

# Semântica – parte I (continuação)

*SCC5908 Tópicos em Processamento de Língua Natural*

Thiago A. S. Pardo

## Semântica

- Linguagens de representação
  - Suposições **diferentes**
  - Perspectivas **variadas** da questão
  - Poder de representação **variado**
  - Fundamentos **em comum**
    - Símbolos que correspondem a objetos
    - Propriedades de objetos
    - Relações entre objetos

## Redes Semânticas

3

## Redes semânticas

- Redes Semânticas são uma **tentativa de se formalizar como nosso conhecimento é organizado** na memória
  - Visão diferente da lógica, preocupada com a representação formal, com regras de inferência consistentes e completas
- Redes Semânticas são compostas de **nós** e **links rotulados**
  - Cada **nó** representa um **objeto** ou **propriedade de um objeto**
  - Cada **link** representa o **relacionamento** entre dois nós

4

## Um pouco da história

- Originalmente a idéia de redes semânticas foi proposta em 1913 por Selz como uma **explicação de fenômenos psicológicos**
- Em 1966, Quillian implementou aquelas idéias e mostrou como o significado poderia ser representado como relacionamento entre dois objetos
- Representações mais complicadas tais como frames são realces desta idéia

5

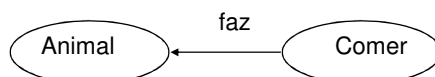
## Rede simples

- Redes Semânticas explicitam o **relacionamento** entre objetos e propriedades
- Por exemplo, considere **algumas** coisas que sabemos sobre **animais**
  - Animais comem
  - Mamíferos e pássaros são animais
  - Mamíferos têm pêlos
  - Cães são mamíferos

6

## Rede simples

↵ A sentença “Animais comem” pode ser representada pela seguinte rede:

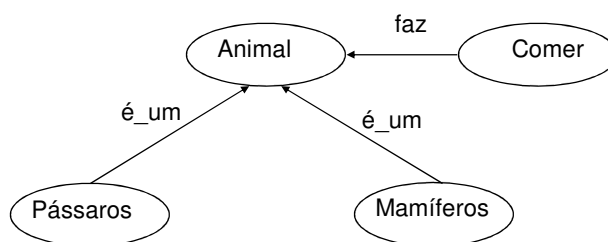


- “Animal” e “Comer” são representados por nós
- O relacionamento entre eles (este animal come) é representado pelo link rotulado “faz”
- Simploriamente, pode-se ler como “Animal faz Comer”

7

## Rede simples

- “Mamíferos e Pássaros são animais” pode, agora, ser acrescentada usando-se o link “é\_um”:

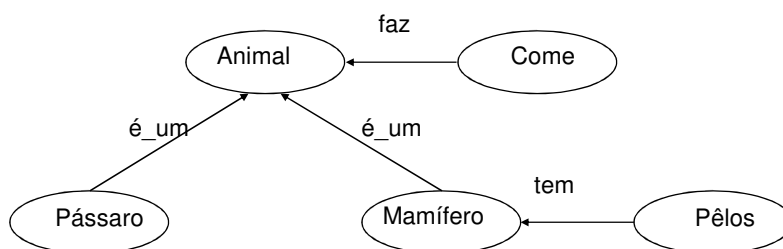


↵ Pode-se ler esta nova sentença como: “Pássaro é um Animal” e “Mamífero é um Animal”

8

## Rede simples

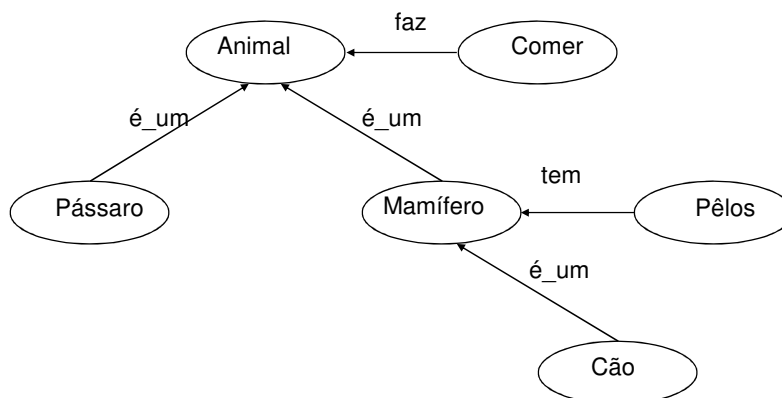
- Também se pode acrescentar à rede a sentença “Mamíferos têm pêlos” :



9

## Rede simples

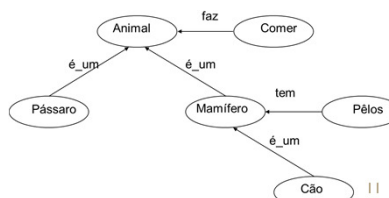
- E, por último, pode-se acrescentar “Cães são mamíferos”:



10

## Transitividade em redes

- Redes Semânticas são naturalmente **transitivas**
- Podemos **concluir** da rede desenvolvida que se “Cão é um Mamífero” e “Mamífero é um Animal” então “Cão é um Animal”
- Entretanto, **não é possível concluir** que:
  - “Cão é um Pássaro”
  - “Pássaro tem pêlos”

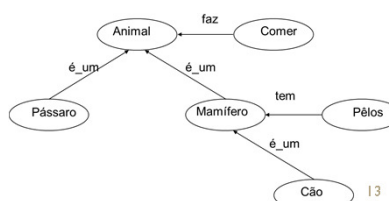


## Busca em redes

- A **Busca** em Redes Semânticas pode ser usada de várias maneiras para se extrair informações
- Por exemplo, a busca pode ser usada:
  - como uma **ferramenta explicativa**
  - para **explorar um tópico** exhaustivamente
  - para **encontrar o relacionamento** entre dois objetos

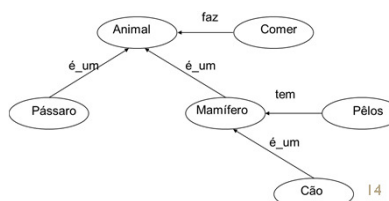
## Busca para explanação

- Podemos **supor que cães comem**, e usar **busca** sobre a rede para explicar isto (se ele pode)
  - Buscando à partir do nó “Cão”, podemos dizer que “Cão é um Mamífero”, “Mamífero é um Animal” e “Animal faz Comer”. Isto é **uma** explicação para “cães comem”.



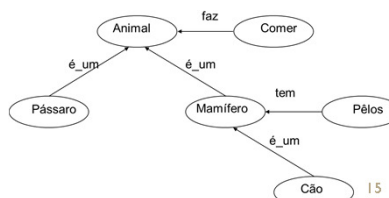
## Busca exaustiva

- Se quisermos encontrar **tudo o que podemos aprender sobre cães**, somente necessitamos usar **Busca em Largura** à partir de “Cão”
  - Dessa maneira, poderíamos encontrar que “cães são mamíferos”, “cães tem pelos”, “cães são animais” e “cães comem”



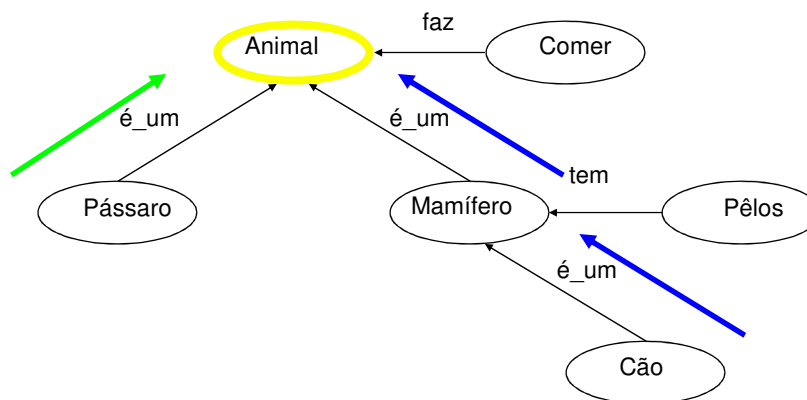
## Intersecção da busca

- Se quisermos encontrar se “Cães” e “Pássaros” estão relacionados, então podemos executar, a partir de ambos os nós, uma busca em largura
- A intersecção nos dá uma pista sobre o relacionamento entre os nós
- Isto é chamado ativação distribuída ou intersecção de busca



## Intersecção da busca

- Partindo de “Cão” e “Pássaro” podemos encontrar que ambos são animais





## Conceitos e instâncias

É importante **diferenciar conceitos de instâncias**, senão fica impossível relacionar diferentes instâncias de um mesmo conceito

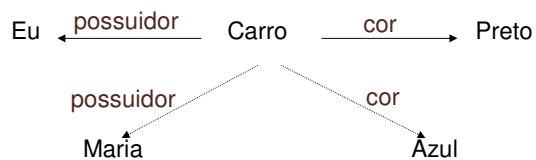
Ex.: “meu carro é preto”



17

## Conceitos e instâncias

Acrescentando “o carro da Maria é azul”



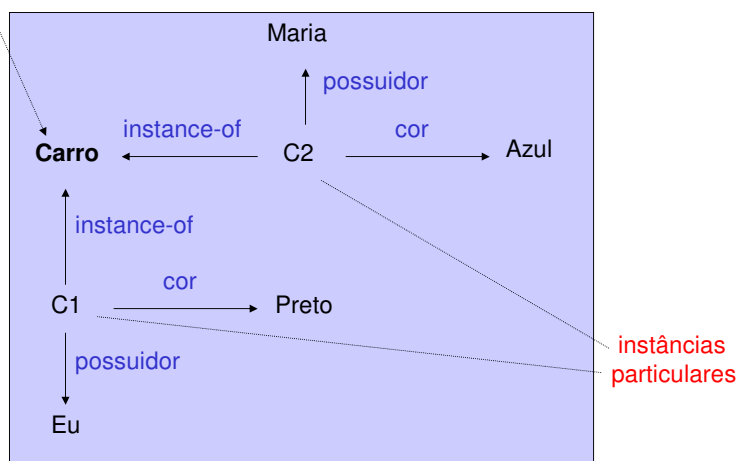
Qual é o cor do meu carro ???

18

## Conceitos e instâncias

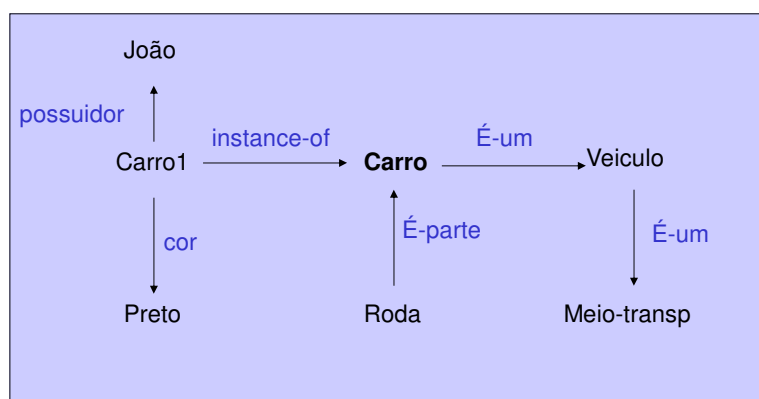
**Solução:** para detectar uma instância de uma classe, usa-se a ligação **instance-of**

conceito



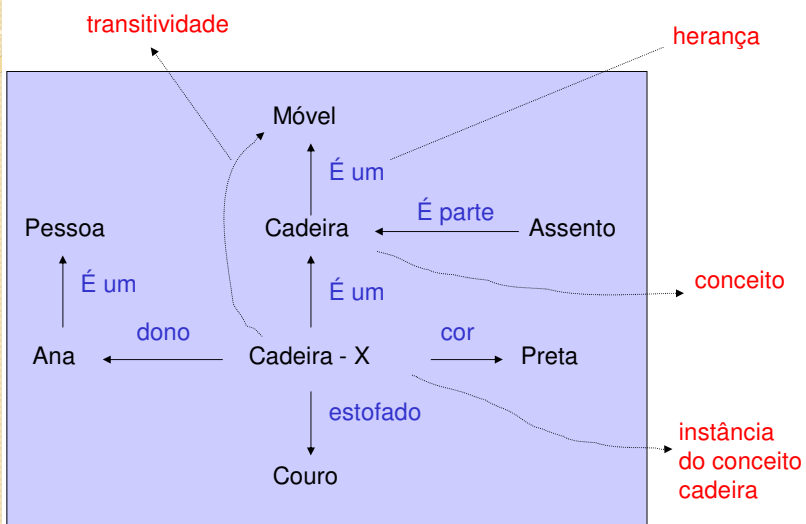
19

## Outro exemplo



20

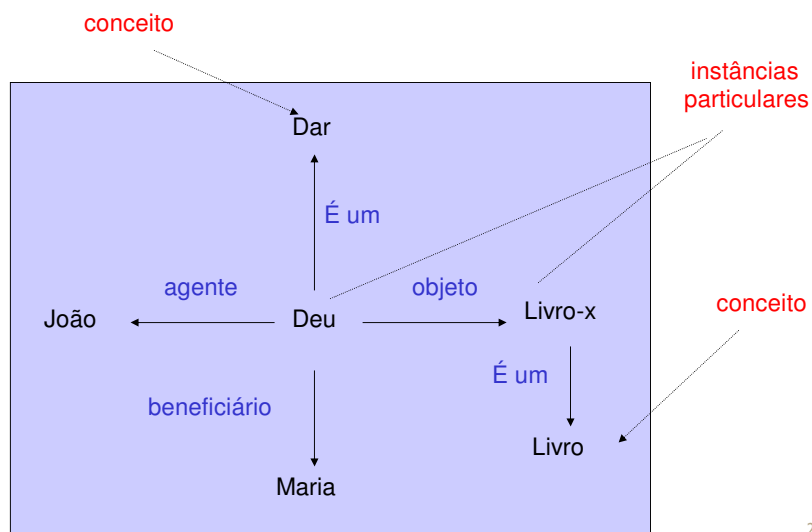
## Outro exemplo



21

## Língua natural: exemplo

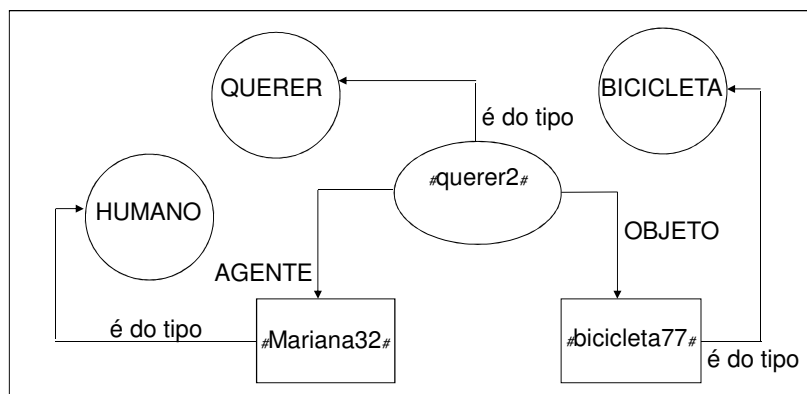
- João deu um livro a Maria



22

## Língua natural: exemplo

- Dias da Silva (1996)
  - *Mariana quer a bicicleta.*
    - Expressão linguística (indicada entre # #) vs. conceito



23

## Teste psicológico

- **Evidências psicológicas**
  - Humanos organizam conhecimento hierarquicamente
  - Associam conceitos
    - Teste indica que ao fazer **inferências mais gerais** (mais altas na hierarquia, portanto), **humanos demoram mais**
    - Responder à pergunta "**Mamíferos têm pêlos?**" é mais rápido do que responder à pergunta "**Mamíferos comem?**"

24

## Teste psicológico

- **Evidências psicológicas**

- Humanos organizam conhecimento hierarquicamente
- Associam conceitos
  - Teste indica que ao fazer **inferências mais gerais** (mais altas na hierarquia, portanto), **humanos demoram mais**
  - Responder à pergunta **“Canários podem voar?”** é mais rápido do que responder à pergunta **“Canários podem cantar?”**, que é mais rápido do que **“Canários têm pele?”**
    - “Ter pele” está em nível mais alto (de animal) do que “voar” ou “cantar” (de pássaro/canário)

25

## Exercício

- Construir a rede semântica para o trecho de texto:
  - Planta está relacionado a processo industrial. Também pode significar o ato de colocar uma semente ou planta na terra para crescer. O mais comum é que é uma estrutura viva que não é um animal, frequentemente com folhas, retira seu alimento do ar, da água e da terra.

26

## Exercício

- Construir a rede semântica para o trecho de texto:
  - Planta está relacionado a processo industrial. Também pode significar o ato de colocar uma semente ou planta na terra para crescer. O mais comum é que é uma estrutura viva que não é um animal, frequentemente com folhas, retira seu alimento do ar, da água e da terra.

É possível automatizar?

27

## Redes semânticas

### Vantagens

- representação natural
- oferece visão global do problema representado

### Desvantagens

- número de nós pode crescer muito para representar uma idéia simples
- difícil representar coisas que não são fatos, mas idéias, crenças, tempo
- representação não estruturada

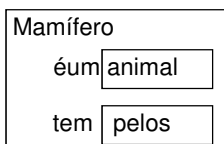
28

## Frames

29

## Frames

- Estruturas de dados estáticas usadas para representar situações estereotipadas bem compreendidas (Minsky, 1975)
- Representam objetos do domínio



Quais as diferenças em relação às redes semânticas?

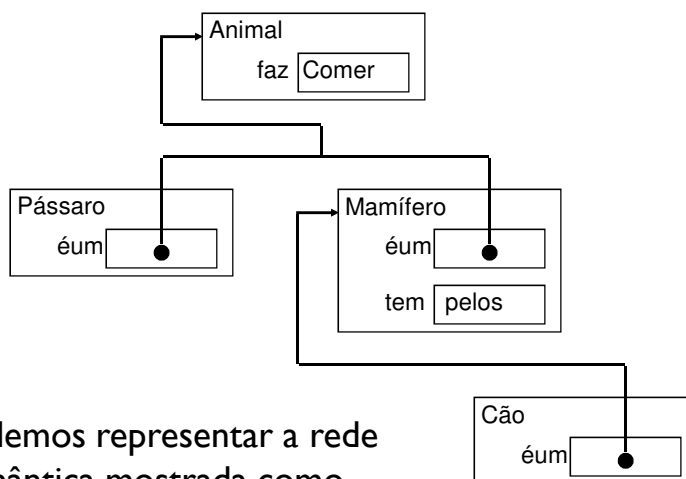
30

## Frames

- **Frames são mais poderosos que redes semânticas** porque:
  - Eles fornecem uma representação mais estruturada que a rede semântica
  - Tanto informação como relacionamento podem ser especificados em um frame
  - Eles também podem conter procedimentos
- Frames podem ser representados numa forma gráfica similar a redes semânticas

31

## Frames



- Podemos representar a rede semântica mostrada como frames e vice-versa

32



## O Frame “Cão”

- O frame “Cão” poderia ser **expandido** acrescentando-se novos *slots* e *valores* para o frame

| Slots | Valores |                  |
|-------|---------|------------------|
| Cão   | Éum     | Mamífero         |
|       | Nome    |                  |
|       | Raça    | Default: Mongrel |
|       | Pêlo    | Default: Longo   |
|       | Sexo    | Macho ou Fêmea   |

33

## Aspectos Gerais de um Frame

- **Slots são atributos** do frame que podem ter **valores particulares**
- **Valores** podem ter um valor **absoluto**, um **intervalo** ou um valor **default**
- Um frame genérico, tal como o frame “Cão”, é uma **classe** frame
- Uma **instância** de uma classe frame é simplesmente um **frame com valores específicos**, assim como Rex, o cão, é uma instância da classe de cães

34

## Uma Instância do Frame “Cão”

- “Rex” - Uma **instância** da classe “Cão”

|     |      |  |
|-----|------|--|
| Cão | É um | <input type="text" value="Mamífero"/>        |
|     | Nome | <input type="text" value="Rex"/>             |
|     | Raça | <input type="text" value="German Shepherd"/> |
|     | Pelo | <input type="text" value="Longo"/>           |
|     | Sexo | <input type="text" value="Macho"/>           |

35

## Frames e Demons

- **Procedimentos** que estão dentro de frames são chamadas **demons**
  - Um exemplo de um **demon** é um **procedimento para calcular a área de um quadrado** dado o tamanho de um dos lados (via valores de slots)
  - Assim o **valor da área não precisa estar representado** e sim pode ser calculado a partir de outras informações na instanciação do frame

36

## O Frame “Quadrado”

| Quadrado     |                      |
|--------------|----------------------|
| Tam. do lado | <input type="text"/> |
| Área         | <input type="text"/> |

↪ A classe frame, para quadrado, tem um demon em Área que enxerga o valor em Tam. do lado

- Quando ele o encontra, ele calcula a área do quadrado

| Quadrado     |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| Tam. do lado | <input type="text" value="5"/>  |
| Área         | <input type="text" value="25"/> |

37

## Frames e herança

- No exemplo animal/mamífero/cão, o nível mais baixo *herda* as propriedades dos níveis superiores
  - Por exemplo: Cão tem pêlos, pois eles são mamíferos e mamíferos têm pêlos
- Herança é uma característica poderosa de frames, porque *informações podem ser especificadas num nível mais genérico, evitando-se, assim, redundância*
  - *E nas redes semânticas? Há herança?*

38

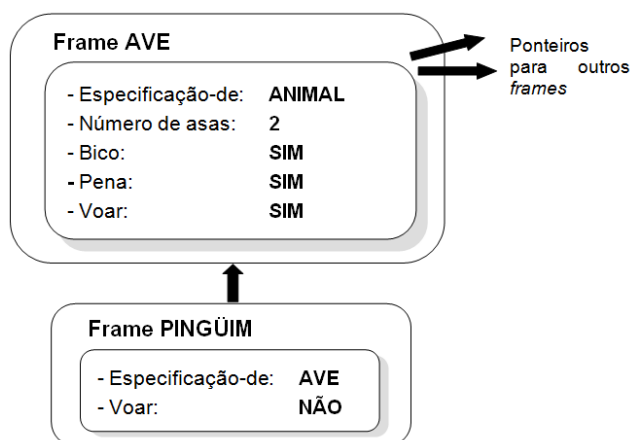
## Frames e herança

- No exemplo animal/mamífero/cão, o nível mais baixo **herda** as propriedades dos níveis superiores
  - Por exemplo: Cão tem pêlos, pois eles são mamíferos e mamíferos têm pêlos
- Herança é uma característica poderosa de frames, porque **informações podem ser especificadas num nível mais genérico, evitando-se, assim, redundância**
  - **E nas redes semânticas? Há herança? SIM, dada a própria forma como as redes são construídas e as relações entre os nós**

39

## Frames e herança

- Mecanismo de herança **não-monotônico**
  - A informação de um frame genérico é herdada enquanto não há outra informação disponível nos frames mais específicos



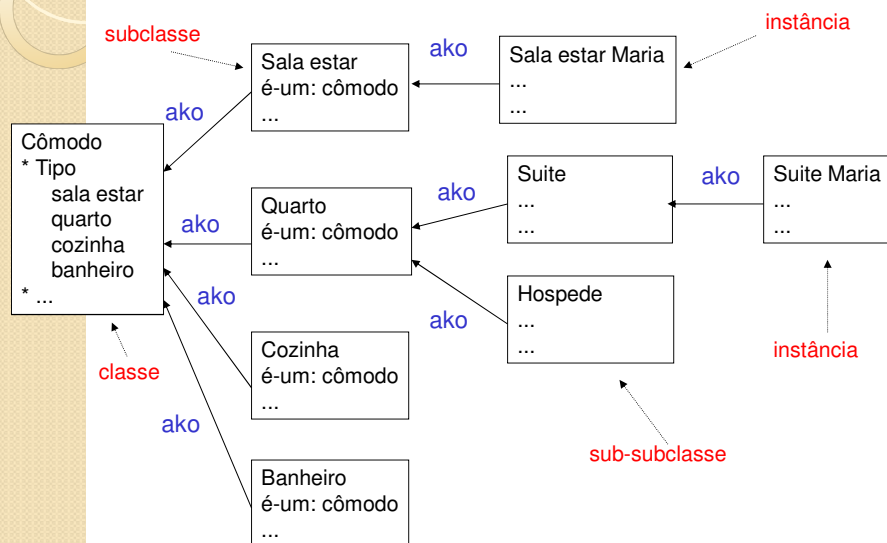
## Frames

- Nomenclaturas correlatas
  - Estruturas atributo-valor
    - Slots e fillers
  - Podem ser considerados como uma formalização da teoria dos protótipos (Handke, 1995)
    - *Pinguim não é um membro prototípico de ave*
      - Por isso, não apresenta todas as características de ave

41

## Outro exemplo

Exemplo: rede de cômodos numa casa  
 → ako = a kind of



42

## Diagramas de Dependência Conceitual

43

## Introdução

- Uma das **representações da família de redes**
- **Especificação rica dos tipos de relacionamentos** entre objetos
  - Busca da modelagem completa da semântica das línguas naturais
  - Parte do formalismo, em vez de partir do conhecimento de domínio (como nas redes semânticas tradicionais)
    - Uso de **“primitivas” de significado**
  - Maior generalidade e consistência da representação

44

## História

- Várias tentativas para padronização dos nomes das relações
  - Masterman (1961)
  - Simmons (1973) com base em Fillmore (1968)
    - Similar a Norman (1972) e Rumelhart et al. (1972, 1973)
  - Wilks (1972)
  - Schank e Colby (1973)
  - Schank e Nash-Webber (1975)
  - Schank e Rieger (1974), Schank (1975)

45

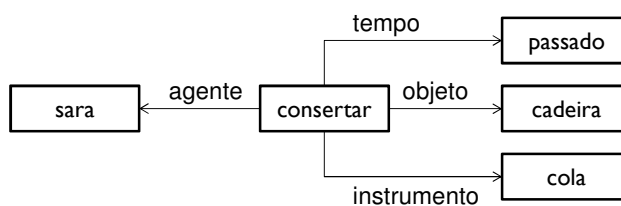
## História

- Fillmore (1968), Simmons (1973)
  - Gramática de casos e a estrutura de casos dos verbos
  - Papéis assumidos por sintagmas nominais na ação (verbo) da sentença
    - Agente, objeto, instrumento, localização, tempo
  - Possível mapeamento entre constituintes sintáticos e papéis
  - Frame/esquema de caso, ou estrutura de casos conceituais: nó verbal com elos de caso com os outros nós que representam os participantes da ação

46

## História

- Fillmore (1968), Simmons (1973)
  - Exemplo de frame/esquema de caso, ou estrutura de casos conceituais



Sara consertou a cadeira com cola

47

## Teoria da dependência conceitual

- Roger Schank (Schank, 1975)
  - Ação representada pela **inter-relação de um conjunto de ações/atos primitivos e estados**
  - Todas as ações se reduzem a um ou mais **atos primitivos e estados** (modificados e/ou combinados)

48



## Teoria da dependência conceitual

- Apenas 11 atos para representar qualquer sentença em língua natural

- Ações físicas

|        |  |
|--------|--|
| PROPEL | aplicar uma força a  |
| MOVE   | mover uma parte do corpo                                     |
| INGEST | levar algo para dentro de um objeto animado                  |
| EXPEL  | tirar algo de dentro de um objeto animado, forçando-o a sair |
| GRASP  | segurar um objeto  |

49

## Teoria da dependência conceitual

- Apenas 11 atos para representar qualquer sentença em língua natural

- Ações cujo o foco é o resultado, e não a ação

- Sem correspondente no mundo real, exceto pela mudança de estado que causam

|        |   |
|--------|---|
| PTRANS | mudar a localização de algo                                     |
| ATRANS | mudar algum relacionamento abstrato com respeito a algum objeto |

50

## Teoria da dependência conceitual

- Apenas 11 atos para representar qualquer sentença em língua natural
  - Ações que ocorrem como instrumentos de outras ações
    - Geralmente de atos MTRANS

SPEAK      produzir um som

ATTEND     direcionar um órgão de sentido ou focar um órgão na direção de um estímulo particular

51

## Teoria da dependência conceitual

- Apenas 11 atos para representar qualquer sentença em língua natural
  - Ações mentais

MTRANS    transferir informações

MBUILD    criar ou combinar pensamentos

52

## Teoria da dependência conceitual

- **Estados**, possivelmente com escalas numéricas

- Exemplos

**HEALTH** (saúde): varia de -10 a 10, por exemplo, morto = -10, gravemente doente = -9, com saúde perfeita = 10

**FEAR** (medo): varia de -10 a 0, por exemplo, assustado = -5, calmo = 0

**ANGER** (raiva): varia de -10 a 0, por exemplo, furioso = -9, chateado = -2, calmo = 0

**MENTAL STATE** (estado mental): varia de -10 a 10, por exemplo, depressivo = -5, triste = -2, feliz = 5

**PHYSICAL STATE** (estado físico): varia de -10 a 10, por exemplo, morto = -10, ferido = -5, Ok = 10

53

## Teoria da dependência conceitual

- **Estados**, possivelmente com escalas numéricas

- Exemplos

**CONSCIOUSNESS** (consciência): varia de 0 a 10, por exemplo, inconsciente = 0, acordado = 10

**HUNGER** (fome): varia de -10 a 10, por exemplo, faminto = -8, sem apetite = 0, satisfeito = 3

**DISGUST** (desgosto): varia de -10 a 0, por exemplo, revoltado = -7, chateado = -2

**SURPRISE** (surpresa): varia de 0 a 10, por exemplo, surpreso = 5, impressionado = 7

54

## Teoria da dependência conceitual

- Estados, em que escala não é adequada
  - Exemplo: estados com valores absolutos

**SIZE**  
**COLOR**  
**LIGHT INTENSITY**  
**MASS**  
**SPEED**

55

## Teoria da dependência conceitual

- Estados, em que escala não é adequada
  - Exemplo: estados que indicam relacionamento entre objetos

**CONTROL**  
**PART** (posse inalienável)  
**POSS** (posse)  
**OWNERSHIP**  
**CONTAIN**  
**PROXIMITY**  
**LOCATION**  
**PHYS. LOCATION**  
**MFEEL** (relação entre duas pessoas e uma emoção)

56

## Teoria da dependência conceitual

- **Papéis conceituais**
  - Forma como os constituintes da sentença se relacionam a ação/estado em uma estrutura conceitual
  - Exemplos
    - ATOR: quem realiza uma ação
    - AÇÃO: ação feita a um objeto por um ator
    - OBJETO: objeto sobre a qual a ação é realizada
    - RECIPIENTE: receptor do resultado de uma ação
    - DIREÇÃO: localização na qual uma ação é direcionada
    - ESTADO: estado em que um objeto está
    - INSTRUMENTO: instrumento por meio do qual uma ação ocorre

57

## Teoria da dependência conceitual

- **Exemplo**
  - João deu o livro a Maria.

ATOR: João

AÇÃO: ATRANS

OBJETO: o livro

DIREÇÃO: FROM: João

TO: Maria

58

## Teoria da dependência conceitual

- Exemplo

- Maria recebeu o livro de João.

ATOR: Maria

AÇÃO: ATRANS

OBJETO: o livro

DIREÇÃO: FROM: João

TO: Maria

59

## Teoria da dependência conceitual

- Exemplo

- João está em Brasília.

OBJETO: João

ESTADO: Localização (valor = Brasília)

60

## Teoria da dependência conceitual

- Exemplo
  - Este cachorro é um pastor alemão.

OBJETO: Este cachorro

ESTADO: Raça (valor = Pastor alemão)

61

## Teoria da dependência conceitual

- **Estrutura conceitual**, ou estrutura de dependência conceitual
  - Constituída de **conceitualizações**
    - Conceitualização: unidade fundamental do nível conceitual, pode representar
      - Uma **ação**, realizada por um ator, associada a um **conjunto de papéis conceituais**
      - Um **objeto** associado a descrição de seu **estado** ou uma mudança desse estado
  - Sentença → representada por uma ou mais conceitualizações

62

## Teoria da dependência conceitual

- **Categorias de conceitos**

- Podem assumir diferentes papéis conceituais
  - PPs (*Picture Producers*): objetos físicos, incluindo seres animados
    - Podem ser utilizados nos papéis de ATOR, RECIPIENTE, OBJETO ou DIREÇÃO
  - ACTs: ações primitivas que podem ser feitas por um ator a objetos
  - LOCs: localizações, coordenadas no espaço, tais como o local físico no qual uma ação ocorre
    - Podem ser utilizadas nos papéis de ESTADO ou DIREÇÃO

63

## Teoria da dependência conceitual

- **Regras de sintaxe conceitual**

- Também chamadas “regras conceituais”
- Combinam os conceitos de uma sentença para formar seu significado
  - Formam os “diagramas de dependência conceitual”

| Regra  | Significado da regra  |
|--|---|
| $PP \Leftrightarrow ACT$   | PPs podem realizar ações (ACTs).                                      |
| $ACT \xleftarrow{o} PP$  | ACTs têm objetos PP, sendo que o objeto explica ou especifica a ação. |
| $ACT \xleftarrow{D} \begin{array}{l} \rightarrow LOC \\ \rightarrow LOC \end{array}$ | ACTs têm direções, que são as localizações inicial e final do PP.     |

64

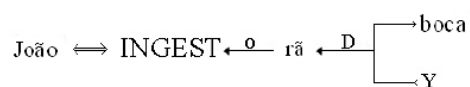


## Teoria da dependência conceitual

- Exemplo

- *João comeu uma rã.*

### Diagrama de dependência conceitual



Y: local desconhecido

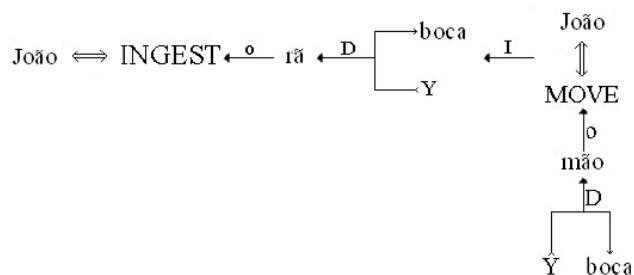
65

## Teoria da dependência conceitual

- Exemplo

- *João comeu uma rã.*

- **Inferência possível:** João usou as mãos para levar o alimento até a boca
  - Fatos não declarados explicitamente na sentença

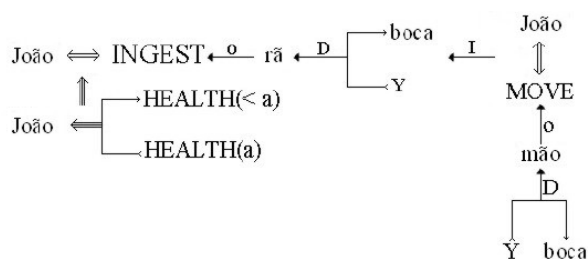


66

## Teoria da dependência conceitual

- Exemplo

- *João comeu uma rã.*
- Outra inferência possível: João ficou doente



67

## Teoria da dependência conceitual

- Outras regras de sintaxe conceitual
- Para viabilizar as análises anteriores

| Regra  | Significado da regra   |
|--|--|
| $\text{ACT} \xleftrightarrow{\text{I}} \updownarrow$   | ACTs têm conceitualizações como instrumentos. O ator da conceitualização principal e da conceitualização instrumental devem ser os mesmos. |
| $\begin{array}{c} \updownarrow \\ \text{PP} \xleftrightarrow{\quad} \begin{array}{l} \text{STATE(VALUE)} \\ \text{STATE(old VALUE)} \end{array} \end{array}$ | Uma ação pode causar uma mudança de valor (VALUE) em um dado estado (STATE).   |

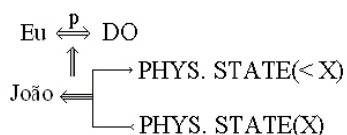
68

## Teoria da dependência conceitual

- Pode ser necessário usar *slots* vazios ou “verbos genéricos” (DO) para representar ações sub-especificadas

- Exemplo: *Eu feri João.*

- Não se sabe ao certo como foi a ação de ferir
- A ação causa uma mudança negativa no estado físico de João



p indica ação no “passado”

69

## Teoria da dependência conceitual

- **Pontos positivos**

- Mais formal, menos ambígua
- Tentativa da forma canônica pela redução a atos primitivos

- **Pontos negativos**

- Preço computacional de mapeamento de sentenças a diagramas
- Complexidade representacional
- Dificuldade em lidar com elementos difusos/sutis (+ ou – alto, + ou – ferido, + ou – saudável)

70

## Linguagens de Representação do Significado

71

## Linguagens de representação

- Grande variedade, diferentes perspectivas e utilidades
- Expressividades variadas
- Objetivos diversos
- Reversíveis ou não
- Mais úteis para interpretação ou geração
- Níveis de representação: lexical, sentencial, textual

72

## Linguagens de representação

- Atributos desejados de uma linguagem
  - Transparente, permitindo facilmente o **entendimento** do que está sendo dito
  - Rápida, possibilitando o armazenamento e a recuperação de informações em **tempo curto**
  - Computável, possibilitando a sua **criação** utilizando um procedimento computacional existente

73

## Linguagens de representação

- Outras linguagens além das estudadas
  - ???

74

## Linguagens de representação

- Outras linguagens além das estudadas
  - *Scripts* (roteiros)
  - Grafos conceituais
  - Lógica proposicional
  - Lógica de 2ª ordem
  - Regras de produção
  - Modelos específicos
    - Modelagem de Pustejovsky
    - Modelagem de Jackendoff
    - UNL: *Universal Networking Language*
  - Etc.