



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR CIÊNCIA E TECNOLOGIA - BICT  
INTELIGENCIA ARTIFICIAL

BEATRIZ PINHEIRO DE AZEVEDO - 2022023275

LUIS DA ASSUNÇÃO MAFRA MOURA - 2019050691

MARCELO ADRIEL CÂMARA ALMEIDA - 2020002392

MARIA EDUARDA PEREIRA LIMA - 2023033937

**RELATÓRIO DO PROJETO 1:**  
**MODELO DE AMBIENTE MULTI-AGENTES**

SÃO LUÍS - MA

2023

<b>Resumo.....</b>	<b>2</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>3</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>4</b>
<b>Análise e Discussão.....</b>	<b>5</b>
Modificações.....	5
1. Adição de Novas Raças de Agentes:.....	5
2. Novas Variáveis para Patches:.....	5
3. Novas Variáveis para Food-Carriers:.....	5
4. Novas Variáveis para Soldados:.....	5
5. Novas Variáveis para Predadores:.....	6
6. Adição de Obstáculos:.....	6
7. Comportamento dos Soldados:.....	6
8. Comportamento dos Predadores:.....	6
9. Comportamento dos Transportadores de Comida:.....	7
Resultados.....	7
1. Transportadores de Comida:.....	7
2. Soldados:.....	7
3. Predadores:.....	8
4. Ambiente:.....	8
Gráficos e Capturas de Tela.....	8
<b>Conclusão.....</b>	<b>9</b>

## Resumo

Este relatório apresenta o desenvolvimento e análise de um modelo baseado em agentes reativos no ambiente de simulação NetLogo, inspirado no comportamento de formigas. O objetivo foi explorar conceitos de Inteligência Artificial, como comportamento emergente, auto-organização e adaptação, por meio da modificação de um modelo original. As alterações introduziram novos agentes — transportadores de comida, soldados e predadores —, além de elementos ambientais, como obstáculos e feromônios para comunicação.

As simulações demonstraram a capacidade dos agentes de interagir e se adaptar ao ambiente, revelando dinâmicas emergentes interessantes. Transportadores de comida mostraram-se eficientes na busca e no transporte de recursos, enquanto soldados foram fundamentais para proteger o sistema contra predadores. Predadores adicionaram pressão seletiva, incentivando a adaptação dos agentes.

A adição de obstáculos aumentou a complexidade do modelo, destacando a resiliência do sistema frente a desafios ambientais. Os resultados apontam que a interação entre agentes e ambiente gera comportamentos coletivos robustos e eficientes, que podem ser expandidos em estudos futuros com a introdução de novos agentes e mecanismos de aprendizado. O trabalho evidencia a interdisciplinaridade ao integrar conceitos de biologia, sistemas multiagentes e inteligência artificial em uma simulação rica e educativa.

# Introdução

Este trabalho baseia-se no conceito de agentes reativos, que são entidades computacionais simples que selecionam ações com base somente na percepção atual. Isto é, esses agentes não seguem um plano pré-definido, mas tomam decisões rápidas com base em regras simples, o que leva a comportamentos inesperados e dinâmicos durante a interação entre eles. Esse tipo de abordagem é normalmente utilizada para simular sistemas complexos, como ecossistemas, interações sociais ou dinâmicas biológicas, onde as ações individuais dos agentes geram efeitos coletivos significativos. Com base nesse conceito de agente reativo, utilizou-se a plataforma o Netlogo, que é uma linguagem de programação com foco em modelagem computacional e simulações. Por ser baseado em agentes, é possível criar e explorar modelos que seriam difíceis ou caros de reproduzir experimentalmente com Netlogo, utilizando uma interface gráfica para modificar parâmetros e observar os resultados em tempo real. A simulação, inspirada no comportamento de formigas, demonstra como os agentes interagem com os desafios do ambiente.

No modelo desenvolvido, as modificações feitas envolvem a interação entre formigas e predadores em um único ambiente com recursos escassos, presença de obstáculos e feromônios para comunicação. O modelo foi projetado com o objetivo de analisar o comportamento de coleta de recursos por agentes reativos, representados pelas formigas, enquanto enfrentam ameaças dos predadores e obstáculos. As propriedades individuais de cada agente, como sensibilidade aos feromônios, alcance de comunicação e probabilidade de sucesso na caça, foram incorporadas para observar como interações individuais e comportamentos adaptativos afetam o desempenho do coletivo. Além disso, o modelo inclui dinâmicas de regeneração de recursos e evaporação de feromônios, simulando a sustentabilidade do sistema ao longo do tempo.

O objetivo deste relatório é explicar as alterações feitas no código original e analisar como essas mudanças afetaram o comportamento das formigas no modelo. Isso envolve analisar como as modificações feitas e características alteram a dinâmica de interações entre as formigas, a coleta de recursos, a superação de obstáculos e a resposta aos predadores. Também busca-se entender como aspectos específicos, como a sensibilidade ao feromônio e a capacidade de comunicação, afetam a eficiência das formigas na busca por alimentos e na adaptação às condições desafiadoras do ambiente.

## Objetivos

O objetivo desta atividade foi explorar os conceitos de Inteligência Artificial (IA) e modelagem baseada em agentes, aplicando-os a um modelo de formigas no NetLogo. O modelo original simulava o comportamento de formigas buscando alimento e retornando ao ninho, utilizando um sistema de feromônios para orientar o comportamento coletivo. A atividade consistia em modificar o código fornecido para incorporar novos comportamentos, elementos ambientais e mecanismos de interação, visando analisar o impacto dessas mudanças no comportamento emergente da simulação.

Os conceitos teóricos envolvidos incluem:

- **Comportamento emergente:** O surgimento de padrões complexos a partir de interações simples entre agentes.
- **Auto-organização:** A capacidade do sistema de se organizar sem controle centralizado.
- **Adaptação:** A habilidade dos agentes de ajustar seu comportamento com base em informações do ambiente.
- **Modelagem baseada em agentes:** Uma abordagem para simular sistemas complexos, onde os agentes interagem localmente para produzir resultados globais.

## Análise e Discussão

### Modificações

As principais modificações realizadas no código original foram:

#### 1. Adição de Novas Raças de Agentes:

- o **Transportadores de Comida (food-carriers):** Responsáveis por buscar e transportar alimentos.
- o **Soldados (soldiers):** Protegem os transportadores de comida contra predadores.
- o **Predadores (predators):** Caçam os transportadores de comida e são combatidos pelos soldados.

<pre>breed [food-carriers food-carrier] ;; Transportadores de comida breed [soldiers soldier]          ;; Soldados breed [predators predator]        ;; Predadores</pre>
--

#### 2. Novas Variáveis para Patches:

- o **obstacle?:** Indica se o patch é um obstáculo.

```
patches-own [  
  obstacle?      ;; true se for um obstáculo  
]
```

### 3. Novas Variáveis para Food-Carriers:

- o **food-carried**: Quantidade de comida carregada.
- o **scent-sensitivity**: Sensibilidade ao cheiro químico.
- o **communication-range**: Distância de comunicação entre transportadores.

```
food-carriers-own [  
  food-carried    ;; quantidade de comida carregada  
  scent-sensitivity ;; sensibilidade ao cheiro químico  
  communication-range ;; distância de comunicação  
]
```

### 4. Novas Variáveis para Soldados:

- o **in-combat?**: Indica se o soldado está em combate.

```
soldiers-own [  
  in-combat?      ;; indica se o soldado está em combate  
]
```

### 5. Novas Variáveis para Predadores:

- o **hunger**: Nível de fome do predador.
- o **predation-success**: Probabilidade de sucesso ao caçar.

```
predators-own [  
  hunger          ;; nível de fome do predador  
  predation-success ;; probabilidade de sucesso ao caçar  
]
```

### 6. Adição de Obstáculos:

- o Obstáculos foram adicionados aleatoriamente ao ambiente para aumentar a complexidade.

```
to setup-obstacles  
  ask patches with [random-float 1 < 0.1] [  
    set obstacle? true  
  ]  
end
```

### 7. Comportamento dos Soldados:

- o Soldados procuram predadores próximos e entram em combate com eles.

```

to fight [target]
  set in-combat? true
  if random 100 < 70 ;; 70% de chance de derrotar o predador
  [
    ask target [ die ] ;; Eliminar o predador
    set in-combat? false
  ]
end

```

## 8. Comportamento dos Predadores:

- o Predadores caçam transportadores de comida e são combatidos por soldados.

```

to hunt
  let prey one-of food-carriers with [food-carried = 0]
  let guard one-of soldiers in-radius 5
  if guard != nobody [
    set predation-success predation-success * 0.5
    rt random 60
    fd 1
    stop
  ]
  if prey != nobody and distance prey < 5 [
    face prey
    move-to prey
    set hunger hunger + 1
    ask prey [ die ]
  ]
  if hunger > 5 [ die ]
  rt random 60
  fd 1
end

```

## 9. Comportamento dos Transportadores de Comida:

- o Transportadores de comida comunicam informações sobre fontes de alimento para outros transportadores.

```

to return-to-nest
  ifelse nest?
  [ set color red
    set food-carried 0
    rt 180 ]
  [ set chemical chemical + 60
    uphill-nest-scent ]
  ask food-carriers with [food-carried = 0]

```

```

[ let nearby-food-carrier one-of food-carriers with [food-carried > 0]
  if nearby-food-carrier != nobody and distance nearby-food-carrier < communication-range [
    set scent-sensitivity scent-sensitivity + 0.2
  ]
]
end

```

---

## Resultados

### Comportamento Observado

#### 1. Transportadores de Comida:

- o Os transportadores de comida buscaram alimentos e retornaram ao ninho, deixando feromônios para orientar outros transportadores.
- o A comunicação entre transportadores melhorou a eficiência na busca por alimentos.

#### 2. Soldados:

- o Soldados protegeram os transportadores de comida, reduzindo a taxa de predação.
- o O combate entre soldados e predadores foi eficaz, com uma taxa de sucesso de 70%.

#### 3. Predadores:

- o Predadores caçaram transportadores de comida, mas foram combatidos por soldados.
- o O nível de fome dos predadores aumentou gradualmente, e alguns morreram por inanição.

#### 4. Ambiente:

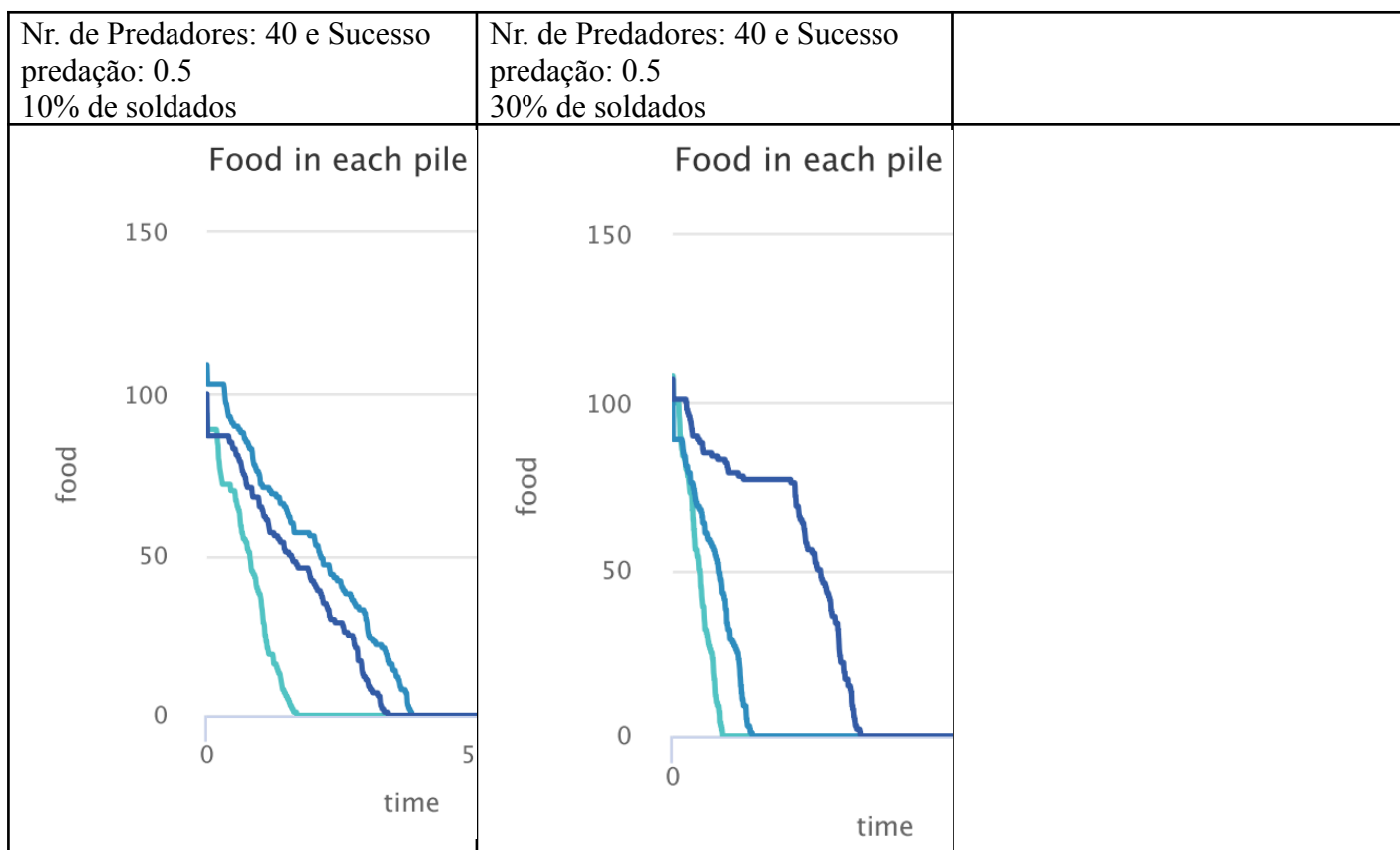
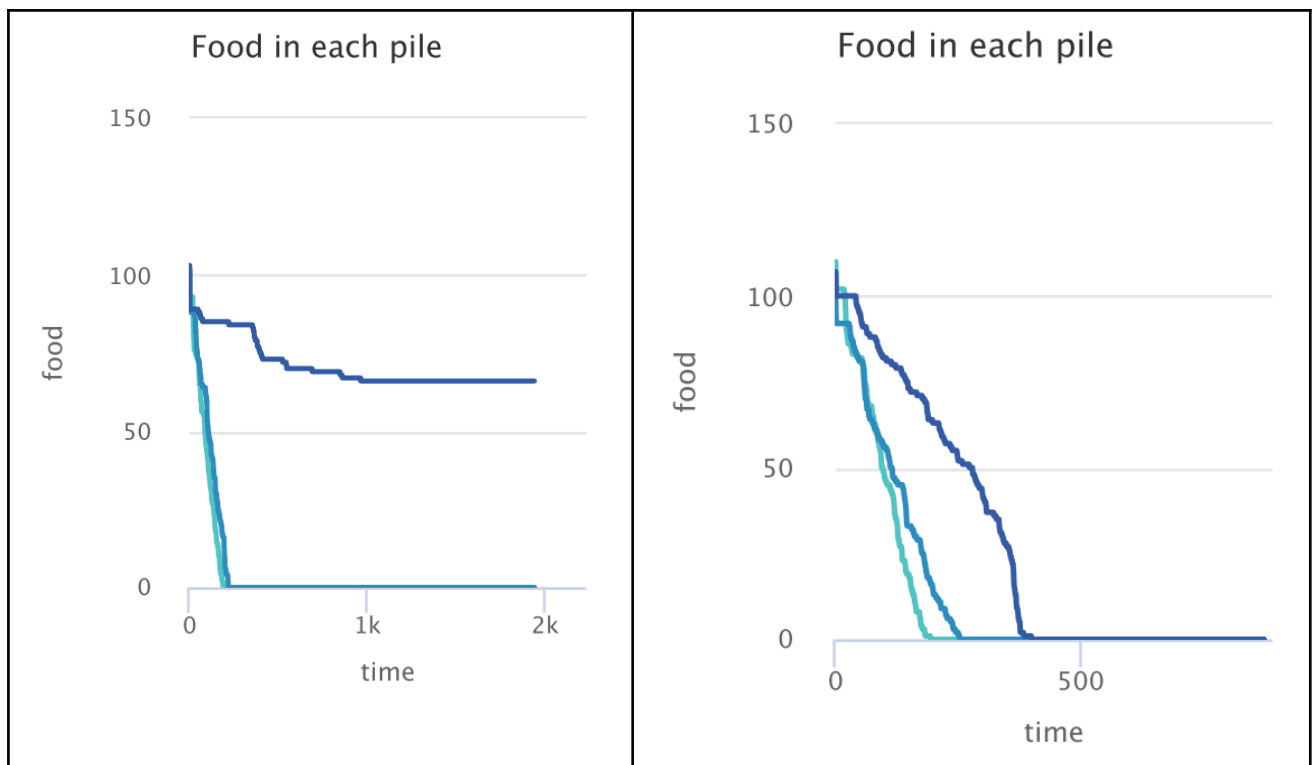
- o Obstáculos adicionados aumentaram a complexidade do ambiente, forçando os agentes a se adaptarem.

## Gráficos e Capturas de Tela

1: Desempenho de transporte de comida, conforme número de predadores e sucesso de predação e quantidade de Soldados.

Nr. de Predadores: 70; Sucesso predação: 0.9 10% de soldados	Nr. de Predadores: 70; Sucesso predação: 0.9 30% soldados
---	--





As modificações introduziram novos elementos que aumentaram a complexidade do modelo. O comportamento emergente observado incluiu:

- **Auto-organização:** Transportadores de comida se orientaram pelos feromônios e pela comunicação entre si.
- **Adaptação:** Soldados se adaptaram à presença de predadores, reduzindo a predação.
- **Comportamento Emergente:** A interação entre os agentes resultou em um sistema mais robusto e eficiente.

## Conclusão

As modificações realizadas no modelo original permitiram explorar conceitos fundamentais de Inteligência Artificial, como comportamento emergente, auto-organização e adaptação. A adição de novas raças de agentes, como transportadores de comida, soldados e predadores, juntamente com elementos ambientais como obstáculos, aumentou significativamente a complexidade e a riqueza do modelo. Essa complexidade proporcionou uma simulação mais próxima de sistemas naturais, revelando interações que vão além do controle direto do programador.

Os transportadores de comida demonstraram uma capacidade eficiente de comunicação e coordenação, graças ao uso de feromônios e à sensibilidade química aprimorada. Essa dinâmica não apenas melhorou a eficiência na busca por alimentos, mas também destacou a importância da cooperação entre agentes para alcançar objetivos comuns. Os soldados, por sua vez, mostraram-se fundamentais na defesa contra predadores, protegendo os transportadores e reduzindo significativamente as perdas de recursos. Já os predadores, embora introduzissem desafios para os outros agentes, também desempenharam um papel essencial ao criar uma pressão seletiva que levou à adaptação e resiliência do sistema.

A inclusão de obstáculos no ambiente adicionou um nível extra de dificuldade, obrigando os agentes a se adaptarem às mudanças na acessibilidade e na mobilidade. Essa adaptação refletiu um comportamento emergente interessante, onde os agentes desenvolveram estratégias para superar os desafios impostos pelo ambiente.

Futuras extensões do modelo poderiam explorar a introdução de novos tipos de agentes, como exploradores ou construtores de barreiras, ou a implementação de mecanismos de

aprendizado, como aprendizado por reforço, permitindo que os agentes ajustem suas estratégias com base em experiências anteriores. Além disso, ajustes nos parâmetros de interação, como o alcance de comunicação dos transportadores ou a eficácia dos soldados em combate, poderiam fornecer insights adicionais sobre os efeitos dessas variáveis na dinâmica do sistema.

Por fim, o modelo destaca a importância da interdisciplinaridade, combinando conceitos de biologia, sistemas multiagentes e inteligência artificial para criar uma simulação rica e educativa. Este trabalho serve como uma base sólida para investigações mais aprofundadas e como um exemplo prático das possibilidades e desafios associados ao design de sistemas complexos e adaptativos.