FURB
UNIVERSIDADE DE BLUMENAU

# Inteligência Artificial

## Representação do Conhecimento

Prof. Drª. Andreza Sartori
asartori@furb.br

# Documentos Consultados/Recomendados


- Barros, F.; Prudêncio, R. **Introdução aos Agentes Inteligentes.** http://www.cin.ufpe.br/~in1116/IAI-2016/

- COPPIN, Ben. **Inteligência artificial.** Rio de Janeiro: LTC, 2013.

- KLEIN, Dan; ABBEEL, Pieter. **Intro to AI**. UC Berkeley. Disponível em: http://ai.berkeley.edu.

- LIMA, Edirlei Soares. **Inteligência Artificial.** PUC-Rio, 2015.

- RUSSELL, Stuart J. (Stuart Jonathan); NORVIG, Peter. **Inteligência artificial.** Rio de Janeiro: Campus, 2013. 1021 p.

# Plano de Ensino da disciplina

**Unidade 1:** Fundamentos de Inteligência Artificial

**Unidade 2:** Busca

**Unidade 3:** Sistemas baseados em conhecimento

**Unidade 4:** Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

**Unidade 5:** Tópicos especiais

# Plano de Ensino da disciplina

**Unidade 1:** Fundamentos de Inteligência Artificial

**Unidade 2:** Busca

**Unidade 3:** Sistemas baseados em conhecimento

**Unidade 4:** Aprendizado de Máquina e Redes Neurais

**Unidade 5:** Tópicos especiais

# Plano de Ensino da disciplina

**Unidade 1:** Fundamentos de Inteligência Artificial

**Unidade 2:** Busca

**Unidade 3:** Sistemas baseados em conhecimento

3.1. Agentes Lógicos

**3.2. Representação do Conhecimento**

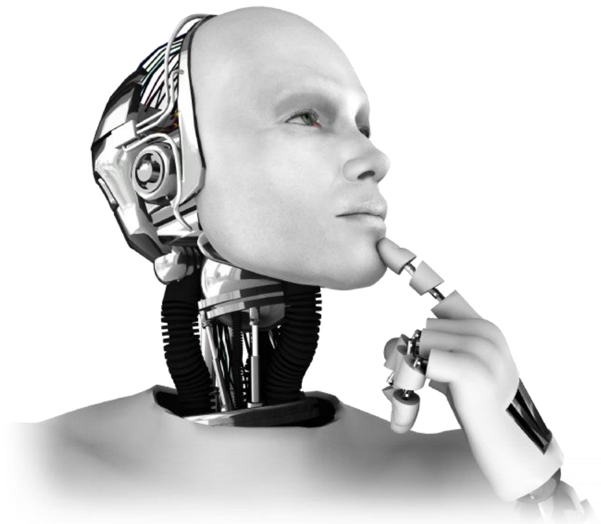
3.2.1 Lógica de Primeira Ordem

3.3. Sistemas Especialistas

# Introdução

- Humanos possuem **conhecimento** e **raciocinam** sobre este conhecimento.

- Exemplos:
  - “Pedro viu **a jóia** e **a** desejou.”
  - “Pedro lançou a pedra contra **a janela** e **a** quebrou.”



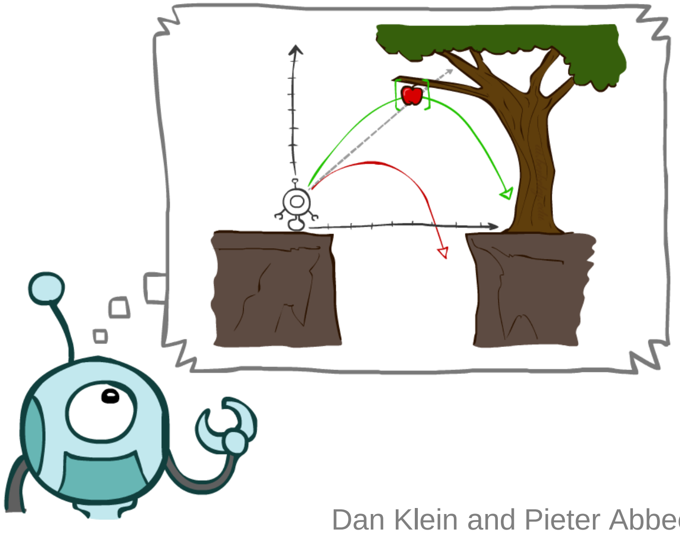
# Introdução

- Aspecto fundamental do **comportamento inteligente** é que ele é condicionado pelo **conhecimento que um agente tem** sobre seu mundo.

- Para a Inteligência Artificial, ter conhecimento específico é importante para a resolução de problemas complexos.

# Agente Racional Ideal

Para cada sequência de **percepções** possíveis deve-se selecionar uma **ação** que espera-se que venha a maximizar sua **medida de desempenho**, dada a evidência fornecida pela **sequência** de percepções e por qualquer **conhecimento interno do agente**.



Dan Klein and Pieter Abbeel
ai.berkeley.edu

# Conhecimento

- **Dados:**
  - Conjunto de caracteres numéricos e/ou alfanubéticos que não possuem significado associado
    - Ex. 15, m6, west, 100.

- **Informação:**
  - Dados organizados
  - Tem significado
    - Ex: 01, 03,  05, 06, 07, 09, 10 (meses)
- **Conhecimento:**
  - Conjunto de informações, com suas propriedades e relações
  - Ex: Médico ao diagnosticar uma doença em um paciente. Informações que estão no cérebro do médico = conhecimento

# Como Representar o Conhecimento?

# Componentes Principais dos Sistemas Baseados em Conhecimento

- **Base de conhecimento (BC)**
  - É formada por um conjunto de **sentenças** expressadas através de uma **Linguagem de Representação de Conhecimento**.
    - Através da representação lógica das sentenças.
  - Exemplo:
    - S1. Todos os animais respiram;
    - S2. Todos os gatos são animais;
- **Mecanismo de Inferência**
  - Derivação de novas sentenças a partir de sentenças antigas (extraidas da BC).
    - Dada S1 e S2, podemos deduzir que:  Todos os gatos respiram.

# Lógica

# Lógica

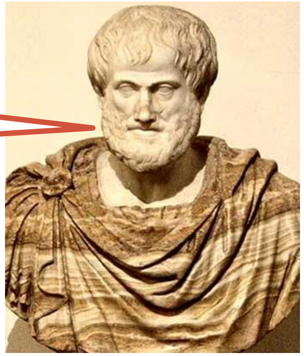
- É um veículo fundamental para a **representação do conhecimento**.

- O conceito foi inicialmente apresentado por Aristóteles.

- “Pode ser entendida como a ciência que estuda os princípios e os métodos que permitem estabelecer as condições de validade e invalidade dos argumentos.” (BISPO; CASTANHEIRA; SOUZA FILHO, 2011, p. xi).

“Todo homem é mortal”
“Sócrates é um homem”
“Logo, Sócrates é mortal”

Todo X é Y. Z é X. Portanto, Z é Y.



# Alguns Tipos de Lógica

- **Lógica proposicional:** representa a estrutura das sentenças usando conectivos lógicos (“e”, “ou”, “não”, “se...então”, “se e somente se”).
- **Lógica de primeira ordem:** (ou lógica de predicados) é elaborada em torno de <u>objetos e relações</u>.
- **Lógica temporal:** descreve regras e símbolos para representar e raciocinar sobre proposições qualificadas em termos do tempo. Os fatos são válidos em momentos particulares e esses momentos estão ordenados.
  - Ex: Eu estou *sempre* com fome.
- **Lógica difusa:** trabalha com o conceito de graus de verdade entre 0 e 1.
  - Ex:  algo é 30% quente, 25% morno e 45% frio
- Etc...

# Conceitos de Lógica

- **Sintaxe:** especifica todas as sentenças que são bem-formadas.
  - Exemplo na aritmética:
    - ✓ x+y=4
    - × x4y+=

- **Semântica:** especifica o significado das sentenças. Define 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 de Lógica

- **Modelo:** um "mundo possível".
  - "*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* é uma consequência lógica de *a*).
    - x+y=4 tem como consequência lógica a sentença 4= x+y

  - 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];

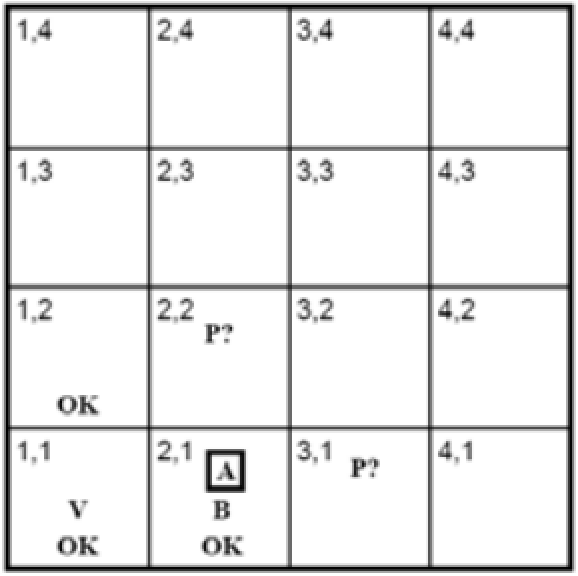
Regras do mundo de Wumpus;

- **O agente está interessado em:**

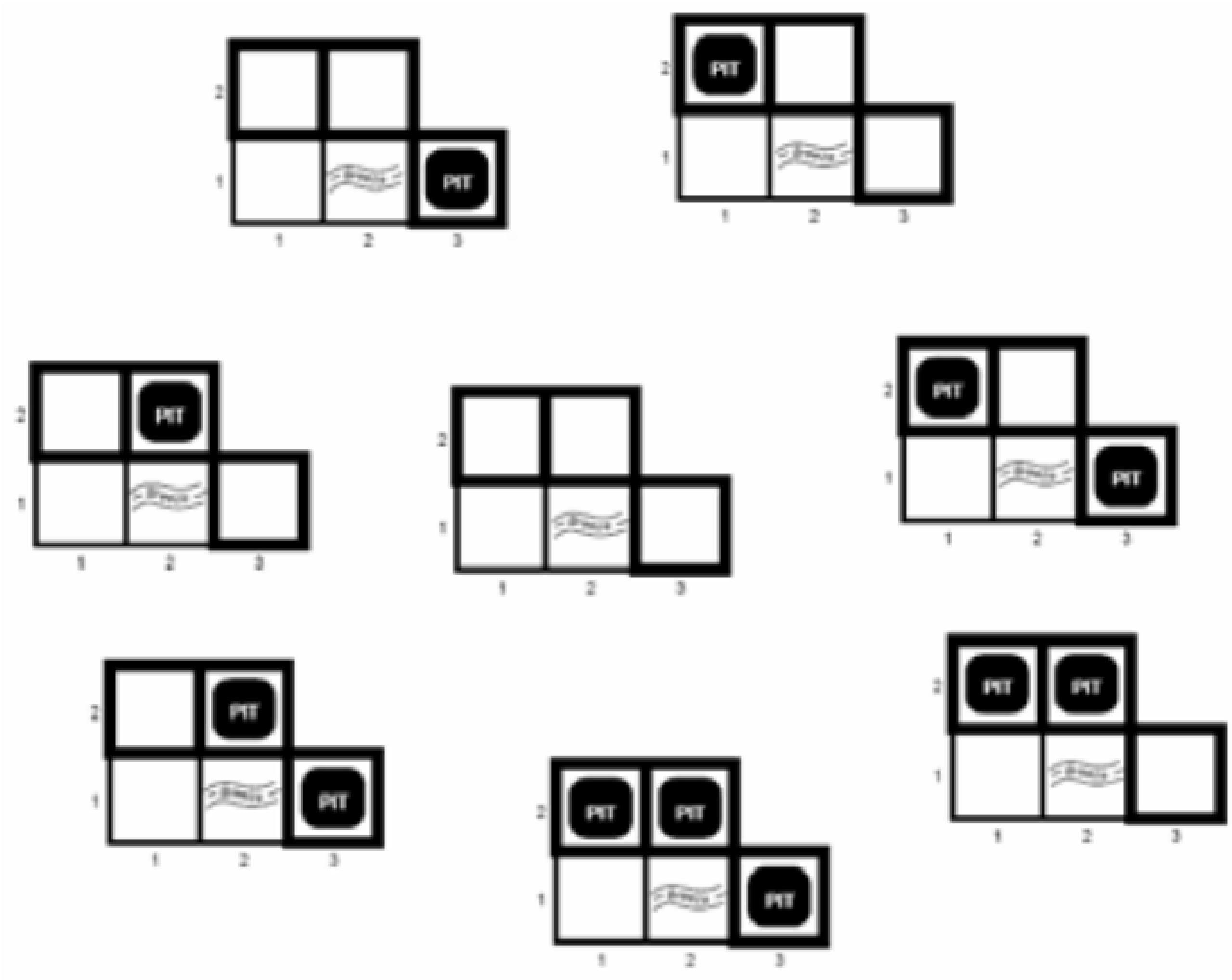
Saber se os quadrados [1,2], [2,2] e [3,1] contém poços.

- **Possíveis modelos:**

$2^3 = 8$

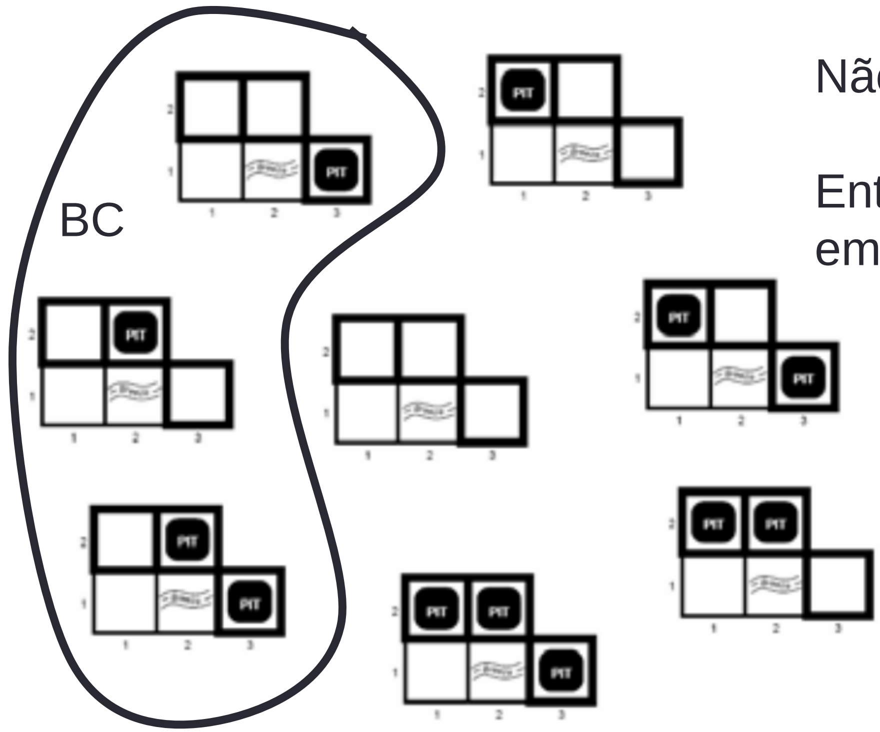


# Possíveis Modelos



# Consequência lógica no Mundo de Wumpus

- A Base de Conhecimento (BC) é falsa em modelos que contradizem o que o agente sabe.
  - Há apenas 3 modelos em que a base de conhecimento é verdadeira.

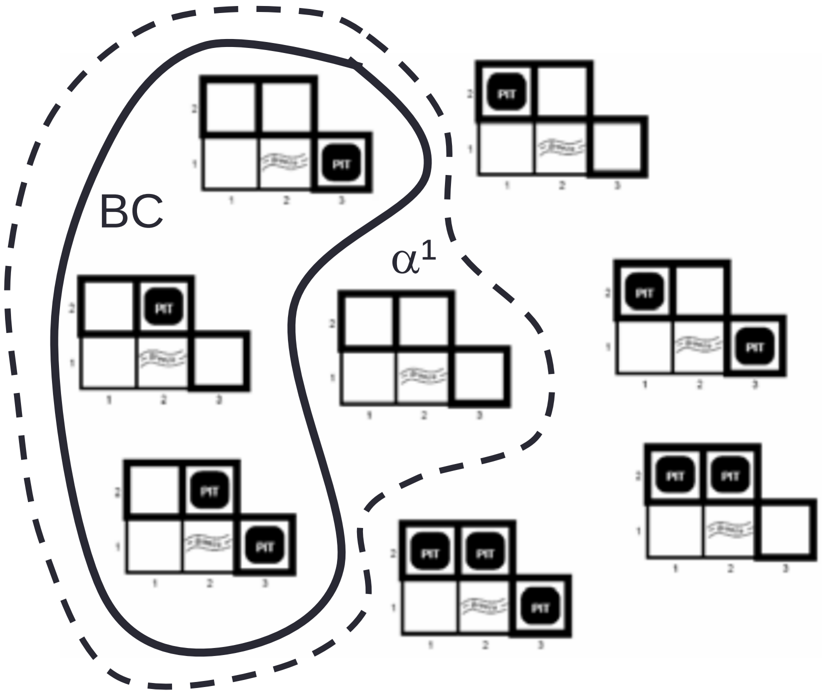


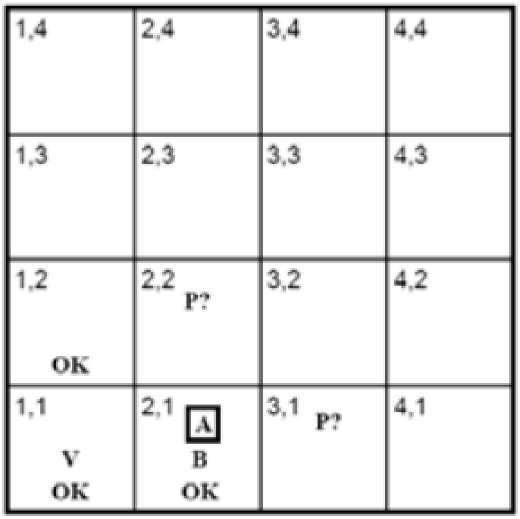

Não tem brisa no [1,1]

Então não pode ter poço em 1,2

# Consequência lógica no Mundo de Wumpus

- Considerando a possível conclusão:
  - $\alpha^1$ = “não existe nenhum poço em [1,2]”




Em todo modelo no qual a BC é verdadeira, $\alpha^1$ também é verdadeira.

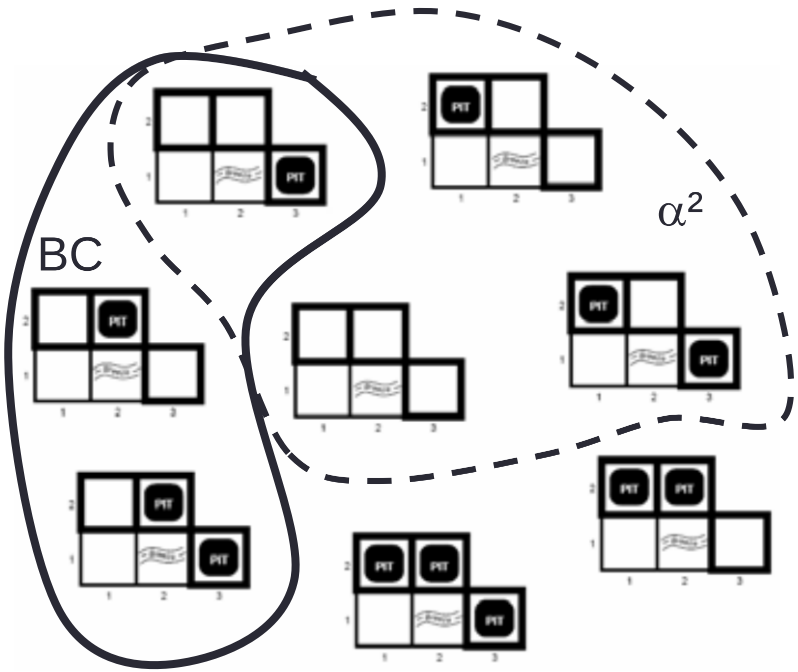
É possivel afirmar que

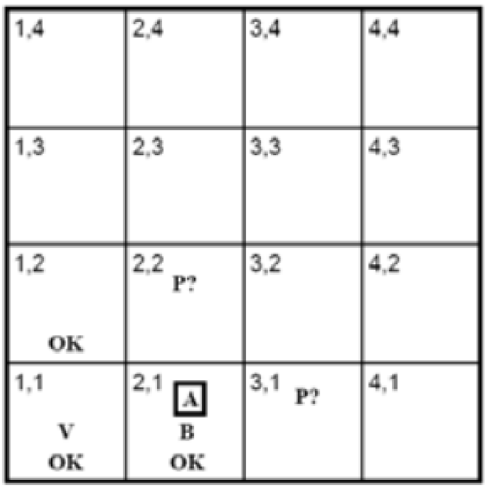
$BC \models \alpha^1$

Não existe nenhum poço em [1,2]

# Consequência lógica no Mundo de Wumpus

- Considerando a possível conclusão:
  - $\alpha^2$ = "não existe nenhum poço em [2,2]"




É possivel afirmar que $BC \nvDash \alpha^2$

Em alguns modelos em que BC é verdadeira, $\alpha_2$ é falsa.
O agente **não pode concluir que não existe** nenhum poço em [2,2] **nem se existe** um poço em [2,2].

# Inferência Lógica

- O exemplo anterior:
  - Ilustra a **consequência lógica**.
  - Mostra como a consequência lógica pode ser aplicada para produzir **inferência lógica** (derivar conclusões).
  - Este algoritmo de inferência é denominado: **verificação de modelos (model checking).**
    - Numera todos os possíveis modelos para checar se $\alpha$ é verdadeira em todos os modelos onde a BC é verdadeira.

# Como representar o Conhecimento?

- Lógica Proposicional
- Lógica de Primeira Ordem
- Outras linguagens lógicas

# Lógica Proposicional

# Lógica Proposicional

- Lógica simples.

- A sentenças são formadas por conectivos:
  - “e”, “ou”, “se-então”, “se e somente se”.

- É necessário definir:
  - **Sintaxe** (sentenças válidas).
  - **Semântica** (modo pelo qual a verdade das sentenças é determinada).
  - **Consequência lógica** (relação entre uma sentença e outra que decorre dela).
  - **Algoritmo para inferência lógica**.

# O que são Proposições?

- Uma Proposição é qualquer **frase afirmativa** na qual se pode **decidir se ela é falsa ou verdadeira**, porém não ambos.

| Proposições | Não são Proposições |
|---|---|
| 1. Paraguai e Brasil são países limítrofes.<br>2. Blumenau é a capital do Brasil.<br>3. 4 x 3 = 3 x 4<br>4. Vou ao cinema se e somente se conseguir dinheiro. | 1. Onde você mora?<br>2. 8-16<br>3. Escreva um verso.<br>4. Triângulo equilátero. |

# Sintaxe da Lógica Proposicional

- Proposições:

| Simples (Atômica) | Composta |
|---|---|
| Apenas uma proposição | Combinação de uma ou mais proposições simples por meio de elementos chamados operadores ou conectivos. |
| Ex.: José é careca. | Ex.: José é careca e Pedro é estudante. |

- É representado por letras chamadas **Símbolos Proposicionais**:

**P, Q, R, S, P1, Q1, R1, S1, P2, Q2, R2, S2,**

- I[P] = José é careca.
- I[Q] = Pedro é estudante.
- I[$(P \wedge Q)$] = José é careca e Pedro é estudante.

# Conectivos Proposicionais ou Operadores Lógicos

Conectivos Proposicionais

| | |
|---|---|
| Negação: ¬ ~ | ~P<br>Não P |
| Conjunção: ∧ | P ∧ Q<br>P e Q |
| Disjunção: ∨ | P ∨ Q<br>P ou Q |
| Implicação: → | P → Q<br>Se P então Q |
| Bi-Implicação: ↔ | P ↔ Q<br>P se e somente se Q |

# Implicação Lógica

- <u>$\alpha$ implica logicamente em $\beta$</u> ($\alpha \vDash \beta$) se e somente se $\beta$ é verdadeira quando $\alpha$ for verdadeira.

- $P \rightarrow Q$

  - **Se** P é verdade **então** Q também é verdade.

  - Exemplo:
    - **Se** está chovendo **então** as ruas estão molhadas.

# Exercício:

- A = Rosas são vermelhas.
- B = Violetas são azuis.
- C = Açúcar é doce.

1. Formalize o enunciado (notação simbólica) :
   - Rosas são vermelhas apenas se violetas não forem azuis e se açúcar for amargo.

2. Transcreva para o português a fórmula: $C \wedge (\sim A \leftrightarrow B)$

# Exercício: Resposta

- A = Rosas são vermelhas.
- B = Violetas são azuis.
- C = Açúcar é doce.

1. Formalize o enunciado (notação simbólica) :
   - Rosas são vermelhas apenas se violetas não forem azuis e se açúcar for amargo.
     - **$(\sim B \land \sim C) \rightarrow A$**

2. Transcreva para o português a fórmula: $C \land (\sim A \leftrightarrow B)$
   - **Açúcar é doce, mas as rosas não são vermelhas se e somente se as violetas são azuis.**

# Exercício:

Sejam **J, G, T** as seguintes sentenças (proposições):

- **J** Jogadores estão cansados.
- **G** Goleiro faz uma boa defesa.
- **T** Time vence o jogo.

Escreva as proposições compostas a seguir em notação simbólica.

a) Se os jogadores estiverem descansados, o time vencerá o jogo.

b) O time vencerá o jogo apenas se os jogadores estiverem descansados e o goleiro fizer uma boa defesa.

c) Uma condição suficiente para o time ganhar o jogo é o goleiro fazer uma boa defesa ou os jogadores estarem descansados.

# Exercício:

Sejam **J, G, T** as seguintes sentenças (proposições):

- **J** = Jogadores estão cansados.
- **G** = Goleiro faz uma boa defesa.
- **T** = Time vence o jogo.

Escreva as proposições compostas a seguir em notação simbólica.

a) Se os jogadores estiverem descansados, o time vencerá o jogo.

- **Resposta: $\neg J \rightarrow T$**

b) O time vencerá o jogo apenas se os jogadores estiverem descansados e o goleiro fizer uma boa defesa.

- **Resposta: $(\neg J \wedge G) \rightarrow T$**

c) Uma condição suficiente para o time ganhar o jogo é o goleiro fazer uma boa defesa ou os jogadores estarem descansados.

- **Resposta: $(G \vee \neg J) \rightarrow T$**

# Semântica em Lógica Proposicional

- Descreve como calcular o **valor verdade** de qualquer sentença com base em um mesmo **modelo**.

- É necessário definir como calcular a verdade de sentenças atômicas e como calcular a verdade de sentenças formadas com cada um dos cinco conectivos ($\neg$, $\wedge$, $\vee$, $\rightarrow$, $\leftrightarrow$).

- **Sentenças atômicas:**
  - Verdadeiro é verdadeiro e falso é falso em todo modelo.
- **Sentenças complexas:**
  - As regras em cada conectivo são resumidas em uma **tabela-verdade**.

# Tabela Verdade das Proposições

- Para os cinco conectivos lógicos apresentados, teremos:

| **P** | **Q** | $\neg$**P** | **P** $\wedge$ **Q** | **P** $\vee$ **Q** | **P** $\rightarrow$ **Q** | **P** $\leftrightarrow$ **Q** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| V | V | F | V | V | V | V |
| V | F | F | F | V | F | F |
| F | V | V | F | V | V | F |
| F | F | V | F | F | V | V |

- Assim, I[P $\wedge$ Q] = **V**, se I[P] = **V** e I[Q] = **V**.

# Exercício:

- Determine a interpretação ( I ) das fórmulas abaixo:

a) $I[\neg P]$
b) $I[P \wedge Q]$, quando $I[P] = V$ e $I[Q] = V$
c) $I[P \vee Q]$, quando $I[P] = F$ e $I[Q] = F$
d) $I[P \rightarrow Q]$, quando $I[P] = F$
e) $I[P \leftrightarrow Q]$, quando $I[P] \neq I[Q]$

# Exercício:Resposta

- Determine a interpretação ( I ) das fórmulas abaixo:

a) I $[\neg P]$ :
   - **se I[P] = V, então I[¬P] = F; se I[P] = F, então I[¬P] = V**

b) I $[P \wedge Q]$, quando I[P] = V e I[Q] = V
   - **V**

c) I $[P \vee Q]$, quando I[P] = F e I[Q] = F
   - **F**

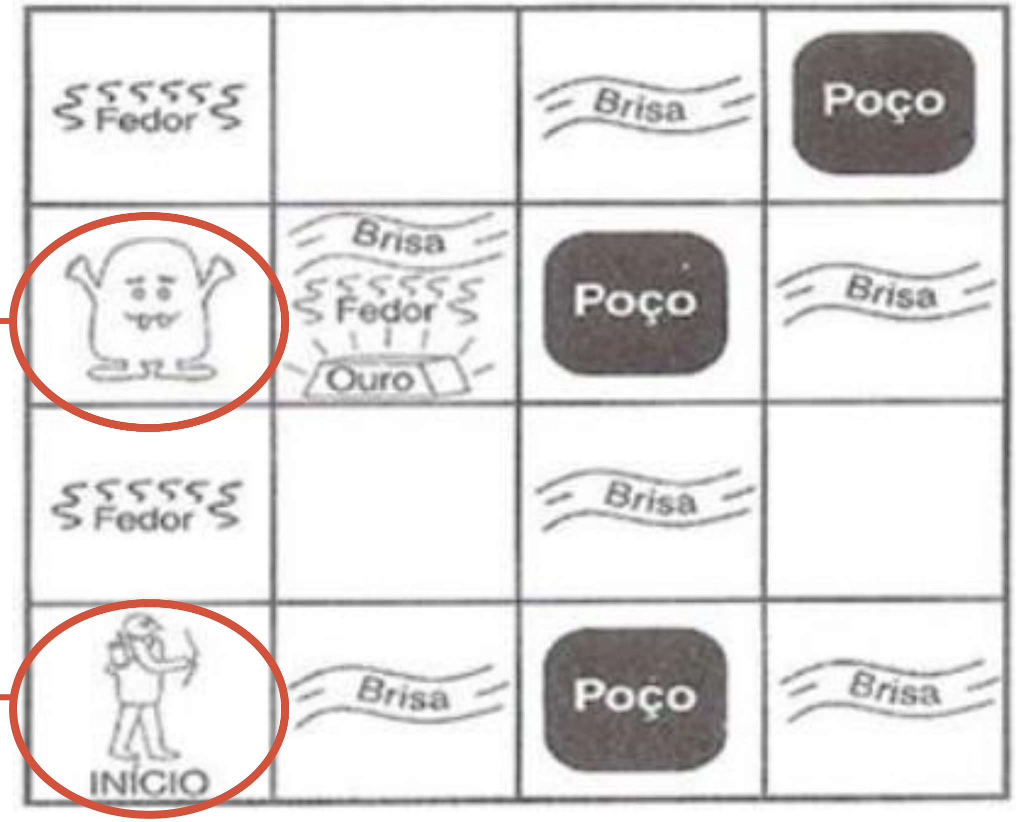
d) I $[P \rightarrow Q]$, quando I[P] = F
   - **V**

e) I $[P \leftrightarrow Q]$, quando I[P] $\neq$ I[Q]
   - **F**

# Exemplo: O Mundo de Wumpus

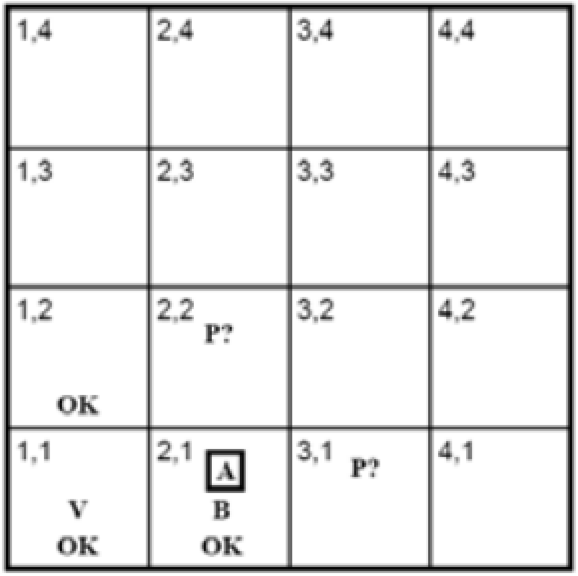
Wumpus

Agente caçador de tesouros



# Exemplo: Mundo de Wumpus

- Vocabulário de símbolos proposicionais:
  - Seja $P_{i,j}$ verdadeiro se existe poço em [ i , j ]
  - Seja $B_{i,j}$ verdadeiro se existe brisa em [ i , j ]



# Exemplo: Mundo de Wumpus

## Base de Conhecimento:

**R1**: $\neg P_{1,1}$ → Não há poço em [1,1].

**R2**: $B_{1,1} \leftrightarrow (P_{1,2} \lor P_{2,1})$

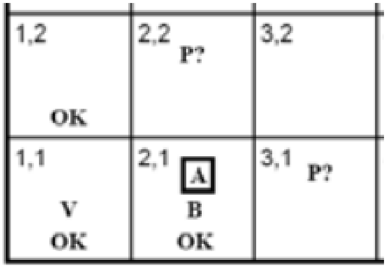
**R3**: $B_{2,1} \leftrightarrow (P_{1,1} \lor P_{2,2} \lor P_{3,1})$

→ Um quadrado tem uma brisa se e somente se existe um poço em um quadrado vizinho (todos os quadrados devem ser declarados).

**R4**: $\neg B_{1,1}$

**R5**: $B_{2,1}$

→ Percepções adquiridas pelo agente do mundo em que ele se encontra.



# Inferência - Mundo de Wumpus

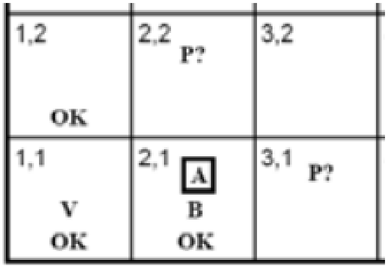
- **Inferência**: derivação de novas sentenças a partir de sentenças antigas.

- **Objetivo**: decidir se BC $\models \alpha$ para alguma sentença $\alpha$. Exemplo: $P_{2,2}$ é permitida?

- **Algoritmo**: enumerar todos os modelos e verificar se $\alpha$ é verdadeira em todo modelo no qual BC é verdadeira.
  - Símbolos proposicionais relevantes para este modelo:

  $B_{1,1}$, $B_{2,1}$, $P_{1,1}$, $P_{1,2}$, $P_{2,1}$, $P_{2,2}$, $P_{3,1}$

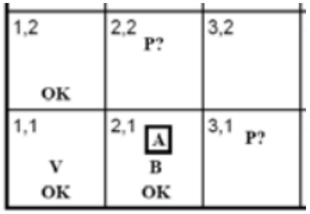
  - 7 símbolos $\rightarrow 2^7 = 128$ modelos possíveis



# Tabela Verdade – Mundo de Wumpus

| $B_{1,1}$ | $B_{2,1}$ | $P_{1,1}$ | $P_{1,2}$ | $P_{2,1}$ | $P_{2,2}$ | $P_{3,1}$ | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | BC |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| F | F | F | F | F | F | F | V | V | V | V | F | F |
| F | F | F | F | F | F | V | V | V | F | V | F | F |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| F | V | F | F | F | F | F | V | V | F | V | V | F |
| F | V | F | F | F | F | V | V | V | V | V | V | V |
| F | V | F | F | F | V | F | V | V | V | V | V | V |
| F | V | F | F | F | V | V | V | V | V | V | V | V |
| F | V | F | F | V | F | F | V | F | F | V | V | F |
| : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : | : |
| V | V | V | V | V | V | V | F | V | V | F | V | F |

- Em três desses modelos toda a base de conhecimento é verdadeira.
- Nesses três modelos, $\neg P_{1,2}$ é verdadeira. Dessa maneira conclui-se que **não existe poço em [1,2]**.
- $P_{2,2}$ é verdadeira em dois dos três modelos e falsa em um.
- Assim, **não podemos dizer ainda se existe um poço em [2,2]**.



# Equivalências

- Duas sentenças $\alpha$ e $\beta$ implicam logicamente ($\alpha \models \beta$) se são verdadeiras no mesmo conjunto de modelos.

| | |
|---|---|
| $(\alpha \wedge \beta) \equiv (\beta \wedge \alpha)$ | comutatividade de $\wedge$ |
| $(\alpha \vee \beta) \equiv (\beta \vee \alpha)$ | comutatividade de $\vee$ |
| $(\alpha \wedge \beta) \wedge \gamma \equiv \alpha \wedge (\beta \wedge \gamma)$ | associatividade de $\wedge$ |
| $(\alpha \vee \beta) \vee \gamma \equiv \alpha \vee (\beta \vee \gamma)$ | associatividade de $\vee$ |
| $\neg\neg\alpha \equiv \alpha$ | eliminação de dupla negação |
| $(\alpha \rightarrow \beta) \equiv (\neg\beta \rightarrow \neg\alpha)$ | contraposição |
| $(\alpha \rightarrow \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \beta)$ | eliminação de implicação |
| $(\alpha \leftrightarrow \beta) \equiv ((\alpha \rightarrow \beta) \wedge (\beta \rightarrow \alpha))$ | eliminação de bicondicional |
| $\neg(\alpha \wedge \beta) \equiv (\neg\alpha \vee \neg\beta)$ | de Morgan |
| $\neg(\alpha \vee \beta) \equiv (\neg\alpha \wedge \neg\beta)$ | de Morgan |
| $(\alpha \wedge (\beta \vee \gamma)) \equiv ((\alpha \wedge \beta) \vee (\alpha \wedge \gamma))$ | distributividade de $\wedge$ sobre $\vee$ |
| $(\alpha \vee (\beta \wedge \gamma)) \equiv ((\alpha \vee \beta) \wedge (\alpha \vee \gamma))$ | distributividade de $\vee$ sobre $\wedge$ |

# Padrões de Raciocínio em Logica Proposicional

- **Modus Ponens**: A partir de uma implicação e a premissa da implicação, pode-se inferir a conclusão.
  - Premissa: (WumpusAdiante $\wedge$ WumpusVivo) $\rightarrow$ Atirar.
  - Premissa: (WumpusAdiante $\wedge$ WumpusVivo)
  - Conclusão: Atirar

$$\frac{\alpha \rightarrow \beta,\ \alpha}{\beta}$$

- **Eliminação da Conjunção**: De uma conjunção, pode-se inferir qualquer um dos conjuntores.
  - Premissa: (WumpusAdiante $\wedge$ WumpusVivo)
  - Conclusão: WumpusAdiante
  - Conclusão: WumpusVivo

$$\frac{\alpha \wedge \beta}{\alpha}$$

- **Eliminação da Disjunção**: De uma disjunção, se um dos disjuntores é falso, então pode-se inferir que o outro é verdadeiro.
  - Premissa: (WumpusAdiante $\vee$ WumpusVivo)
  - Premissa: $\neg$(WumpusVivo)
  - Conclusão: WumpusAdiante

$$\frac{\alpha \vee \beta,\ \neg\beta}{\alpha}$$

# De Volta ao Mundo de Wumpus

## Base de Conhecimento:

**R1**: $\neg P_{1,1}$

Não há poço em [1,1].

**R2**: $B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \lor P_{2,1})$

**R3**: $B_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \lor P_{2,2} \lor P_{3,1})$

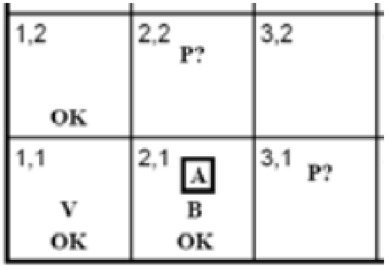
Um quadrado tem uma brisa se e somente se existe um poço em um quadrado vizinho (todos os quadrados devem ser declarados).

**R4**: $\neg B_{1,1}$

**R5**: $B_{2,1}$

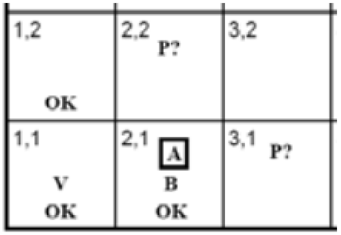
Percepções adquiridas pelo agente do mundo em que ele se encontra.

**Questão:**
Baseado neste conhecimento (BC)
BC $\models P_{1,2}$?
BC $\models P_{2,2}$?



# Como Provar que $\neg P_{1,2}$ no mundo de Wumpus

- Eliminação bicondicional em **R2**:
  **R2**: $B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$
  **R6**: $(B_{1,1} \Rightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})) \wedge ((P_{1,2} \vee P_{2,1}) \Rightarrow B_{1,1})$
- Eliminação de "e" em **R6**:
  **R7**: $(P_{1,2} \vee P_{2,1}) \Rightarrow B_{1,1}$ $\longrightarrow$ De uma conjunção, pode-se inferir qualquer um dos conjuntores.
- Contraposição $((\alpha \rightarrow \beta) \equiv (\neg\beta \rightarrow \neg\alpha))$ em **R7**:
  **R8**: $\neg B_{1,1} \Rightarrow \neg(P_{1,2} \vee P_{2,1})$
- Modus Ponens (**R4** + **R8**)
  **R4**: $\neg B_{1,1}$
  **R9**: $\neg(P_{1,2} \vee P_{2,1})$ $\longrightarrow$ A partir de uma implicação e a premissa da implicação, pode-se inferir a conclusão.
- Regra de Morgan $(\neg(\alpha \vee \beta) \equiv (\neg\alpha \wedge \neg\beta))$ em **R9**:
  **R10**: $\neg P_{1,2} \wedge \neg P_{2,1}$
- Nem [1,2] nem em [2,1] tem um poço.



# Limitações da Lógica Proposicional

- A aplicação de uma sequência de regras de inferências para derivar uma conclusão é chamado de **prova lógica**.
- A lógica proposicional é **simples demais** para representar alguns problemas do mundo real.
- Em problemas complexos pode ser necessário a utilização de um **número muito grande de sentenças** para a criação de um agente realmente inteligente.

# Exercício:

Formalize os argumentos abaixo na linguagem da Lógica Proposicional usando as letras indicadas para cada proposição.

- B: O programa é bom.
- N: O programa passa no horário nobre.
- A: O público assiste.
- G: O público gosta.
- D: A audiência é alta.
- C: A propaganda é cara.

a) Se o programa é bom e passa no horário nobre, então o público assiste. Se o público assiste, então a audiência é alta. O programa passa no horário nobre. Portanto, se o programa é bom, então a audiência é alta.

# Exercício: Resposta

Formalize os argumentos abaixo na linguagem da Lógica Proposicional usando as letras indicadas para cada proposição.

- B: O programa é bom.
- N: O programa passa no horário nobre.
- A: O público assiste.
- G: O público gosta.
- D: A audiência é alta.
- C: A propaganda é cara.

a) Se o programa é bom e passa no horário nobre, então o público assiste. Se o público assiste, então a audiência é alta. O programa passa no horário nobre. Portanto, se o programa é bom, então a audiência é alta.

- **Resposta: $(B \wedge N) \rightarrow A, A \rightarrow D, N \vdash B \rightarrow D$**

# Exercício:

Formalize os argumentos abaixo na linguagem da Lógica Proposicional usando as letras indicadas para cada proposição.

- B: O programa é bom.
- N: O programa passa no horário nobre.
- A: O público assiste.
- G: O público gosta.
- D: A audiência é alta.
- C: A propaganda é cara.

b) Se o programa é bom ou passa no horário nobre, o público assiste. Se o público assiste e gosta, então a audiência é alta. Se a audiência é alta, a propaganda é cara. O programa passa no horário nobre, mas a propaganda é barata. Logo, o público não gosta do programa.

# Exercício: Resposta

Formalize os argumentos abaixo na linguagem da Lógica Proposicional usando as letras indicadas para cada proposição.

- B: O programa é bom.
- N: O programa passa no horário nobre.
- A: O público assiste.
- G: O público gosta.
- D: A audiência é alta.
- C: A propaganda é cara.

b) Se o programa é bom ou passa no horário nobre, o público assiste. Se o público assiste e gosta, então a audiência é alta. Se a audiência é alta, a propaganda é cara. O programa passa no horário nobre, mas a propaganda é barata. Logo, o público não gosta do programa.

**Resposta:** $(B \vee N) \rightarrow A, (A \wedge G) \rightarrow D, D \rightarrow C, N \wedge \sim C \vdash \sim G$