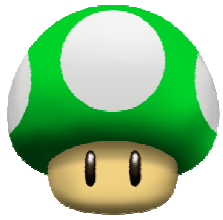


# INF 1771 – Inteligência Artificial

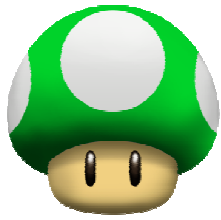
## Aula 05 – Introdução à Lógica

Edirlei Soares de Lima  
<elima@inf.puc-rio.br>



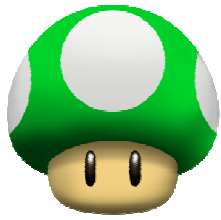
# Introdução

- ❏ Humanos possuem conhecimento e **raciocinam** sobre este conhecimento.
- ❏ Exemplo: “João jogou uma **pedra** na **janela** e a **quebrou**”
- ❏ Agentes baseados em conhecimento.



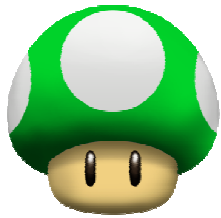
# Agente Baseado em Conhecimento

- ❏ O componente central de um agente baseado em conhecimento é sua **base de conhecimento**.
- ❏ A base de conhecimento é formada por um conjunto de **sentenças** expressadas através de uma linguagem lógica de representação de conhecimento.
- ❏ Deve ser possível adicionar novas sentenças à base e consultar o que se conhece. Ambas as tarefas podem envolver **inferência** (derivação de novas sentenças a partir de sentenças antigas).



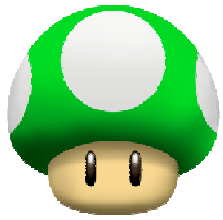
# Agente Baseado em Conhecimento

- ❏ Processo de execução de um agente baseado em conhecimento:
  - ❏ **(1)** Informa a base de conhecimento o que o agente esta percebendo do ambiente;
  - ❏ **(2)** Pergunta a base de conhecimento qual a próxima ação que deve ser executada. Um extensivo processo de **raciocínio lógico** é realizada sobre a base de conhecimento para que sejam decididas as ações que devem ser executadas.
  - ❏ **(3)** Realiza a ação escolhida e informa a base de conhecimento sobre a ação que esta sendo realizada.

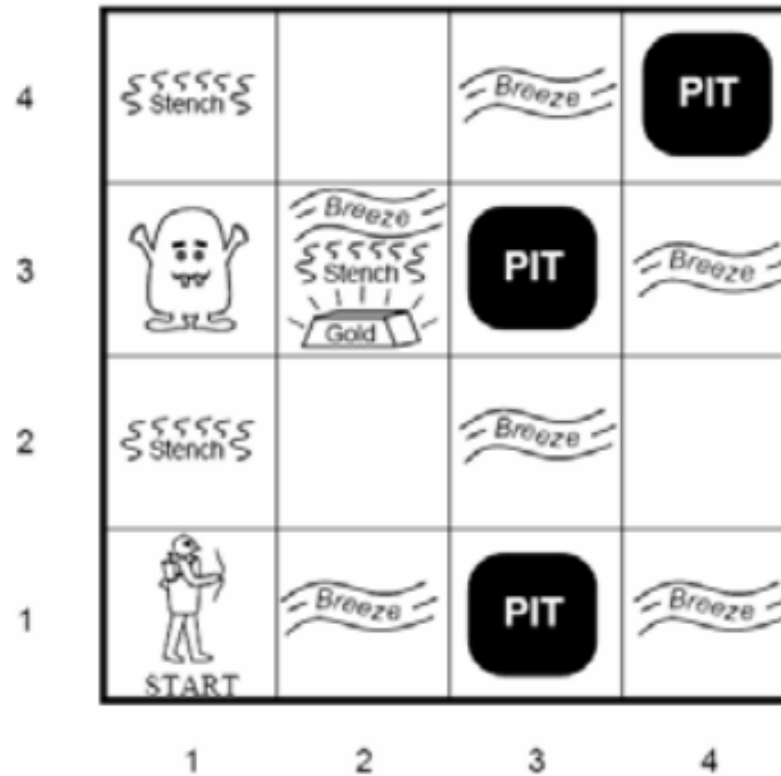


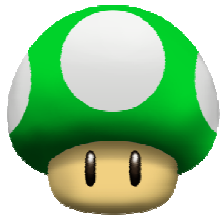
# Agente Baseado em Conhecimento

- ❏ Porque utilizar uma linguagem lógica de representação de conhecimento?
  - ❏ Facilita a criação dos agentes. É possível **dizer** o que o agente sabe através de sentenças lógicas.
  - ❏ O agente pode **adicionar** novas sentenças a sua base de conhecimento enquanto ele explora o ambiente.
  - ❏ Abordagem **declarativa** de criação de sistemas.



# O Mundo de Wumpus

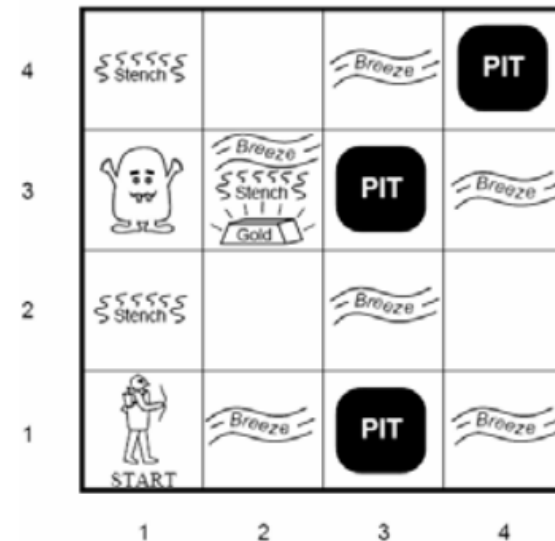


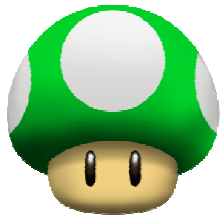


# O Mundo de Wumpus

## ❏ O ambiente contém:

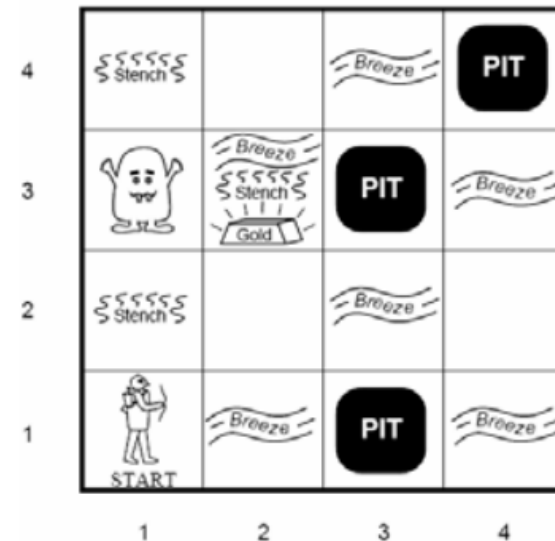
- ❏ Salas conectadas por passagens;
- ❏ Ouro em alguma sala;
- ❏ Poços sem fundo nos quais cairá qualquer um que passar pela sala, exceto o Wumpus;
- ❏ Wumpus: monstro que devora qualquer guerreiro que entrar em sua sala. O Wumpus pode ser morto pelo agente, mas o agente só tem uma flecha.



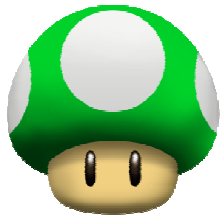


# O Mundo de Wumpus

- ❏ **Medida de desempenho:** +1.000 por pegar ouro, -1.000 se cair em um poço ou for devorado pelo Wumpus, -1 para cada ação executada, -10 pelo uso da flecha.
- ❏ **Ambiente:** malha 4x4 de salas. O agente sempre começa no quadrado identificado como [1,1] voltado para a direita. As posições do Wumpus, ouro e poços são escolhidas aleatoriamente.
- ❏ **Ações possíveis:** O agente pode mover-se para frente, virar à esquerda, virar à direita, agarrar um objeto e atirar a flecha.



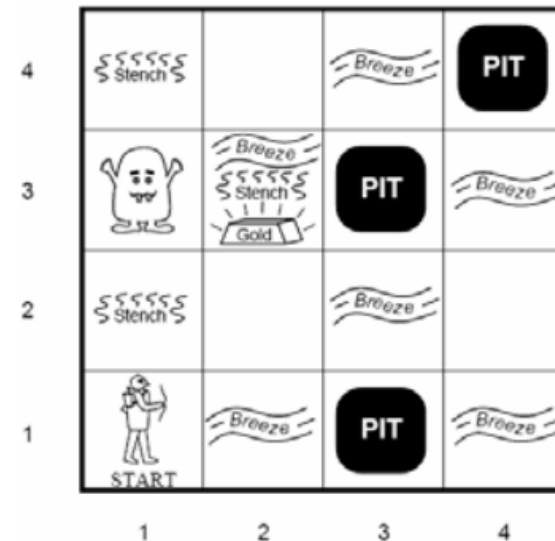


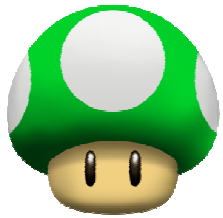


# O Mundo de Wumpus

## ❏ Sensores:

- ❏ Em quadrados adjacentes ao Wumpus, exceto diagonal, o agente sente o **fedor** do Wumpus;
- ❏ Em quadrados adjacentes a um poço, exceto diagonal, o agente sente uma **brisa**;
- ❏ Quadrados onde existe ouro o agente percebe o **brilho** do ouro;
- ❏ Ao caminhar contra uma parede o agente sente um **impacto**;
- ❏ Quando o Wumpus morre o agente ouve um **grito**;





# O Mundo de Wumpus

## ❏ Passo 1:

### ❏ Sensores:

[nada, nada, nada, nada, nada]

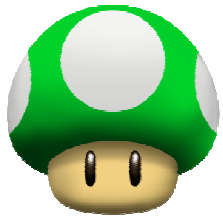
### ❏ Conclusão:

[1,2] e [2,1] são seguros

### ❏ Movimento escolhido:

[2,1]

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2 OK	2,2	3,2	4,2
1,1 A OK	2,1 OK	3,1	4,1



# O Mundo de Wumpus

## ❏ Passo 2:

### ❏ Sensores:

[nada, brisa, nada, nada, nada]

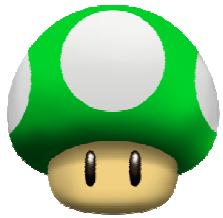
### ❏ Conclusão:

Há poço em [2,2], [3,1] ou ambos

### ❏ Movimento escolhido:

[1,1] e depois [1,2]

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2 OK	2,2 P?	3,2	4,2
1,1 V OK	2,1 A B OK	3,1 P?	4,1



# O Mundo de Wumpus

## 📌 Passo 3:

### 📌 Sensores:

[fedor, nada, nada, nada, nada]

### 📌 Conclusão:

Há Wumpus em [1,3] ou [2,2]

Wumpus não pode estar em [2,2]

Wumpus em [1,3]

Não existe poço em [2,2]

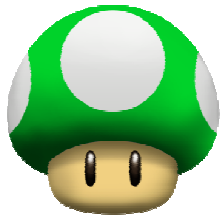
Poço em [3,1]

[2,2] é seguro

### 📌 Movimento escolhido:

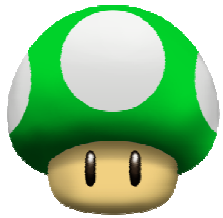
[2,2]

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3 W!	2,3	3,3	4,3
1,2 A S OK	2,2 OK	3,2	4,2
1,1 V OK	2,1 B V OK	3,1 P!	4,1



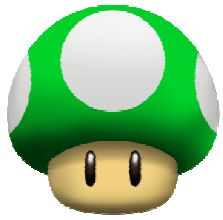
# Lógica

- ❏ A base de conhecimento de um agente é formada por um conjunto de sentenças expressadas através de uma **linguagem lógica de representação de conhecimento**.
- ❏ O conceito de lógica foi organizado principalmente por Aristóteles. “É o conhecimento das formas gerais e regras gerais do pensamento correto e verdadeiro, independentemente dos conteúdos pensados”
  - “Todo homem é mortal”
  - “Sócrates é um homem”
  - “Logo, Sócrates é mortal”
- ❏ Todo X é Y. Z é X. Portanto, Z é Y.



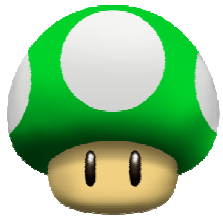
# Tipos de Lógica

- ❏ **Lógica proposicional:** (ou lógica Booleana) lógica que representa a estrutura de sentenças usando conectivos como: "e", "ou" e "não".
- ❏ **Lógica de predicados:** lógica que representa a estrutura de sentenças usando conectivos como: "alguns", "todos" e "nenhum".
- ❏ **Lógica multivalorada:** estende os tradicionais valores verdadeiro/falso para incluir outros valores como "possível" ou um número infinito de "graus de verdade", representados, por exemplo, por um número real entre 0 e 1.
- ❏ **Lógica modal:** o estudo do comportamento dedutivo de expressões como: "é necessário que" e "é possível que".
- ❏ **Lógica temporal:** descreve qualquer sistema de regras e símbolos para representar e raciocinar sobre proposições qualificadas em termos do tempo.
- ❏ **Lógica paraconsistente:** lógica especializada no tratamento de bases de dados que contenham inconsistências.
- ❏ ...



# Conceitos Lógica

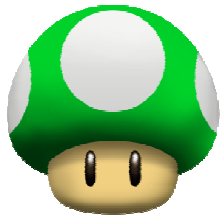
- ❏ **Sintaxe:** especifica todas as sentenças que são bem-formadas.
  - ❏ Exemplo na aritmética: " $x+y=4$ ", " $x4y+=$ ".
- ❏ **Semântica:** Especifica o significado das sentenças. A verdade de cada sentença com relação a cada "mundo possível".
  - ❏ Exemplo: a sentença " $x+y=4$ " é verdadeira em um mundo no qual  $x=2$  e  $y=2$ , mas é falsa em um mundo em que  $x=1$  e  $y=1$ .



# Conceitos Lógica

- ❏ **Modelo:** um “mundo possível”. A frase “m é modelo de a” indica que a sentença a é verdadeira no modelo m.
- ❏ **Consequência lógica:** utilizada quando uma sentença decorre logicamente de outra.  
Notação:  $a \models b$  (b decorre logicamente de a).  
Pode ser aplicada para derivar conclusões, ou seja, para conduzir inferência lógica





## Consequência lógica no Mundo de Wumpus

### Base de conhecimento:

Nada em [1,1];

Brisa em [2,1];

Regras do mundo de Wumpus;

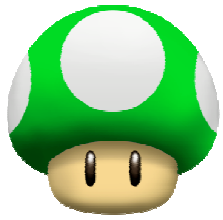
### Interesse do agente:

Saber se os quadrados [1,2], [2,2] e [3,1] contém poços.

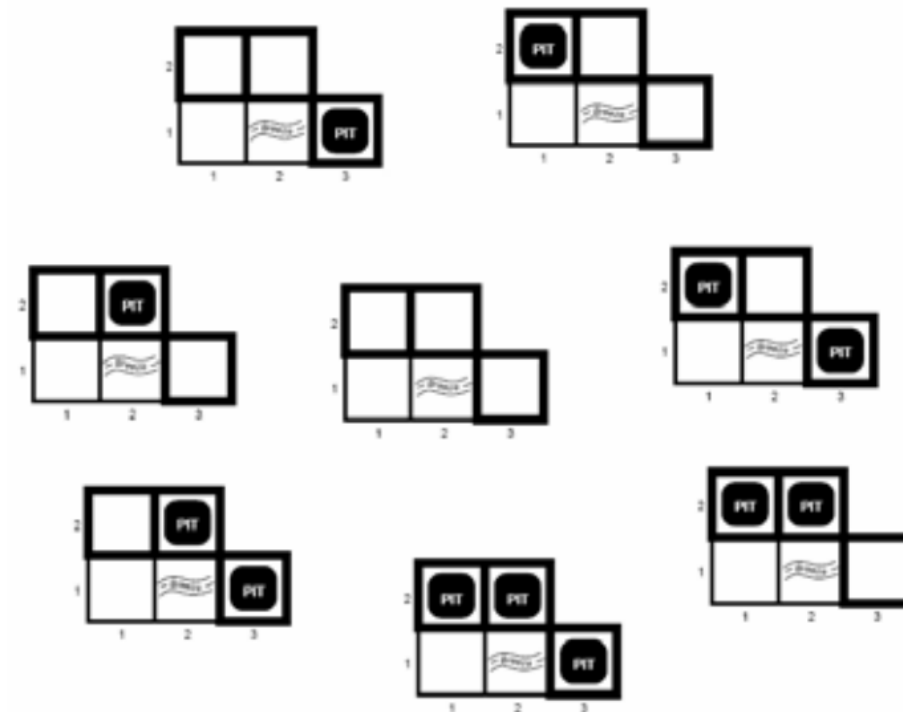
### Possíveis modelos:

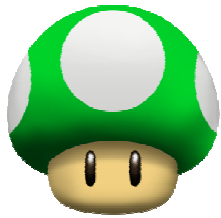
$$2^3=8$$

1,4	2,4	3,4	4,4
1,3	2,3	3,3	4,3
1,2 OK	2,2 P?	3,2	4,2
1,1 V OK	2,1 A B OK	3,1 P?	4,1



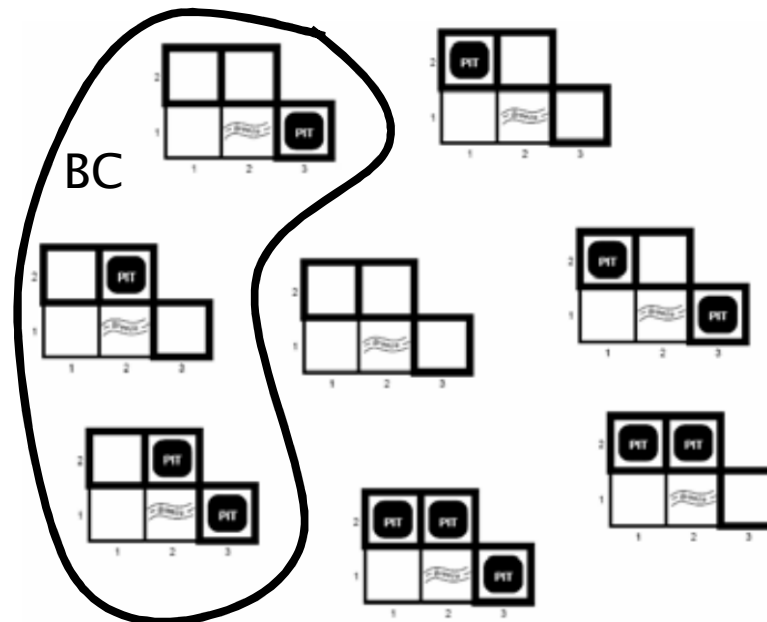
# Possíveis Modelos

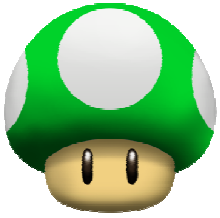




## Consequência lógica no Mundo de Wumpus

- ❏ A base de conhecimento (BC) é falsa em modelos que contradizem o que o agente sabe. Nesse caso, há apenas 3 modelos em que a base de conhecimento é verdadeira:

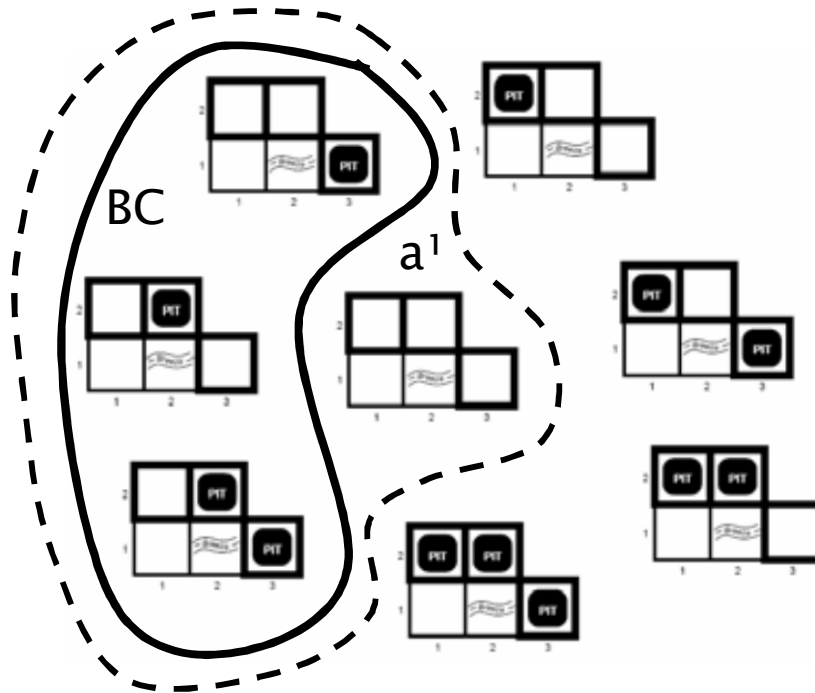




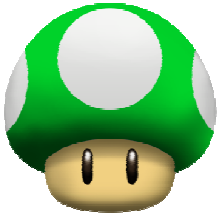
## Consequência lógica no Mundo de Wumpus

❏ Considerando a possível conclusão:

❏  $a^1$  = “não existe nenhum poço em [1,2]”



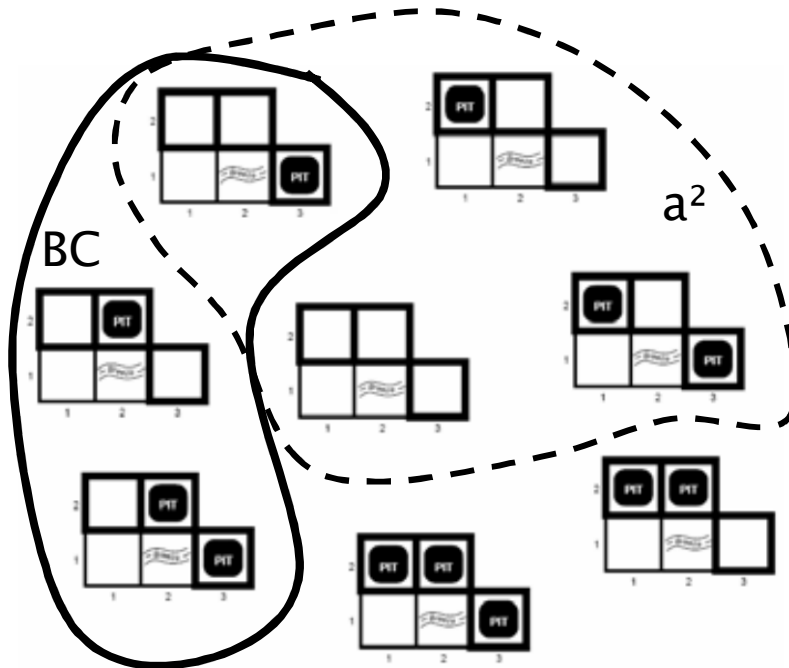
É possível afirmar que  
 $BC \models a^1$



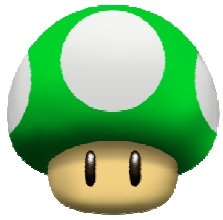
## Consequência lógica no Mundo de Wumpus

❓ Considerando a possível conclusão:

❓  $a^2$  = “não existe nenhum poço em [2,2]”



É possível afirmar que  
 $BC \not\models a^2$



# Inferência Lógica

- 💡 O exemplo anterior:
  - 💡 Ilustra a **consequência lógica**.
  - 💡 Mostra como a consequência lógica pode ser aplicada para produzir **inferência lógica** (derivar conclusões).
  - 💡 O algoritmo ilustrado no exemplo se chama **model checking**. Ele numera todos os possíveis modelos para checar se a é verdade em todos os modelos onde BC é verdade.