

Inteligência Artificial

IA Distribuída

Prof. Paulo Martins Engel

Inteligência Artificial Distribuída

- Enquanto estudos clássicos de IA tomam como modelo de inteligência o *comportamento individual humano*, cuja ênfase é colocada em representação de conhecimento e métodos de inferência, o modelo de inteligência utilizada em IAD é baseada no *comportamento social*, sendo que a ênfase é colocada em ações e interações entre agentes.
- A metáfora utilizada em IA clássica é basicamente de origem psicológica, enquanto que aquela utilizada em IAD é de natureza sociológica/etológica.

2

Inteligência Artificial Distribuída

IA Clássica X IA Distribuída

| | | |
|---------------------------------|---|----------------------|
| Comportamento Individual Humano | X | Comportamento Social |
|---------------------------------|---|----------------------|

| | | |
|--------------------|---|------------------|
| Origem Psicológica | X | Origem Etológica |
|--------------------|---|------------------|

3

Características da IAD

- Uma abordagem deste tipo torna-se desejável quando se deseja resolver problemas grandes e complexos, que requeiram conhecimento de vários domínios de conhecimento distintos, e que algumas vezes envolvam coleta de dados fisicamente distribuídos, como por exemplo em sistemas de controle de espaço aéreo.
- Do ponto de vista estritamente computacional, uma abordagem distribuída permite o controle da complexidade, uma operação degradada satisfatória e suporte para evoluções e eventuais replicações.

4

Conceitos básicos da IAD

- Dado um determinado sistema, denomina-se *agente* cada uma de suas entidades ativas.
- O conjunto de agentes forma uma *sociedade*.
- As entidades passivas são designadas pelo termo *ambiente*.
- Um agente raciocina sobre o ambiente, sobre os outros agentes e decide racionalmente quais objetivos deve perseguir, quais ações deve tomar etc.
- A utilização do termo agente pressupõe portanto uma noção subjacente de autonomia.
- De fato, o termo ativo tem como objetivo sinalizar que o conceito de agente não corresponde a noções estáticas como módulos, conjunto de regras e bases de conhecimento, sem que a estas esteja intimamente relacionado um mecanismo de controle para a sua ativação.

5

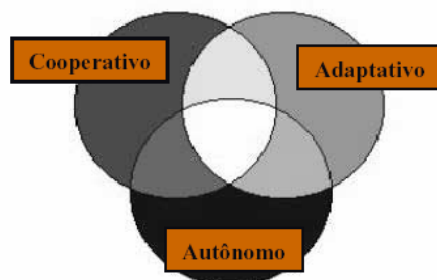
O que é um agente?

- é uma entidade **real** ou **virtual**
- que está inserida em um **ambiente**
- que pode **perceber** o seu ambiente
- que pode **agir** no ambiente
- que pode se **comunicar** com outros agentes
- que tem um comportamento **autônomo**, consequência de suas observações, de seu conhecimento e de suas interações com os outros agentes

6

Características de Agentes

- Autonomia
- Cooperação
- Adaptação



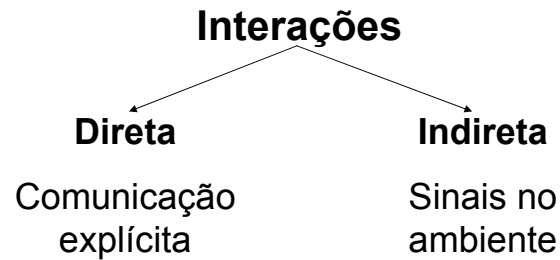
7

Outras características de agentes

- Continuidade temporal
- Mobilidade
- Reatividade
- Pró-atividade
- Aprendizagem
- Cooperação
- ...

8

Inteligência Artificial Distribuída



- Primitivas de comunicação
- Organização

9

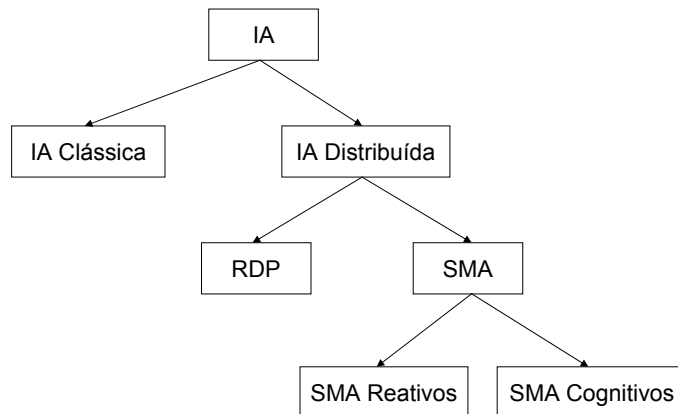
Sub-áreas da IAD

A IAD se divide em duas sub-áreas:

- A Resolução Distribuída de Problemas (RDP)
- Os Sistemas Multiagentes (SMA)

10

Ramos da IAD



11

RDP

- A motivação inicial de uma resolução distribuída de problemas é um *problema inicial preciso* que deve ser solucionado.
- A estratégia de resolução apresenta as seguintes características:
- O problema é resolvido por um conjunto de agentes, fisicamente distribuídos em diversas máquinas conectadas via rede.
- Tais agentes são concebidos para solucionar um determinado problema particular (mesmo objetivo);
- Uma organização destes agentes é então concebida para restringir o comportamento destes agentes.
- Tal organização, na maioria dos casos, é completamente definida durante a fase de concepção do sistema;

12

RDP

- A interação entre os agentes é realizada por troca de mensagens, ou por meio do compartilhamento de dados comuns.
- Os agentes são executados de modo concorrente, para aumentar a velocidade de resolução;
- Os agentes cooperam, dividindo entre si as diversas partes do problemas original (sub-problemas, tarefas), ou podem até mesmo aplicar diferentes estratégias de resolução para uma mesma tarefa;
- Existe a noção de um *controle global*, na maior parte dos casos implícito aos agentes, que garante um comportamento global coerente do sistema, conforme a organização inicialmente prevista.

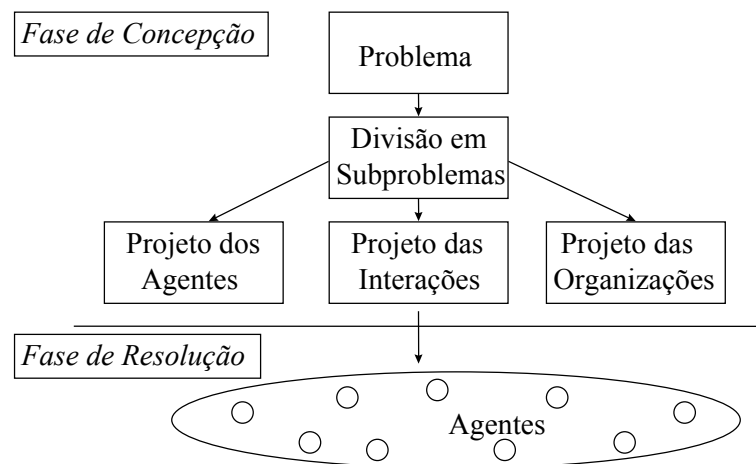
13

Resolução Distribuída de Problemas

- Problema pré-definido
- Agentes não existem a priori
- Agentes específicos para partes do problema
- Noção de controle global
- Estruturas das iterações definidas previamente

14

Abordagem RDP



15

SMA

- A área de SMA se interessa pelo estudo de agentes *autônomos* em um universo Multiagentes.
- O termo autônomo significa que os agentes têm uma existência própria, independente da de outros agentes (interesses próprios).
- Como não existe um problema definido a priori que o sistema deve resolver, o objetivo da área é estudar modelos genéricos a partir dos quais podem-se conceber agentes, organizações e interações, de modo a poder instanciar tais conceitos quando se deseja resolver um problema particular.
- Dito de um outro modo, o objetivo é conceber os meios a partir dos quais pode-se assegurar que agentes desejem cooperar e efetivamente o façam, com o intuito de resolver um problema específico quando este for apresentado ao sistema.

16

Características dos SMA

- Os agentes são concebidos independentemente de um problema particular a ser resolvido.
- O projeto de um agente deve resultar numa entidade capaz de realizar um determinado processamento, e não numa entidade capaz de realizar este processamento exclusivamente no contexto de uma aplicação particular;
- A concepção das interações também é realizada independentemente de uma aplicação alvo particular.
- Busca-se desenvolver protocolos de interação genéricos, que possam ser reutilizados em várias aplicações similares.
- Um exemplo de um tal protocolo seria, por exemplo, um protocolo de apresentação de um agente quando este ingressa numa sociedade.

17

Características dos SMA

- A mesma filosofia anterior pode ser estendida ao projeto das organizações.
- Normalmente, se distingue as funcionalidades necessárias a uma resolução particular dos agentes que irão efetivamente implementar tais funcionalidades;
- Durante a fase de resolução, os agentes utilizam suas representações locais dos protocolos de interação e das organizações para raciocinar e agir.
- Deste modo, não existe um controle global do sistema, este é implementado de forma totalmente descentralizada nos agentes.

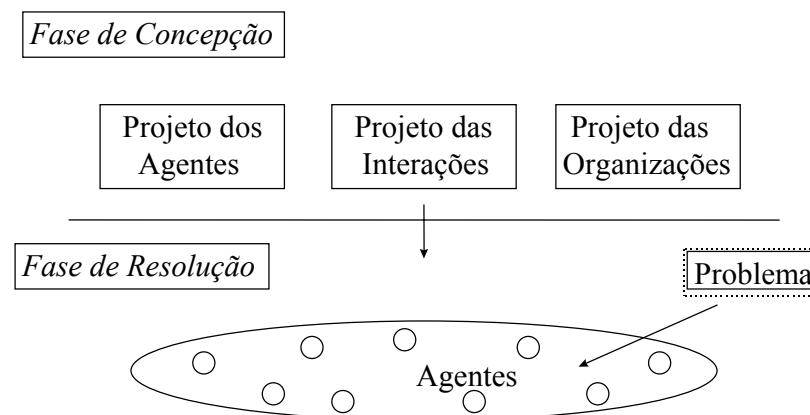
18

Sistemas Multiagentes

- Modelos genéricos
- Existência dos agentes independe do problema
- Agentes autônomos
- Coordenação genérica sem controle global
- Primitivas básicas a serem instanciadas

19

Abordagem SMA



20

Exemplos

- Jogos de computador
- Controle de redes de energia elétrica
- Interpretação de linguagem natural
- Simulação
- Assistentes pessoais
- Comércio eletrônico
- Tutores inteligentes
- ...

21

Mudança de Paradigma

Passa-se de uma abordagem global para uma abordagem baseada em agentes (individual)

22

Características de domínios típicos

- Dados distribuídos
- Controle distribuído
- Diversidade de conhecimento
- Decomposição da tarefa global
- Multiplicidade de funções
- Certo grau de autonomia

23

Vantagens

- Adaptabilidade
- Tolerância a falhas
- Modularidade
- Eficiência

24

Problemas

- Comunicação
- Divergência
- Inexistência de metodologia

25

Tipos de SMA

Agentes Cognitivos

- representação explícita
- têm histórico
- comunicação direta
- controle deliberativo
- organização social
- poucos agentes

Agentes Reativos

- representação implícita
- não têm histórico
- comunicação indireta
- controle não deliberativo
- organização etológica
- muitos agentes

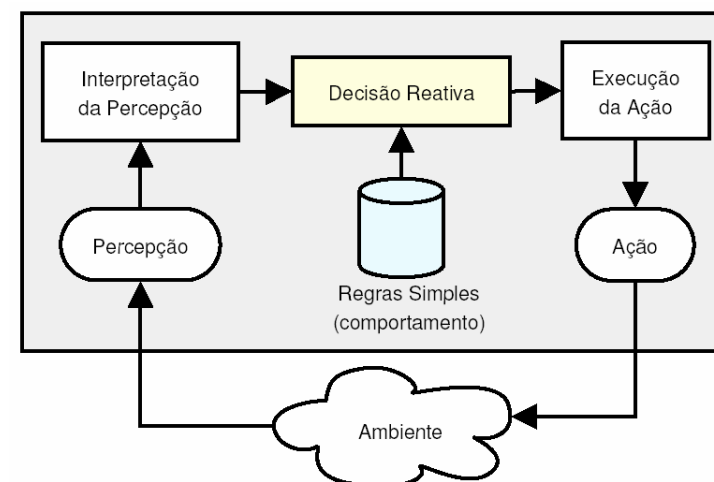
26

Características dos agentes reativos

- Não há representação explícita do ambiente nem de outros agentes
- Não há memória das ações (histórico)
- Organização etológica
- Comportamento simples do tipo estímulo-resposta
- Comunicação através do ambiente pela propagação de sinais

27

Arquitetura Reativa



28

Exemplos de Modelos de SMA Reativos

- Funcionalidade Emergente (Luc Steels)
- Eco-resolução (Jacques Ferber)

29

Modelo da Funcionalidade Emergente

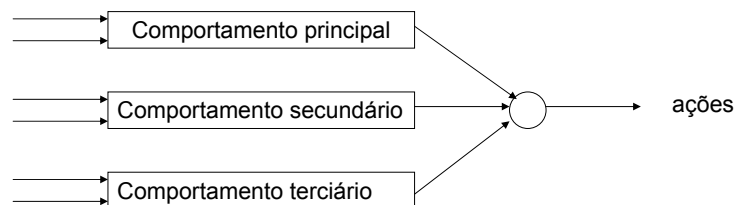
- Sistema com muitos componentes simples pode exibir um comportamento mais organizado que as partes individuais
- Novas funcionalidades podem emergir da iteração entre os agentes
- Decomposição do controle em módulos com prioridades

30

Funcionalidade Emergente – Estrutura de Funcionamento

- Hierarquia de prioridade entre os comportamentos

Arquitetura de Subsunção (Brooks 86)



- Cada módulo é um autômato de estado finito
- Realização de vários robôs reais

31

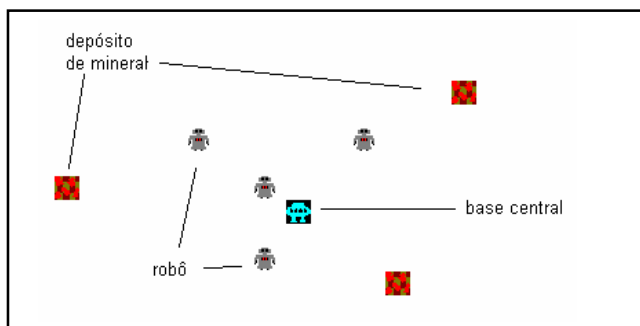
Funcionalidade Emergente – Exemplo dos Robôs Mineradores

- Exemplo clássico de funcionalidade emergente (Steels 1990)
- O objetivo é que os robôs levem todos os minerais para uma base central
- A base emite um sinal decrescente com a distância
- As amostras encontram-se em depósitos

32

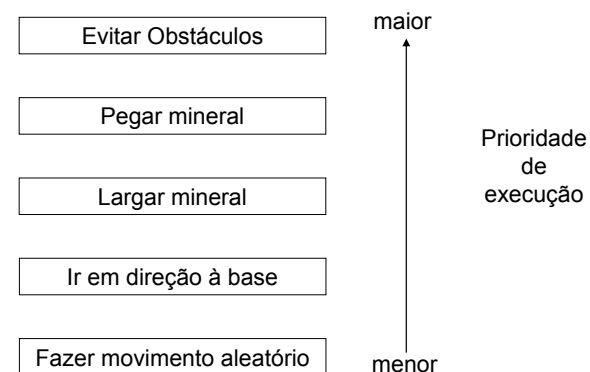
Exemplo: robôs mineradores (Steels)

Um conjunto de robôs deve procurar e coletar minerais e levá-los para a base central.



33

Exemplo dos Robôs Mineradores – Comportamentos Previstos



34

Observações:

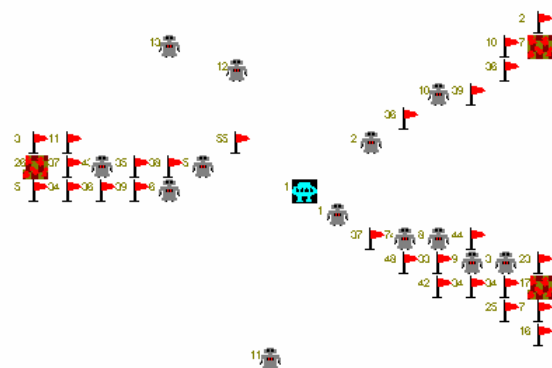
- O robô não apresenta nenhuma forma de cooperação
- Não permite retornar ao local da jazida de mineral
- Como melhorar isto?

35

Robô 2

- 1- Evitar obstáculo
- 2- Se perceber um mineral e não estiver carregado, pegá-lo
- 3- Se perceber a base central e estiver carregado, descarregar
- 4- Se estiver carregado, seguir maior gradiente, **deixando uma pista**
- 5- Se encontrar uma pista e estiver descarregado, seguir na direção do menor gradiente
- 6- Realizar movimento aleatório

36



37

Eco-Resolução

- Técnica de resolução de problemas
- Um problema é decomposto em um conjunto de eco-agentes
- Cada eco-agente possui um **objetivo** (atingir um estado de satisfação) e dois comportamentos gerais:
 - de **satisfação**: procura atingir seu estado de satisfação
 - de **fuga**: de outro agente que o está “agredindo”

38

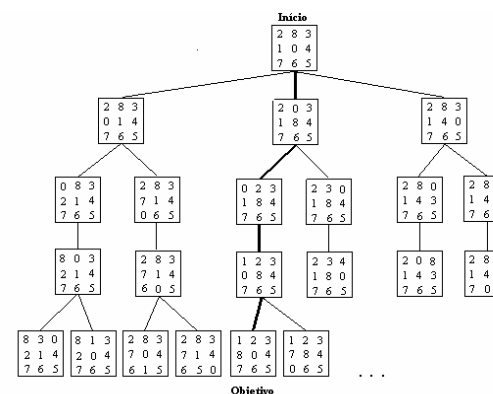
Eco-resolução – Exemplo do Quebra-cabeça dos 8

- Cada peça é um agente
- Escolha dos movimentos de cada peça:
 - Distância do objetivo
 - Distância do branco



39

Abordagem clássica

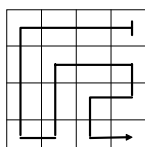


- abordagem clássica: orientada a estados (algoritmo A* e variantes)
- limitada

40

Exemplo: Quebra-cabeça de 8 (cont.)

- Mudança de enfoque para abordagem **orientada a agentes**
- cada peça será um agente
- a escolha do movimento de uma peça (agente) será baseada:
 - na distância do seu objetivo
 - na distância do “branco”
- ordem de resolução:



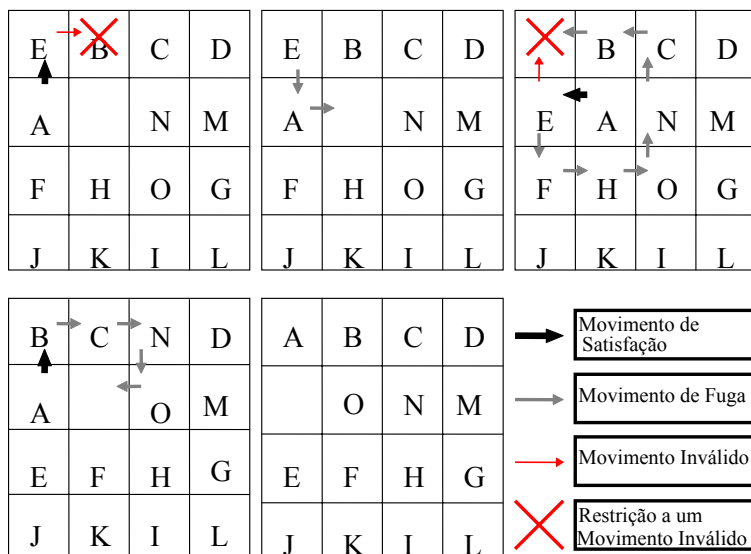
41

Exemplo: Quebra-cabeça de 8 (cont.)

- **Comportamento de satisfação:** ir para a casa mais próxima do objetivo. Se houver duas casas equidistantes, ir para a mais próxima do branco.
 - **Comportamento de fuga:** ir para o seu objetivo, se for adjacente. Senão, ir para a casa mais próxima do branco.
- Se houver duas casas equidistantes, ir para a mais próxima do seu objetivo.
- Restrições:** não ir para a casa que é a do agressor e não ir para a casa que é o objetivo do antecessor do agressor na ordem de preenchimento.

42

Problema do canto



43

Exemplo: Quebra-cabeça de 8 (cont.)

- Resultados experimentais até 899 peças (30x30) (Drogoul 93)
- Validade para qualquer tamanho de jogo
- Validade mesmo para tabuleiro retangular

44