

# FSS

---

## FISH SCHOOL SEARCH



# ROTEIRO

---

- Hã? Quando? Por quê?
- Qual a inspiração?
- Como funciona?
- Pseudo-código
- Critérios de Parada
- dFSS

# HÃ? QUANDO? POR QUÊ?

---

- FSS (Fish School Search) – Algoritmo de busca baseado em cardume
- Desenvolvido recentemente pelo grupo de Computação Inteligente da UPE
- Tem como objetivo resolver problemas multidimensionais e de difícil resolução

# QUAL A INSPIRAÇÃO?

---

- Comportamento gregário de muitas espécies de peixes
- Pelo menos 50% das variedades conhecidas de peixes se agrupam em cardumes

Por que nadar em cardume?

# POR QUE NADAR EM CARDUME?

---

- Meio de defesa contra predadores
  - Um por todos, todos por um
  - Vai encarar?
- Ajuda mútua
  - Nado livre
  - Revezamento
- Busca por alimentos
  - Centenas de pares de olhos são mais eficientes para encontrar comida do que apenas um.
- Reprodução
  - Mais machos ao redor da fêmea para fecundar os ovos expelidos

# INSPIRAÇÃO BIOLÓGICA

---

- Comportamento sinérgico pode ser caracterizado:
  - De acordo com reações comportamentais
  - De acordo com reações de curto prazo

# RELAÇÃO DE CONCEITOS

---

- Aquário
  - Espaço de busca
- Alimentos
  - Regiões do espaço de busca que podem conter boas soluções
- Peixe
  - Possível solução para um problema
  - Atributos:
    - Posição
    - Peso – indicação de sucesso



Como funciona?

# VISÃO GERAL

---

- A busca é conduzida por uma população de entidades (peixes) com memória limitada.
- O peso do peixe representa a quantidade de alimento (melhora na aptidão) que ele recebeu durante a busca.
- Quanto maior o peso do peixe, maiores as chances dele estar em uma região potencialmente boa no domínio da função.
- O peixe representa uma possível solução.

# OPERADORES

---

Duas classes:

- **Alimentação**
  - Qualidade da solução para o problema
- **Movimentação**
  - Guia os peixes em direção ao ótimo global da função objetivo.
  - Movimento **individual**
  - Movimento coletivo **instintivo**
  - Movimento coletivo **volitivo**

# MOVIMENTO INDIVIDUAL

---

- O peixe escolhe uma posição aleatória e avalia essa nova posição. É importante lembrar que o peixe se move se, e somente se, a nova posição for melhor do que a atual.



# MOVIMENTO INDIVIDUAL

---

$$n_i(t) = x_i(t) + rand(-1, 1) step_{ind}$$

1 2 3 4

1. Posição candidata
2. Posição atual
3. Função que retorna número randômico entre -1 e 1
4. Porcentagem do espaço de busca

# MOVIMENTO INDIVIDUAL

---

$$\underset{1}{step_{ind}(t+1)} = \underset{2}{step_{ind}(t)} - \frac{(\overset{4}{step_{ind}initial} - \overset{5}{step_{ind}final})}{\underset{3}{iterations}}$$

---

1. Tamanho do passo no tempo t+1
2. Tamanho do passo atual
3. Número de iterações
4. Tamanho inicial do passo
5. Tamanho final do passo

# OPERADOR DE ALIMENTAÇÃO

---

- Os peixes podem aumentar de peso dependendo do sucesso obtido com o movimento individual.



# OPERADOR DE ALIMENTAÇÃO

---

$$\underbrace{W_i(t+1)}_{1} = \underbrace{W_i(t)}_{2} + \frac{\underbrace{\Delta f_i}_{3}}{\underbrace{\max(\Delta f)}_{4}}$$

1. Peso atualizado
2. Peso atual do peixe
3. Diferença da aptidão entre a posição atual e a nova posição para o peixe
4. Função que obtém o maior valor da diferença da aptidão para todos os peixes do cardume



# MOVIMENTO COLETIVO INSTINTIVO

---

- Somente os peixes que obtiveram sucesso individual (melhora de sua aptidão) influenciarão na direção resultante do cardume.



# MOVIMENTO COLETIVO INSTINTIVO

---

$$\vec{I}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta \vec{x}_i \Delta f_i}{\sum_{i=1}^N \Delta f_i}$$

1. Direção resultante
2. Deslocamento do peixe devido ao movimento individual
3. Diferença da aptidão entre a posição atual e a nova posição para o peixe

# MOVIMENTO COLETIVO INSTINTIVO

---

$$\vec{x}_i(t + 1) = \vec{x}_i(t) + \vec{I}(t)$$

1

2

3

1. Posição atualizada
2. Posição atual do peixe
3. Direção resultante do movimento individual

# MOVIMENTO COLETIVO VOLITIVO

---

- Derivado do sucesso do cardume como um todo. Se o cardume aumentou de peso, a busca foi bem sucedida. Assim, o raio do cardume deve contrair. Caso contrário, o raio do cardume deve dilatar. Este operador é responsável por balancear a capacidade de busca em amplitude e busca em profundidade.

# MOVIMENTO COLETIVO VOLITIVO

---

$$\vec{B}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \vec{x}_i w_i(t)}{\sum_{i=1}^N w_i(t)}$$

1

2

1. Baricentro
2. Média da posição de todos os peixes ponderada com os respectivos pesos dos peixes no cardume

# MOVIMENTO COLETIVO VOLITIVO

---

$$\vec{x}(t+1) = \vec{x}(t) - step_{vol} rand(0, 1) \frac{(\vec{x}(t) - \vec{B}(t))}{distance(\vec{x}(t), \vec{B}(t))}$$

---

1

2

3

4

5

1. Nova posição se o peso do cardume **aumentar** para iteração atual
2. Posição atual do peixe
3. Tamanho do passo usado para controlar o deslocamento do peixe de ou para o baricentro
4. Função que retorna número randômico gerado uniformemente entre 0 e 1
5. Função que calcula a distância Euclidiana entre o baricentro e a posição atual do peixe

# MOVIMENTO COLETIVO VOLITIVO

---

$$\vec{x}(t+1) = \vec{x}(t) + step_{vol} rand(0, 1) \frac{(\vec{x}(t) - \vec{B}(t))}{distance(\vec{x}(t), \vec{B}(t))}$$

---

1

2

3

4

5

1. Nova posição se o peso do cardume **diminuir** para iteração atual
2. Posição atual do peixe
3. Tamanho do passo usado para controlar o deslocamento do peixe de ou para o baricentro
4. Função que retorna número randômico gerado uniformemente entre 0 e 1
5. Função que calcula a distância Euclidiana entre o baricentro e a posição atual do peixe

# PSEUDO-CÓDIGO

---

Inicializa aleatoriamente a posição de todos os peixes

**para** *cada peixe* **faça**

Avalia sua aptidão;

**fim**

**enquanto** *critério de parada não for alcançado* **faça**

**para** *cada peixe* **faça**

Executa movimento individual;

Alimenta os peixes;

**fim**

**para** *cada peixe* **faça**

Executa movimento instintivo

**fim**

Calcula o baricentro;

**para** *cada peixe* **faça**

Executa movimento volitivo

**fim**

Atualiza o tamanho do passo

**fim**



# CRITÉRIOS DE PARADA

---

- Número de iterações
- Tempo limite
- Raio máximo do cardume
- Peso mínimo do cardume
- Número máximo de peixes

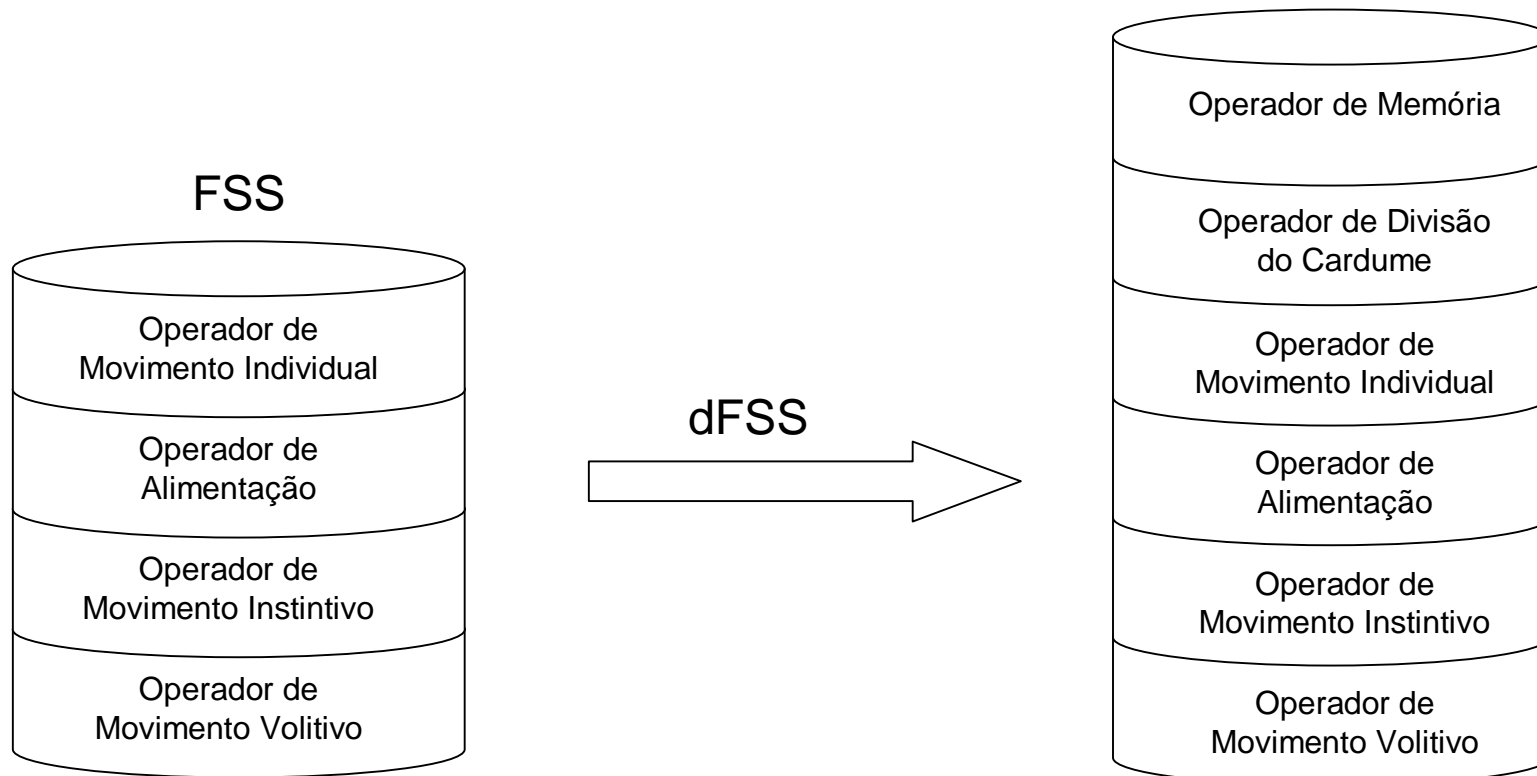
# dFSS – VARIAÇÃO DO FSS

---

- Density based Fish School Search
- Capaz de localizar e manter ao longo das iterações do algoritmo múltiplos valores ótimos de um problema multimodal
- Dois novos operadores
  - Operador de memória ou afinidade
  - Operador de divisão de cardume

# dFSS – VARIAÇÃO DO FSS

---



# dFSS – VARIAÇÃO DO FSS

---

- Alterações nos outros operadores do FSS para:
  - Permitir a divisão de cardumes em subcardumes
  - Preservar os subcardumes nas regiões correspondentes aos seus respectivos valores ótimos

# dFSS – MOVIMENTO INDIVIDUAL

---

- Para o dFSS, a única modificação em relação ao FSS diz respeito ao mecanismo de atualização do tamanho do passo de um peixe.
- Há o decaimento na velocidade de um peixe que recebeu a **menor** quantidade de comida em um subcardume.
- Redução do tamanho do passo do peixe que recebeu a **maior** quantidade de comida em um subcardume.

# dFSS – TAMANHO DO PASSO

---

- Balancear o comportamento de busca em amplitude e em profundidade do dFSS
- Preservar nichos localizados ao longo das iterações do algoritmo
- Preservar a localização de peixes que receberam uma quantidade relativamente grande de alimento

# dFSS – TAMANHO DO PASSO

---

## FSS

$$step_{ind}(t+1) = step_{ind}(t) - \frac{(step_{ind\,initial} - step_{ind\,final})}{iterations}$$

---

## dFSS

$$step_{ind_i}(t+1) = decay_i \times step_{ind_i}(t)$$

$$decay_i = decay_{\min} - \left( \frac{R_i(t) - \min(R_j(t))}{\max(R_j(t)) - \min(R_j(t))} \right) (decay_{\min} - decay_{\max}(t))$$

# dFSS – OPERADOR DE ALIMENTAÇÃO

---

- FSS:
  - A porção de alimento encontrada (variação no valor da aptidão) podia ser positiva ou nula
  - O peso do peixe pode diminuir
- dFSS
  - A porção de alimento encontrada por um peixe é partilhada com os membros do cardume do qual este peixe faz parte
  - O peso do peixe não diminui ao longo das iterações
  - Cada peixe possui uma memória que armazena a quantidade de alimento que recebeu de outro



# dFSS – OPERADOR DE ALIMENTAÇÃO

---

$$P_i = \frac{\overset{2}{\Delta f_i}}{\sum_{j=1}^N \frac{1}{(d_{R_{ij}})^{q_{ij}}}} \quad C(i, j) = \frac{P_i}{(d_{R_{ij}})^{q_{ij}}}$$

---

1

3

4

1. Porção de alimento que o **peixe *i*** irá receber
2. Variação da aptidão
3. Somatório das parcelas de alimento que os demais **peixes *j*** irão receber
4. Parcela de alimento que os demais **peixes *j*** irão receber

# dFSS – OPERADOR DE ALIMENTAÇÃO

---

## FSS

$$W_i(t + 1) = W_i(t) + \frac{\Delta f_i}{\max(\Delta f)}$$

---

## dFSS

$$W_i(t + 1) = W_i(t) + \sum_{j=1}^Q \frac{\Delta f_j}{(d_{R_{ij}})^{q_{ij}} \sum_{k=1}^N \frac{1}{(d_{R_{jk}})^{q_{jk}}}}$$

# dFSS – OPERADOR DE MEMÓRIA

---

- Quantifica a influência que exerce sobre o outro.
- Ou seja, quanto mais o peixe  $i$  recebe alimento por meio do peixe  $j$ , maior será a influência que o peixe  $j$  irá exercer sobre o peixe  $i$ .
- Influência manifestada em termos de sincronia de movimento.

# dFSS – OPERADOR DE MEMÓRIA

---

$$M_{ij}(t + 1) = (1 - \rho)M_{ij}(t) + \frac{\Delta f_j}{(d_{R_{ij}})^{q_{ij}} \sum_{k=1}^N \frac{1}{(d_{R_{jk}})^{q_{jk}}}}$$

---

1

3

4

1. Memória atualizada do **peixe  $i$**  em relação ao **peixe  $j$**
2. Regula a dinâmica da rede de influências entre peixes por meio do decaimento da memória
3. Memória atual do **peixe  $i$**  em relação ao **peixe  $j$**

# dFSS – OP. COLETIVO INSTINTIVO

---

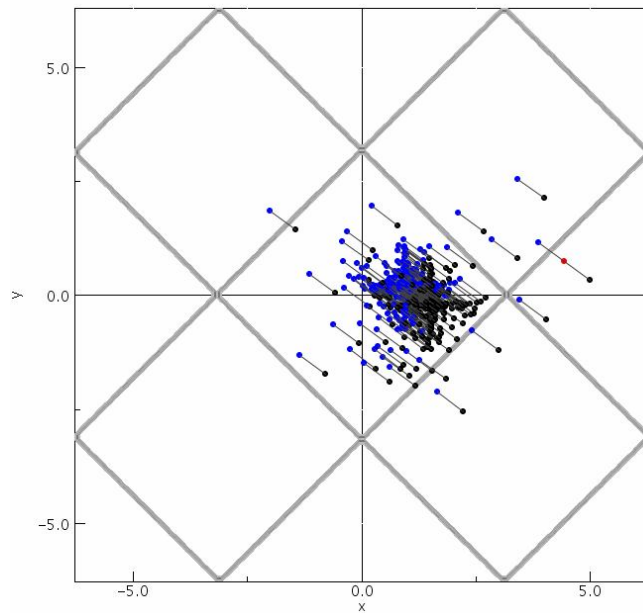
- Quantifica a influência que exerce sobre o outro.
- Ou seja, quanto mais o peixe  $i$  recebe alimento por meio do peixe  $j$ , maior será a influência que o peixe  $j$  irá exercer sobre o peixe  $i$ .
- Influência manifestada em termos de sincronia de movimento.

# dFSS – OP. COLETIVO INSTINTIVO

---

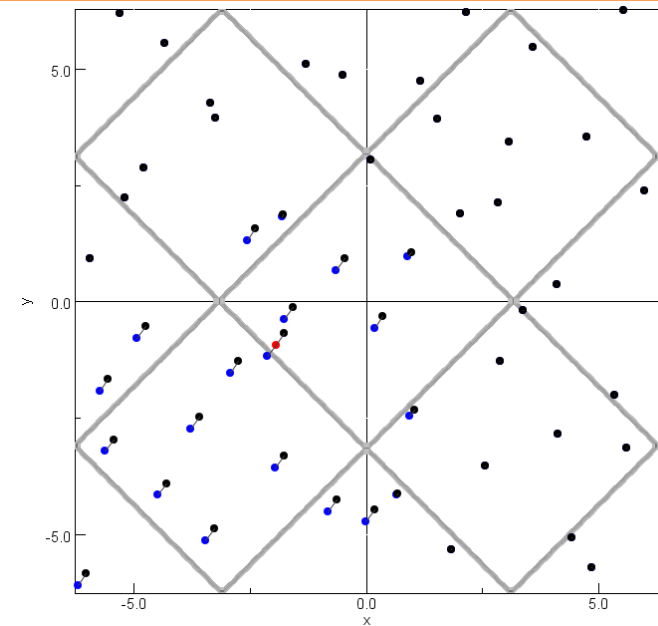
FSS

$$\vec{I}(t) = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta \vec{x}_i \Delta f_i}{\sum_{i=1}^N \Delta f_i}$$



dFSS

$$\vec{I}_i(t) = \frac{\sum_{j=1}^N \Delta \vec{x}_j M_{ij}}{\sum_{k=1}^N M_{ik}}$$



# dFSS – OP. DE DIVISÃO DO CARDUME

---

- A cada iteração do algoritmo, o cardume principal é dividido em subcardumes
- O peixe  $i$  está no mesmo subcardume de  $j$  se e somente se  $j$  é o peixe que exerce maior influência sobre  $i$
- Cada subcardume criado corresponde a um valor ótimo localizado pelo dFSS

# dFSS – OP. DE DIVISÃO DO CARDUME

---

$$M_{ij} = \max_{k=1,2,\dots,N} M_{ik},$$

---

- O *peixe  $i$*  está no mesmo subcardume de  *$j$*  se e somente se  *$j$*  é o peixe que exerce maior influência sobre  *$i$* .
- Cada subcardume criado corresponde a um valor ótimo.



# dFSS – MOV. COLETIVO VOLITIVO

---

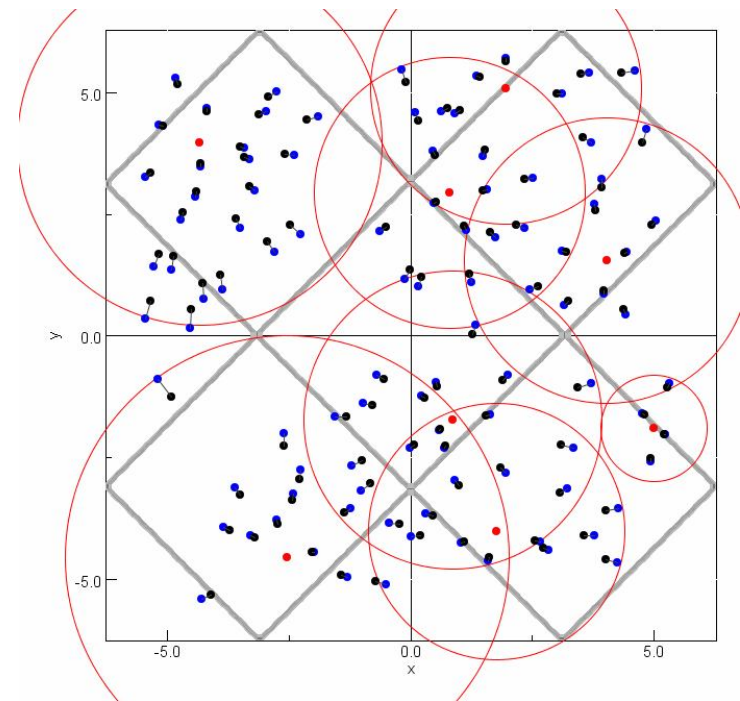
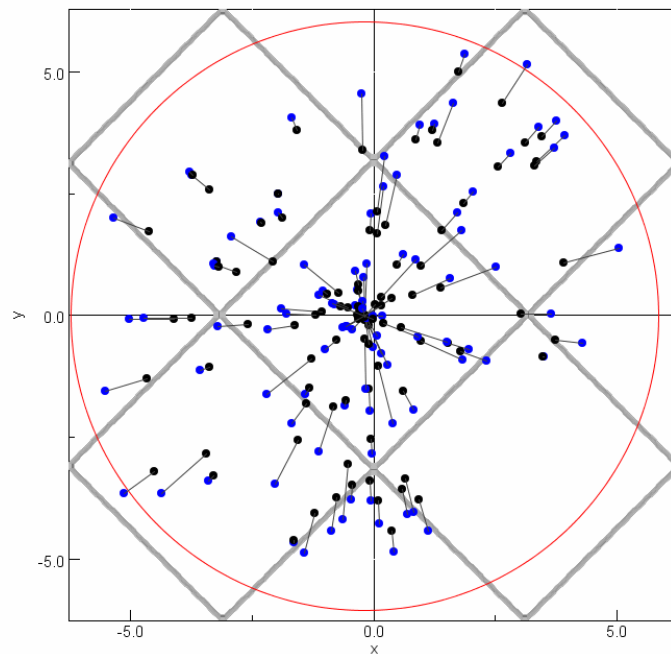
- Executato independentemente para cada subcardume criado. O baricentro é calculado para cada subcardume baseado no peso dos peixes

# dFSS – MOV. COLETIVO VOLITIVO

---

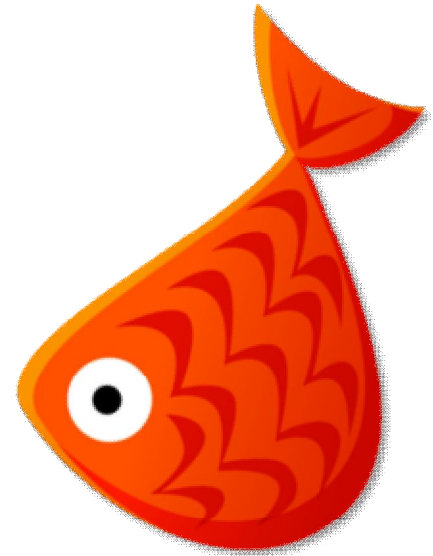
$$\vec{x}_i(t+1) = \vec{x}_i(t) + (1 - \text{decay}_{max}(t))(\vec{B}(t) - \vec{x}_i(t))$$

---





FSS



---

FISH SCHOOL SEARCH

