



Otimização por Enxame de Partículas

Particle Swarm Optimization (PSO)

Universidade Federal de Alfenas

Tiago Silveira



... Detalhe

- Otimizar é selecionar algo melhor.
- Otimizar é melhorar até onde pudermos.
- Até aquela situação ideal na qual, como vulgarmente se diz:

“se mexer mais, piora”

- *Não confunda com somente ‘executar mais rápido’ !*



Introdução

- Computação Evolucionária.
- Tem por base os mecanismos evolutivos da natureza.

Teoria da Evolução - Darwin

- Idéias básicas:
 - A criação de uma população de soluções.
 - A função de avaliação.
 - A criação dos operadores seleção, recombinação e mutação.



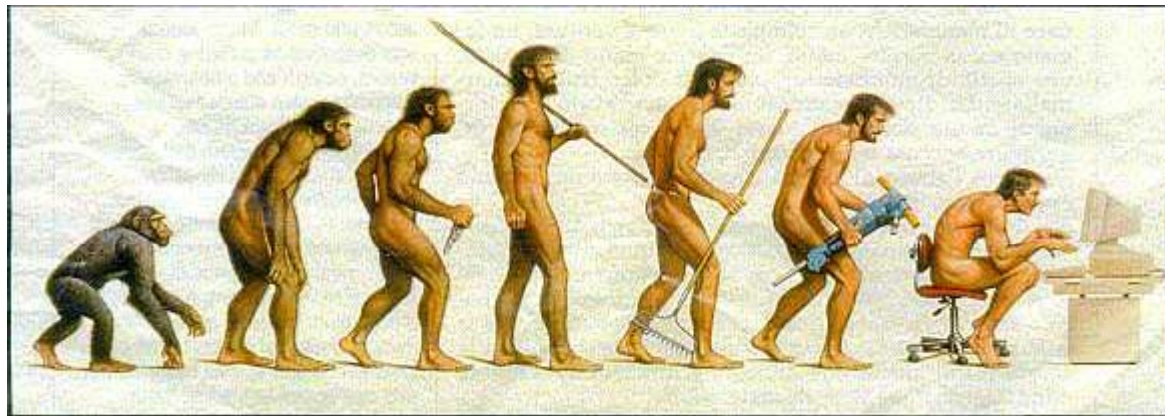
Modelo Adaptativo

- Através de duas informações, são tomadas as decisões adaptativas.
- São elas:
 - Aprendizagem individual (cognitiva).
 - Aprendizagem cultural (social).



Aprendizagem Individual

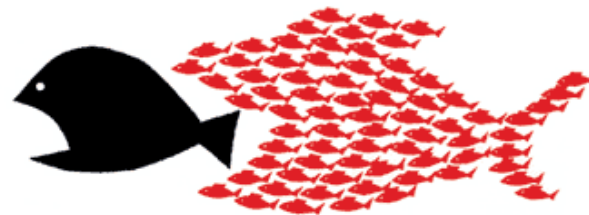
- Cada indivíduo de uma população possui sua própria experiência e é capaz de avaliar a qualidade desta experiência.





Aprendizagem Social

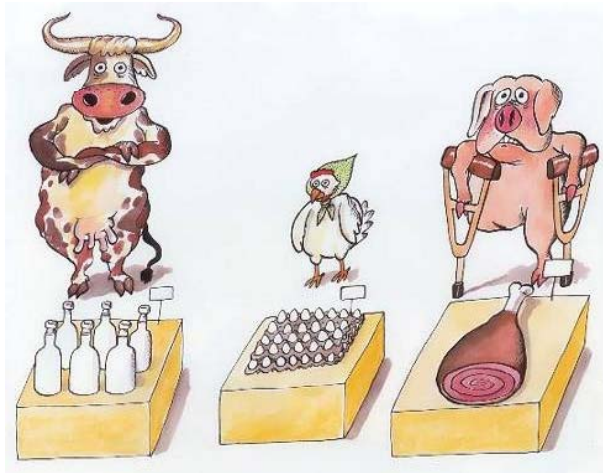
- Como os indivíduos são sociais, eles também possuem conhecimentos sobre como seus vizinhos se comportaram.





Processo de Adaptação Cultural

Avalie ====> Compare ====> Imitate





Otimização por Enxame de Partículas





Introdução

- Foi inicialmente descrita em 1995 por James Kennedy e Russell C. Eberhart.
- Intenção original era simular graficamente a coreografia de um bando de aves.
- No entanto, verificou-se que poderia ser usado como um otimizador.



O que é PSO?

- Técnica de busca estocástica que visa otimizar uma função de objetivo.
- Está baseada em uma população de indivíduos capazes de interagir entre si e com o meio ambiente.
- É uma espécie de inteligência coletiva de um enxame, baseada em princípios psico-sociológicos.
- Definida para o espaço real ($x \in \mathbb{R}^n$).



Utilização

- Layout de uma indústria.
- Disposição de Sinks móveis em redes de sensores.
- Aplicações de engenharia.
- Redução de custos.
- *Composição de música!*



Funcionamento da PSO

- Uma população (enxame) de soluções (partículas) é mantida no espaço de busca.
- A população é definida como soluções aleatórias para o problema em que todos os indivíduos são candidatos à solução ótima.
- É então iniciado o processo que melhora as soluções candidatas.



Funcionamento da PSO

- Tem ainda duas capacidades decisórias:
 - a memória da sua melhor posição; e
 - o conhecimento social (das partículas vizinhas).



Funcionamento da PSO

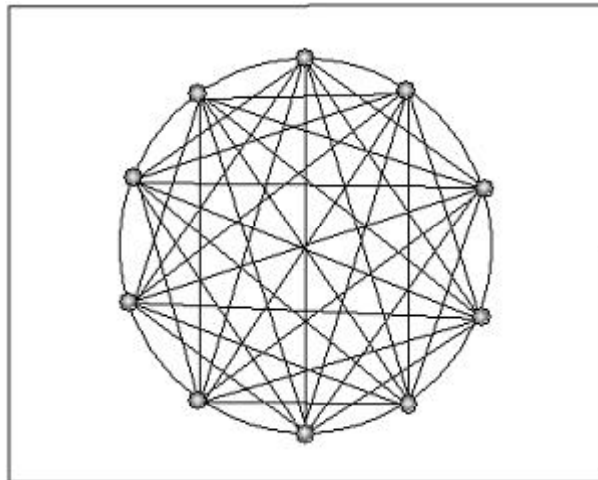
- As partículas avaliam o custo da solução candidata e lembram-se qual a melhor solução onde estiveram.
- Esta lembrança é um ponto muito importante!
- A interação social é efetiva.
- O que aconteceria sem essa interação social?



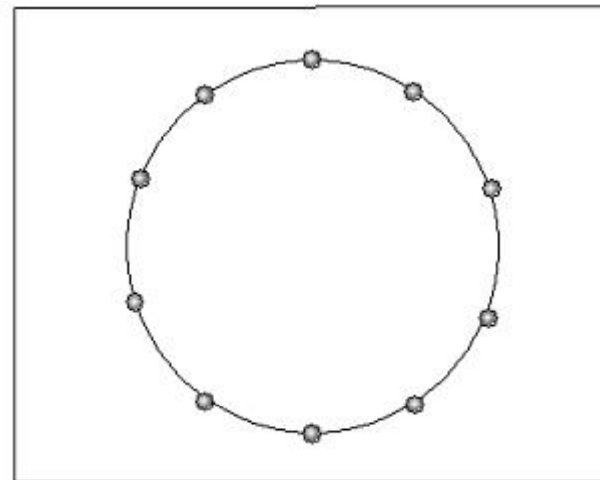
Funcionamento da PSO

- A vizinhança pode ser de duas formas:

Global Best



Local Best





Funcionamento da PSO

- Estas partículas deslocam-se neste espaço (que é o espaço das soluções) tendo uma posição e velocidade.
- Os membros do enxame comunicam boas posições entre si e ajustam a sua posição e velocidade.



Representação das partículas

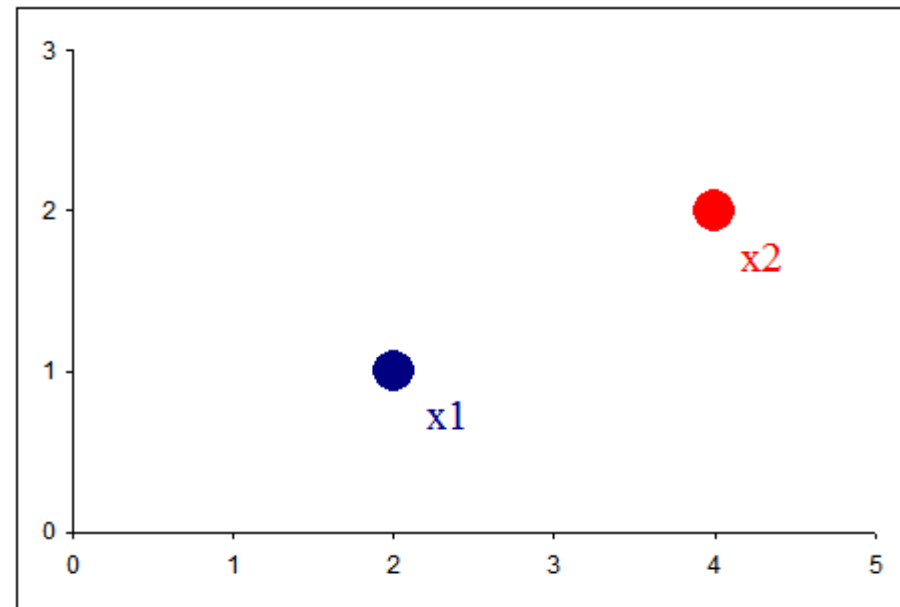
- Representação da posição da partícula i

$$x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id})^T \in \mathbb{R}^d$$

- Exemplos:

$$x_1 = (2, 1)^T$$

$$x_2 = (4, 2)^T$$





Memórias das partículas

- Memória cognitiva

$$p_i^* = (p_{i1}^*, p_{i2}^*, \dots, p_{id}^*)^T \in \mathfrak{R}^d$$

- Memória social

$$p_b^* = (p_{b1}^*, p_{b2}^*, \dots, p_{bd}^*)^T \in \mathfrak{R}^d$$



Movimentação das partículas

- Velocidade

$$v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{id})^T$$

- Movimentação: posição + velocidade

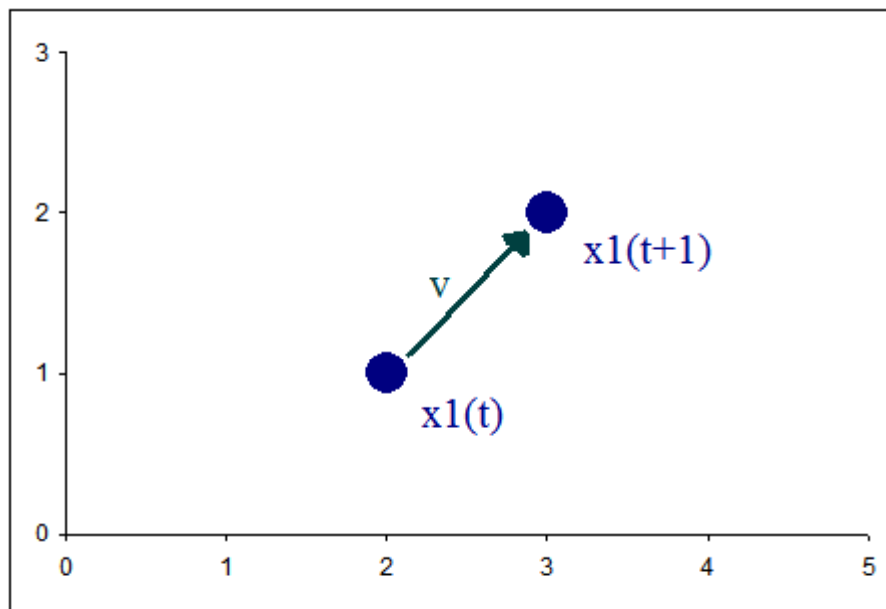
$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$$



Movimentação das partículas

- Movimentação: posição + velocidade

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$$



- Exemplo:

$$x_1(t) = (2, 1)^T$$

$$v(t+1) = (1, 1)^T$$

$$x(t+1) = (3, 2)^T$$



Movimentação das partículas

$$v_i(t+1) = \boxed{wv_i(t)} + \boxed{c_1r_1(p_i^*(t) - x_i(t))} + \boxed{c_2r_2(p_b^*(t) - x_i(t))}$$



Histórico de movimentação: *momentum*

Está relacionado com a estabilidade do enxame de partículas.



Influência cognitiva



Influência social



Movimentação das partículas

$$v_i(t+1) = wv_i(t) + c_1r_1(p_i^*(t) - x_i(t)) + c_2r_2(p_b^*(t) - x_i(t))$$



w : Peso de inércia

Varia entre 0,9 e 0,4. Decai linearmente ao longo do algoritmo.



c_1 : Parâmetro cognitivo

c_2 : Parâmetro social

Influenciam no tamanho do passo da partícula em cada iteração.

Valor padrão: 2



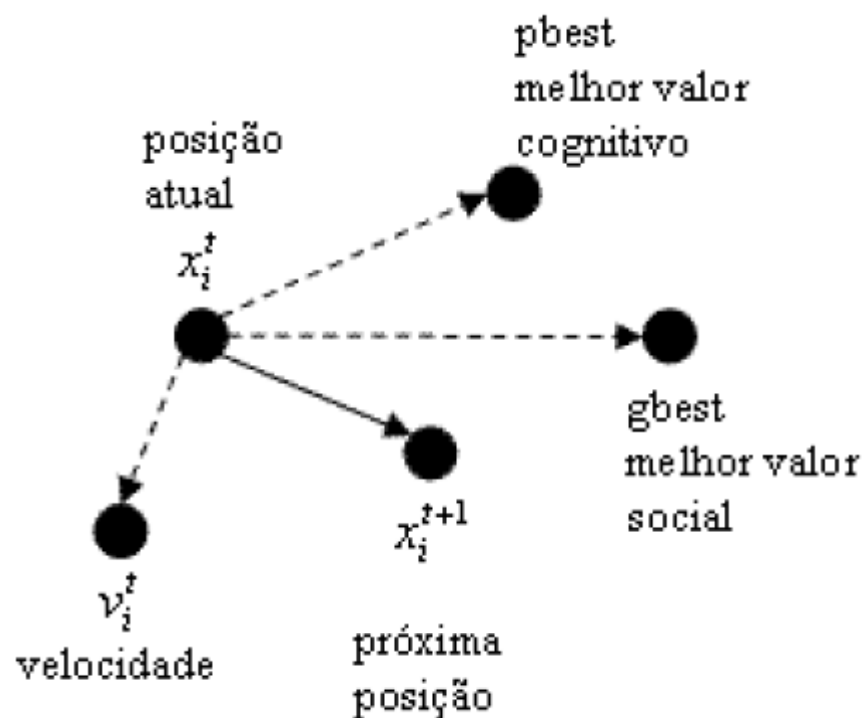
r_1 e r_2 : Estão relacionadas com a aleatoriedade do enxame.

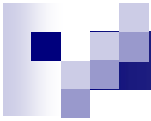
Causam perturbações na movimentação de cada partícula.

Seus valores saem de uma distribuição uniforme de 0 a 1.



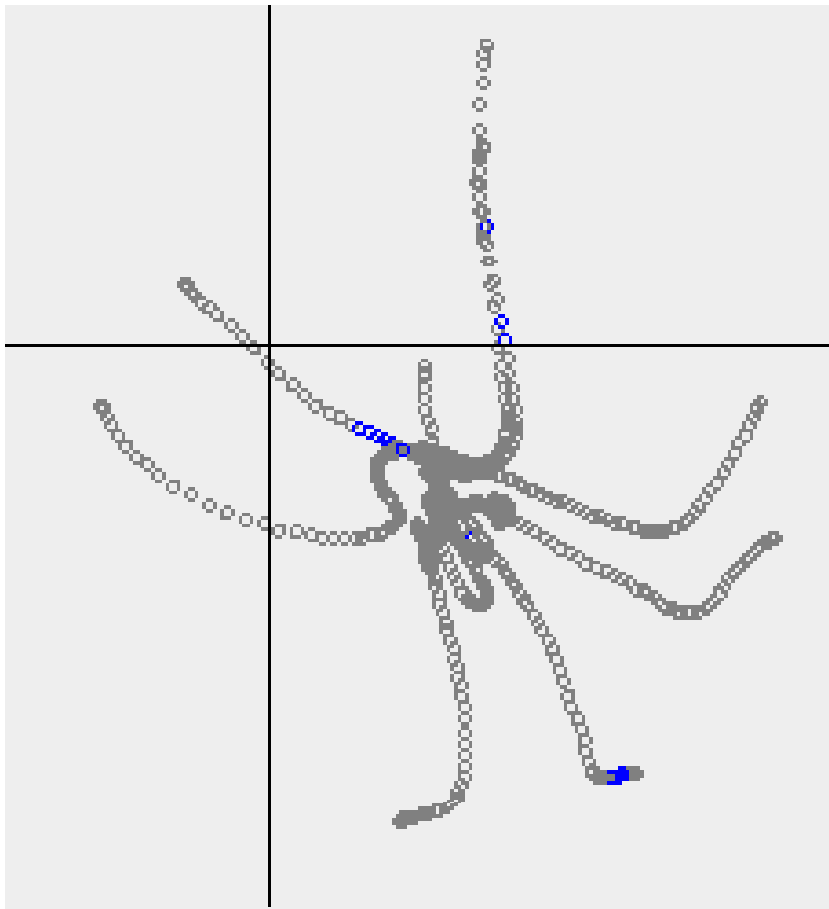
Movimentação das partículas





Movimentação das partículas

$$v_i(t+1) = w \boxed{v_i(t)} + c_1 r_1 (p_i^*(t) - x_i(t)) + c_2 r_2 (p_b^*(t) - x_i(t))$$



■ Características:

- ☐ Em direção ao termo social “imitar”
- ☐ Inércia



Algoritmo

criar enxame de partículas

repetir até critério de parada

para cada partícula i do enxame **faça**

se $f(x_i(t)) > f(p_i(t))$ **então**

$$p_i(t) = x_i(t)$$

se $f(x_i(t)) > f(p_b(t))$ **então**

$$p_b(t) = x_i(t)$$

$$v_i(t+1) = wv_i(t) + c_1r_1(p_i^*(t) - x_i(t)) + c_2r_2(p_b^*(t) - x_i(t))$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1)$$

fim para

fim.



Características da PSO padrão

- Utiliza a função de avaliação para avaliar a partícula, como toda otimização numérica.
- Possui o fator de inércia (*momentum*) decaindo linearmente.
 - Busca mais diversificada no início, e mais intensificada no fim.
 - Começam a surgir alguns inconvenientes!



Características da PSO padrão

- Dependendo da função de avaliação, ela pode conter vários mínimos locais.

Decaimento linear de inércia = perda de energia

- O que acontece, nessas condições, se uma partícula encontra um mínimo local da função?

Problemas para se aproximar da solução ótima!!!



PSO com Controle de Inércia Não-Monotônico





PSO com Controle de Inércia Não-Monotônico

- Inércia w vai oscilar segundo a função co-seno.

$$w = \left[\cos\left(\frac{\pi i}{2 \text{ ciclos}}\right) \times m \right] + s$$

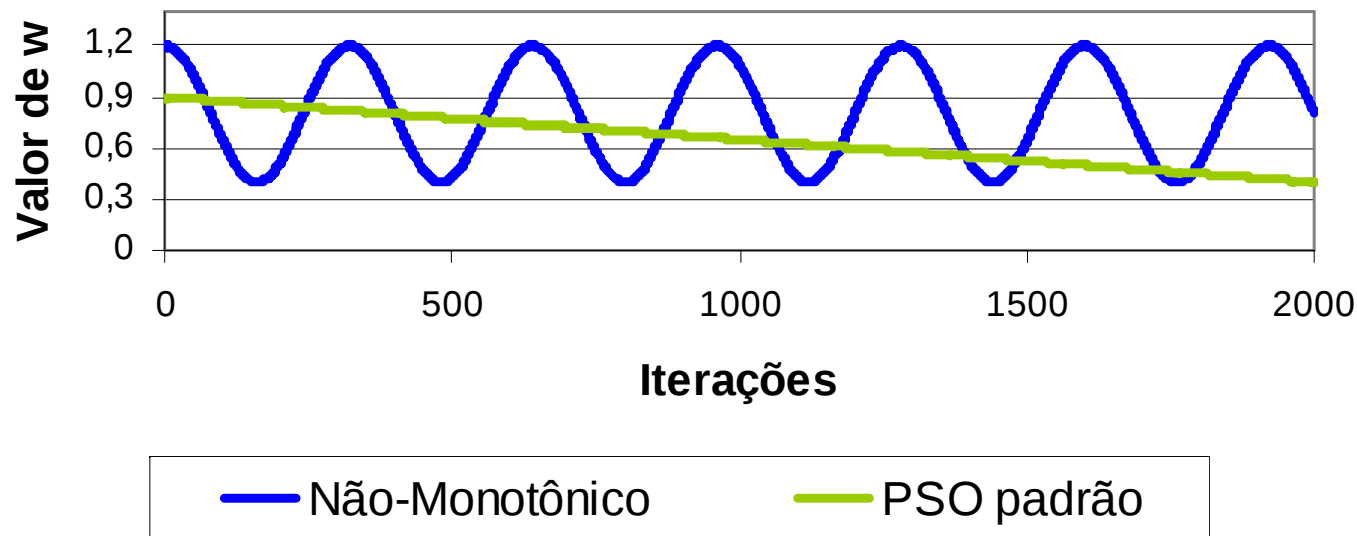
- Oscila entre os valores 0,4 e 1,2, para a função considerada.
- Espalhamento do enxame ao se ultrapassar o valor 1,0.



PSO com Controle de Inércia Não-Monotônico

- Comparação entre o decaimento linear padrão e a oscilação do termo de inércia.

Controle da Inércia w



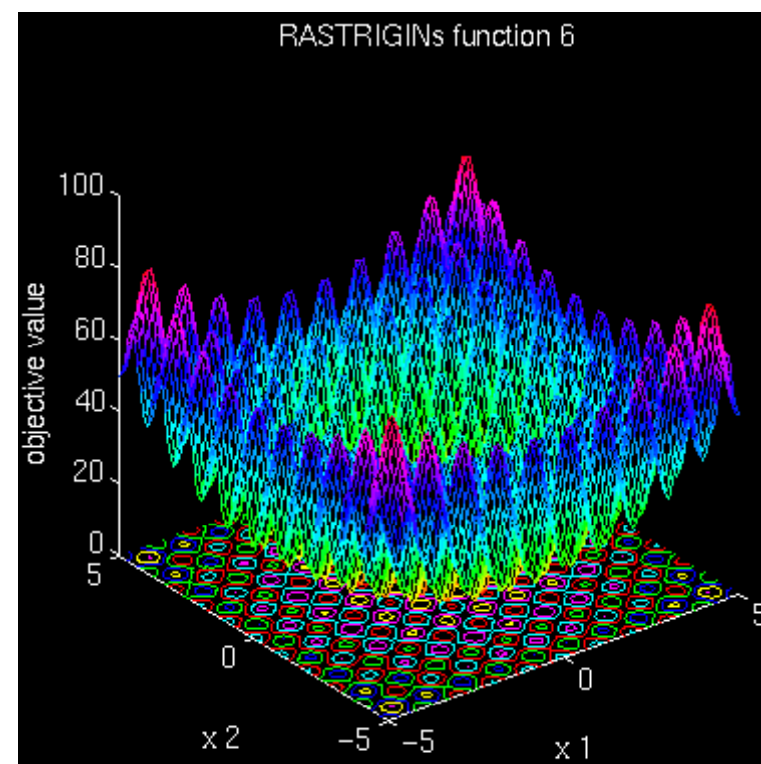
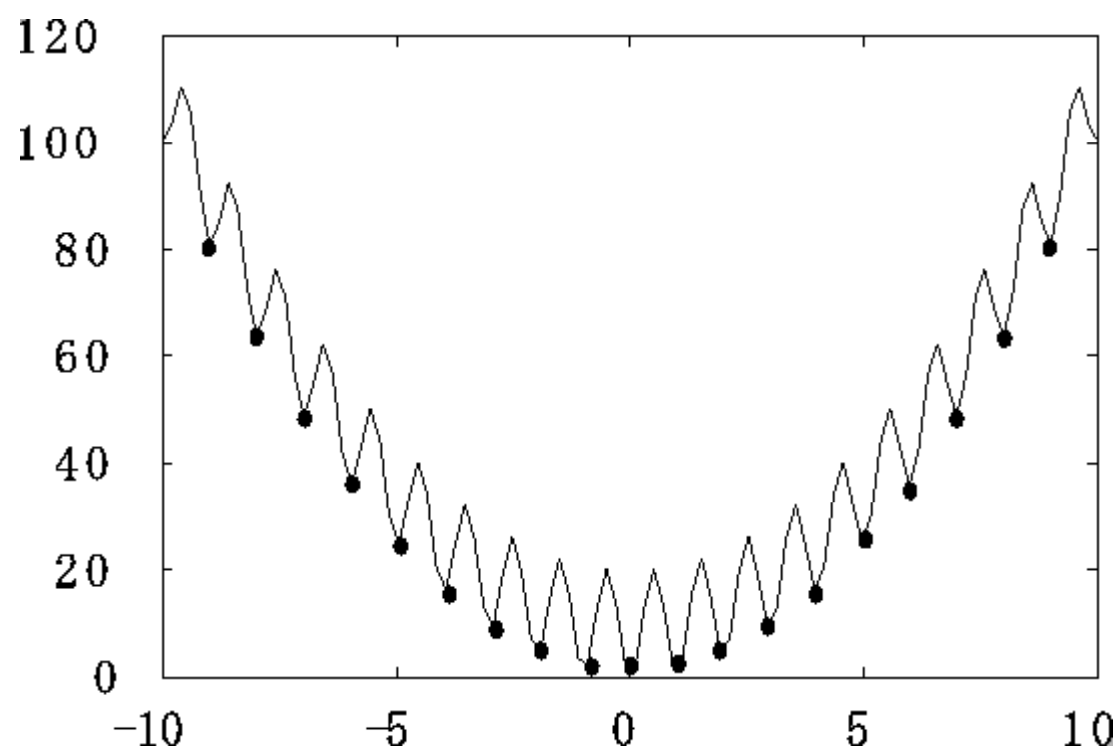


Resultados parciais utilizando o controle de inércia não-monotônico



Função utilizada

■ Rastrigin





Função utilizada

- Rastrigin

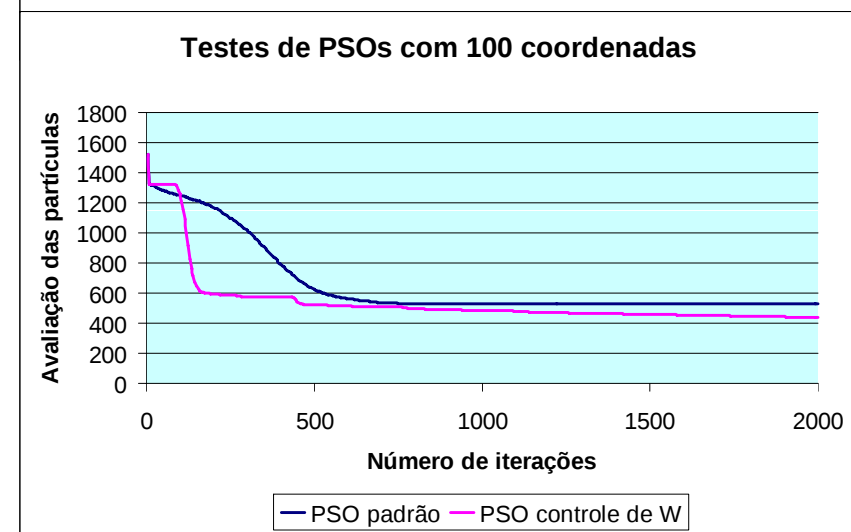
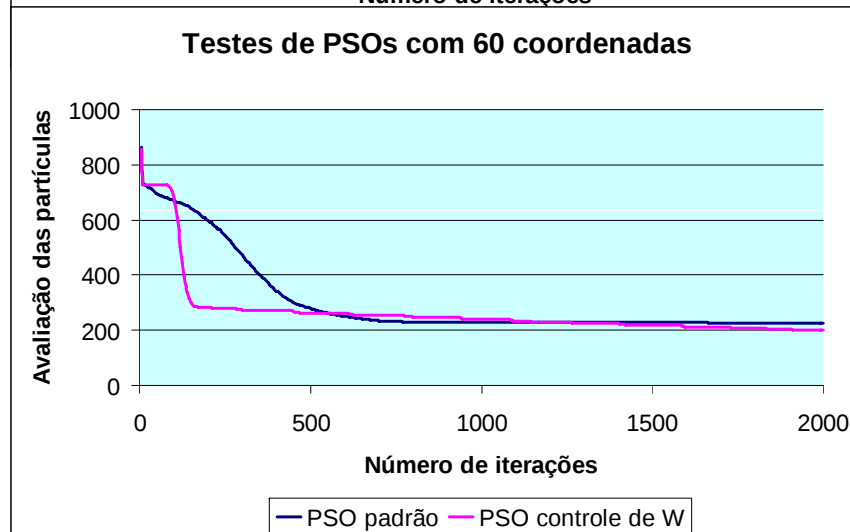
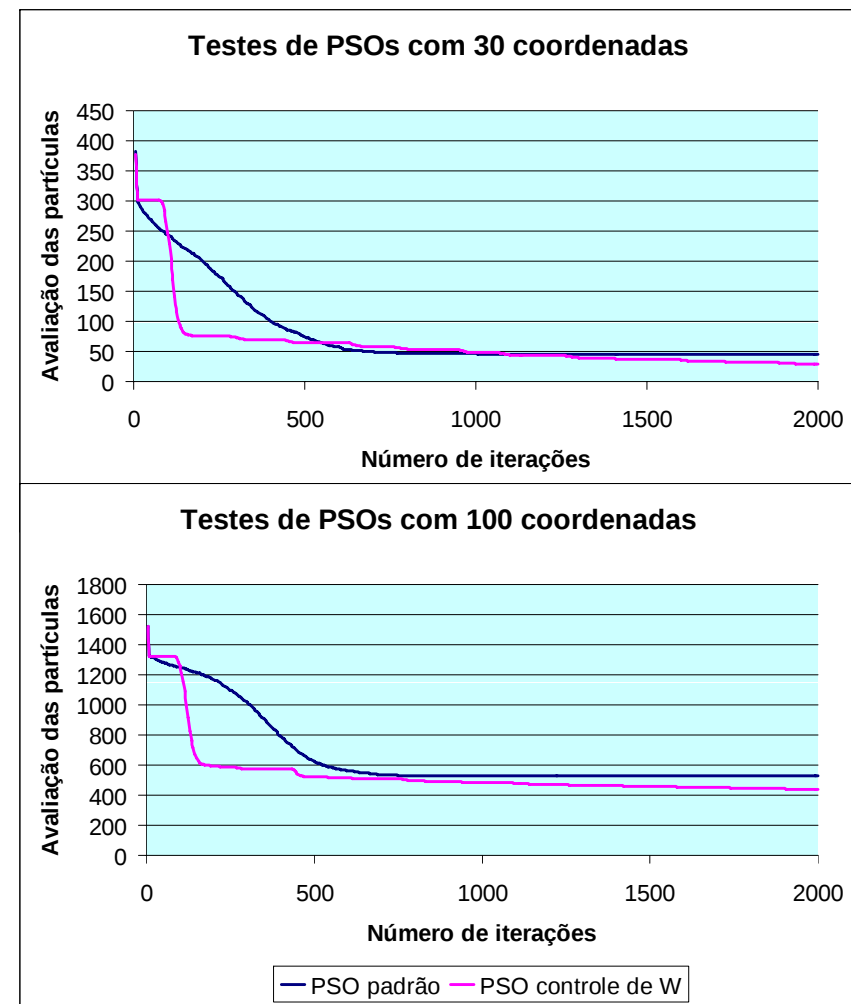
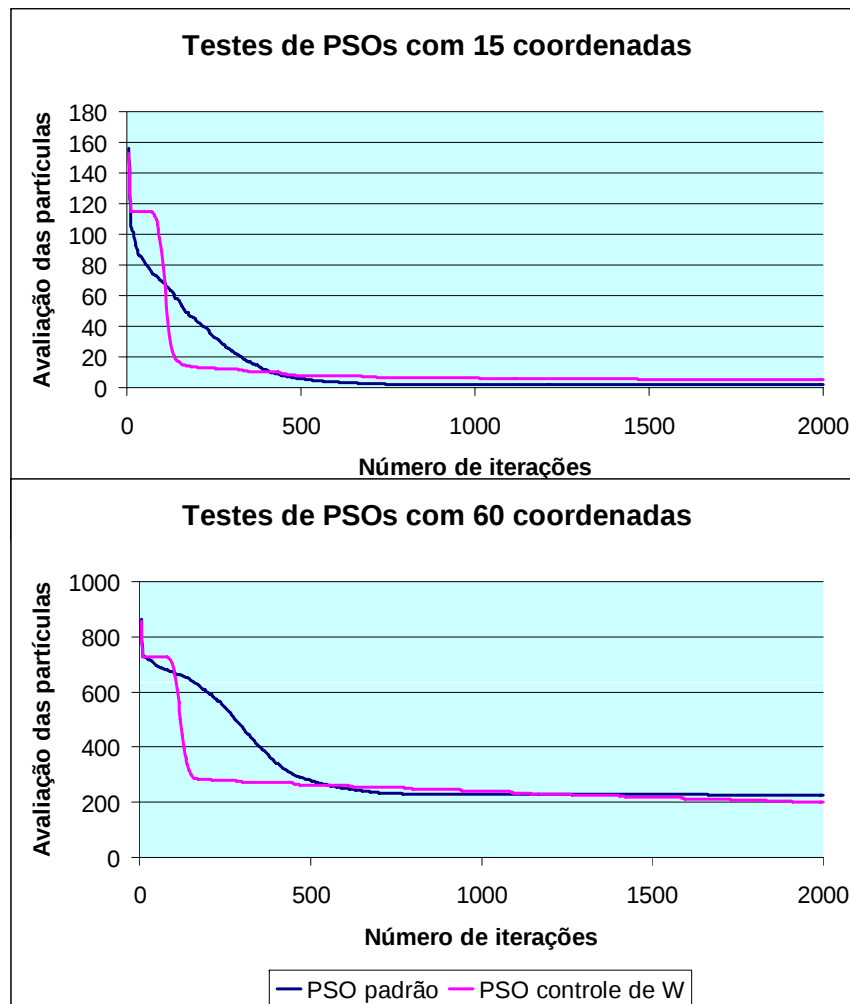
- Tem seu domínio nos números reais.

$$f(x) = \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10)$$

- Ponto ótimo é dado por todas as componentes iguais a 0.



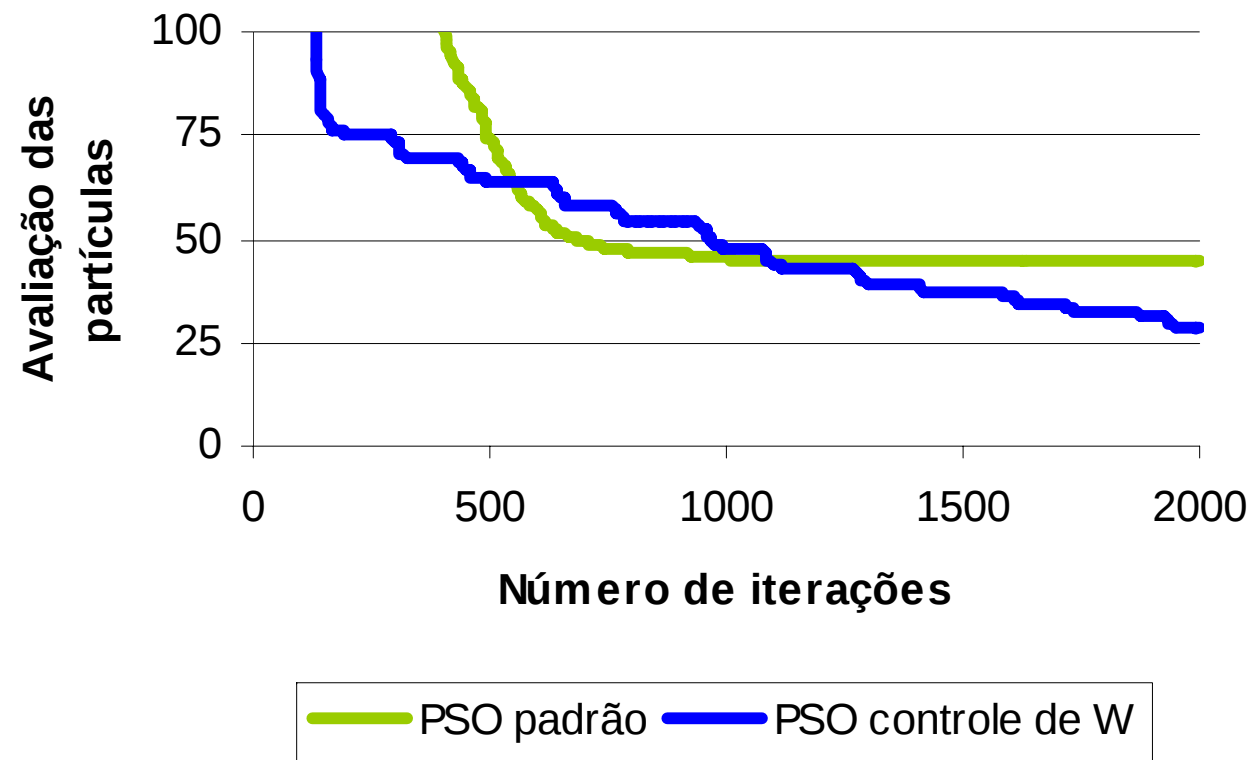
Resultados parciais





Resultados parciais

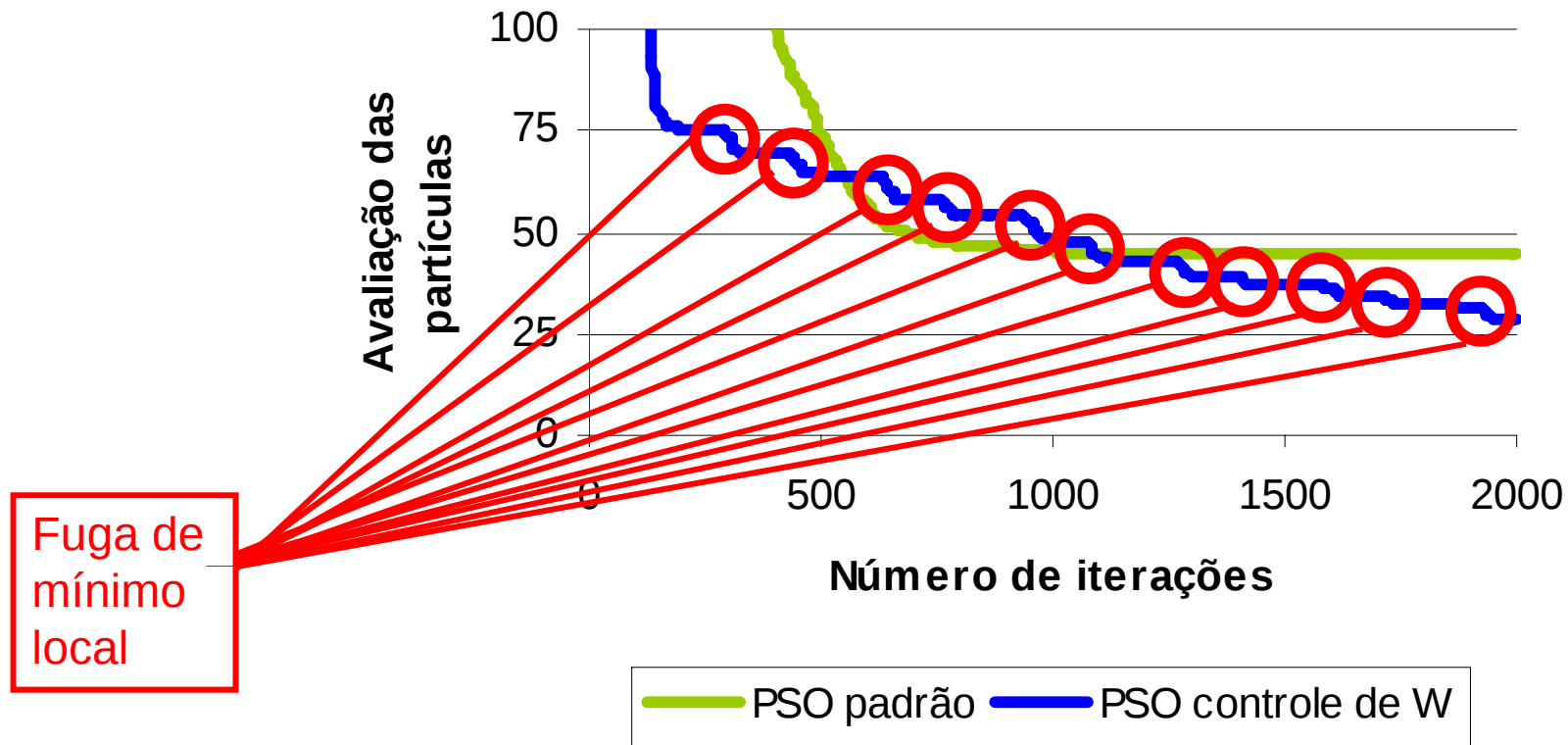
Testes de PSOs com 30 coordenadas





Resultados parciais

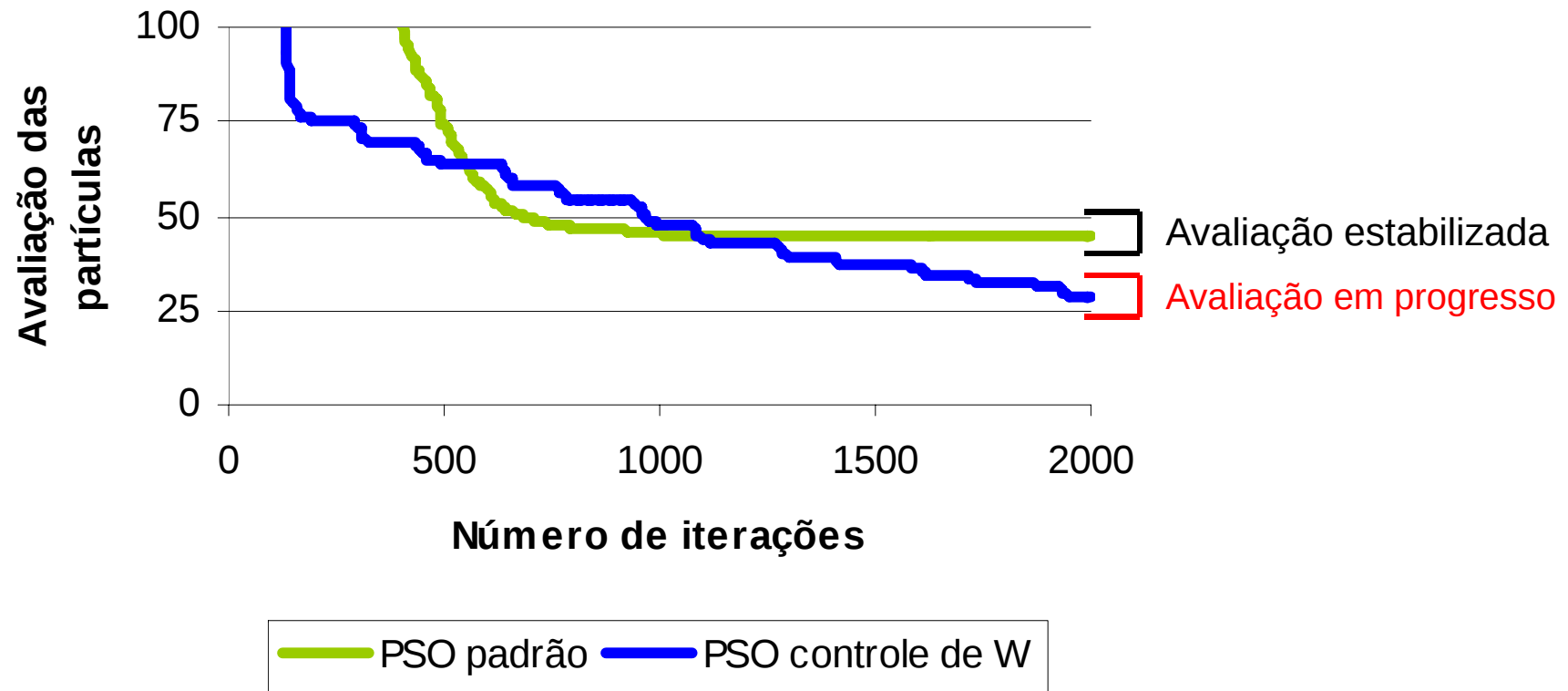
Testes de PSOs com 30 coordenadas





Resultados parciais

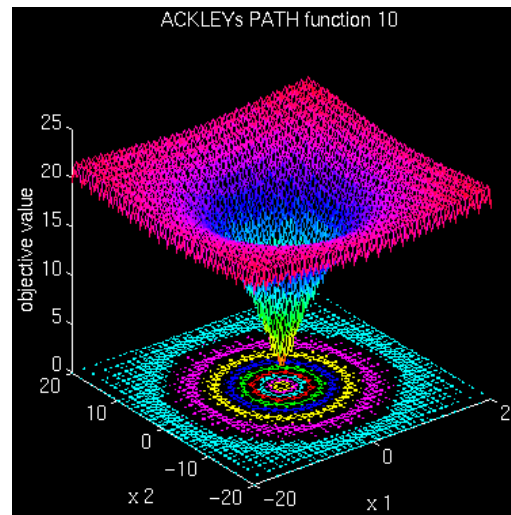
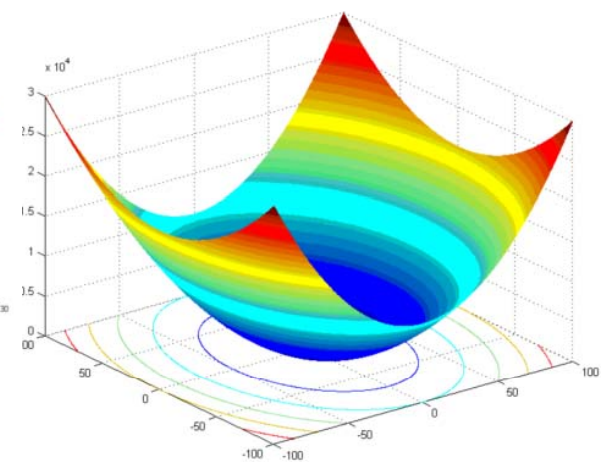
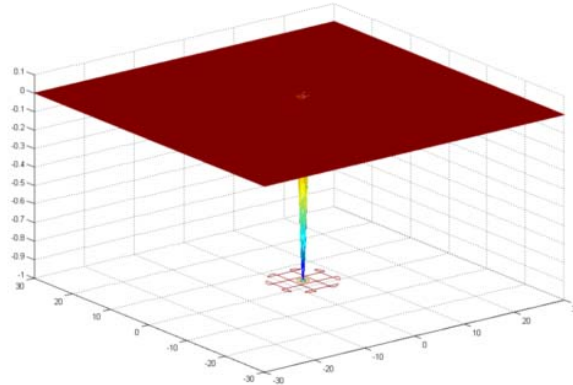
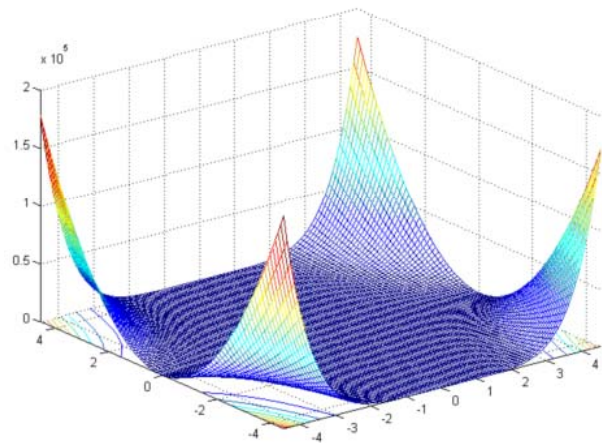
Testes de PSOs com 30 coordenadas





Testes a serem realizados

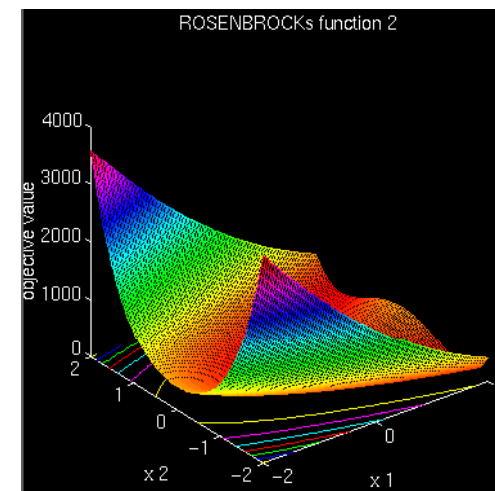
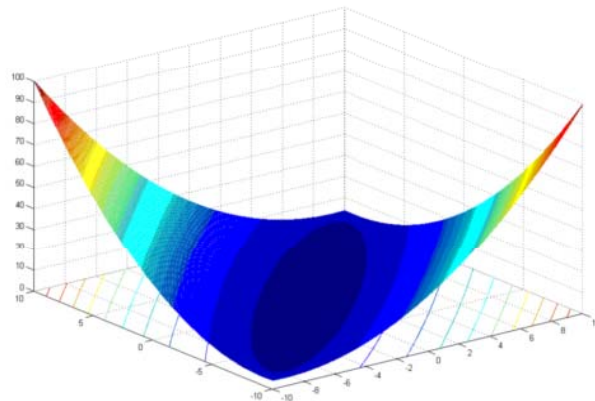
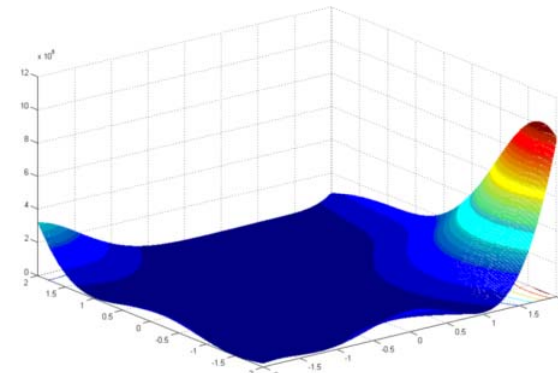
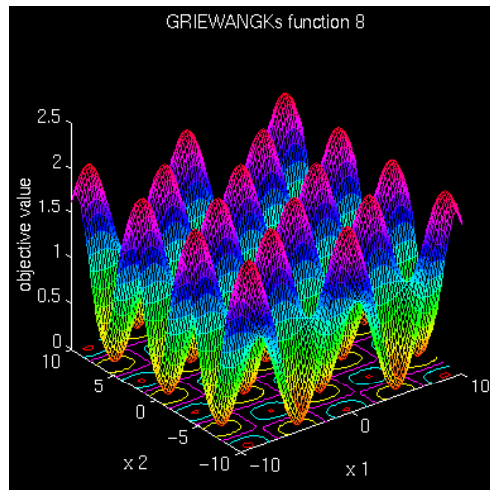
- Os parâmetros serão otimizados para outras funções





Testes a serem realizados

- Os parâmetros serão otimizados para outras funções





Considerações finais

- A PSO é um mecanismo de partilha de informação.
- A evolução só olha para a melhor solução.
- Possui simples implementação.
- Emula a natureza, ao invés de controlá-la.
- Constitui para nós uma técnica de processamento de informação que é ao mesmo tempo elegante e versátil.



FIM





Bibliografia

- [1] **Otimização por enxame de partículas.** Disponível em:
<http://paginas.fe.up.pt/~mac/ensino/docs/ODST20072008/ParticleSwarmOptimization_Nuno_Andre.pdf> Acessado em 06/09/2008.
- [2] **Particle Swarm Optimization.** Disponível em:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Particle_swarm_optimization>
Acessado em 06/09/2008.
- [3] **LVCoN – Laboratório Virtual em Computação Natural.**
Disponível em: <<http://lsin.unisantos.br/lvcon/tema?tema=4#C4>>
Acessado em 07/09/2008.
- [4] **Particle Swarm Optimization: Tutorial.** Disponível em:
<<http://www.swarmintelligence.org/tutorials.php>> Acessado em:
07/09/2008.



Bibliografia

- [5] **Otimização do problema de *layout* de facilidades através da técnica enxame de partículas utilizando a modelagem *attractor-repeller*.** Müller T., Furtado J. C., Neis J. F., Crossetti G. L. - XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE. 2006.
- [6] **Otimização por Enxame de Partículas com extinção em massa: uma abordagem aplicada ao problema multidimensional da mochila.** Hembeker F., Lopes H. S., Rossato D. - Anais do I Simpósio Brasileiro de Inteligência Computacional. Florianópolis, SC. 2007.