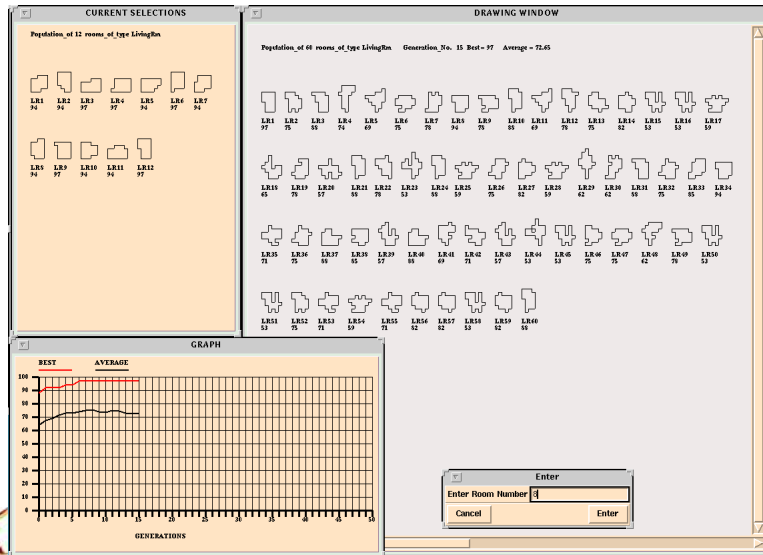
- Feixe de radar



- Moda



Arquitetura



- Circuito

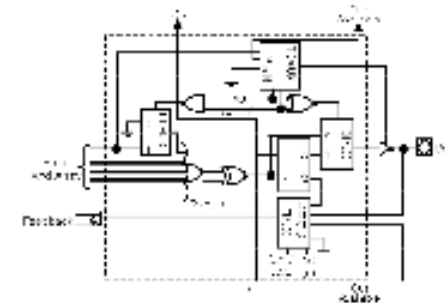
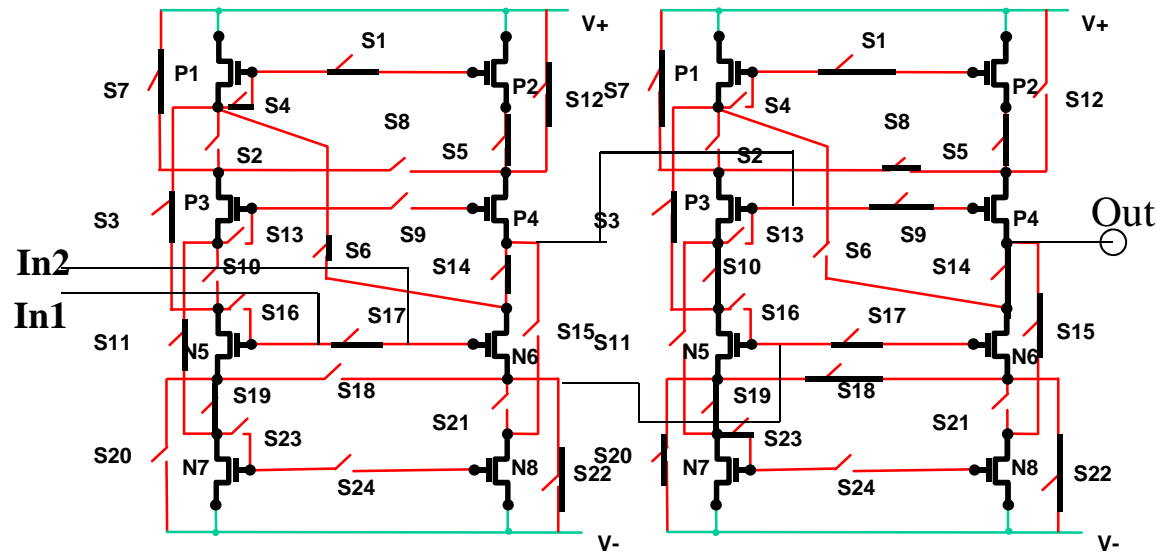
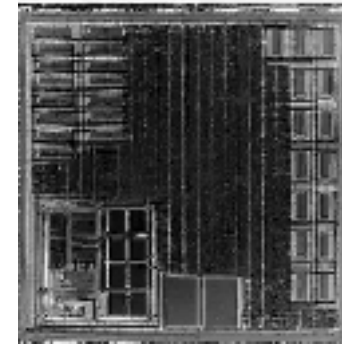


Fig. 3. Output Logic Module (OLM) structure

# Hardware Evolucionário



- Circuitos adaptativos



- Celulares adaptativos



- Dispositivos mecânicos adaptativos

# References

- Eiben, A. E. & Smith, J. E. (2003). *Introduction to Evolutionary Computing*. Springer Verlag.
- Eiben, A. E. & Schoenauer, M. (2002). Evolutionary computing. *Information Processing Letters*, 82(1): 1-6.
- Oduguwa, V., Tiwari, A., & Roy, R. (2005). Evolutionary computing in manufacturing industry: an overview of recent applications. *Applied Soft Computing*, 5(3): 281-299.