



INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL

PROF. JOSENALDE OLIVEIRA

josenalde.oliveira@ufrn.br

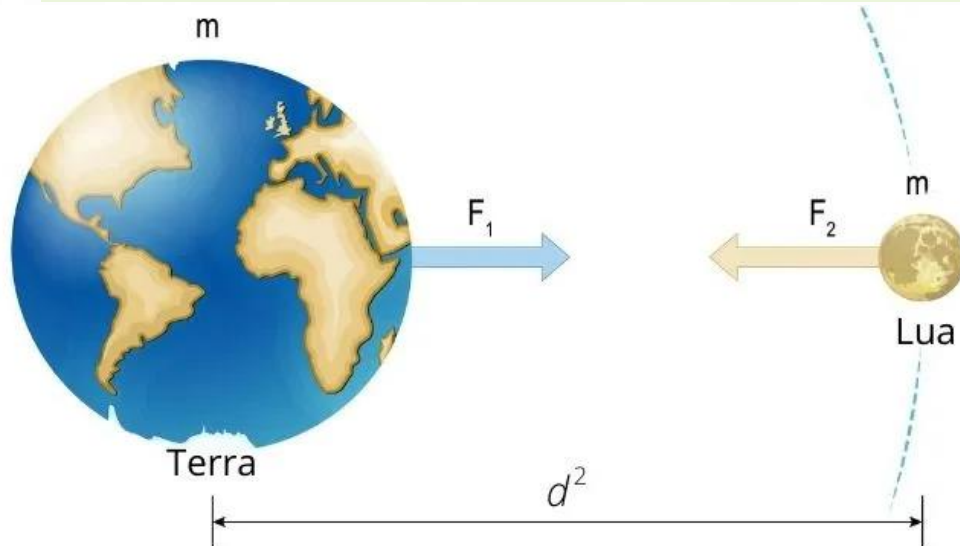
<https://github.com/josenalde/ic>

ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS - UFRN

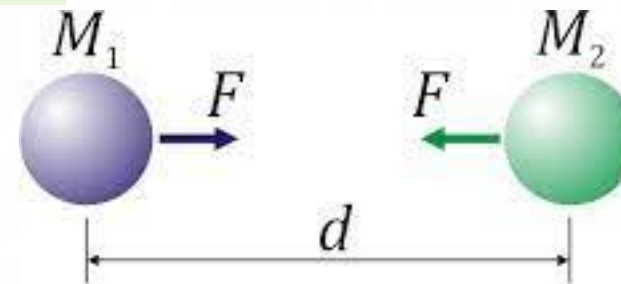
COMPREENENDO UMA METAHEURÍSTICA

- *Gravitational Search Algorithm (GSA)*

Rashedi, E. et al. *Information Sciences*, 179, p.2232-2248, 2009.



Lei da Gravitação Universal



$$F = G \frac{M_1 \times M_2}{d^2}$$

Matéria atrai matéria com uma força diretamente proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas

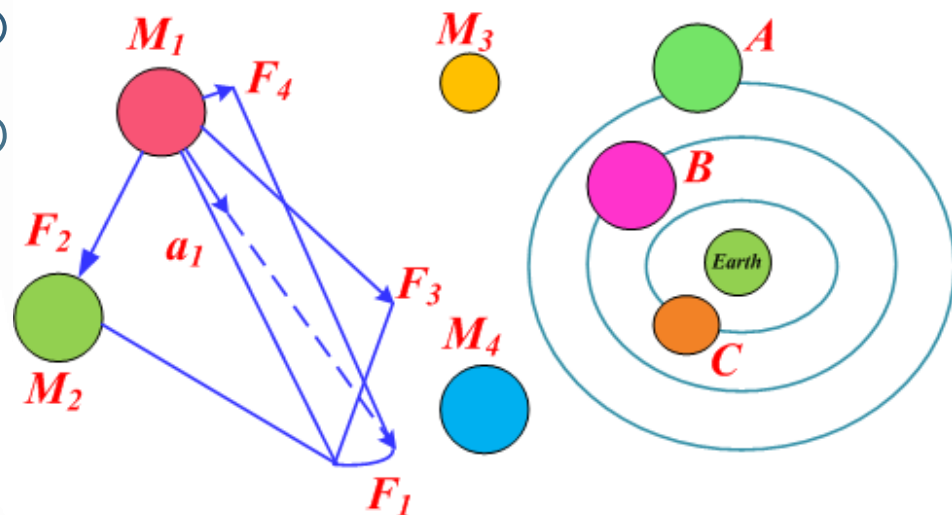
F: força de atração gravitacional (N)

M_1 e M_2 : massa ativa M e passiva m (kg)

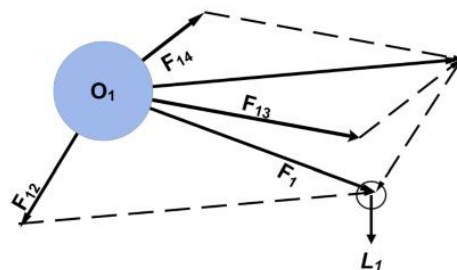
d : distância entre massas (m)

G : constante gravitacional universal Nkg^2/m^2

INTERAÇÃO ENTRE MASSAS – IDEIA...



O₄ gWorst

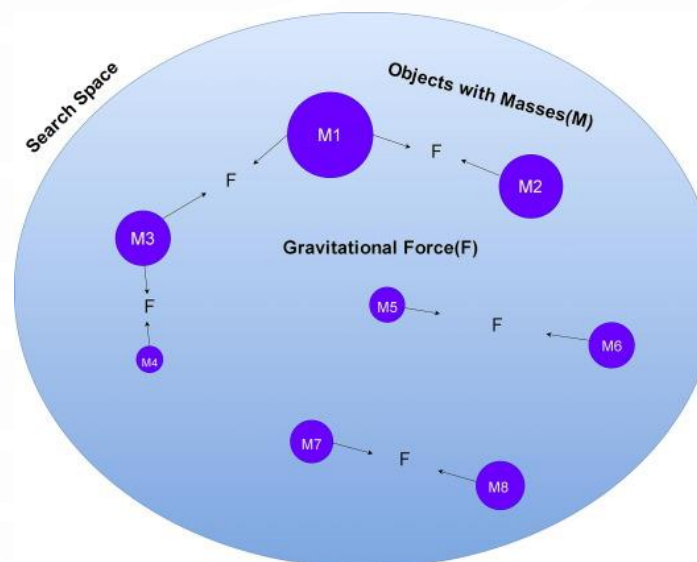


gBest
O₃

Ideia: modelar (equacionar) interações e forças entre massas no espaço de busca, onde massas maiores tendem a atrair massas menores;

Soluções são representadas por conjunto de massas inicialmente aleatórias no espaço de busca, cujo valor é associado ao seu grau de adequação (fitness) à função objetivo em análise – heurística de melhoria, parte de algo e vai ajustando...

Ao fim, a maior massa, que atrairia as demais, seria a melhor (BEST) solução! Massas 'piores' (worst) vão descartando...



EQUAÇÕES BASE

$$F = G \frac{M_1 \times M_2}{d^2} \quad (1)$$

$$a = \frac{F}{M} \quad (2)$$

2. Lei de Newton

$$G(t) = G(t_0) \times \left(\frac{t_0}{t} \right)^\beta, \quad \beta < 1 \quad (3)$$

Constante gravitacional é função da idade do universo (t), partindo de um tempo inicial t0

Força sobre massa I aplicada pela massa J

São definidos três tipos de massas gravitacionais na física teórica

- Ativa M_a : medida da força do campo gravitacional devido a um objeto em particular. O campo gravitacional de um objeto com pouca M_a é mais fraco do que um com mais M_a
- Passiva M_p : medida da força da interação de um objeto com o campo gravitacional. Dentro de um mesmo campo gravitacional, um objeto com M_p menor está sujeito a menos força que um com maior M_p
- Inercial M_i : é a medida da resistência de um objeto mudar seu estado de movimento quando submetido a uma força. M_i maior, movimento mais lento...

REESCREVENDO (1) e (2)

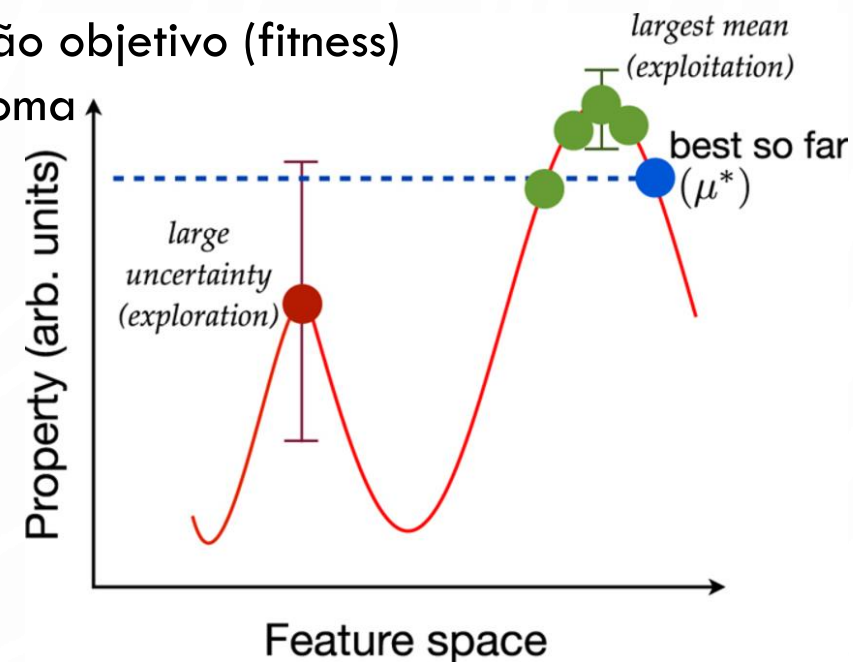
$$F_{ij} = G \frac{M_{aj} \times M_{pi}}{d} \quad (4)$$

$$a_i = \frac{F_{ij}}{M_{ii}} \quad (5)$$

DEFINIÇÕES – FASES (EXPLORATION/EXPLOITATION)

No GSA, cada massa (agente) tem 4 especificações (posição, massa inercial, massa ativa e massa passiva)

- Massas mais pesadas com a evolução do processo se movem mais devagar equivalente à exploitation
- A posição de uma massa corresponde a uma solução do problema
- As massas gravitacionais e inerciais são determinadas pela função objetivo (fitness)
- Lei do movimento: a velocidade atual de uma massa é igual à soma da velocidade anterior e a variação da velocidade (derivada)
Esta variação (aceleração) é igual à razão entre força e massa inercial.



DEFINIÇÕES – FASES (EXPLORATION/EXPLOITATION)

$X_i = (x_i^1, \dots, x_i^d, \dots, x_i^n)$ for $i = 1, 2, \dots, N$, **Posição do agente i, na dimensão d**

$F_{ij}^d(t) = G(t) \frac{M_{pi}(t) \times M_{aj}(t)}{R_{ij}(t) + \varepsilon} (x_j^d(t) - x_i^d(t))$, **R_{ij} é a distância Euclidiana entre i e j**

$F_i^d(t) = \sum_{j \in Kbest, j \neq i} rand_j F_{ij}^d(t)$, **Força total exercida sobre um agente i na dimensão d é a soma das forças de outros K agentes, multiplicada por um número aleatório em $[0, 1]$. No início, a partir de K0, todos interagem, aí vai diminuindo e no final apenas uma massa exerce força**

$$a_i^d(t) = \frac{F_i^d(t)}{M_{ii}(t)},$$

$v_i^d(t+1) = rand_i \times v_i^d(t) + a_i^d(t)$, **Atualiza velocidade e posição**

$$x_i^d(t+1) = x_i^d(t) + v_i^d(t+1),$$

$$G(t) = G_0 e^{-\alpha \frac{t}{T}}.$$

$$M_{ai} = M_{pi} = M_{ii} = M_i, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

$$m_i(t) = \frac{fit_i(t) - worst(t)}{best(t) - worst(t)},$$

$$M_i(t) = \frac{m_i(t)}{\sum_{j=1}^N m_j(t)},$$

Atualiza as massas de acordo com o melhor e pior

Com $G_0=100$, $\alpha=20$ e $K=N$,
decrecendo linearmente até 1

Minimização

$$best(t) = \min_{j \in \{1, \dots, N\}} fit_j(t),$$

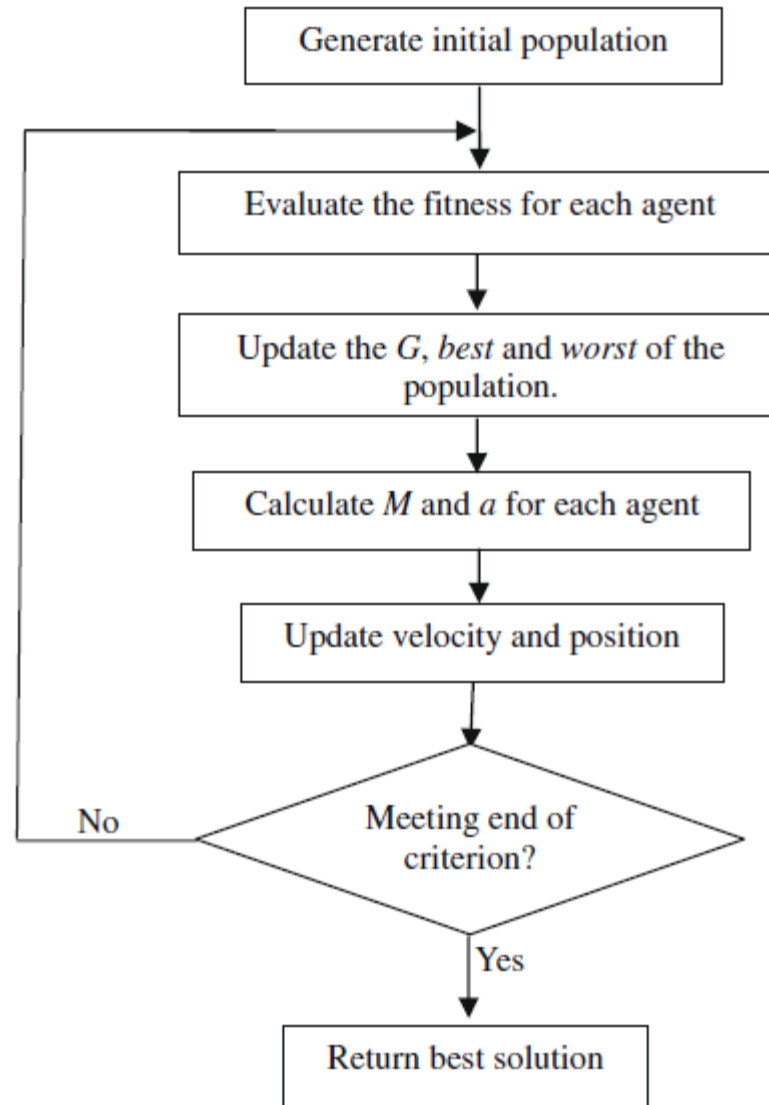
$$worst(t) = \max_{j \in \{1, \dots, N\}} fit_j(t).$$

Maximização

$$best(t) = \max_{j \in \{1, \dots, N\}} fit_j(t),$$

$$worst(t) = \min_{j \in \{1, \dots, N\}} fit_j(t).$$

FLUXOGRAMA



TESTES – FUNÇÕES BENCHMARK

Unimodal test functions.

Test function

$$F_1(X) = \sum_{i=1}^n x_i^2$$

$$F_2(X) = \sum_{i=1}^n |x_i| + \prod_{i=1}^n |x_i|$$

$$F_3(X) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^i x_j \right)^2$$

$$F_4(X) = \max_i \{|x_i|, 1 \leq i \leq n\}$$

$$F_5(X) = \sum_{i=1}^{n-1} \left[100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2 \right]$$

$$F_6(X) = \sum_{i=1}^n ([x_i + 0.5])^2$$

$$F_7(X) = \sum_{i=1}^n ix_i^4 + \text{random}[0, 1)$$

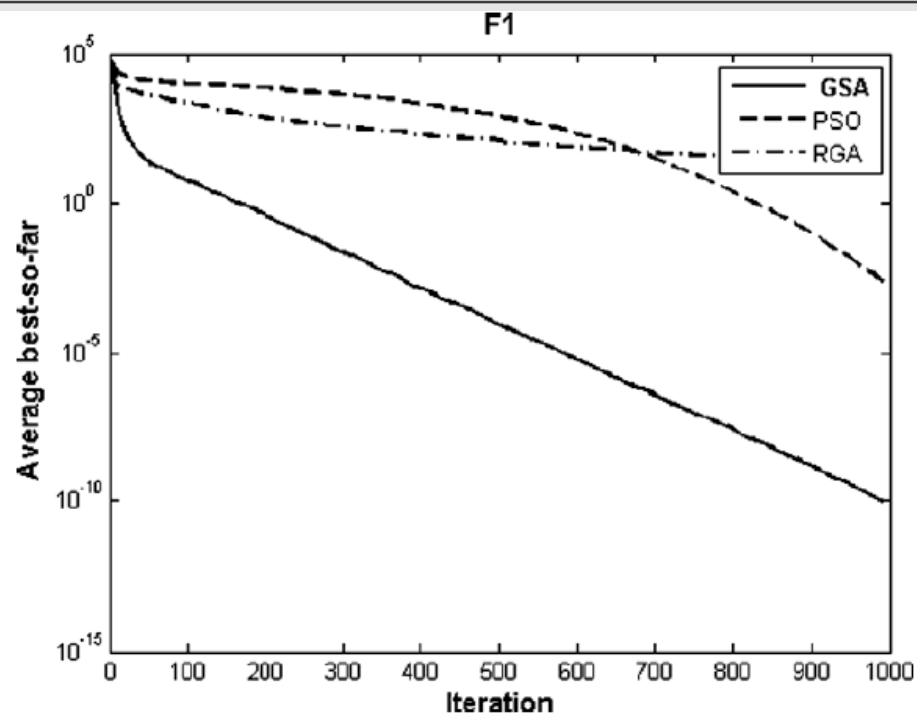


Fig. 3. Comparison of performance of GSA, PSO and RGA for minimization of F_1 with $n = 30$.

S

$$[-100, 100]^n$$

$$[-10, 10]^n$$

$$[-100, 100]^n$$

$$[-100, 100]^n$$

$$[-30, 30]^n$$

$$[-100, 100]^n$$

$$[-1.28, 1.28]^n$$