



Universidade de Coimbra  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
*Departamento de Engenharia Informática*

Introdução à Inteligência Artificial  
e Fundamentos de Inteligência Artificial  
2022/2023 - 2º Semestre

## Trabalho Prático Nº1: *Braitenberg Vehicles*

**Nota:** A fraude denota uma grave falta de ética e constitui um comportamento inadmissível num estudante do ensino superior e futuro profissional licenciado. Qualquer tentativa de fraude levará à anulação da componente prática tanto do facilitador como do prevaricador, independentemente de acções disciplinares adicionais a que haja lugar nos termos da legislação em vigor. Caso haja recurso a material não original, as **fontes** devem estar explicitamente indicadas.

# 1 Introdução

Em 1984, o neuro-anatomista Valentino Braitenberg publicou o livro “Vehicles – Experiments in Synthetic Psychology”, onde apresenta e analisa 14 veículos. A simplicidade dos veículos de Braitenberg contrasta com a complexidade dos comportamentos que estes exibem, dando pistas sobre a forma como comportamentos sofisticados podem ter surgido através da interacção com um meio ambiente, órgãos sensoriais básicos e processos evolucionários. De igual forma, ilustram uma série de questões na área da neuro-anatomia, por exemplo, quais os factores evolucionários que poderão ter levado a que os estímulos visuais sejam processados pelo hemisfério oposto e que o estímulo olfactivo seja processado pelo mesmo hemisfério.

O Unity é um motor de jogos desenvolvido pela Unity Technologies, especialmente notável pela sua portabilidade entre plataformas. Entre as suas especificações é de distinguir os motores de física e gráfico, a extensa biblioteca e respectiva documentação, assim como suporte para as linguagens C# e JavaScript. Apesar da sua finalidade ser o suporte ao desenvolvimento de jogos, estas características permitem também que o Unity seja utilizado como ferramenta de simulação, com aplicabilidade na Inteligência e Vida Artificial, capaz de funcionar como ambiente para simulações realistas. Neste caso será utilizado para implementação e teste em tempo real de diversos veículos de Braitenberg.

## 2 Objectivos Genéricos

O presente trabalho prático tem como objectivos genéricos:

1. A aquisição de competências de desenvolvimento de aplicações no Unity como ambiente de simulação
2. O contacto com o trabalho de Valentino Braitenberg e aquisição de conhecimentos nesta área
3. A aquisição de competências relacionadas com a análise, desenvolvimento, implementação e teste de agentes reactivos autónomos

Estes objectivos genéricos serão alcançados através do trabalho em grupo e da experimentação, promovendo-se, assim, estas capacidades.

## 3 Enunciado

Conforme o nome do trabalho prático deixa adivinhar, pretende-se personalizar os veículos de Braitenberg tanto ao nível funcional como visual. Tal implica expandir os “prefabs” distribuídos com o projecto, de forma a acrescentar **novos sensores de detecção de veículos, novas funções de activação e novas cenas**.

O presente trabalho prático encontra-se dividido em 2 metas distintas:

1. Meta 1 – Sense it
2. Meta Final – Tune it & Test it

### 3.1 Meta 1 – Sense it

O veículo “prefab” disponibilizado apenas tem programado um tipo de sensor (foto-sensor) e um tipo de objecto (fontes de luz). A primeira tarefa a desempenhar é expandir as capacidades dos veículos de forma a permitir a detecção de outros veículos e outro tipo de obstáculos. O novo veículo deve suportar sensores:

1. Luz<sup>1</sup>
2. Veículos
3. Obstáculos

A saída dos foto-sensores é calculada em função de todas as fontes de luz dentro do seu ângulo sensorial. Já as saídas dos sensores de veículos e de obstáculos devem depender, exclusivamente, do veículo e obstáculo mais próximo dentro dos seus respectivos ângulos sensoriais.

Finalmente, deve testar todas assim funcionalidades através da construção de:

- variantes dos veículos de Braitenberg que tirem partido destes sensores;
- ambiente(s) que, através da inclusão dos novos tipos de objecto e de veículos, ilustrem as diferentes funcionalidades.

---

<sup>1</sup>Os sensores de luz já estão implementados no “prefab” fornecido.

## 3.2 Meta Final – Tune it & Test it

### 3.2.1 Tune it

Na versão original do veículo “prefab” a função de activação dos sensores é, por omissão, linear. Desta forma o cálculo da saída do sensor de luz é feito da seguinte forma:

1. Calcula a **energia** total recebida pelo sensor:

$$energia = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\frac{distancia(p_i, sensor)^2}{r_i} + 1}$$

onde  $n$  é o número de fontes de luz,  $p_i$  a posição de cada fonte de luz e  $r_i$  o raio (ou alcance) de cada fonte de luz.

2. Divide a **energia** total recebida pelo número de fontes de luz no campo de visão do sensor;

Utilizando a função de activação linear (no código fornecido, ficheiro `LightDetectorLinearScript.cs`, função `GetOutput()`), a saída do sensor é a calculada anteriormente sem qualquer alteração ou filtro.

Uma função de activação linear impõe restrições sérias e impossibilita a implementação de vários comportamentos interessantes. Deve, assim, proceder às alterações necessárias por forma a que seja possível especificar, **para cada sensor**:

1. A função de activação desejada (linear ou gaussiana)<sup>2</sup>;
2. Limiar (*threshold*) de activação mínimo e máximo.
3. Limite superior e inferior;

Na figura 1 apresentam-se exemplos destas funções.

### 3.2.2 Test it

Tirando partido dos diferentes tipos de funções de activação, limiares e limites, crie veículos que repliquem as trajectórias apresentadas na figura 2. Deverá para isso utilizar as cenas que está na pasta **Meta 2**.

Através do uso de funções de activação, limiares e thresholds, **crie um veículo** que explore o meio ambiente e que exiba diferentes comportamentos

---

<sup>2</sup>Nota: O “prefab” do veículo já tem os sensores integrados, sendo necessário a sua programação.

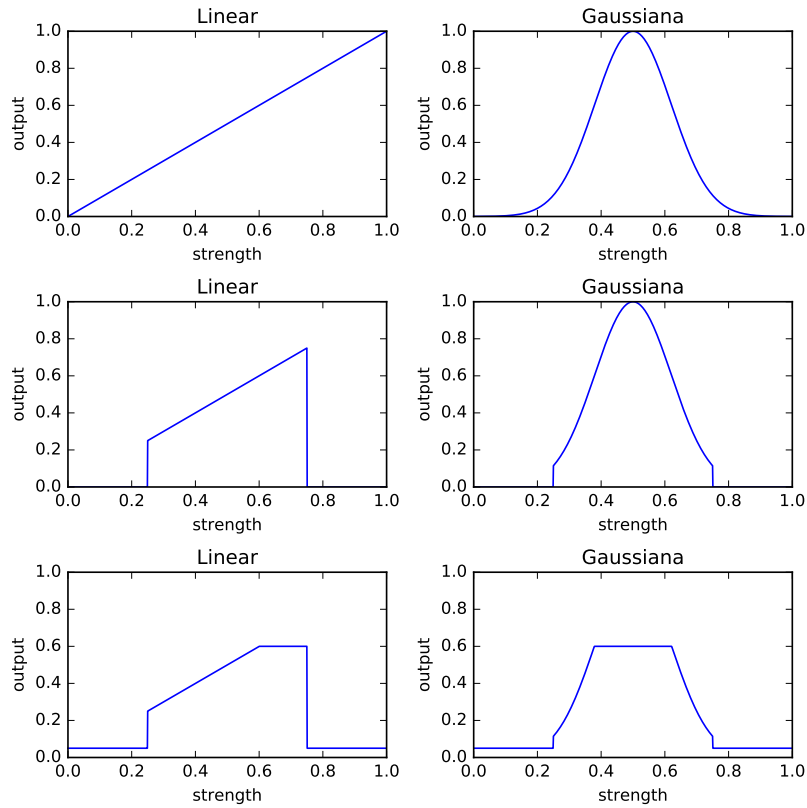


Figure 1: Exemplos de funções de activação, com diferentes parâmetros. A função gaussiana tem  $\mu = 0.5$  e  $\sigma = 0.12$ . Na segunda linha são aplicados limiares de 0.25 e 0.75 (sobre os valores de  $x$ ). Na terceira linha aplicamos os mesmos limiares, acrescentando limites de 0.05 e 0.6 (sobre os valores  $y$ ).

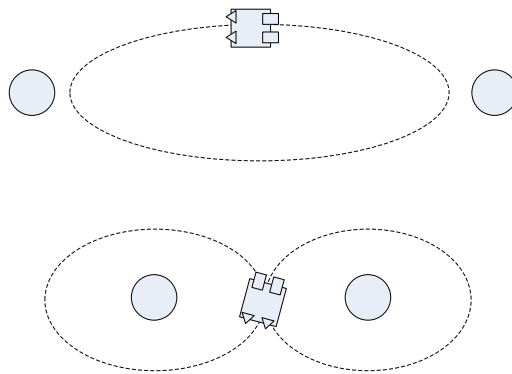


Figure 2: Os círculos representam fontes de luz. Adaptado de “Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology”, Braitenberg, V.

perante os diferentes elementos do ambiente, i.e., fontes de luz e veículos. Não existe qualquer restrição quanto ao número de sensores ou funções de activação, deve no entanto tentar encontrar um bom compromisso entre desempenho e economia. **Altere este veículo explorador** de forma a criar uma variante que seja agressiva para com fontes de luz.

**Construa mundos que permitam ilustrar as propriedades dos diferentes veículos** e que ponham à prova as suas capacidades. Analise o comportamento dos veículos indicando as suas forças e fraquezas. Tome em conta que esta componente será tida em conta na avaliação final e como tal deve dedicar o devido tempo à criação de novos mundos que explorem os diferentes veículos de Braitenberg. Use como referência os exemplos apresentados na [Figure 4](#) onde os cenários criados, para além de uma componente visual cuidada, **fazem uso dos conhecimentos adquiridos sobre os veículos de Braitenberg**.

**Conceptualização de vídeo para o Feed & Play** que demonstre todas as suas explorações desenvolvidas. O vídeo deve ter um formato de 720 x 720 pixels ( [Figure 3](#))

## 4 Datas e Modo de Entrega

### 4.1 Meta 1 – Sense it

**Material a entregar:**

- O código desenvolvido, devidamente comentado;
- Um breve documento (max. 3 páginas), em formato pdf, com a seguinte informação:
  - Identificação dos elementos do grupo (Nomes, Números de Estudante, e-mails, Turma(s) Prática(s))
  - Informação pertinente relativamente a esta meta

**Modo de Entrega:**

Entrega electrónica através do Inforestudante. **Data Limite: 05 de Março de 2023**

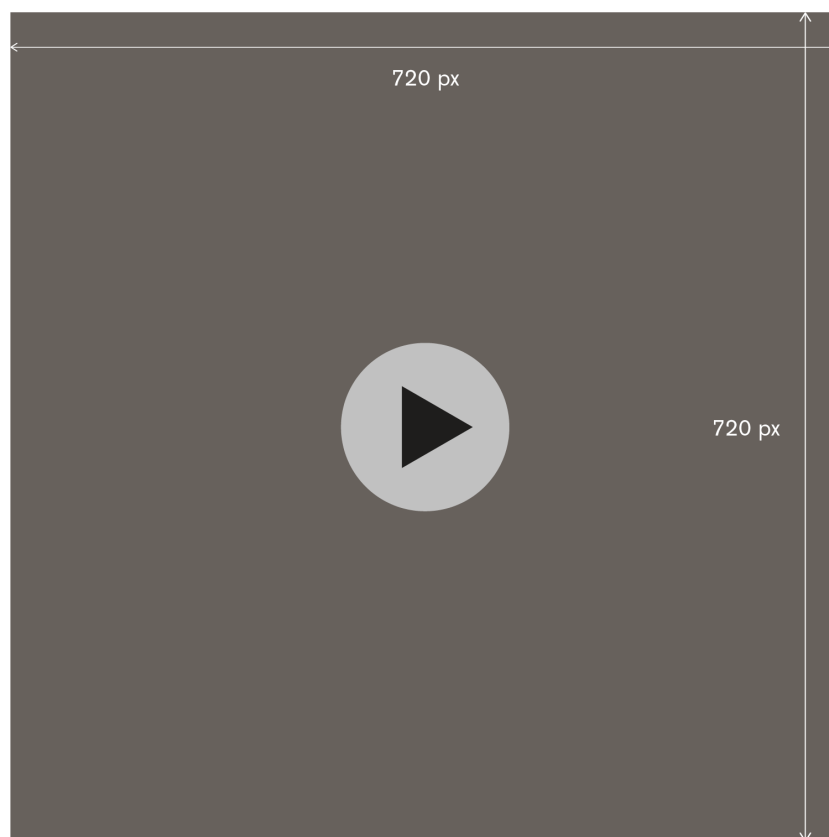


Figure 3: Medidas e normas do vídeo demonstrativo.

## 4.2 Meta Final – Tune it & Test it

### Material a entregar:

- O código desenvolvido, devidamente comentado, para cada uma das metas;
- Um relatório (max. 10 páginas), em formato pdf, com a seguinte informação:
  - Identificação dos elementos do grupo (Nomes, Números de Estudante, e-mails, Turma(s) Prática(s))
  - Informação pertinente relativamente à globalidade do trabalho realizado
  - Vídeo demonstrativo das explorações implementadas com a identificação dos alunos.

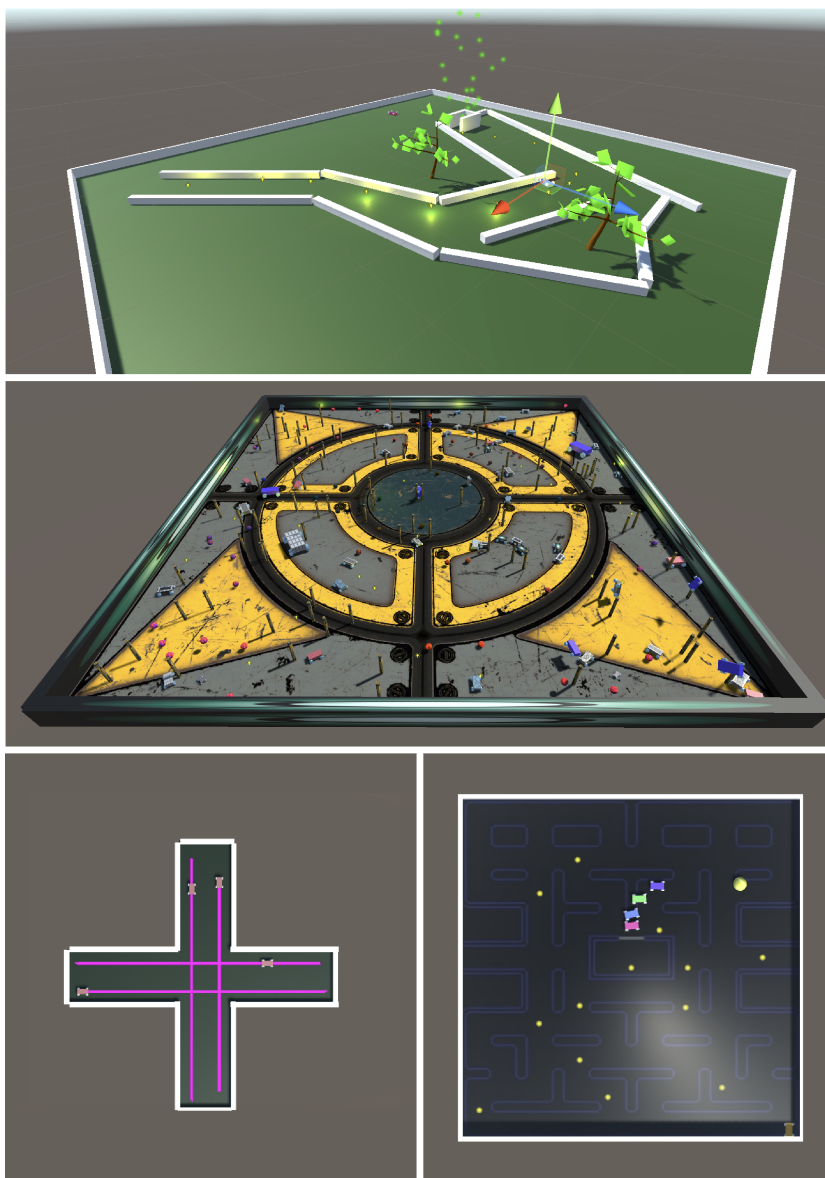


Figure 4: Exemplos de explorações extra pretendidas. *Polícia e Ladrão* de Correia, Geirinhas e Tiago, 2022 (Topo), *Agar.io* de Ventura, Simões e Antunes, 2022 (Centro), *Cruzamento* de Botelho, 2022 (Fundo-Esquerda) e *Pac-Man* de Almeida, Neves e Almeida, 2022 (Fundo-Direita).



- Documento de texto contendo os nomes e número de estudante de todos os elementos do grupo

Num trabalho desta natureza o relatório assume um papel importante. Deve ter o cuidado de descrever detalhadamente todas as funcionalidades implementadas, dando particular destaque aos problemas e soluções encontradas. Deve ser fácil ao leitor compreender o que foi feito e ter por isso capacidade de adaptar/modificar o código.

Para cada veículo desenvolvido, deve descrever o comportamento esperado e a forma como esse comportamento foi alcançado.

A **experimentação** é uma parte essencial do desenvolvimento de aplicações de IA. Assim, deve descrever detalhadamente as experiências realizadas, analisar os resultados, extrair conclusões e efectuar alterações (caso se justifique) em função dos resultados experimentais, por forma a optimizar o desempenho dos seus veículos.

O **relatório** deve conter informação relevante tanto da perspectiva do utilizador como do programador. **Não deve ultrapassar as 10 páginas, formato A4, font size 11.** Todas as opções tomadas deverão ser devidamente justificadas e explicadas.

### Modo de Entrega:

Entrega electrónica através do Inforestudante até **19 de Março de 2023, 23:59h.**

## 5 Bibliografia

- **Inteligência Artificial: Fundamentos e Aplicações**  
*Ernesto Costa, Anabela Simões*
- **Vehicles: Experiments in Synthetic Psychology**  
*Valentino Braitenberg*