

Computação Natural

Conceitos Gerais

Gisele L. Pappa

Introdução

- Computação natural é uma área interdisciplinar e multidisciplinar, que envolve conceitos e modelos da química, física e biologia.
 - Mesmo conceito pode ter diferentes significados em cada uma dessas áreas.

Modelos e Metáforas

- O que é um modelo?
- O que é uma metáfora?

Modelos

- O que é um modelo?
 - “Abstração de um sistema do mundo real ou a implementação de hipóteses para investigar questões específicas ou para demonstrar características particulares de um modelo...” [Trappenberg 2002]
 - “Modelos estão entre o mundo real e as teorias e suposições sobre o mundo [Peck 2004]”

Modelos

- O que é um modelo?
 - Uma descrição (esquemática) de um sistema, teoria ou fenômeno, que leva em consideração suas propriedades conhecidas ou inferidas, que podem mais tarde ser utilizadas para estudar mais a fundo suas características
- Quanto mais complexo o sistema a ser modelado, maior o número de simplificações

Modelos

- Em computação natural, modelos computacionais são geralmente simples de entender, mas ricos o suficiente para gerar comportamentos (emergentes) interessantes, úteis e significantes
- Ao criar um modelo, selecionam-se as **características e leis que governam o comportamento do fenômeno** sendo estudado
 - Em Computação Natural, essa seleção é guiada por metáforas

Metáfora

- Metáfora (do grego transferência): Emprego de uma palavra em sentido diferente do próprio por analogia ou semelhança [Dic. Michaelis]
 - Redes Neurais - seguem os mesmos princípios básicos do cérebro humano
 - Sistemas imunológicos artificiais para criar um sistema imunológico para o computador ?

Conceitos Gerais

- A grande maioria dos modelos de computação natural compartilha um conjunto de características (conceitos) gerais

Conceitos Gerais

- Observem os seguintes modelos construídos com o software NetLogo (<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>)
- Características?
 - Como elas podem ser aproveitadas em sistemas computacionais?

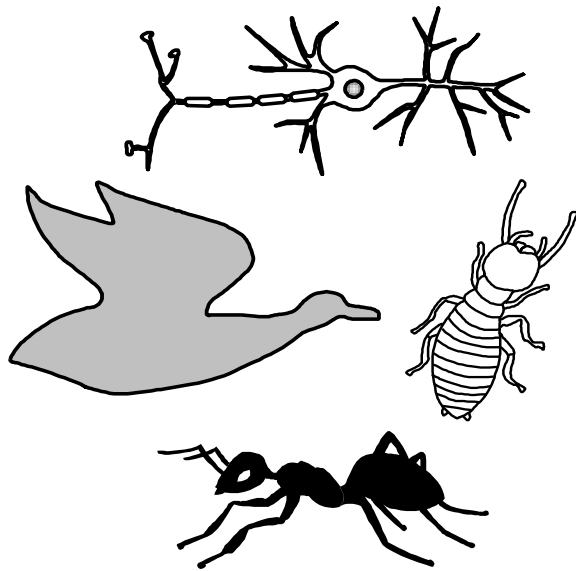
Conceitos Gerais

- Coletividade *versus* agentes
- Processamento paralelo e distribuído
- Interação
- Adaptação
- *Feedback*
- Auto-organização
- Emergência (*emergence*)

Indivíduos, Entidades, Agentes

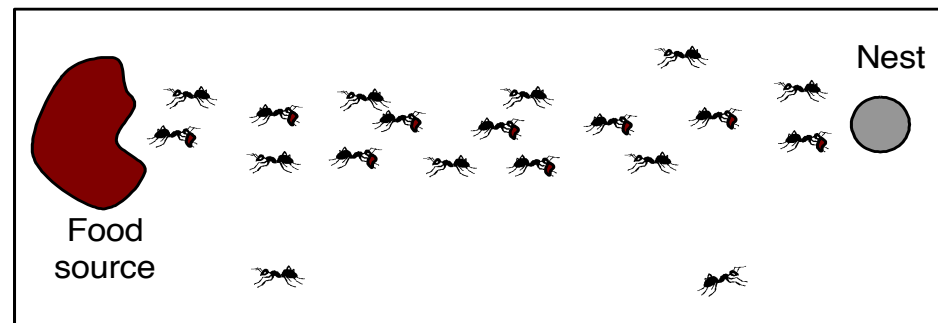
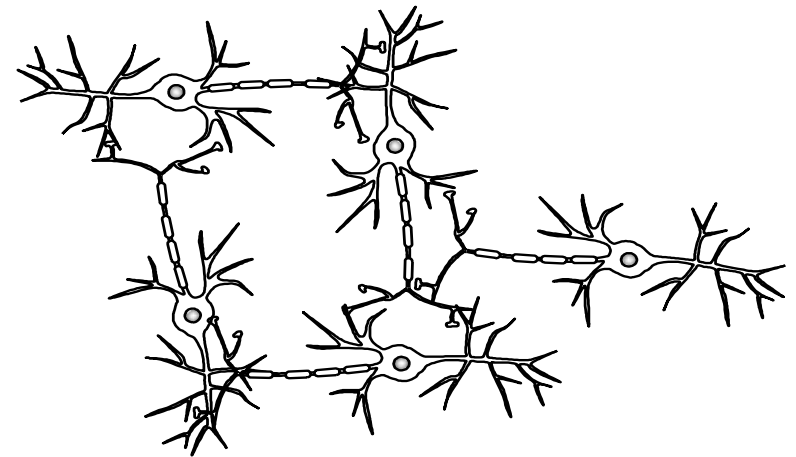
- A maioria dos métodos que iremos estudar estão baseadas em **coletividade**
 - populações de indivíduos
 - sociedades de insetos
 - bandos de pássaros
 - redes de neurônios, etc
- Compostos por **agentes**
 - Possuem um grau mínimo de autonomia e identidade
 - Capazes de agir sobre si mesmos e o ambiente
 - Capazes de se comunicar com o ambiente

Indivíduos, Entidades, Agentes



Paralelismo e “processamento” distribuídos

- Na natureza, processamento paralelo e distribuído é evidente
 - processamento do cérebro,
 - sociedades de insetos
 - respostas imunes,
 - evolução de espécies, etc



Interação

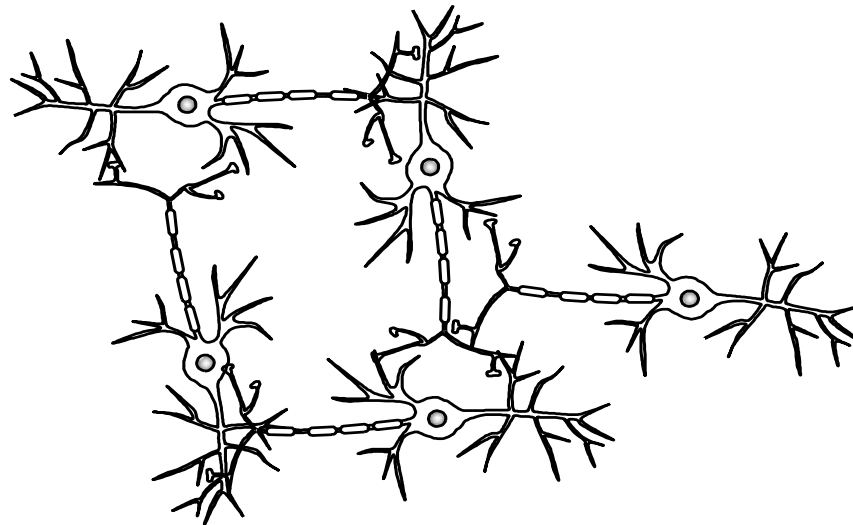
- Mais variados tipos:
 - reprodução, simbiose (competição, predador-presa, parasitas), canais de comunicação...
- Forma importante da natureza gerar e manter vida
 - Ex: quando um gene é desligado, outro assume sua função
- Interação pode ser **direta** ou **indireta**.
- Exemplo de interação:
 - Por feromônio (trilhas de hormônios deixadas pelas formigas, por exemplo) - indireto
 - Contato físico (por meio das antenas) - direto

Interação

- Existem 2 tipos importantes de interação

1. Conectividade (direta)

- Informação é codificada através dos nós e conexões de uma rede de elementos básicos

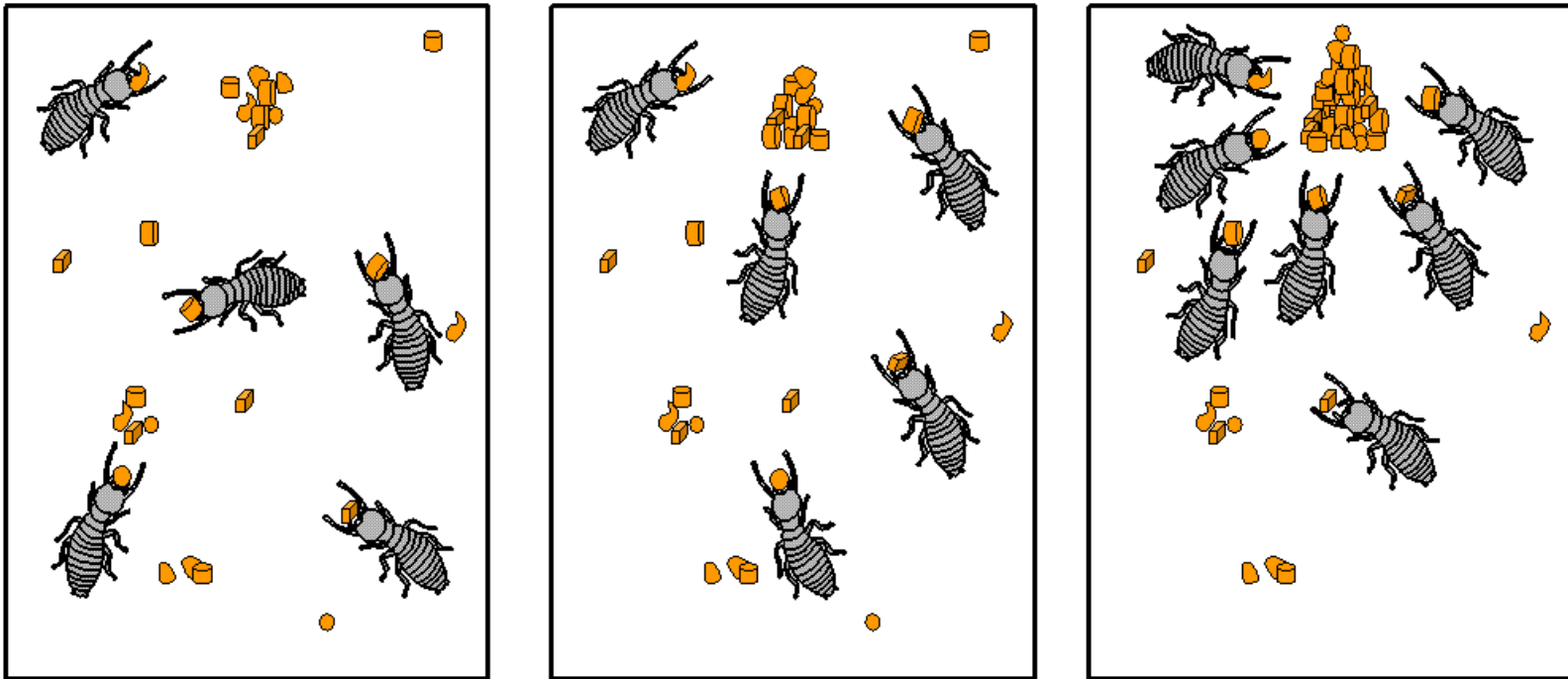


Interação

2. **Estigmergia** (*stigmergy*) – (indireta)

- Mecanismo que relaciona comportamentos individuais e coletivos
- Comportamentos individuais modificam o ambiente, que por sua vez modificam o comportamento de outros indivíduos
- Auto-organização aparece de acordo com o grau de intensidade das relações de stigmergia

Estigmergia



- Organização e coordenação

Adaptação

- Capacidade do sistema de mudar suas respostas a estímulos de acordo com o ambiente
- 2 tipos principais de adaptação:
 - **Aprendizado:**
 - Ato ou processo de se ganhar conhecimento, compreensão ou habilidade através de experiência, estudo ou interações
 - **Evolução**
 - Acontece quando um indivíduo ou uma população de indivíduos se reproduz (herança) e sofre variações genéticas

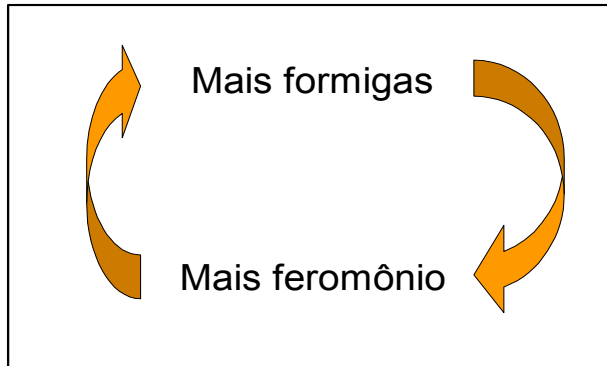
Aprendizado

- Mudanças gradativas de comportamento de um sistema
- Para aprender, não necessariamente necessitamos de consciência
 - Insetos aprendem a buscar comida
 - Sistema imunológico aprende a combater agentes causadores de doenças

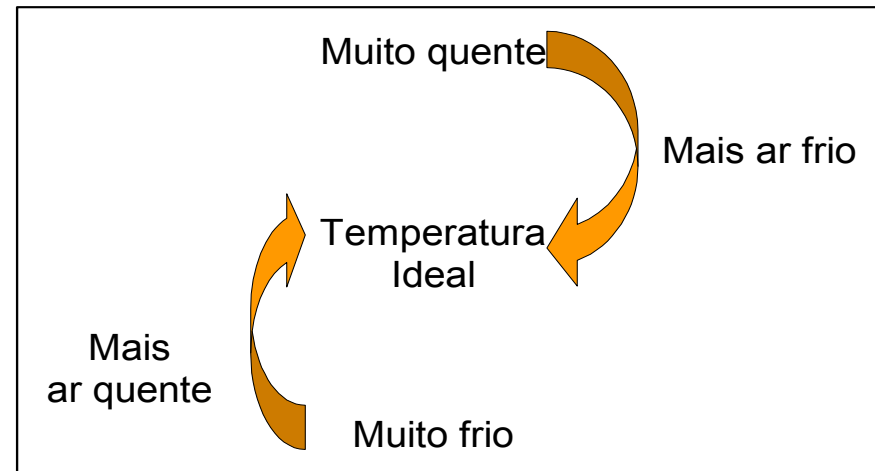
Feedback

- Acontece quando a resposta a um estímulo tem algum tipo de efeito no estímulo original
- Tipos de feedback:
 - **Negativo**: a resposta diminui o estímulo original
 - **Positivo**: a resposta eleva o estímulo original

Feedback



Positivo



Negativo

Auto-organização

- Auto-organização (*Self-Organization*)
 - formigas agindo coletivamente para obter comida
 - células agindo em conjunto para gerar uma resposta imune, etc
- Todos esses são exemplos de **organização espontânea**
- Formação de padrões ocorre através de interações internas do sistemas, sem intervenção direta do meio externo

Auto-organização

- Não afeta apenas o padrão de comportamento de sistemas
 - Pode também **definir padrões** tais como forma
 - Polígonos que formam o casco da tartaruga
- Características da auto-organização
 - Coletividade e interatividade
 - Dinâmica
 - Padrões emergentes
 - Não-linearidade (interações resultam em novas propriedades que não podem ser explicadas apenas somando contribuições individuais)
 - Complexidade
 - Baseada em regras
 - Feedback

Complexidade

- Um sistema complexo é aquele que:
 - possui um grande número de componentes interagindo
 - apresenta atividade não-linear
 - é auto-organizável
- Para entender sistemas complexos, não basta estudar sua organização interna. Precisamos também entender:
 - O sistema em si
 - Como suas partes interagem entre si e com o ambiente

Emergência (*emergence*)

- A capacidade do inteiro não estar presente e nem poder ser diretamente derivada de nenhuma das partes
 - uma partícula de água não é uma nuvem
 - um neurônio não tem consciência

Referências

- T. Tappenberg (2002), Fundamentals of Computational Neuroscience, Oxford University Press
- S. L. Peck (2004), Simulation as Experiment: A Philosophical Reassessment for Biological Modelling, Trends in Ecology and Evolution, 19(10), pp. 530-534
- <http://fcampelo.github.io/EC-Bestiary/>

Agradecimento

- Alguns desses slides foram retirados do livro “Fundamentals of Natural Computing”, de Leandro Nunes de Castro