

UNIVERSIDADE DO MINHO

RELATÓRIO DE PROJETO

---

# DSL para Árvores de Comportamento (Behavior Trees)

---

*Autores:*

Miguel Oliveira  
Pedro Mimoso Silva  
Pedro Moura

*Supervisores:*

Pedro Rangel Henriques  
José João Almeida

*Projeto realizado no âmbito da UC de Laboratórios de Engenharia  
Informática, pertencente ao Mestrado em Engenharia Informática*

*do*

Departamento de Informática da Universidade do Minho

19 de Março de 2020

UNIVERSIDADE DO MINHO

## *Resumo*

The Thesis Abstract is written here (and usually kept to just this page). The page is kept centered vertically so can expand into the blank space above the title too...

# Conteúdo

<b>Resumo</b>	<b>i</b>
<b>1 Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2 <i>Behavior Trees</i> - Básicos</b>	<b>2</b>
2.1 O que são <i>Behavior Trees</i> ? . . . . .	2
2.2 Execução . . . . .	3
2.3 Nodos . . . . .	3
2.3.1 <i>Control Flow Nodes</i> - Clássicos . . . . .	3
2.3.2 <i>Execution Nodes</i> . . . . .	4
2.3.3 <i>Control Flow Nodes</i> - Novos . . . . .	5
2.4 Exemplo - <i>PACMAN</i> . . . . .	7
<b>3 Linguagem</b>	<b>8</b>
<b>4 Compilador</b>	<b>9</b>
<b>5 Caso de Estudo</b>	<b>10</b>
<b>6 Conclusão</b>	<b>11</b>
<b>A Frequently Asked Questions</b>	<b>12</b>
A.1 How do I change the colors of links? . . . . .	12

# Lista de Figuras

2.1	Exemplo de uma BT. . . . .	2
2.2	Estrutura de um nodo <i>Sequence</i> . . . . .	3
2.3	Estrutura de um nodo <i>Selector</i> . . . . .	3
2.4	Estrutura de um nodo <i>Parallel</i> com taxa de sucesso $M$ . . . . .	4
2.5	Estrutura de um nodo <i>Decorator</i> com uma política $\delta$ . . . . .	4
2.6	Estrutura de um nodo <i>Action</i> . . . . .	4
2.7	Estrutura de um nodo <i>Condition</i> . . . . .	5
2.8	Exemplo de uma expressão condicional numa BT. . . . .	5
2.9	Estrutura de um nodo <i>Probability Selector</i> . . . . .	6

# Lista de Tabelas

# Lista de Abreviações

<b>BT</b>	<b>B</b> ehavior <b>T</b> ree
<b>DSL</b>	<b>D</b> omain <b>S</b> pecific <b>L</b> anguage
<b>NPC</b>	<b>N</b> on- <b>P</b> layable <b>C</b> haracter

## Capítulo 1

# Introdução

O presente relatório descreve o desenvolvimento do projeto da UC de Laboratórios em Engenharia Informática, pertencente ao 1º ano do Mestrado em Engenharia Informática da Universidade do Minho.

Este projeto consiste no desenvolvimento de uma linguagem textual de domínio específico (DSL) para representar árvores de comportamento (às quais nos referiremos daqui em diante por *Behavior Trees*) e um compilador capaz de traduzir esta linguagem para uma linguagem de programação já existente (por exemplo *Python*).

De modo conciso, *Behavior Trees* são formalismos para descrever comportamentos reativos de atores autónomos, como um robô, ou um NPC num jogo. Com esta linguagem, pretendemos criar uma forma simples e intuitiva de especificar estas árvores, e ao mesmo tempo acrescentar novas funcionalidades que, a nosso ver, podem melhorar a qualidade da implementação de comportamentos nestes atores.

- Estrutura do relatório
  - Behavior Trees - Básicos
  - Linguagem
  - Compilador
  - Implementação
  - Caso de Estudo
  - Conclusão

## Capítulo 2

# *Behavior Trees - Básicos*

### 2.1 O que são *Behavior Trees*?

*Behavior Trees*, ou BT, são estruturas que controlam a execução de um conjunto de ações por parte de um agente autônomo, de forma a descreverem o seu comportamento. Este tipo de estrutura começou por ser utilizado especialmente em videojogos (para simular o comportamento de NPCs), mas com o passar do tempo áreas como a Robótica ou a Inteligência Artificial também o começaram a usar, devido à sua capacidade modular e reativa.

Formalmente, uma BT é uma árvore com raiz onde os nodos internos são chamados *control flow nodes* e as folhas são chamadas de *execution nodes*. Para cada nodo conetado usamos a terminologia de *parent* (pai) e *child* (filho). A raiz é o único nodo que não tem pais, todos os outros nodos têm exatamente um pai. Os *control flow nodes* têm pelo menos um filho, já os *execution nodes* não têm nenhum.

A figura 2.1 mostra um exemplo de uma BT, onde o nodo a verde é a raiz, os nodos a cinzento são *control flow nodes* e os restantes são *execution nodes*.

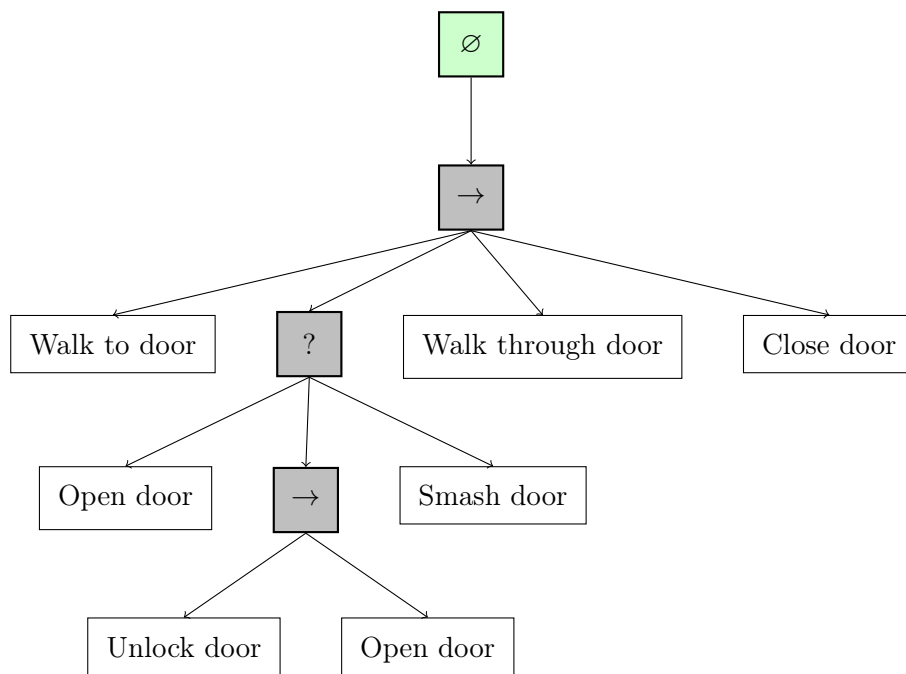


FIGURA 2.1: Exemplo de uma BT.



## 2.2 Execução

Uma BT começa a sua execução pelo nodo raiz que gera sinais chamados *ticks* com uma determinada frequência, que são enviados para os seus filhos. Estes sinais permitem a execução dos nodos.

Qualquer nodo, não importa o tipo, ao ser executado retorna um de três estados:

- *Success* - foi executado com sucesso;
- *Failure* - não conseguiu ser executado;
- *Running* - ainda está a executar.

## 2.3 Nodos

### 2.3.1 Control Flow Nodes - Clássicos

*Control flow nodes* são nodos estruturais, que não têm qualquer impacto no estado global do sistema. Na formulação clássica, existem 4 categorias deste tipo de nodo: *Sequence*, *Selector* (ou *Fallback*), *Parallel* e *Decorator*.

**Sequence** Um nodo *Sequence* visita (envia *ticks*) todos os filhos por ordem, começando pelo primeiro, e se este retornar *Success*, chama o segundo, e por aí em diante. Caso um filho falhe, o nodo *Sequence* retorna *Failure* imediatamente. Caso todos os filhos sucedam, o nodo retorna *Success*. Caso um filho retorne *Running*, o nodo retorna também *Running*.

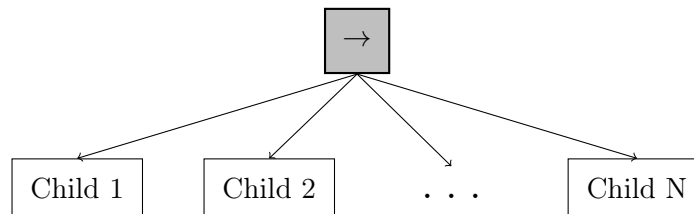


FIGURA 2.2: Estrutura de um nodo *Sequence*.

**Selector** Tal como o *Sequence*, o nodo *Selector* visita todos os filhos por ordem, mas só avança para o próximo se o filho que está a ser executado retornar *Failure*. Caso um filho suceda, o nodo *Sequence* retorna *Success* imediatamente. Caso todos os filhos falhem, retorna *Failure*. Caso um filho retorne *Running*, o nodo retorna também *Running*.

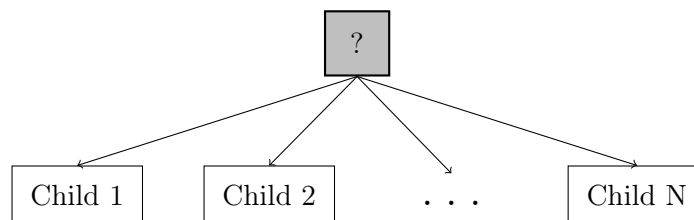


FIGURA 2.3: Estrutura de um nodo *Selector*.

**Parallel** Um nodo *Parallel*, como o nome indica, visita todos os filhos paralelamente. Para  $M \leq N$ , retorna *Success* caso  $M$  filhos sucedam, e retorna *Failure* caso  $N - M + 1$  filhos retornem *Failure*. Caso contrário, retorna *Running*.

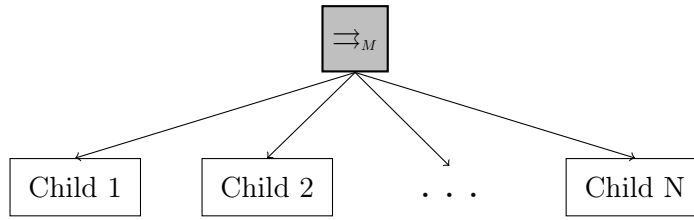


FIGURA 2.4: Estrutura de um nodo *Parallel* com taxa de sucesso  $M$ .

**Decorator** Um nodo *Decorator* tem um único filho, e utiliza uma política (conjunto de regras) definida pelo utilizador para manipular o estado de retorno desse filho ou controlar a sua execução.

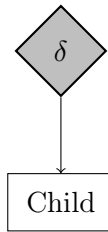


FIGURA 2.5: Estrutura de um nodo *Decorator* com uma política  $\delta$ .

Exemplos de nodos *Decorator*:

- *inverter* - inverte o estado *Success/Failure* retornado pelo filho;
- *max-N-tries* - o filho só pode falhar  $N$  vezes, depois retorna sempre *Failure* sem enviar *ticks* para o filho.
- *max-T-seconds* - deixa o filho correr durante  $T$  segundos. Se depois disto o filho retornar *Running*, o nodo retorna *Failure* sem correr o filho.

### 2.3.2 Execution Nodes

*Execution nodes* são os nodos mais simples, porém os mais poderosos, pois contêm os testes ou ações que serão implementados pelo sistema. Existem 2 categorias para este tipo de nodos: *Action* e *Condition*.

**Action** Quando recebe *ticks*, um nodo *Action* executa um ou mais comandos. Retorna *Success* se a ação foi corretamente completada ou *Failure* se a ação falhou. Enquanto está a ser executado, retorna *Running*.



FIGURA 2.6: Estrutura de um nodo *Action*.

**Condition** Quando recebe *ticks*, um nodo *Condition* verifica uma proposição. Retorna *Success* ou *Failure* dependendo se a proposição é válida ou não. De notar que um nodo *Condition* nunca retorna um estado *Running*.

FIGURA 2.7: Estrutura de um nodo *Condition*.

**NOTA:** Quando juntamos o nodo *Condition* com os nodos *Sequence* e *Selector* podemos criar uma expressão condicional (*if-then-else*). Vejamos o seguinte exemplo:

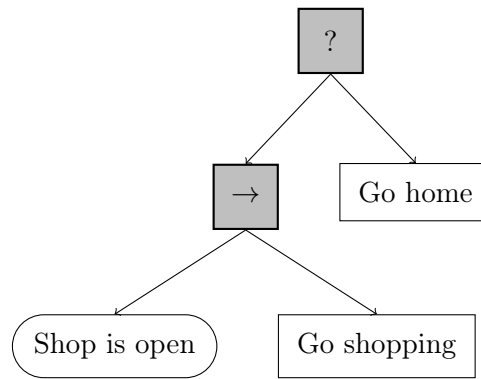


FIGURA 2.8: Exemplo de uma expressão condicional numa BT.

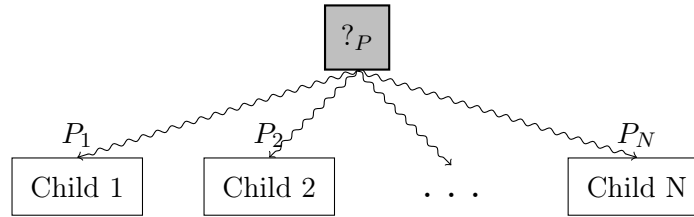
Como podemos ver, a escolha da ação a executar alterna entre ir às compras ou ir embora consoante a loja esteja aberta ou não. Ou seja,

if *Shop is open* then *Go shopping* else *Go home*

### 2.3.3 Control Flow Nodes - Novos

Para além dos *control flow nodes* existentes na formulação clássica das BTs, podemos ter outras categorias de nodos, de forma a proporcionar uma melhoria a tanto a nível de AI, como a nível de imprevisibilidade, ou até mesmo apenas algo que facilite a implementação de certos comportamentos por parte do programador. Visto isto, decidimos introduzir um novo nodo: *Probability Selector*.

**Probability Selector** Um nodo *Probability Selector* pode ser visto como uma “extensão” ao nodo *Selector*. A única diferença é que, enquanto o *Selector* clássico visita os filhos por ordem, este novo nodo executa-os de uma forma aleatória tendo em conta que cada filho tem uma certa probabilidade, definida pelo utilizador, de ser escolhido.

FIGURA 2.9: Estrutura de um nó *Probability Selector*.

Com este novo nó, conseguimos atingir um novo nível de AI, pois permite-nos construir comportamentos não só mais imprevisíveis, como também influenciados por fatores externos. Analisemos a seguinte situação:

*Num videogame, o nosso herói quer convidar um certo NPC para o acompanhar numa missão muito perigosa. No entanto há um problema... o NPC é pouco corajoso.*

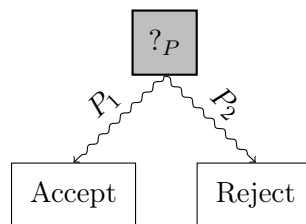
Se olharmos para esta situação de forma racional, é óbvio que ele irá rejeitar este convite. Mas não existirá na mesma a possibilidade de ele por acaso aceitar? Vejamos o seguinte:

*Mas por obra do acaso o dia até está a correr bem ao NPC, e naquele momento ele sente-se confiante e, contra todas as expectativas, decide aceitar o convite.*

Ok, temos aqui novas informações acerca do comportamento do NPC, mas nada demais. Construindo um *if-then-else* com a nossa BT conseguimos resolver este problema. Se o NPC estiver confiante aceita, senão rejeita.

Mas e se mesmo que esteja confiante, o medo leva a melhor e ele decide rejeitar? No mundo real, não conseguimos prever com 100% de certeza o comportamento de uma certa pessoa. Existe aqui um nível de imprevisibilidade que não é atingível utilizando apenas os nós clássicos das BT.

Posto isto, vamos adicionar esta subárvore com o nosso novo nó ao comportamento do NPC:



$$P_1 = \frac{C}{10}$$

$$P_2 = 1 - \frac{C}{10}$$

onde  $C \in [0, 10]$  é um valor que representa o nível de coragem do NPC.

O que esta subárvore diz é que, mesmo que seja muito pouco provável (porque tem um  $C$  reduzido), existe a possibilidade do NPC aceitar o convite, quer seja por estar confiante, ou por outra razão qualquer que não diz respeito ao jogador.

Mesmo não sendo muito correto (porque não sabemos que fatores levam à existência desta possibilidade), é uma aproximação interessante à tal imprevisibilidade que existe na vida real, que permite a criação de comportamentos ainda mais complexos, utilizando variáveis como o  $C$ , que são criadas pelo próprio programador.

## 2.4 Exemplo - *PACMAN*

## Capítulo 3

# Linguagem

## Capítulo 4

# Compilador

## Capítulo 5

# Caso de Estudo



## Capítulo 6

# Conclusão

## Apêndice A

# Frequently Asked Questions

### A.1 How do I change the colors of links?

The color of links can be changed to your liking using:

```
\hypersetup{urlcolor=red}, or  
\hypersetup{citecolor=green}, or  
\hypersetup{allcolor=blue}.
```

If you want to completely hide the links, you can use:

```
\hypersetup{allcolors=}, or even better:  
\hypersetup{hidelinks}.
```

If you want to have obvious links in the PDF but not the printed text, use:

```
\hypersetup{colorlinks=false}.
```