

ALGORITMO DO VAGALUME E ALGORITMO HÍBRIDO:

OTIMIZAÇÃO DE FUNÇÕES DE REFERÊNCIA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE LÓGICAS BIOINSPIRADAS

Larissa Pessoa Sá Menezes, Mayara Eid Orlandini, Fabrício Breve
UNESP

Resumo—Os algoritmos bioinspirados baseiam-se em fenômenos da natureza e possuem o intuito de otimizar problemas. Nesse contexto, este trabalho se propõe a avaliar o desempenho do algoritmo do vagalume (FA) e do algoritmo do vagalume híbrido com algoritmo genético (FA-GA) por meio da minimização de funções. Os algoritmos em questão buscam replicar as características dos vagalumes, utilizando de sua bioluminescência para localizar ótimas soluções globais e, no segundo caso, inserções atreladas ao meio genético são consideradas. Nesse sentido, foram conduzidos experimentos com a versão clássica do algoritmo, bem como a versão híbrida.

Área: *Inteligência Computacional*

I. INTRODUÇÃO

Os vagalumes são insetos que tem como característica marcante a produção de flashes de luz. Tal produção ocorre devido a um processo bioquímico, conhecido como bioluminescência onde, atualmente, entende-se que os principais objetivos deste fenômeno são a reprodução e a defesa contra predadores.

Assim como qualquer outra inteligência de enxame, os vagalumes prezam por auto-organização e interações que levem a tomadas de decisões com um objetivo comum. É justamente em cima dessa pauta que insere-se o trabalho proposto. A lógica básica aplicada consiste em fazer com que o vagalume com maior brilho atraia o vagalume com flashes menos relevantes, fazendo com que esse se mova em sua direção. Um maior brilho, indica uma melhor posição dentro de um espaço de busca pré-determinado e, é nessa atualização de variáveis, como luminescência e localização, que soluções ótimas são encontradas. [1]

No caso dos algoritmos híbridos, que mesclam a lógica dos vagalumes com elementos extraídos da genética, tem-se o intuito de obter melhores resultados utilizando, justamente, uma abordagem integrativa. [2]

II. CONCEITOS E TÉCNICAS

Ao longo do processo de desenvolvimento de um algoritmo bioinspirado, adaptações devem ser realizadas. No caso do

XII Workshop do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação: “Como transformei meu doutorado em uma startup”, Unesp, Rio Claro, 21 e 22 de novembro de 2023.

algoritmo dos vagalumes não é diferente: computacionalmente, e diferindo-se da realidade, os indivíduos não devem apresentar distinção sexual, ou seja, todos sentem-se atraídos por todos. Nesse cenário, conforme proposto por (YANG, 2009), adequando a biologia para o meio computacional, tem-se que a intensidade da luz (I) emitida por um vagalume é inversamente proporcional à distância (r) na qual essa está sendo interpretada.

Dando sequência à adaptação, tem-se os algoritmos híbridos. Neste estudo, adotou-se a abordagem integrativa, onde o algoritmo mestre é o algoritmo do vagalume e, como meio de obter possíveis melhorias, utilizou-se o algoritmo genético (GA). [2]

Os experimentos foram conduzidos em ambiente local com as seguintes configurações: processador Intel Core i7 com 2.80GHz de frequência, 32 GB de memória RAM e sistema operacional Windows de 64 bits. Os algoritmos FA e FA-GA foram implementados na linguagem de programação Python.

III. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Para definir os melhores critérios a serem utilizados, foram analisados os parâmetros estabelecidos pelos principais autores de referência deste estudo.

As funções escolhidas para a execução desse processo foram as funções esfera e Rosenbrock, comumente utilizadas nas literaturas que abordam conceitos atrelados à algoritmos metaheurísticos e problemas de otimização.

Tabela I
FUNÇÕES DE REFERÊNCIA

Função	Mínimo Global	Limites de x
Esfera	$f(x) = 0$, com $x^* = (0, \dots, 0)$	$x_i \in [-5.12, 5.12]$
Rosenbrock	$f(x) = 0$, com $x^* = (1, \dots, 1)$	$x_i \in [-5, 10]$

Os experimentos realizados envolveram variações nas configurações dos parâmetros para o algoritmo FA-GA, sendo estas:

- Variações no número de iterações: Foram testados três valores diferentes, sendo eles 1000, 2000 e 3000;
- Variações nas dimensões: Foram consideradas três dimensões, sendo elas: 10, 20 e 30;

- Variações no valor de β_0 : O parâmetro que define a atratividade inicial entre os vagalumes foi testado em quatro valores diferentes: 0.5, 1.0, 1.5 e 2.0;
- Variações no valor de γ : O parâmetro que controla a taxa de absorção de luminosidade também foi testado com valores entre 0.01 e 0.5;
- Variações nos coeficientes de crossover e mutação: 0.1 a 0.3 e 0.2 a 0.6;

A. Equações

Nessa seção serão abordadas as principais equações e parâmetros pertinentes para o algoritmo dos vagalumes.

$$(I) \quad I(r_{ij}) = I_0 \exp(-\gamma r_{ij}^2) \quad (II) \quad \beta(r_{ij}) = \beta_0 \exp(-\gamma r_{ij}^2)$$

$$(III) \quad r_{ij} = \|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2}$$

$$(IV) \quad x_i = x_i + \beta_0 e^{\gamma r_{ij}^2} (x_j - x_i) + \alpha \left(\text{rand}() - \frac{1}{2} \right)$$

As equações (I) e (II) descrevem a intensidade do brilho de um vagalume a uma distância r de observação e a atratividade do vagalume, proporcional à intensidade luminosa percebida por vagalumes adjacentes. A equação (III) calcula a distância euclidiana entre dois vagalumes i e j em suas posições x_i e x_j , enquanto a equação (IV) descreve o cálculo da movimentação do vagalume i em resposta à atração exercida pelo vagalume mais brilhante j . [3]

IV. RESULTADOS

Esta seção buscou sintetizar os resultados e variações atrelados às alterações dos parâmetros expostos anteriormente.

A. Variações de dimensão e iterações

O presente experimento objetivou avaliar o impacto das configurações escolhidas no desempenho e convergência do algoritmo na busca por soluções ótimas.

Tabela II
RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REALIZADAS COM NÚMERO DE ITERAÇÕES E DIMENSÕES

Função	Variações		FA Padrão			Híbrido FA-GA		
	Dimensão	Iterações	Mínimo	Média	σ	Mínimo	Média	σ
Esfera	10	1000	4.37E-13	0.002885	0.021	5.46E-13	0.029	0.85907
	20	2000	1.16E-37	0.0085012	0.093	0.0	0.051	1.89E+16
	30	3000	1.17E-63	0.0139916	0.161	0.0	0.07192	3.13E+16
Rosenbrock	10	1000	0.0912	4.7945	9.868	0.0	0.00768	0.2257
	20	2000	0.44	10.7	21.31	0.0	0.051	0.2033
	30	3000	0.31	0.53	0.40	0.0	0.0012	0.0403

B. Variações no valor de γ

Esse experimento consistiu em variar o parâmetro que define a taxa de absorção de luminosidade.

Tabela III
RESULTADOS DA MELHOR MÍNIMO PARA DIFERENTES VALORES DE γ

Função	γ	Melhor Mínimo	σ
Esfera	0.01	5.37	1.14
	0.1	5.11	1.72
	0.5	3.83	2.33
Rosenbrock	0.01	0.0	0.009
	0.1	5.11	1.72
	0.5	3.83	2.33

C. Variações no valor de β_0

Esse experimento consistiu em variar o parâmetro que define a atratividade inicial dos vagalumes.

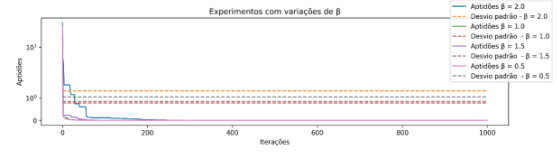


Figura 1. Gráfico dos resultados das simulações com o hiperparâmetro β_0
Fonte: Elaborado pelos autores

D. Variações no valor de mutação e crossover

Para esse experimento foram considerados os seguintes ranges de variação: 0.1 a 0.5 para o crossover e 0.2 a 0.6 para a mutação

Tabela IV
RESULTADOS DO MELHOR MÍNIMO E DESVIO PADRÃO PARA DIFERENTES TAXAS DE MUTAÇÃO E CROSSOVER

Função	Taxa Crossover	Taxa Mutação	Melhor Mínimo	σ
Esfera	0.2	0.1	3.99	0.97
	0.4	0.3	4.80	0.92
	0.6	0.5	5.30	0.95
Rosenbrock	0.2	0.1	0.0	0.70
	0.4	0.3	0.09	1.01
	0.6	0.5	0.0	0.21

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A título de avaliar o desempenho dessa proposta, buscou minimizar as funções esfera e rosenbrock e, para isso, executou-se o código híbrido desenvolvido pelos autores, ajustando parâmetros de dimensão, quantidade de iterações, β_0 , γ , taxa de crossover e taxa de mutação, variando-os dentro de um range pertinente. Como método de análise, valores de desvio padrão e mínimo da função foram interpretados.

Como conclusão, os seguintes parâmetros foram definidos como ideais: dimensão = 10; quantidade de iterações = 1000; $\beta_0 = 1.0$; $\gamma = 0.01$; taxa de crossover = 0.1; taxa de mutação = 0.4.

Os resultados obtidos com tais simulações culminaram em mínimos de função extremamente próximos a zero somados à um desvio padrão bastante pequeno. No entanto, tem-se comprovadamente a minimização das funções analisadas em consonância a uma convergência e estabilidade do algoritmo.

REFERÊNCIAS

- [1] X. Zhang and S. Wang, "Firefly search algorithm based on leader strategy." *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2023.
- [2] G. R. Raidl, "A unified view on hybrid metaheuristics," *International Workshop on Hybrid Metaheuristics*, 2006.
- [3] M. H. F. M. F. A. P. Paiva, I. V. O. Leite, "Um breve estudo sobre os algoritmos do vaga-lume e do morcego para otimização de funções de referência," *HOLOS*, 2018.