


Semântica – parte I

SCC5908 Tópicos em Processamento de Língua Natural

Thiago A. S. Pardo



Significado e representação

Semântica

- **Significado** de palavras, orações, sentenças, textos
 - Atenção: há vários níveis de tratamento do significado
- Essencial para que sistemas de PLN sejam mais inteligentes
 - Exemplos?

3

Semântica

- **Significado** de palavras, orações, sentenças, textos
 - Atenção: há vários níveis de tratamento do significado
- Essencial para que sistemas de PLN sejam mais inteligentes
 - De tarefas simples a complexas
 - Tradução e sumarização de textos
 - Geração e verificação de respostas de exames
 - Reação apropriada a ações, p.ex., acompanhar e desempenhar apropriadamente em um diálogo
 - Aprendizado automático
 - Perceber insultos, ironias, metáforas, etc.
 - Interpretar instruções

4

Semântica

- **Análise semântica:** mapear superfície textual em significado
 - Dados lingüísticos para não lingüísticos
 - Expressões lingüísticas para conceitos, proposições
- **Representação do significado**
 - Linguagens de representação do significado

5

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Lógica de 1ª ordem

- $\exists e, c \text{ Possuir}(e) \wedge \text{Possuidor}(e, \text{Falante}) \wedge \text{Possuído}(e, c) \wedge \text{Carro}(c)$

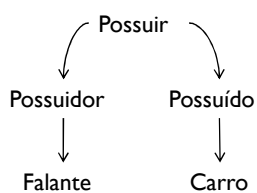
6

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Rede semântica



7

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Representação baseada em *frames*

- Possuir
 - Possuidor: Falante
 - Possuído: Carro

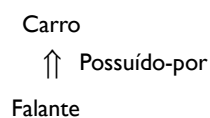
8

Semântica

- Exemplos de representação

“Eu tenho um carro”

- Diagrama de dependência conceitual



9

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

10

Semântica

- Linguagens de representação
 - 2 aspectos
 - Representação do conteúdo lingüístico
 - Representação do estado de coisas no mundo
 - Há requisitos desejáveis para as representações

11

Requisitos da representação

- Verificabilidade
 - Deve ser possível verificar a veracidade de representações
 - Por exemplo, via constatação em uma base de conhecimento
 - Exemplo
 - Pergunta: *O restaurante serve comida vegetariana?*
 - Representação: `Serve(Restaurante, Comida_vegetariana)`
 - Se estiver na base, OK/VERDADE
 - Caso contrário, FALSO
 - Negativo ou não se sabe

12

Requisitos da representação

- Evitar ambigüidade
 - Apesar de haver ambigüidades, a representação deve evitá-las
 - Nem sempre é possível
 - Exemplo
 - Sentença: *O homem viu a torre Eiffel enquanto voava.*
 - Representação:
 - $\text{Viu}(\text{Homem}, \text{Torre_Eiffel}) \wedge \text{Momento}(\text{Viu}, \text{Enquanto_voava})$
 - $\text{Viu}(\text{Homem}, \text{Torre_Eiffel}) \wedge \text{Voava}(\text{Torre_Eiffel})$

13

Requisitos da representação

- Representação de vagueza
 - Interpretações abertas, mas não ambíguas
 - Exemplo
 - Sentença: *Eu quero comer comida italiana.*
 - O termo “comida italiana” é suficientemente específico para se decidir por um restaurante, por exemplo
 - ... mas é muito vago para saber o que se quer de fato comer

14

Requisitos da representação

- **Forma canônica**
 - Mesmo significado por meio de diferentes expressões lingüísticas, mas se deseja uma única representação
 - Exemplo
 - Várias sentenças, mesmo significado
 - O restaurante serve comida vegetariana?
 - Comida vegetariana é servida no restaurante?
 - O restaurante tem pratos vegetarianos?
 - Tem comida vegetariana no restaurante?
 - Idealmente, representação única
 - `Serve(Restaurante,Comida_vegetariana)`
 - Alternativamente, meio de se verificar compatibilidade entre representações
 - `Serve(Restaurante,Comida_vegetariana) = Tem(Restaurante,Pratos_vegetarianos)`

15

Requisitos da representação

- **Forma canônica**
 - Mesmo significado por meio de diferentes expressões lingüísticas, mas se deseja uma única representação
 - Exemplo
 - Várias sentenças, mesmo significado
 - O restaurante serve comida vegetariana?
 - Comida vegetariana é servida no restaurante?
 - O restaurante tem pratos vegetarianos?
 - Tem comida vegetariana no restaurante?
 - Idealmente, representação única
 - `Serve(Restaurante,Comida_vegetariana)`
 - Alternativamente, meio de se verificar compatibilidade entre representações
 - `Serve(Restaurante,Comida_vegetariana) = Tem(Restaurante,Pratos_vegetarianos)`

Por quê?

16

Requisitos da representação

- Inferência e variáveis
 - Tirar conclusões sobre a veracidade de proposições que não são explicitamente representadas na base de conhecimento
 - Exemplos
 - Sentença: *Vegetarianos podem comer naquele restaurante?*
 - É preciso saber
 - “vegetarianos comem comida vegetariana”
 - “se aquele restaurante serve comida vegetariana”
 - Sentença: *Gostaria de encontrar um restaurante em que eu posso comer comida vegetariana.*
 - Não se cita nome de nenhum restaurante
 - Precisa-se de um elemento variável
 - `Serve(x, Comida_vegetariana)`

17

Requisitos da representação

- Expressividade
 - Capacidade de se representar qualquer (ou uma grande variedade de) tipo de assunto/conhecimento
 - Qualquer “segmento textual” que faça sentido deve ser passível de representação
 - Restrição forte!

18

Lógica de 1ª ordem

19

Características

- Lógica de 1ª ordem
 - Flexível
 - Bem entendida
 - Computacionalmente tratável
 - Verificabilidade
 - Inferência
 - Expressividade
- *Cálculo de predicados*

20

Elementos básicos

- **Termos:** representam objetos
 - Constantes (sempre capitalizadas)
 - Restaurante, Comida_vegetariana
 - Funções (podem indicar propriedades)
 - LocalDe(Restaurante)
 - Variáveis (não capitalizadas)
 - x, y, e, c
 - Necessitam de quantificadores

21

Elementos básicos

- **Predicados:** representam relações entre objetos
 - Serve(Restaurante, Comida_vegetariana)
 - Restaurante(Lanchonete_da_Maria)

22

Elementos básicos

- Representações compostas, via conectivos lógicos
 - Eu tenho cinco reais e não tenho tempo.
 - $\text{Ter}(\text{Falante}, \text{Cinco_reais}) \wedge \neg \text{Ter}(\text{Falante}, \text{Tempo})$

23

Elementos básicos

- Conectivos lógicos
 - V = Verdade
 - F = Falso

P	Q	$\neg P$	$P \wedge Q$	$P \vee Q$	$P \Rightarrow Q$
F	F	V	F	F	V
F	V	V	F	V	V
V	F	F	F	V	F
V	V	F	V	V	V

24

Variáveis e quantificadores

- Variáveis
 - 2 possíveis usos
 - Objeto anônimo
 - Objetos de uma coleção
 - Uso de quantificadores
 - Existencial: \exists (lê-se “existe”)
 - Universal: \forall (lê-se “para todo”)

25

Variáveis e quantificadores

- Quantificador existencial
 - Exemplo: objeto anônimo
 - *Um restaurante que serve comida mexicana perto do instituto.*
 - $\exists x \text{ Restaurante}(x) \wedge \text{Serve}(x, \text{Comida_mexicana}) \wedge \text{PertoDe}(\text{LocalDe}(x), \text{LocalDe}(\text{Instituto}))$
 - Essa sentença será verdadeira se e somente se houver pelo menos um x que satisfaça todas as fórmulas (em uma base de conhecimento ou inferidas a partir da base)

26

Variáveis e quantificadores

- **Quantificador universal**

- Exemplo: coleção de objetos

- *Todos os restaurantes vegetarianos servem comida vegetariana.*

- $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$

- Essa sentença só será verdadeira se toda substituição de x tornar a sentença verdadeira

27

Variáveis e quantificadores

- **Quantificador universal**

- Exemplo: coleção de objetos

- $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Natureba})_{\text{VERDADE}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{VERDADE}}$
???

- $\text{RestauranteVegetariano}(\text{MorraNatureza})_{\text{VERDADE}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{MorraNatureza}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{FALSO}}$
???

- $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Churrascada})_{\text{FALSO}} \Rightarrow \text{Serve}(\text{Churrascada}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{FALSO}}$
???

28

Variáveis e quantificadores

- Quantificador universal

- Exemplo: coleção de objetos

- $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Natureba})_{\text{VERDADE}} \Rightarrow$
 $\text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{VERDADE}}$
 $\rightarrow \text{VERDADE}$

- $\text{RestauranteVegetariano}(\text{MorraNatureza})_{\text{VERDADE}} \Rightarrow$
 $\text{Serve}(\text{MorraNatureza}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{FALSO}}$
 $\rightarrow \text{FALSO}$

- $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Churrascada})_{\text{FALSO}} \Rightarrow$
 $\text{Serve}(\text{Churrascada}, \text{Comida_Vegetariana})_{\text{FALSO}}$
 $\rightarrow \text{VERDADE}$

29

Notação Lambda

- Útil para abstrair de uma fórmula em específico
- Uso do lambda (λ) + variável + predicado
- Exemplo
 - $\lambda x.P(x)$

30

Notação Lambda

- Operação de “redução Lambda”
 - Instancia/especifica a fórmula com constantes
- Exemplo
 - $\lambda x.P(x)$ (constante A) $\rightarrow P(A)$

31

Notação Lambda

- Operação de “redução Lambda”
 - Instancia/especifica a fórmula com constantes
- Exemplo (2 etapas)
 - $\lambda x.\lambda y.PertoDe(x,y)$ (CasaDaMaria) \rightarrow
 $\lambda y.PertoDe(CasaDaMaria,y)$
 - $\lambda y.PertoDe(CasaDaMaria,y)$ (Centro) \rightarrow
 $PertoDe(CasaDaMaria, Centro)$

32

Inferência

- Habilidade de
 - Adicionar novas proposições à base de conhecimento
 - Determinar a veracidade de proposições não explícitas na base de conhecimento
- Modus ponens
 - Um dos métodos mais usuais de inferência

33

Inferência

- Modus ponens
 - $\alpha, \alpha \Rightarrow \beta \rightarrow \beta$
 - Ou seja, se α é observado e se sabe que α implica em β , então se pode deduzir β

34

Inferência

- Modus ponens

- Exemplo

- Base de conhecimento
 - RestauranteVegetariano(Natureba)
 - $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$
- Pode-se deduzir e adicionar na base
 - $\text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})$

35

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento progressivo (*forward chaining*)
 - Dos antecedentes para os conseqüentes das implicações
 - RestauranteVegetariano(Natureba)

36

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento progressivo (*forward chaining*)

- Dos antecedentes para os conseqüentes das implicações

- RestauranteVegetariano(Natureba) ⇒
Serve(Natureba,Comida_Vegetariana)

37

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento progressivo (*forward chaining*)

- **Vantagem:** muitas inferências podem ser feitas de antemão e aumentar a base de conhecimento, economizando tempo durante a consulta
- **Desvantagem:** pode gerar muitas proposições que nunca são necessárias

38

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento regressivo (*backward chaining*)

- Dos consequentes para os antecedentes das implicações
 - Primeiro se verifica se a consulta existe na base
 - Se não, buscam-se por implicações cujo lado direito case com a consulta
 - Tenta-se provar o lado esquerdo das implicações encontradas

39

Inferência

- Modus ponens

- Forma de raciocínio

- Encadeamento regressivo (*backward chaining*)

- Base de conhecimento
 - RestauranteVegetariano(Natureba)
 - $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$
- Consulta
 - $\text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})$
→ não está na base

40

Inferência

- **Modus ponens**

- Forma de raciocínio

- Encadeamento regressivo (*backward chaining*)

- Base de conhecimento

- RestauranteVegetariano(Natureba)
- $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$

- Consulta

- $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$
 $\rightarrow \text{RestauranteVegetariano}(\text{Natureba}) \Rightarrow$
 $\text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})$

41

Inferência

- **Modus ponens**

- Forma de raciocínio

- Encadeamento regressivo (*backward chaining*)

- Base de conhecimento

- RestauranteVegetariano(Natureba)
- $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$

- Consulta

- RestauranteVegetariano(Natureba) \Rightarrow
 $\text{Serve}(\text{Natureba}, \text{Comida_Vegetariana})$
 \rightarrow antecedente está na base, então VERDADE

42

Inferência

- **Cuidado**
 - Raciocínio com encadeamento regressivo vs. raciocínio regressivo
 - Raciocínio com encadeamento regressivo
 - Método confiável
 - Raciocínio regressivo (abdução)
 - Raciocínio plausível e útil muitas vezes, mas pode estar errado
 - Assume que, se conseqüente é verdade, antecedente é automaticamente verdade também

43

Inferência

- **Cuidado**
 - Raciocínio regressivo (abdução)
 - Exemplo
 - Base de conhecimento
 - RestauranteVegetariano(Natureba)
 - $\forall x$ RestauranteVegetariano(x) \Rightarrow Serve(x,Comida_Vegetariana)
 - Consulta
 - Serve(Churrascada,Comida_Vegetariana)

44

Inferência

- **Cuidado**
 - Raciocínio regressivo (abdução)
 - Exemplo
 - Base de conhecimento
 - RestauranteVegetariano(Natureba)
 - $\forall x \text{ RestauranteVegetariano}(x) \Rightarrow \text{Serve}(x, \text{Comida_Vegetariana})$
 - Consulta
 - $\text{Serve}(\text{Churrascada}, \text{Comida_Vegetariana})$
 - Pela implicação na base de conhecimento, o antecedente $\text{RestauranteVegetariano}(\text{Churrascada})$ erroneamente assumido como verdadeiro

45

Inferência

- **Cuidado**
 - Raciocínios com encadeamento progressivo e com encadeamento regressivo **não são completos**
 - Há inferências válidas que podem não ser encontradas por esses métodos de raciocínio
 - Há alternativas, mas mais caras computacionalmente
 - Evitadas, muitas vezes
 - Assumem-se os riscos das raciocínios anteriores

46

Exercício em duplas

- **Construa em lógica de 1ª ordem a representação de significado do trecho de texto abaixo**

Ontem eu comprei um carro novo. É um Palio azul. Comprei em uma concessionária em São Carlos.

47

Exercício em duplas

- **Represente em lógica de 1ª ordem cada uma das sentenças abaixo**

Eu comi.

Eu comi um sanduíche.

Eu comi um sanduíche em minha mesa.

Eu comi em minha mesa.

Eu comi um sanduíche de almoço.

Eu comi um sanduíche de almoço em minha mesa.

48

Exercício em duplas

- Possíveis respostas

Comi(Eu)

Comi(Eu,Sanduíche)

Comi(Eu,Sanduíche,Minha_mesa)

Comi(Eu,Minha_Mesa)

Comi(Eu,Sanduíche,Almoço)

Comi(Eu,Sanduíche,Almoço,Minha_mesa)

49

Problemas?

- Possíveis respostas

Comi(Eu)

Comi(Eu,Sanduíche)

Comi(Eu,Sanduíche,Minha_mesa)

Comi(Eu,Minha_Mesa)

Comi(Eu,Sanduíche,Almoço)

Comi(Eu,Sanduíche,Almoço,Minha_mesa)

50

Problemas

- Qual o número de argumentos do verbo “comer”?
 - Não há uma **aridade** fixa
- Como representar **fatos sobre cada um dos argumentos**?
 - Por exemplo, onde fica a mesa, qual o tipo da comida, quais os tipos dos argumentos
- Como garantir que todas as **inferências válidas** podem ser derivadas diretamente da representação do evento?
 - Todos as representações se referem ao mesmo evento?
- Como garantir que todos os **eventos são do mesmo tipo**, mesmo que sejam eventos diferentes?
- Como garantir que **inferências inválidas** não sejam derivadas?
 - Eu comi a mesa? Ou na mesa?

51

Possível solução

- **Predicados diferenciados**
 - Individualizam-se os predicados, resolvendo a questão do número diferente de argumentos

$Comi_1(Eu)$

$Comi_2(Eu, Sanduíche)$

$Comi_3(Eu, Sanduíche, Minha_mesa)$

$Comi_4(Eu, Minha_Mesa)$

$Comi_5(Eu, Sanduíche, Almoço)$

$Comi_6(Eu, Sanduíche, Almoço, Minha_mesa)$

52

Possível solução

- **Predicados diferenciados**

- **Mas nada indica a relação entre os eventos**
 - Por exemplo, se o evento numerado como 6 é verdade, todos os anteriores também deveriam ser

$Comi_1(Eu)$

$Comi_2(Eu, Sanduíche)$

$Comi_3(Eu, Sanduíche, Minha_mesa)$

$Comi_4(Eu, Minha_Mesa)$

$Comi_5(Eu, Sanduíche, Almoço)$

$Comi_6(Eu, Sanduíche, Almoço, Minha_mesa)$

53

Possível solução

- **Postulados de significado**

- **Indicam como as coisas se relacionam, permitindo ligar os eventos**

Por exemplo:

$\forall w, x, y, z \text{ } Comi_6(w, x, y, z) \Rightarrow Comi_5(w, x, y)$

- **Mas tem problemas de escalabilidade; só seria viável para domínios controlados/pequenos**

54

Possível solução

- **Argumentos não especificados**

- Todos os argumentos são listados, mas não necessariamente especificados
 - Aridade fixa, conexão lógica entre eventos

$\exists w,x,y \text{ Comi}(Eu,w,x,y)$

$\exists x,y \text{ Comi}(Eu,\text{Sanduíche},x,y)$

$\exists x \text{ Comi}(Eu,\text{Sanduíche},x,\text{Minha_mesa})$

$\exists w,x \text{ Comi}(Eu,w,x,\text{Minha_Mesa})$

$\exists y \text{ Comi}(Eu,\text{Sanduíche},\text{Almoço},y)$

$\text{Comi}(Eu,\text{Sanduíche},\text{Almoço},\text{Minha_mesa})$

55

Possível solução

- **Argumentos não especificados**

- **Mas impõe restrições/compromissos muito fortes e fica difícil individualizar os eventos, caso seja interessante**

$\exists w,x,y \text{ Comi}(Eu,w,x,y)$

$\exists x,y \text{ Comi}(Eu,\text{Sanduíche},x,y)$

$\exists x \text{ Comi}(Eu,\text{Sanduíche},x,\text{Minha_mesa})$

$\exists w,x \text{ Comi}(Eu,w,x,\text{Minha_Mesa})$

$\exists y \text{ Comi}(Eu,\text{Sanduíche},\text{Almoço},y)$

$\text{Comi}(Eu,\text{Sanduíche},\text{Almoço},\text{Minha_mesa})$

56

Possível solução

- **Variáveis para eventos**

- Permitem referenciar eventos e individualizá-los, se necessário

$\exists e \text{ Comi}(e, \text{Eu}, \text{Sanduíche}, \text{Almoço}, \text{Minha_mesa})$

57

Possível solução

- **Variáveis para eventos**

- Permitem referenciar eventos e individualizá-los, se necessário

$\exists e \text{ Comi}(e, \text{Eu}, \text{Sanduíche}, \text{Almoço}, \text{Minha_mesa})$

- Caso haja suposições adicionais, é possível incorporá-las

$\exists e \text{ Comi}(e, \text{Eu}, \text{Sanduíche}, \text{Almoço}, \text{Minha_mesa}) \wedge \text{Momento}(e, \text{Ontem})$

58

Possível solução

- Variáveis para eventos
 - Também oferecem uma alternativa para a questão do número variável de argumentos dos verbos

$$\exists e \text{ Comer}(e) \wedge \text{Quem_comeu}(e, \text{Eu}) \wedge \text{O_que_comeu}(e, \text{Sanduíche}) \wedge \\ \text{Refeição}(e, \text{Almoço}) \wedge \\ \text{LocalDe}(e, \text{Minha_mesa}) \wedge \text{Momento}(e, \text{Ontem})$$

59

Tempo

- Representação na lógica de 1ª ordem
 - Lógica temporal
 - Como representar expressões de tempo
 - Conceitos importantes
 - Ponto no tempo
 - Incluindo ponto de início e ponto de término
 - Intervalo de tempo
 - Linha do tempo

60

Tempo

- Representação na lógica de 1ª ordem
 - Lógica temporal

Exemplos

Eu cheguei em São Paulo.

$\exists e \text{ Chegar}(e) \wedge \text{Quem}(e, \text{Eu}) \wedge \text{Onde}(e, \text{São_Paulo}) \wedge \text{Precede}(e, \text{Agora})$

Eu estou chegando em São Paulo.

$\exists e \text{ Chegar}(e) \wedge \text{Quem}(e, \text{Eu}) \wedge \text{Onde}(e, \text{São_Paulo}) \wedge \text{MembroDe}(e, \text{Agora})$

Eu vou chegar em São Paulo.

$\exists e \text{ Chegar}(e) \wedge \text{Quem}(e, \text{Eu}) \wedge \text{Onde}(e, \text{São_Paulo}) \wedge \text{Precede}(\text{Agora}, e)$

61

Tempo

- Representação na lógica de 1ª ordem
 - Lógica temporal

- É importante diferenciar

- Tempo do evento (E)
- Tempo da sentença (S)
- Tempo de referência (R)

- Exemplo: *Quando o vôo partiu, ela comeu.*

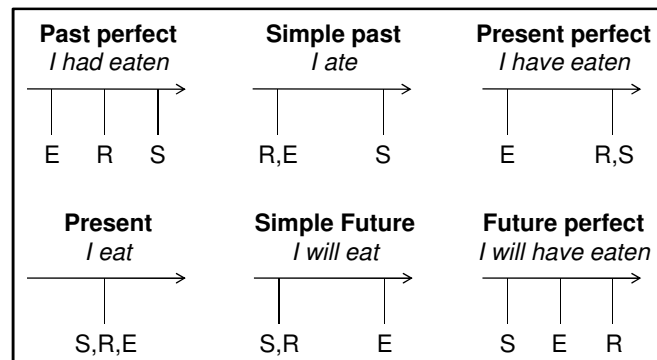
- E: passado
- S: após o tempo do evento
- R: partida do vôo

62

Tempo

- Representação na lógica de 1ª ordem
 - Lógica temporal

Proposta de Reichenbach (1947) para o inglês: tempos do inglês & ordenação de tempos sobre linha do tempo



Eventos

- Tipos de eventos
 - Definidos pelo momento da ocorrência, intervalo de tempo de ocorrência, mudanças no estado das coisas do mundo
 - Têm influência na representação
 - Várias propostas e nomenclaturas, desde Aristóteles

Eventos

- Tipos de eventos

- Vendler (1967), Dowty (1979)

- **Stative:** *I know my departure gate.*
 - Eventos passam noção de propriedade, aspecto ou estado em um determinado tempo
- **Activity:** *John is flying.*
 - Eventos em que não há um ponto de término em particular
- **Accomplishment:** *Sally booked her flight.*
 - Eventos que têm um ponto de término natural e resultam em um determinado estado
- **Achievement:** *She found her gate.*
 - Eventos similares aos de *accomplishment*, mas acontecendo em um determinado instante e não equacionados com alguma atividade em particular que leve a um estado

65

Eventos

- Tipos de eventos

- Chafe (1979)/Borba (1996) e os tipos de verbos

- **Ação:** *Paulo correu.*
 - Verbos de ação expressam uma atividade realizada por um sujeito agente
- **Processo:** *O leite ferveu.*
 - Os verbos de processo expressam um evento ou sucessão de eventos que afetam um sujeito paciente ou experimentador
- **Ação-processo:** *João quebrou o copo.*
 - Como processo, o verbo implica uma mudança na condição de um nome, seu paciente; como ação, expressa o que alguém, seu agente, faz
- **Estado:** *Ele vive.*
 - Os verbos de estado expressam uma propriedade (estado, condição, situação) localizada no sujeito, que é, pois, mero suporte dessas propriedades ou, então, seu experimentador ou beneficiário

66

Lógica de Descrição

- *Description Logics*
 - Consiste em subconjuntos da Lógica de 1ª ordem úteis e computacionalmente tratáveis
 - Arcabouço conceitual para modelagem de certos domínios
 - Embasa a Web Semântica
 - Ontologias e OWL (**Web Ontology Language**)

67

Redes Semânticas

68

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

69

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

70

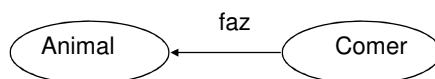
Rede simples

- 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

71

Rede simples

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

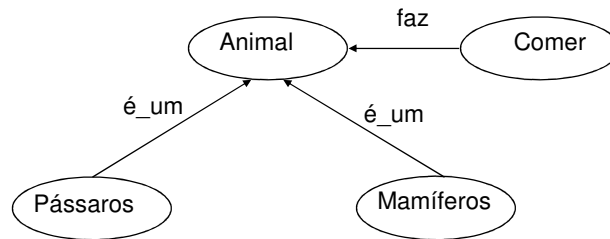


- “Animal” e “Comer” são representados por nós
- O relacionamento entre eles (este animal come) é representado pelo link rotulado “faz”
- Simploriamente, pode-se ler como “Animal faz Comer”

72

Rede simples

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

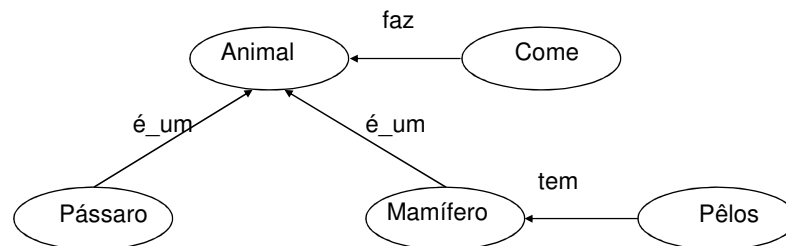


- ↵ Pode-se ler esta nova sentença como: “Pássaro é um Animal” e “Mamífero é um Animal”

73

Rede simples

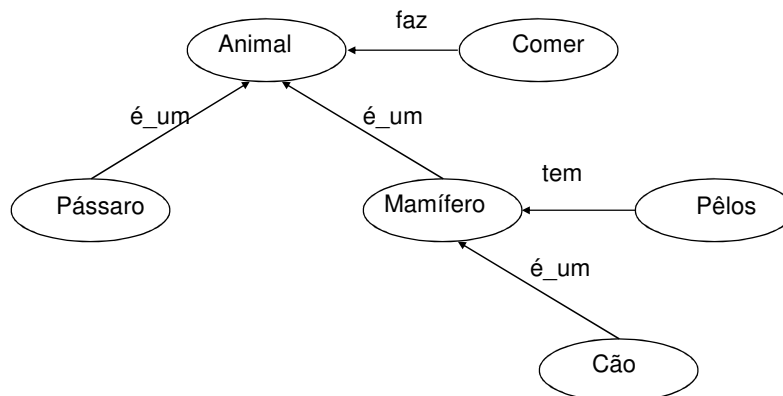
- Também pode-se acrescentar à rede a sentença “Mamíferos têm pêlos” :



74

Rede simples

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



75

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”

76

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** exaustivamente
 - para **encontrar o relacionamento** entre dois objetos

77

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”.

78

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”

79

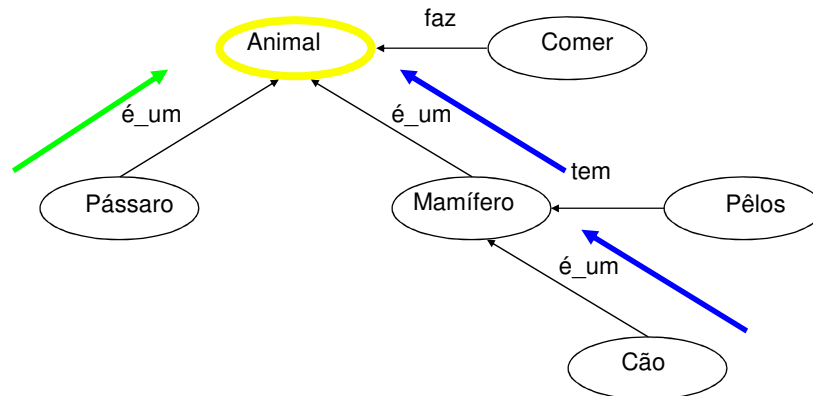
Intersecção da busca

- 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

80

Intersecção da busca

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



81

Conceitos e instâncias

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

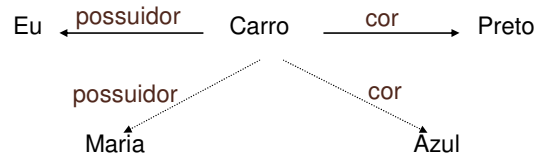
Ex.: “meu carro é preto”



82

Conceitos e instâncias

Acrescentando “o carro da Maria é azul”



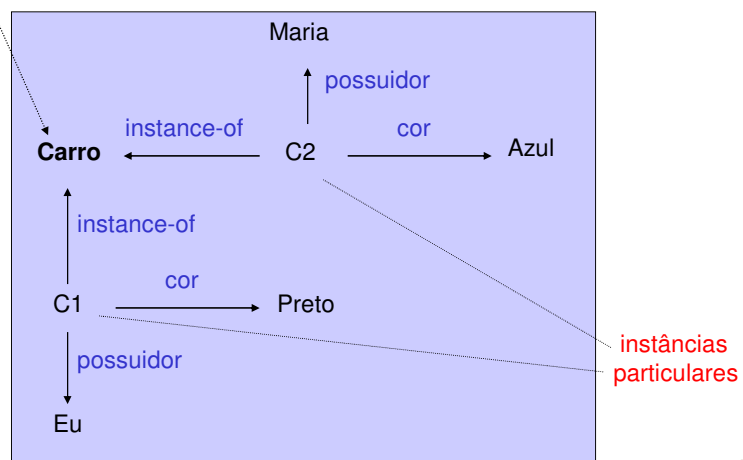
Qual é o cor do meu carro ???

83

Conceitos e instâncias

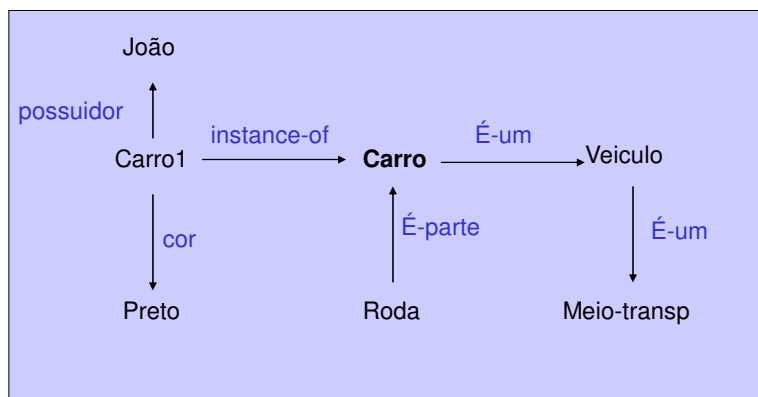
Solução: para detectar uma instancia de uma classe, usa-se a ligação **instance-of**

conceito



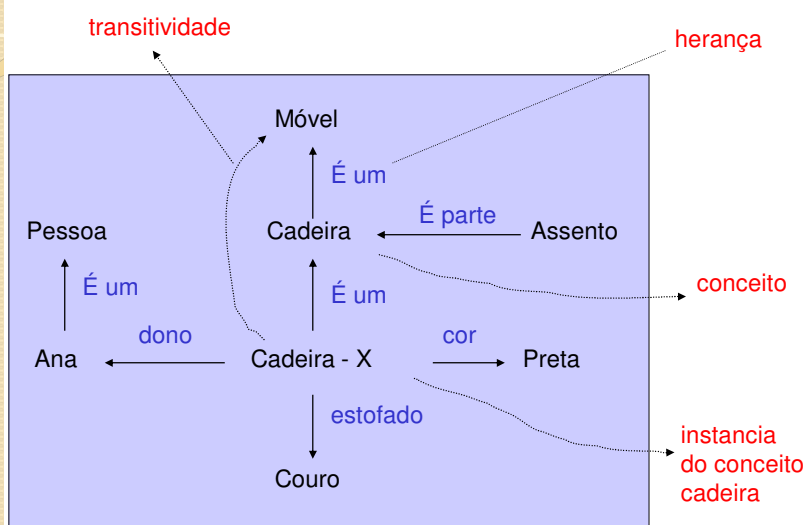
84

Outro exemplo



85

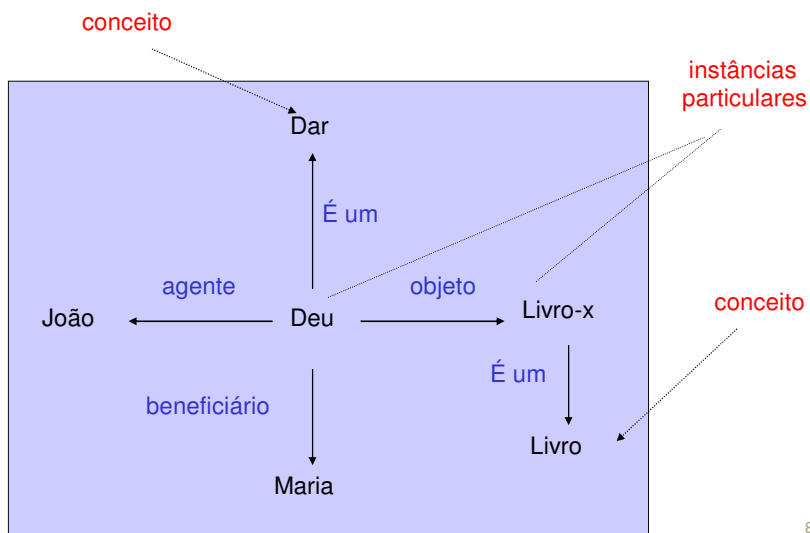
Outro exemplo



86

Língua natural: exemplo

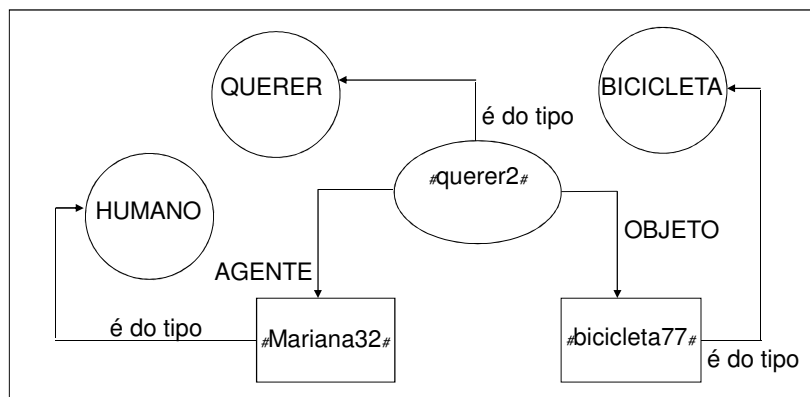
- João deu um livro a Maria



87

Língua natural: exemplo

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



88

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?”**

89

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)

90

Exercício em duplas

- Construir a rede semântica para o trecho de texto:
 - Planta é um algo usado em qualquer 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, freqüentemente com folhas, retira seu alimento do ar, da água e da terra.

91

Exercício em duplas

- Construir a rede semântica para o trecho de texto:
 - Planta é um algo usado em qualquer 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, freqüentemente com folhas, retira seu alimento do ar, da água e da terra

É possível automatizar?

92

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

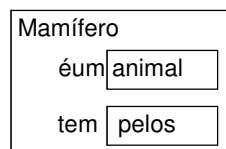
93

Frames

94

Frames

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



Quais as diferenças em relação às redes semânticas?

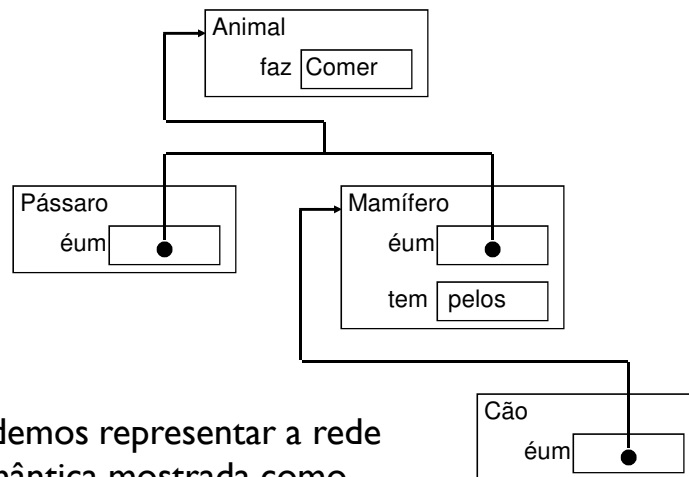
95

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

96

Frames



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

97

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

98

Aspectos Gerais de um Frame

- Slots são atributos do frame que podem ter **valores particulares**
- **Valores** podem ser 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

99

Uma Instância do Frame “Cão”

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

Cão	É um	Mamífero
	Nome	Rex
	Raça	German Shepherd
	Pelo	Longo
	Sexo	Macho

100

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

101

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"/>

102

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?*

103

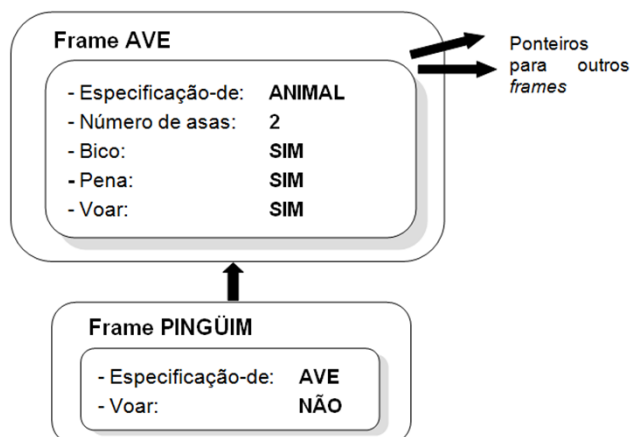
Frames e herança

- 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*

104

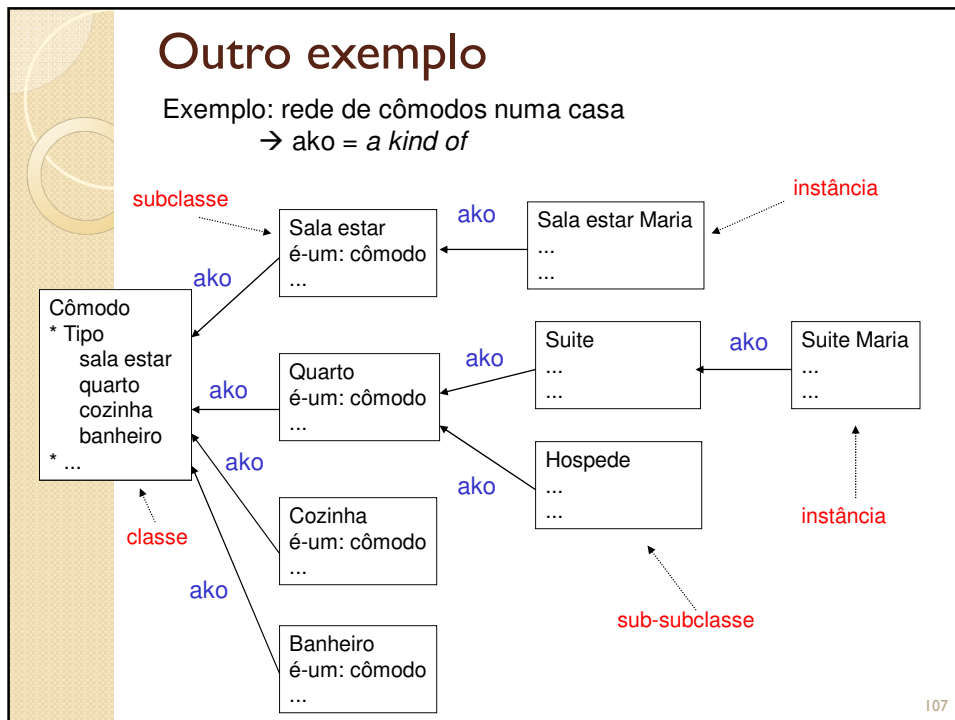
Frames e herança

- 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



Diagramas de Dependência Conceitual

108

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 parte do conhecimento de domínio (como nas redes semânticas tradicionais)
 - Uso de **“primitivas” de significado**
 - Maior generalidade e consistência da representação

109

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)**

110

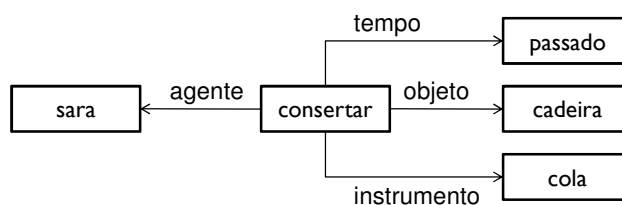
História

- 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

111

História

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



Sara consertou a cadeira com cola

112

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)

113

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

114

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

115

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

116

Teoria da dependência conceitual

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

MTRANS transferir informações

MBUILD criar ou combinar pensamentos

117

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

118

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

119

Teoria da dependência conceitual

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

SIZE

COLOR

LIGHT INTENSITY

MASS

SPEED

120

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)

121

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 o 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

122

Teoria da dependência conceitual

- Exemplo

- João deu o livro a Maria.

ATOR: João

AÇÃO: ATRANS

OBJETO: o livro

DIREÇÃO: FROM: João

TO: Maria

123

Teoria da dependência conceitual

- Exemplo

- Maria recebeu o livro de João.

ATOR: Maria

AÇÃO: ATRANS

OBJETO: o livro

DIREÇÃO: FROM: João

TO: Maria

124

Teoria da dependência conceitual

- Exemplo
 - João está em Brasília.

OBJETO: João

ESTADO: Localização (valor = Brasília)

125

Teoria da dependência conceitual

- Exemplo
 - Este cachorro é um pastor alemão.

OBJETO: Este cachorro

ESTADO: Raça (valor = Pastor alemão)

126

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

127

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

128

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”

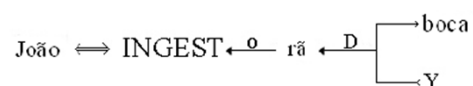
Regra	Significado da regra
$PP \Leftrightarrow ACT$	PPs podem realizar ações (ACTs).
$ACT \xleftarrow{o} PP$	ACTs têm objetos PP, sendo que o objeto explica ou especifica a ação.
$ACT \xleftarrow{D} \begin{cases} \rightarrow LOC \\ \rightarrow LOC \end{cases}$	ACTs têm direções, que são as localizações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

129

Teoria da dependência conceitual

- **Exemplo**
 - *João comeu uma rã.*

Diagrama de dependência conceitual



Y: local desconhecido

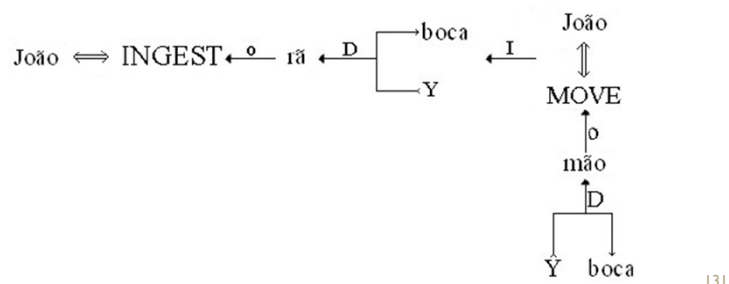
130

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

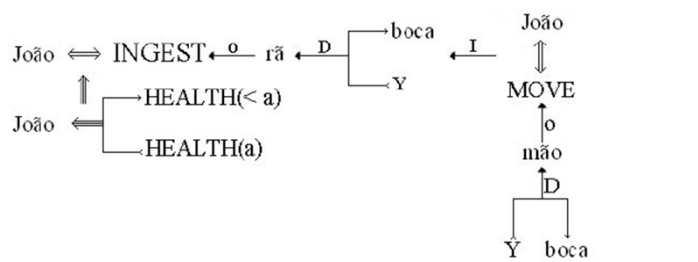


Teoria da dependência conceitual

- Exemplo

- *João comeu uma rã.*

- **Outra inferência possível:** João ficou doente



Teoria da dependência conceitual

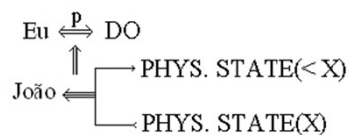
- Outras regras de sintaxe conceitual
 - Para viabilizar as análises anteriores

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

133

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”

134

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)

135

Linguagens de Representação do Significado

136

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

137

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

138

Linguagens de representação

- Outras linguagens além das estudadas
 - ???

139

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.

140