

# Representação de Conhecimento

Jerusa Marchi

[jerusa.marchi@ufsc.br](mailto:jerusa.marchi@ufsc.br)

Departamento de Informática e Estatística

Universidade Federal de Santa Catarina

# Representação de Conhecimento

Por que a Representação de Conhecimento é importante para a IA?

- IA é o estudo do comportamento inteligente adquirido por meios computacionais
- Comportamento inteligente é condicionado pelo conhecimento
  - a inteligência está associada ao *bom* uso do conhecimento
  - nossas decisões sobre o que fazer são baseadas no que conhecemos ou no que acreditamos sobre o mundo

Representação de Conhecimento e Raciocínio é a parte da IA que diz respeito a como um agente usa o que sabe para decidir o que fazer

# Representação de Conhecimento

- Parte da IA que se preocupa com o conhecimento e como o conhecimento pode ser simbolicamente representado de maneira automática pelos programas inteligentes.
  - Conhecimento
  - Representação
  - Raciocínio

# Conhecimento

- filosoficamente não desmistificado
- relação entre o conhecedor e uma proposição (sentença declarativa simples)
  - Ex.: Pedro sabe que Ana foi ao cinema
- Proposições podem ser verdadeiras ou falsas
- O verbo na frase indica uma atitude, i.e. uma relação entre o agente e a proposição
  - Pedro acredita que o mundo onde Ana foi ao cinema *é verdadeiro*.

# Representação

- relação entre dois domínios: o real e o da representação (símbolos)
  - ex.: placas, sinais, etc.
  - 7, sete, sept, seven, VII
- representação concreta: objetos concretos (cadeira, livro, mesa)
  - O livro está sobre a mesa
- representação abstrata: conceitos (amor, verdade, amizade)
  - João ama Maria
- Usar símbolos formais para representar uma coleção de proposições acreditadas por algum agente

# Raciocínio

- Pensar ao invés de agir: usar a representação ao invés do objeto real.
- Manipulação formal de símbolos que representam uma coleção de proposições para produzir outras proposições (inferência lógica)
  - Todos os homens são mortais. Sócrates é homem. Portanto, Sócrates é mortal.
  - Ou, como inferiu Wood Allen:  
"All men are mortal. Socrates was mortal. Therefore, all men are Socrates."

# Discussões filosóficas

É necessário que o agente compreenda o conceito associado à representação?

- tema de acirrados debates na comunidade de IA
- Allan Turing (1950) - *jogo da imitação (teste de Turing)*
  - O jogo consiste, em sua versão original, em um jogo com três participantes: um homem, uma mulher e um interrogador que pode ser de qualquer sexo. O interrogador fica em uma sala à parte dos outros dois e os conhece apenas por seus rótulos X e Y. O objetivo do jogo para o interrogador é determinar, fazendo perguntas para X e Y, quem dos dois é o homem e quem é a mulher

# Discussões filosóficas

- Seria possível desenvolver um programa inteligente que passasse neste teste?
- Décadas de 60 e 70 - questionamentos a respeito da legitimidade do entendimento da semântica e da impossibilidade da representação do senso comum
- Hubert L. Dreyfus (What computers can't do, 1972; What Computers Still Can't Do, A Critique of Artificial Reason, 1979): a inteligência humana é única e falar em uma "inteligência artificial" não passa de mistificação.

"nós não somos capazes, nem nunca seremos, de entender nosso próprio comportamento da mesma forma que entendemos objetos da física ou química, por exemplo (...)"



# Discussões filosóficas

- Searle (1980) - Argumento da *Sala Chinesa*
  - "Suponhamos uma sala completamente isolada, apenas com algum dispositivo para entrar e sair folhas de papel, pelo qual podem entrar e sair textos escritos em chinês. Suponhamos também que nessa sala haja uma pessoa que não sabe chinês, porém que está equipada de uma série de manuais que lhe indicam as regras que correlacionam os caracteres chineses (algo como: "se entram tais e tais caracteres, escreve tais e tais outros"). Deste jeito, a pessoa que manipula esses textos é capaz de responder a qualquer texto em chinês que lhe seja fornecido, e fazer crer a um observador externo, que entende chinês".

# Discussões filosóficas

- Argumento da Sala Chinesa
  - Uma máquina que manipula símbolos pode passar no teste de Turing, mesmo sem conhecer a semântica destes símbolos
- Anderson (1989)
  - Em última instância, nós mesmos fazemos apenas manipulações formais, ainda que biológicas

# Discussões filosóficas

- A discussão sobre a possibilidade ou não de representar conhecimento transcende a IA e é travada também em áreas como a metafísica, a lógica e a epistemologia que lidam com problemas filosóficos de mesma natureza e complexidade:
  - Que representação é adequada para ser enriquecida com novas experiências?
  - Além dos objetos do mundo físico, que outros aspectos são necessários representar?
  - Como obter novos conhecimentos a partir de observações do mundo e da estrutura da representação interna?
  - Em que medida uma representação pode ser utilizada para representar conhecimento sobre si mesma?
  - Que "linguagem" é adequada para representar o conhecimento?

# Discussões filosóficas

- Entretanto, mesmo que estes questionamentos filosóficos sejam pertinentes à IA, é possível criar algumas restrições que amenizam tal complexidade, tais como:
  - limitar o domínio de atuação;
  - restringir a informação perceptiva do agente;
  - simplificar a descrição do conhecimento para adequá-la à aplicação;
  - utilizar definições precisas
- Observar estas restrições implica adotar uma representação que se adeque aos fatos do mundo real e ao problema que se deseja solucionar.

# Representação de Conhecimento

- Hipótese da Representação de Conhecimento (Brian Smith, 1982)
  - Define as propriedades básicas que deve possuir qualquer processo capaz de raciocinar inteligentemente sobre o mundo

“Qualquer processo inteligente realizado por uma máquina será formado por ingredientes estruturais que:

    - (a) serão naturalmente percebidos pelos observadores externos como uma descrição proposicional do conhecimento exibido pelo processo, e
    - (b) independentemente de tal atribuição semântica externa, terão um papel formal, causal e essencial na geração do comportamento que manifesta tal conhecimento.”

# Representação de Conhecimento

- Exemplo: jogo de xadrez:
  - visão externa: O programa escolheu essa jogada por que acredita que sua rainha esteja vulnerável, mas ainda aguarda para atacar a torre.
  - visão interna: O programa escolheu esta jogada por que a avaliação do procedimento P usando a avaliação da função Q retornou +7 após uma busca em profundidade de nível 4 usando um algoritmo Minimax.

## Paradoxo Atual da IA

"Toda possível liberdade de escolha de um programa deve ser programada."

# Representação de Conhecimento

Sistemas computacionais e formalismos matemáticos para expressar e manipular conhecimento declarativo de forma tratável e computacionalmente eficiente

- Um formalismo deve prover:
  - Linguagem de representação de conhecimento
  - Mecanismo de inferência
  - Estratégias de controle da inferência

# Métodos de Representação

- Declarativo
  - Lógica
- Procedural
  - Redes Semânticas
  - Quadros (Frames)
- Regras
  - Sistemas de Produção e Sistemas Especialistas
- Conhecimento estatístico
  - Redes Bayesianas
- Conhecimento impreciso
  - Lógicas não clássicas (Lógica Fuzzy)
- Processamento paralelo e distribuído
  - Redes neurais artificiais



# Lógica

- Base matemática para todos os mecanismos de representação
  - Teoria dos modelos (semântica)
  - Teoria da prova (sintaxe)
    - Hipótese de Representação do Conhecimento
  - Implementável computacionalmente
    - Prolog

# Lógica

- Origem - antigos filósofos gregos.
  - Aristóteles - estabeleceu os fundamentos da lógica de maneira sistemática.
- Euclides (300 a.c) - Método Dedutivo
  - axiomas são usados para inferir outras proposições válidas (teoremas)
- George Boole (1847) - a lógica entra para o campo da matemática
  - linguagem formal que permite a realização de inferências

# Lógica

- Gottlob Fregue (1879) - publica a primeira versão do que hoje é o *cálculo de predicados*, dando início a *lógica moderna*.
- Final do século XIX - a lógica passa a ser estudada com rigor por teóricos como David Hilbert, Giuseppe Peano, George Cantor, Ernst Zermelo, Leopold Lowenheim e Thoralf Skolem.
- Século XX
  - Kurt Gödel e Jacques Herbrand (1930)- existem sistemas lógicos nos quais toda fórmula verdadeira pode ser provada (completude)
  - Alfred Tarski (1934) - definição formal da semântica da lógica
  - Alonzo Church, Alan Turing, Post (1936) - indecidibilidade

# Lógica

- Sistema lógico
  - conjunto de fórmulas que podem assumir valores verdadeiro ou falso
    - fórmula válida - uma fórmula pode ser válida se há uma atribuição de valores verdade que a faça verdadeira
    - tautologia - a fórmula que é **sempre** verdadeira
    - Teoria dos Modelos
  - conjunto de regras de inferência
    - quando aplicada repetidamente à fórmulas verdadeiras, gera novas fórmulas verdadeiras (dedução)
    - as fórmulas geradas constituem uma prova
    - Teoria das Provas

# Lógica

- Descrevendo fatos em Lógica
  - Todos os homens são mortais. Sócrates é homem.

$$\{\forall x.(Homem(x) \rightarrow Mortal(x)), Homem(Socrates)\}$$

# Lógica

- Usar os fatos para inferir novos conhecimentos

- Regra de inferência - Modus Ponens

$$(A \wedge (A \rightarrow B)) \rightarrow B$$

- Dos fatos inicialmente postos:

$$\{\forall x.(Homem(x) \rightarrow Mortal(x)), Homem(Socrates)\}$$

- é possível concluir que:

$$Mortal(Socrates)$$

# Lógica

- Algumas regras de inferência conhecidas:

$$(A \wedge (A \rightarrow B)) \rightarrow B$$

*Modus Ponens*

$$(\neg B \wedge (A \rightarrow B)) \rightarrow \neg A$$

*Modus Tollens*

$$((A \rightarrow B) \wedge (B \rightarrow C)) \rightarrow (A \rightarrow C)$$

*Silogismo Hipotético*

$$\forall x.A \rightarrow A\{x/a\}$$

*Especialização*

$$A\{x/a\} \rightarrow \exists x.A$$

*Generalização*

# Lógica

- Computacionalmente: construir uma base de proposições lógicas e usar essa base para inferir novos conhecimentos

- Exemplo 1: `(store ' (progenitor boris jane))`

`(store ' (progenitor boris marcia))`

`(store ' (progenitor adelia jane))`

`(store ' (progenitor jane tiago))`

`(search (progenitor x y) (progenitor y tiago)`

`([Substituicao : ((x . boris) (y . jane))])`

`[Substituicao : ((x . adelia) (y . jane))])`



# Lógica

## Exemplo 2: Bolívia



# Lógica

## Exemplo 2: Bolívia (prolog)

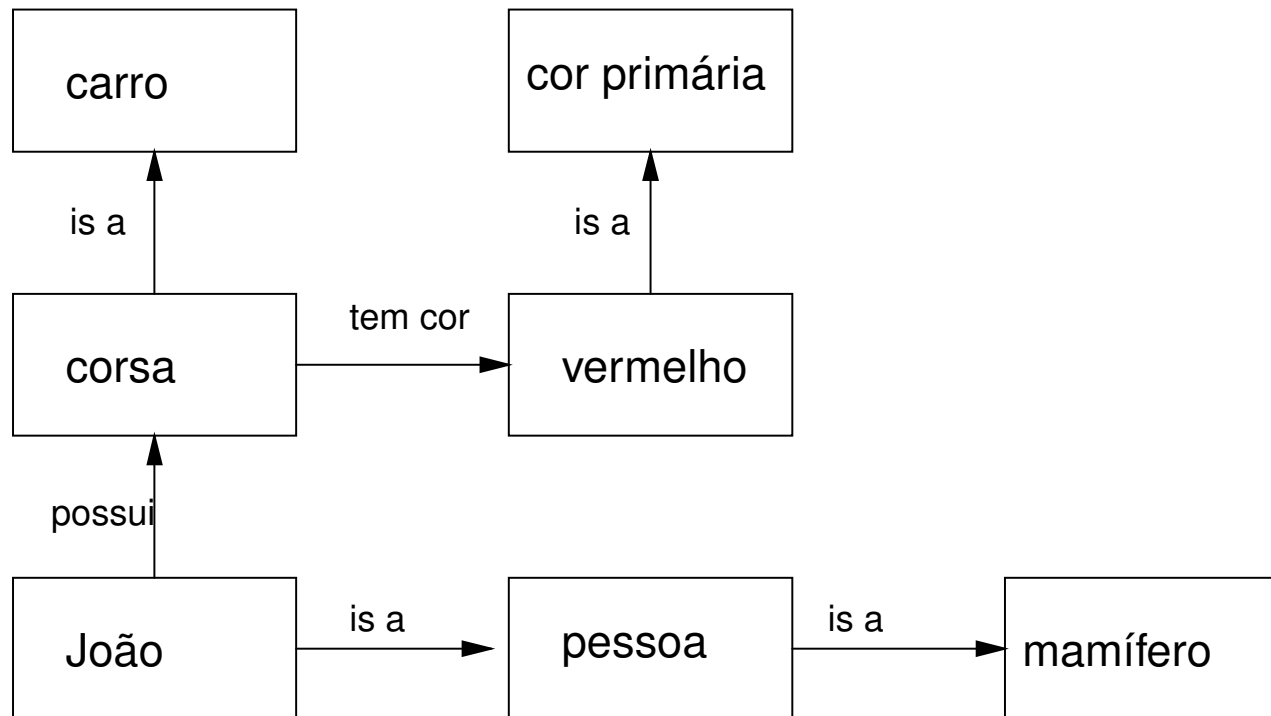
Região(planície)	Altitude(Cobija,240)	Local(Cobija,planície)
Região(vales)	Altitude(Trinidad,250)	Local(Trinidad,planície)
Região(altoiplano)	Altitude(La_Paz,3200)	Local(La_Paz,altoiplano)
	Altitude(Oruro,4000)	Local(Oruro,altoiplano)
Cidade(Cobija)	Altitude(Santa_Cruz,200)	Local(Santa_Cruz,planície)
Cidade(Trinidad)	Altitude(Sucre,2800)	Local(Sucre,vales)
Cidade(La_Paz)	Altitude(Potosi,3000)	Local(Potosi,altoiplano)
Cidade(Oruro)	Altitude(Tarija,2500)	Local(Tarija,vales)
Cidade(Santa_Cruz)	Altitude(Cochabamba,2700)	Local(Cochabamba,vales)
Cidade(Sucre)		
Cidade(Potosi)		Tensão(Cobija,220)
Cidade(Tarija)		Tensão(Trinidad,220)
Cidade(Cochabamba)		Tensão(La_Paz,110)
		Tensão(Oruro,220)
Clima(planície,tropical)		Tensão(Santa_Cruz,220)
Clima(vales,temperado)		Tensão(Sucre,220)
Clima(altoiplano,frio)		Tensão(Potosi,220)
		Tensão(Tarija,220)
		Tensão(Cochabamba,220)

# Redes Semânticas

- Proposto por Quillian (1968) como modelo da memória associativa humana
- idéia: correlacionar fatos, como os seres humanos fazem (conjunto heterogêneo de sistemas)
- compromisso entre os esquemas procedural e declarativo
- usa nodos e arcos para representar a informação e sua correlação
  - nodos: representam objetos e conceitos
  - arcos: representam relações binárias entre objetos
    - is a, is not a (negação), instance of (herança), outros (propriedades)
  - caminhos: seqüência de 1 ou mais arcos
  - Raciocínio (conclusões): suportado pelos caminhos
- Aplicação: processamento de linguagem natural

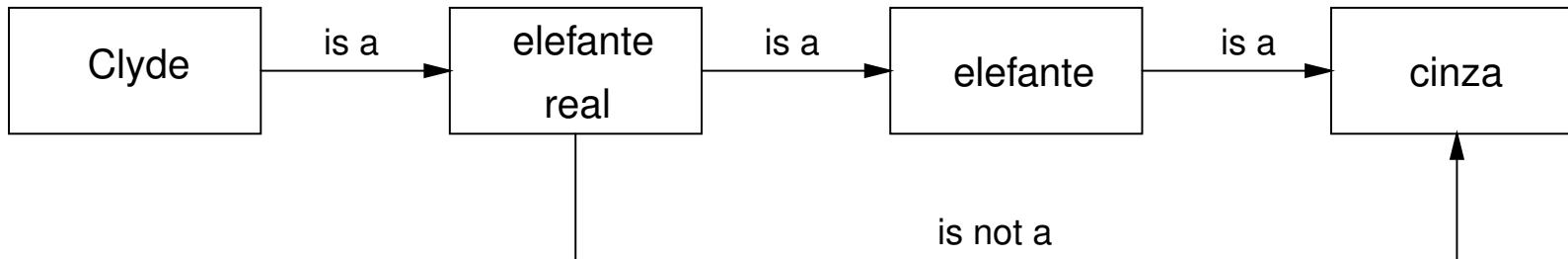
# Redes Semânticas

## Exemplo 1



# Redes Semânticas

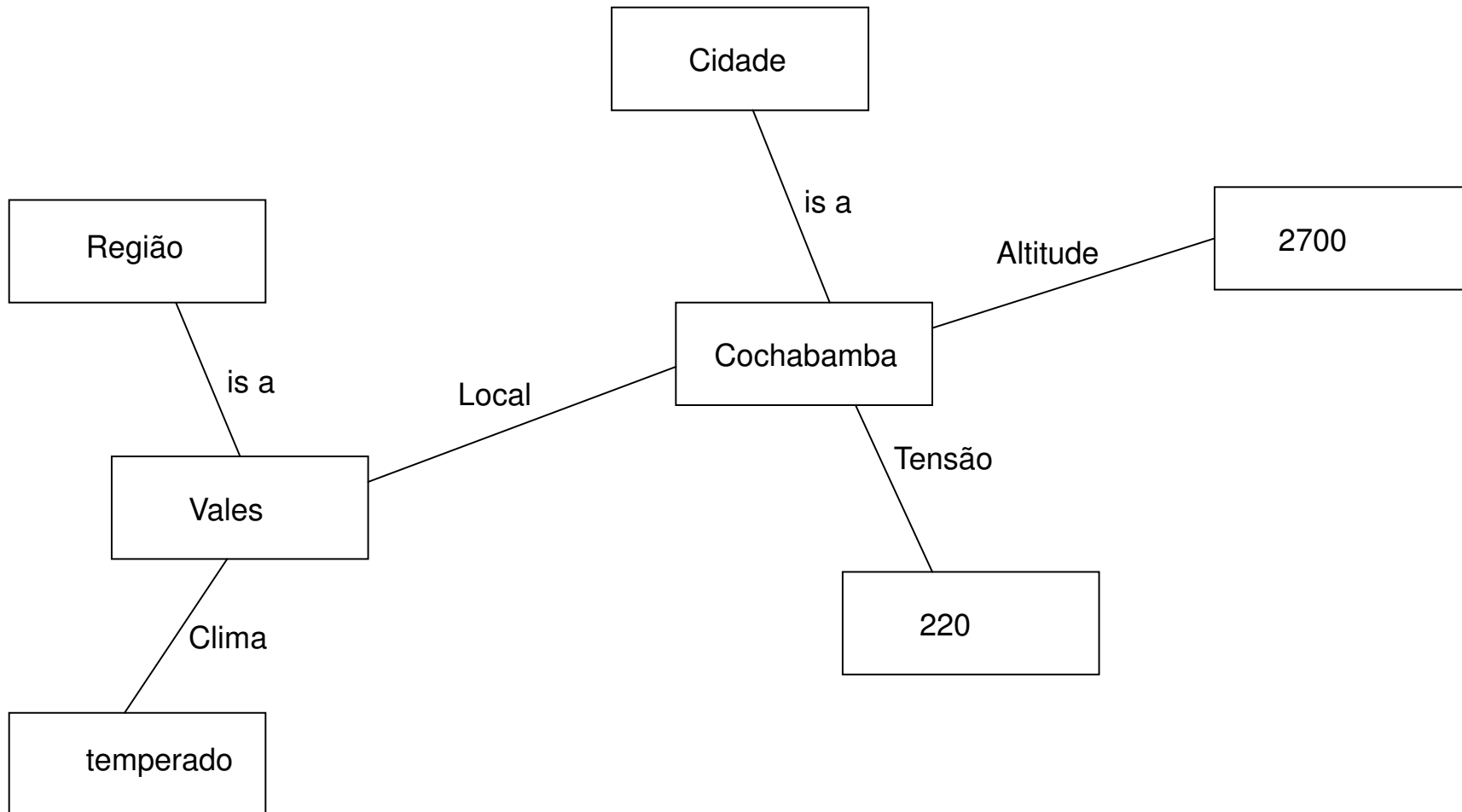
- Problema: Herança e Exceções



- estratégia do caminho mínimo
- Exemplos mais complexos podem não ser tão intuitivos

# Redes Semânticas

## ● Exemplo 2



# Quadros (Frames)

- Propostos por Marvin Minsky - 1975
- Idéia: nodos com estrutura interna
  - expressar a estrutura interna dos objetos
  - mantém a hierarquia
- precursor da orientação a objetos
- Um quadro consiste em:
  - um conjunto de atributos (slots) que descrevem as características do objeto representado
  - valores (fillers) associados aos atributos (podem ser números, seqüências de caracteres ou o nome de outros quadros)

# Quadros (Frames)

- Os quadros podem ser *individuais ou instanciados* (representam objetos) ou *genéricos ou especializados* (representam classes de objetos)
- Quadros genéricos podem conter procedimentos
- Raciocínio guiado por expectativas - processo de raciocínio deve preencher os atributos do quadro instanciado com as informações disponíveis (herdadas)



# Quadros (Frames)

- Forma geral de um quadro:  
(Frame-name  
  <:slot-name1 filler1>  
  <:slot-name2 filler2>  
  ...)
- Quadro individual  
(Individual-Frame-name  
  <:INSTANCE-OF Frame-name>  
  <:slot-name1 filler1> ...)
- Quadro genérico  
(Generic-Frame-name  
  <:IS-A Frame-name>  
  <:slot-name1 [IF-NEEDED procedure1]> ...)

# Quadros (Frames)

Exemplo 1

(Elefante

<:IS-A Mamifero>

<:Tamanho-das-orelhas grandes>

<:Cor cinza>...)

(Elefante-Real

<:IS-A Elefante>

<:Cor Branca>...)

(raja

<:INSTANCE-OF Elefante>

<:Tamanho-das-orelhas pequenas>...)

(clyde

<:INSTANCE-OF Elefante-Real>...)

# Quadros (Frames)

## Exemplo 2

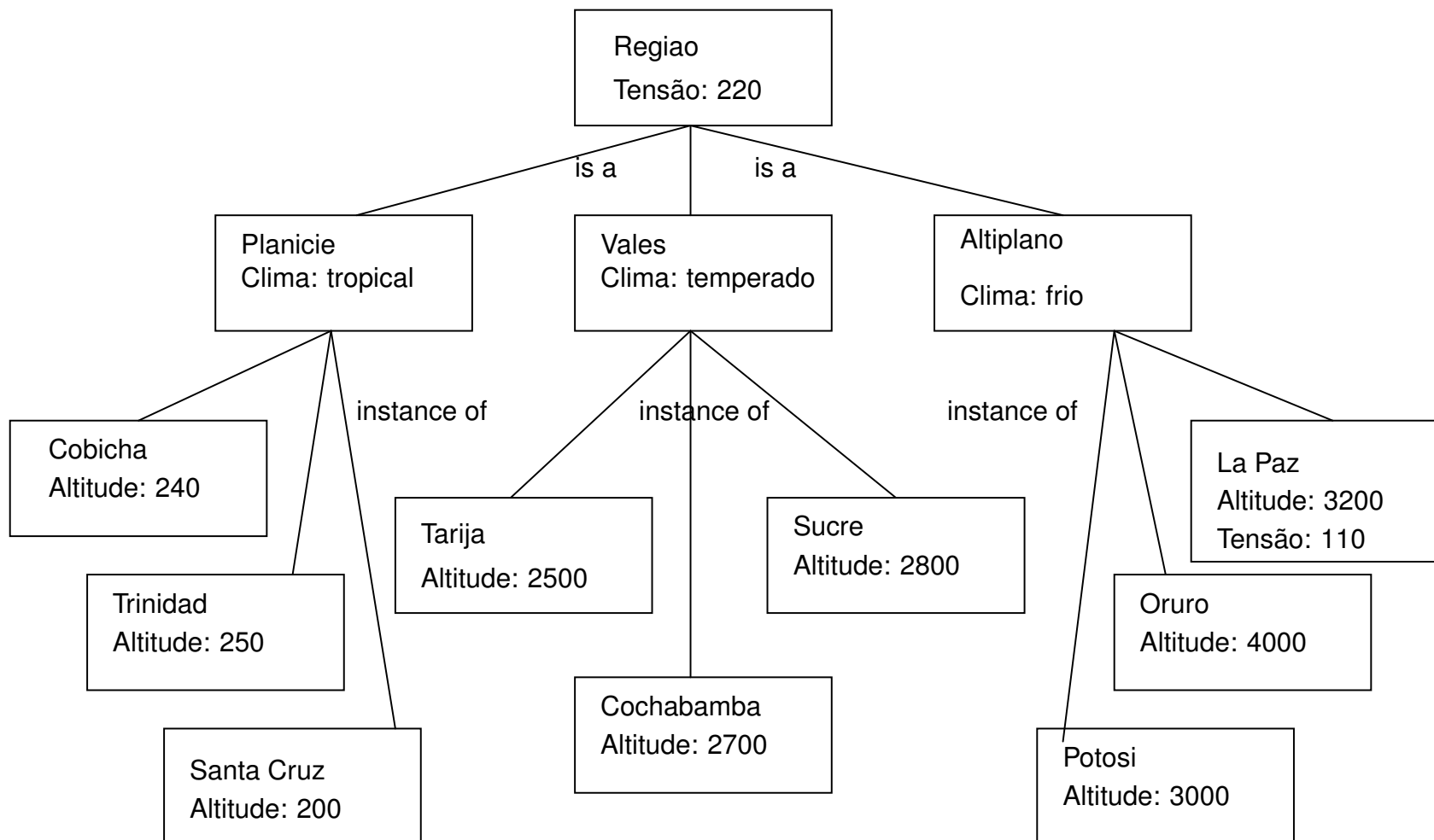
Frame: Cômodo	Super Frame: Lugar_coberto		
Atributos	Default	Tipo	Se necessário
$N^o$ de Paredes	4	número	área * altura
Formato	retangular	símbolo	
altura	3	número ( $m$ )	
área		número ( $m^2$ )	
volume		número ( $m^3$ )	

is a

Frame: Sala	Super Frame: Cômodo	
Atributos	Default	Tipo
Mobiliário	sofa, mesa, tapete	lista de símbolos
Finalidade	convivência	símbolo

# Quadros (Frames)

## Exemplo 3



# Representação de Conhecimento

## Bibliografia:

- G. Bittencourt, *Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias*, 3<sup>a</sup> Edição, Editora da UFSC, Florianópolis, SC, 2006 (cap. 1, 2, 3 e 5)
- R. Brachman and H. Levesque, *Knowledge Representation and Reasoning*, Elsevier, 2004 (cap. 1, 2, 8 e 10)
- H. Gardner, *A Nova Ciência da Mente*, Editora EDUSP, 2003 (cap. 1 e 3)