

Atividade 6 - Algoritmo de Otimização por Nuvem de Partículas (PSO) para Minimizar a Função Ackley

Vítor Oliveira Amorim

19 de junho de 2025

Introdução

Nesta atividade, foi implementado um algoritmo de otimização por **Otimização por Nuvem de Partículas (PSO)**, também conhecido como *Particle Swarm Optimization*, para minimizar o valor da função *Ackley*.

Versões Implementadas

Foi implementado o algoritmo de **Otimização por Nuvem de Partículas (PSO)** com as seguintes topologias:

1. **Clique**: onde o melhor global é aplicado e todas as partículas levam em conta o mesmo G_{best} ;
2. **Grade**: onde cada partícula possui somente 4 vizinhos. Sendo eles os adjacentes verticalmente e os adjacentes horizontalmente.

Avaliação dos Resultados Obtidos

A análise dos resultados foi baseada em três conjuntos de dados gerados por meio da execução do algoritmo:

- Tabelas da evolução do *fitness* dos indivíduos ao longo das gerações, considerando o melhor conjunto de parâmetros, encontrado por meio da execução do teste fatorial;
- Tabelas de teste fatorial para encontrar a melhor combinação de parâmetros para cada versão do algoritmo.

Teste Fatorial

Para a execução do algoritmo, foi adotado um conjunto de parâmetros obtido por meio da execução de um experimento fatorial, conforme detalhado abaixo:

Gerações	Tamanho da População	Dimensões	Fator cognitivo	Fator social	Fator de diversificação
200	225	2	0.25	0.75	0.7

Essa combinação de parâmetros se mostrou eficiente para ambas as topologias implementadas.

Avaliação do Comportamento do Algoritmo e seus Resultados

A fim de realizar uma análise mais aprofundada do comportamento do algoritmo, foram produzidos os seguintes conjuntos de dados:

- Gráficos da evolução do fitness das partículas ao longo das gerações:
 1. *Gráfico 1*: Topologia de clique;
 2. *Gráfico 2*: Topologia de grade.
- GIFs da mudança de posição das partículas da população ao longo das gerações:
 1. *GIF 1*: Topologia de clique;
 2. *GIF 2*: Topologia de grade.

Evolução dos Fitness das Partículas ao Longo das Gerações

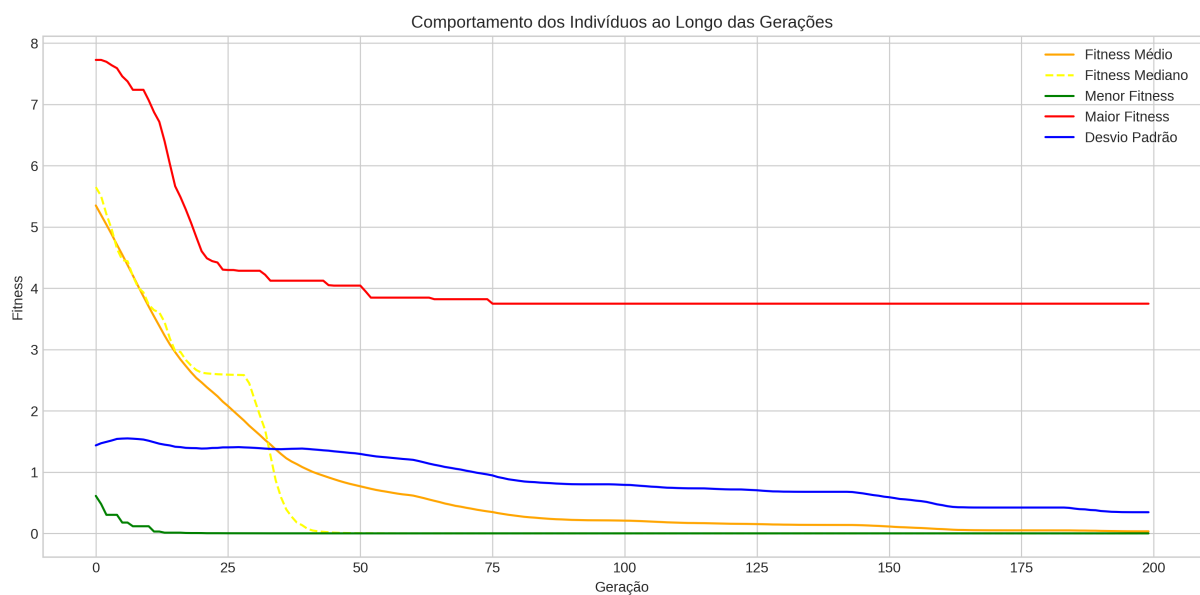


Figura 1: Comportamento do fitness das partículas ao longo das gerações para a topologia de clique

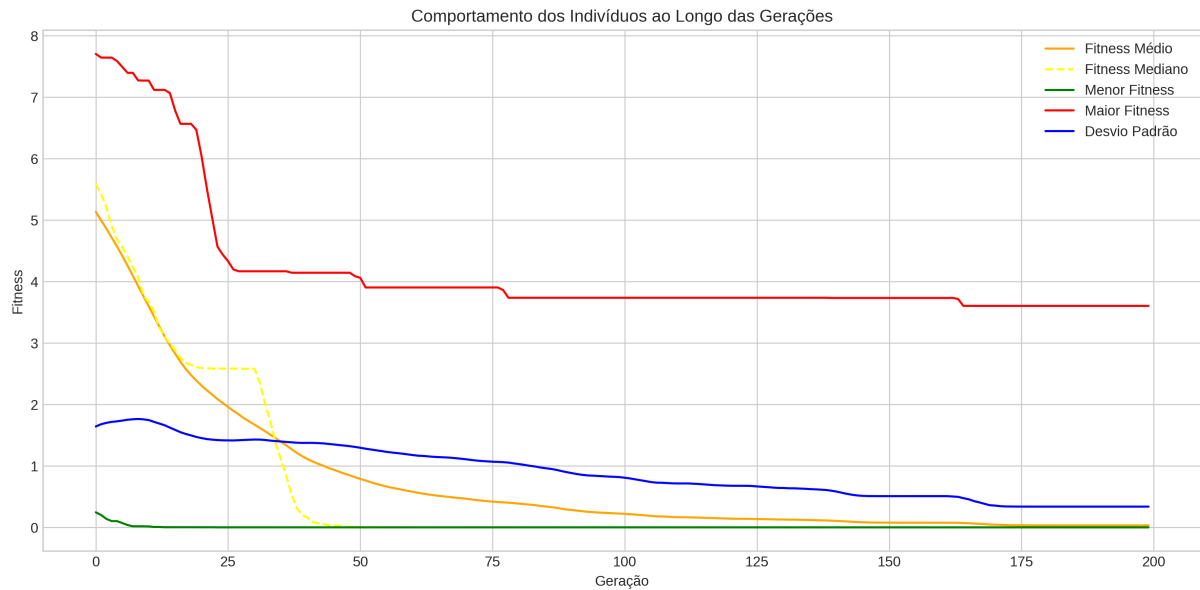


Figura 2: Comportamento do fitness das partículas ao longo das gerações para a topologia de clique

A análise dos Gráficos 1 e 2 revela o ótimo desempenho do algoritmo de **Otimização por Nuvem de Partículas (PSO)** na minimização da função *Ackley*. Observa-se que o algoritmo demonstra uma convergência muito rápida para o mínimo absoluto da função (0), precisando apenas de poucas gerações para isso, como reforçam as informações obtidas através da tabela de teste fatorial.

Um ponto crucial a ser destacado é a capacidade do PSO de escapar de mínimos locais, visto que a função de *Ackley* conta com inúmeros mínimos locais, mas isso não foi o bastante para impedir que o algoritmo encontrasse o mínimo absoluto da função.

Adicionalmente, a análise da média e do desvio padrão dos indivíduos indica que a grande maioria das partículas apresentou resultados satisfatórios. Porém, as partículas com pior solução se distanciaram bastante da média e da partícula de melhor solução.

A proximidade da média das soluções em relação à melhor solução reforça a eficácia do algoritmo em encontrar bons resultados. Complementarmente, o baixo valor do desvio padrão destaca a estabilidade e a consistência das soluções geradas, indicando que as formigas convergem para um conjunto de soluções de alta qualidade.

Por fim, a diferença do comportamento entre as diferentes topologias foi praticamente imperceptível. Contudo, a topologia de *grid* apresentou desvio padrão levemente maior e média levemente menor. Isso pode indicar que a vizinhança menor da topologia de *grid* pode ter provocado maior diversidade entre os indivíduos da população.

Mudança de Posição das Partículas ao Longo das Gerações

A análise dos *GIFs* disponibilizados na pasta `data/gifs` na raiz do projeto ilustra de forma eficaz a dinâmica de busca de um algoritmo de **Otimização por Nuvem de Partículas** pelo valor que otimize a função objetivo, que, no caso, foi a minimização da função de *Ackley*.

A observação mais proeminente é a rápida convergência das partículas para o mínimo global da função. Isso é mais um indicativo da eficiência do algoritmo de PSO em orientar as partículas a explorar o espaço de busca.

O comparativo entre as topologias de **clique** e **grid** revela que a topologia de **clique** converge mais rapidamente para o melhor mínimo encontrado por qualquer partícula do enxame (*global best*), enquanto a topologia de **grid** converge de forma levemente mais lenta, uma vez que cada partícula tem acesso somente à melhor solução encontrada por partículas adjacentes.

A escolha da topologia de comunicação das partículas é algo crucial e depende das características da função objetivo. Para problemas onde a velocidade de convergência é primordial e o risco de ficar preso em mínimos locais é menor, a topologia de **clique** é comprovadamente eficaz. Por outro lado, a topologia de **grid** pode ser preferível em cenários onde uma exploração mais distribuída e a prevenção de convergência prematura são importantes, mesmo que signifique uma convergência ligeiramente mais lenta.

Em resumo, os *GIFs* forneceram informações visuais importantes do comportamento das partículas do algoritmo de PSO se movem ao longo das gerações e colaboram para encontrar o valor que otimiza a função objetivo, destacando o impacto significativo da topologia da rede de comunicação na eficiência do algoritmo.

Conclusão

Em suma, a análise dos resultados sugere que o algoritmo de **Otimização por Nuvem de Partículas (PSO)** demonstra um desempenho muito bom em problemas de otimização de variáveis contínuas e a escolha da topologia de comunicação do algoritmo é fundamental a depender das características da função objetivo escolhida.