

Swarm Intelligence (Inteligência Coletiva)

Prof. Luis Otavio Alvares

O que é?

- Qualquer tentativa de projetar algoritmos ou técnicas de resolução distribuída de problemas inspirada pelo comportamento coletivo de insetos sociais e outras sociedades animais [Bonabeau, Dorigo e Theraulaz, 1999]

Qual a origem?

- Construção de colmeias de abelhas ou “casas” de cupins
- abastecimento de alimento em colônias de formigas
- vôo de bandos de pássaros em formação
- cardumes de peixes
-

Cardume



Aves voando



Cupim



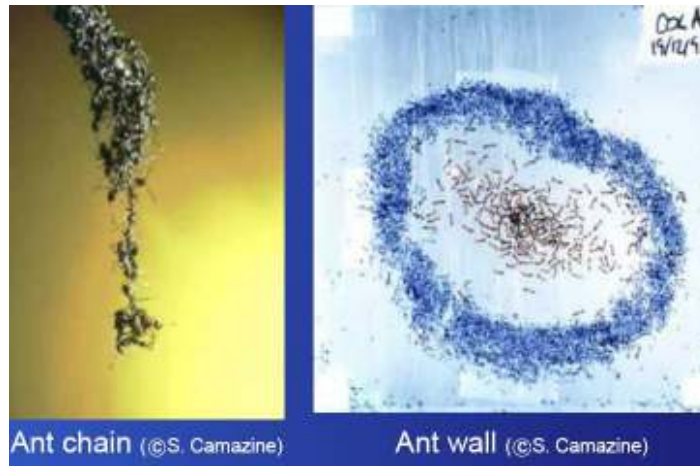
Abelhas



Mais abelhas



Formigas



Marimbondos



O que esses comportamentos têm em comum?

- O controle é totalmente distribuído entre os indivíduos
- comunicação limitada
- o comportamento a nível de sistema transcende o comportamento individual
- a resposta do sistema é robusta e adaptativa em relação a mudanças no ambiente

Tive um sonho....

.....Posso gerar *complexidade* a partir da *simplicidade*: posso colocar os ingredientes anteriores num caldeirão, ferver bem, e obter algoritmos bons, robustos e efetivos para os meus problemas....

... Isso me lembra os alquimistas...

Um projeto baseado em swarm intelligence é:

- Alocar recursos computacionais a um número de unidades simples
- controle descentralizado
- as unidades interagem de modo simples e localizado
- e vou obter um comportamento global útil

Alguns dados sobre insetos sociais

- Insetos sociais:
 - *formigas*
 - *cupins*
 - algumas *abelhas*
 - alguns *marimbondos*
- 10^{18} insetos vivos
- 50% de todos os insetos são formigas
- o peso total das formigas ~ peso total dos humanos
- existem formigas há 100 milhões de anos
- (humanos há 50 mil anos)

Alguns dados sobre as formigas

- Tamanho do formigueiro: de algumas poucas (cerca de 30) formigas até milhões
- divisão do trabalho:
 - reprodução —> rainha
 - defesa —> trabalhadores especializados
 - coleta de alimento —> trabalhadores especializados
 - construção do ninho —> trabalhadores especializados
 - limpeza do ninho —> trabalhadores especializados
 - cuidado dos filhos —> trabalhadores especializados

Alguns comportamentos coletivos interessantes

- Construção e manutenção do ninho
- divisão do trabalho e alocação de tarefas
- descoberta do caminho mais curto entre o ninho e o alimento
- formação de estruturas (ex: lidar com obstáculo)
- agrupamento e classificação (ex: mortos, ovos)
- transporte cooperativo (ex: alimento)

Auto-organização

- A questão central é: como os insetos sociais e outros animais coordenam suas ações para obter um comportamento global surpreendente?
- Estruturas se desenvolvem por um processo de *auto-organização*
- Mas surpreendente não significa eficiente....

- Auto-organização consiste de um conjunto de mecanismos dinâmicos onde aparecem estruturas no nível global como resultado de interações entre os componentes de baixo nível.
- As regras especificando as interações entre os constituintes são executadas baseadas apenas em informação local, sem referência ao padrão global, que é uma propriedade emergente do sistema e não uma propriedade imposta ao sistema por alguma influência externa [Bonabeau et al., 1997]

Características da auto-organização

- Ingredientes básicos:
 - múltiplas interações
 - amplificação de flutuações e aleatoriedade
 - feedback positivo
 - feedback negativo
- Métodos
 - criação de estruturas espaço-temporais (ex: trilhas para o alimento)
 - multiestabilidade (ex: as formigas exploram apenas uma de duas fontes de alimento equivalentes)
 - existência de bifurcações quando alguns parâmetros se alteram (os cupins passam de uma forma não coordenada para uma coordenada apenas se a sua densidade é maior que um certo limite)

Ant Colony Optimisation (ACO) Idéias básicas

Formigas (ants) são *agentes* que:

Se movem entre nodos em um grafo.

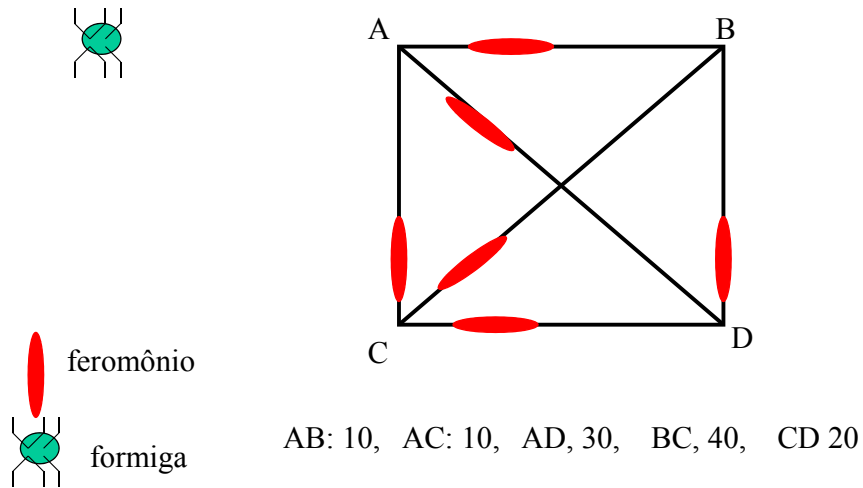
Elas escolhem onde ir baseadas na intensidade do feromônio

O caminho de uma formiga representa uma possível solução para o problema

Quando uma formiga termina um percurso, o feromônio deixado no seu caminho vai afetar o comportamento de outras formigas.

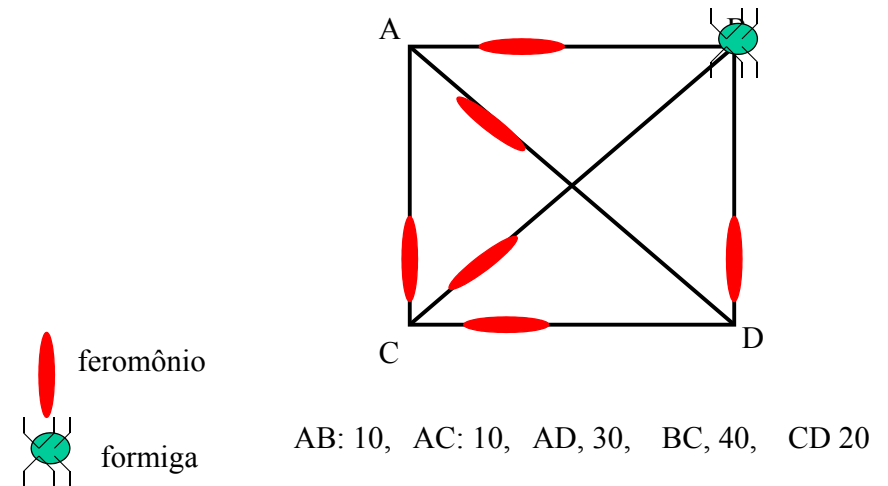
Exemplo: problema do caixeiro viajante com 4 cidades

Inicialmente, níveis aleatórios de feromônio são colocados nas linhas do grafo



Exemplo (cont.)

Uma formiga é colocada aleatoriamente em um nodo

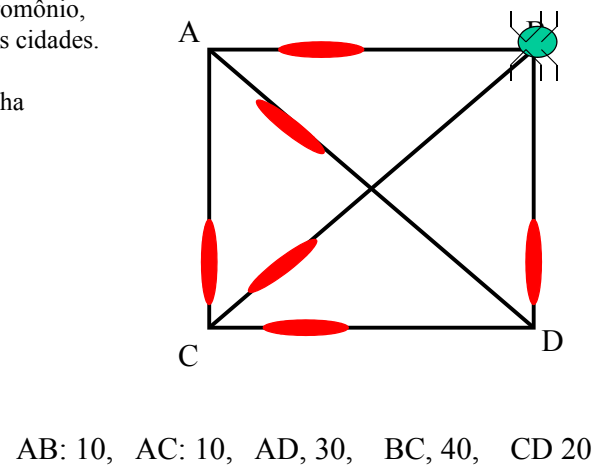


Exemplo (cont.)

A formiga decide onde ir a partir daquele nodo baseada em probabilidades calculadas considerando:

- a intensidade do feromônio,
- distâncias das outras cidades.

Suponha que ela escolha a cidade C

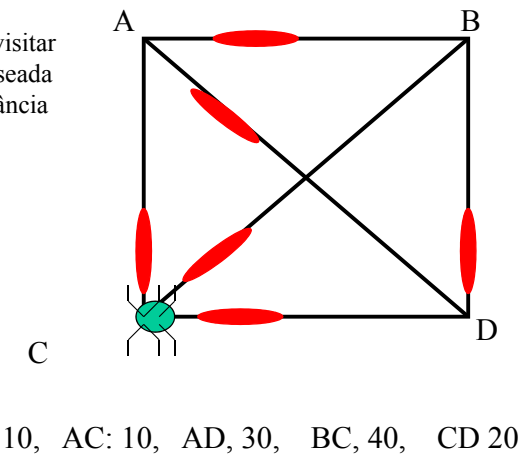


Exemplo (cont.)

A formiga está agora em C

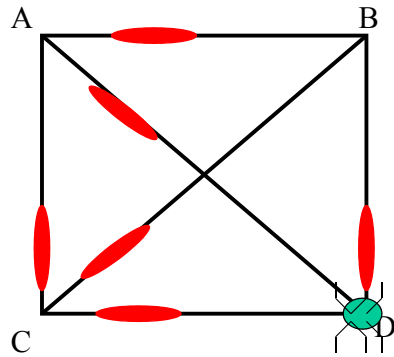
Ela escolhe a próxima cidade a visitar (entre as ainda não visitadas) baseada na força do feromônio e na distância

Suponha que ela escolha D



Exemplo (cont.)

A formiga está agora em D e tem como única opção ir para A, pois é a única cidade não visitada

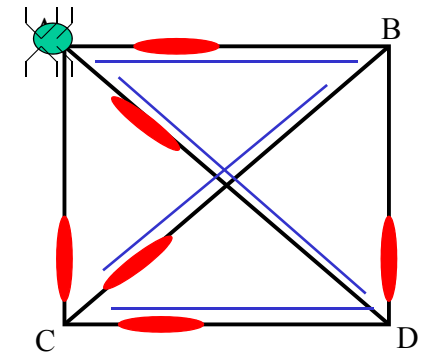


AB: 10, AC: 10, AD: 30, BC: 40, CD 20

Exemplo (cont.)

Portanto, ela terminou o seu trajeto, tendo usado a seguinte rota: BC, CD, and DA. AB é adicionado para completar a rota.

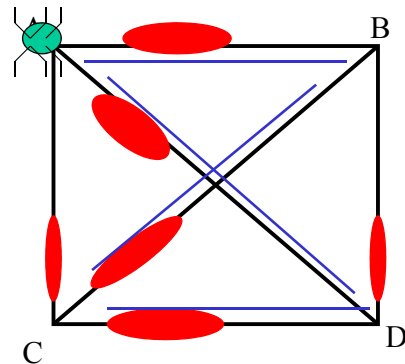
Agora, o feromônio é aumentado, proporcionalmente à avaliação do percurso.



AB: 10, AC: 10, AD: 30, BC: 40, CD 20

Exemplo (cont.)

Em seguida, o feromônio de todas as ligações é decrementado um pouco, modelando o decaimento com o tempo

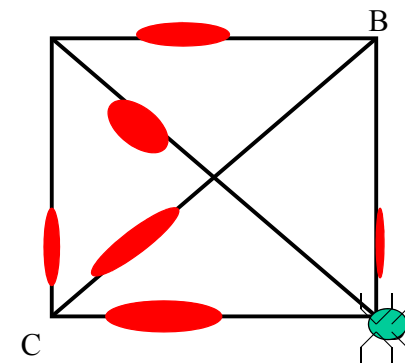


AB: 10, AC: 10, AD: 30, BC: 40, CD 20

Exemplo (cont.)

O ciclo se repete, com outra formiga numa posição aleatória.

Para onde ela vai?



AB: 10, AC: 10, AD: 30, BC: 40, CD 20

Referência WWW para ACO

- <http://iridia.ulb.ac.be/dorigo/ACO/ACO.html>

Referência geral:

- Swarm Intelligence: from natural to artificial systems.
Bonabeau, Dorigo e Theraulaz, Oxford Press, 1999