

Técnicas Para Representação Computacional de Conhecimento

Sergio Navega
INFOIMAGEM Setembro 2005



CONTEÚDO

Conhecimento e Informação

O Nível Sub-Simbólico

O Que São Símbolos?

Representação Com Frames

Redes Semânticas

Regras de Produção

Introduzindo as Ontologias

Mikrokosmos e Outras

Ontologia do Projeto CYC

Conhecimento e Informação

Informação

Marcas em um meio físico obedecendo a uma convenção gráfica/sintática destinada a representar objetos, atributos, eventos, etc.

Conhecimento

Informação que dá ao seu possuidor uma habilidade para ação. Para falar em conhecimento há que se falar em um agente, a informação que ele dispõe e os tipos de interação que esse agente pode ter com seu meio ambiente.

Receptáculos de informação: livros, documentos, relatórios, etc.

Possuidores de conhecimento: seres humanos, cachorros, etc.

A questão dos níveis: simbólico e sub-simbólico

© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

3

Entendendo o Nível Sub-Simbólico



© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

4

Complexidade de Cenas Naturais



© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

5

Complexidade de Cenas Não Naturais



© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

6

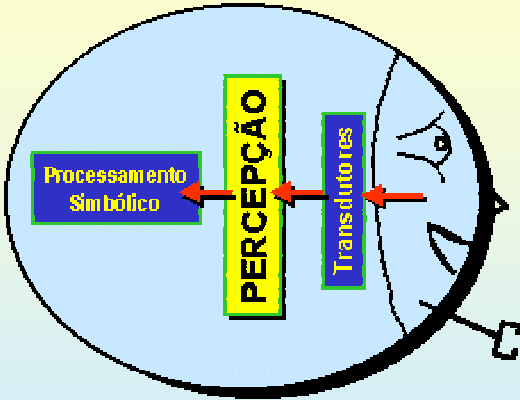
Complexidade Semântica (Implícita)



Folha de S. Paulo 16/Junho/2005

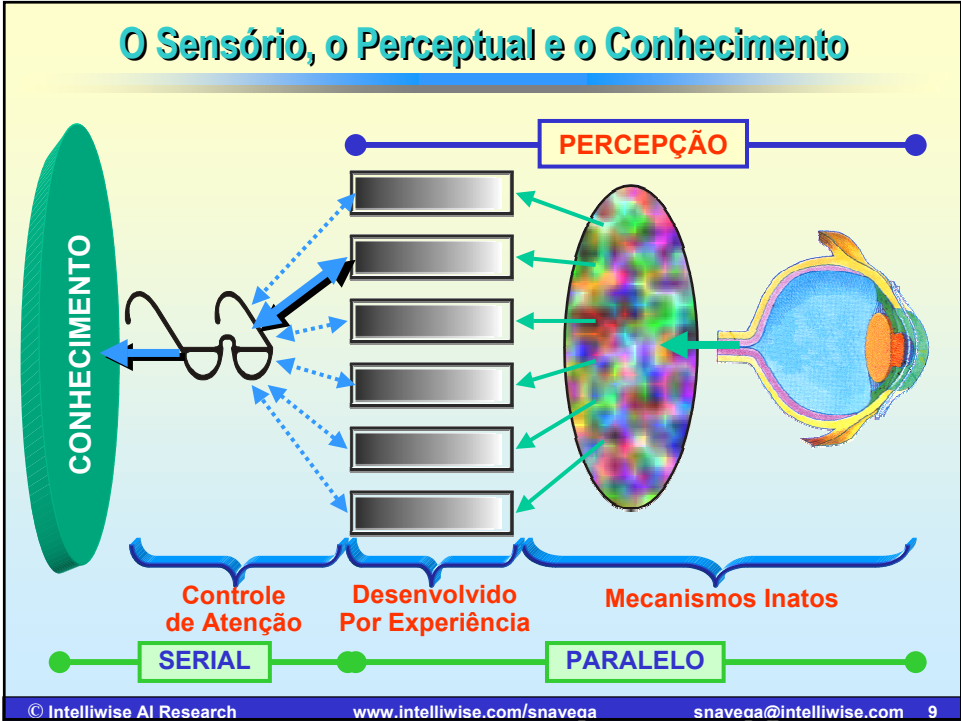
© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 7

Refinando Uma Visão Tradicional

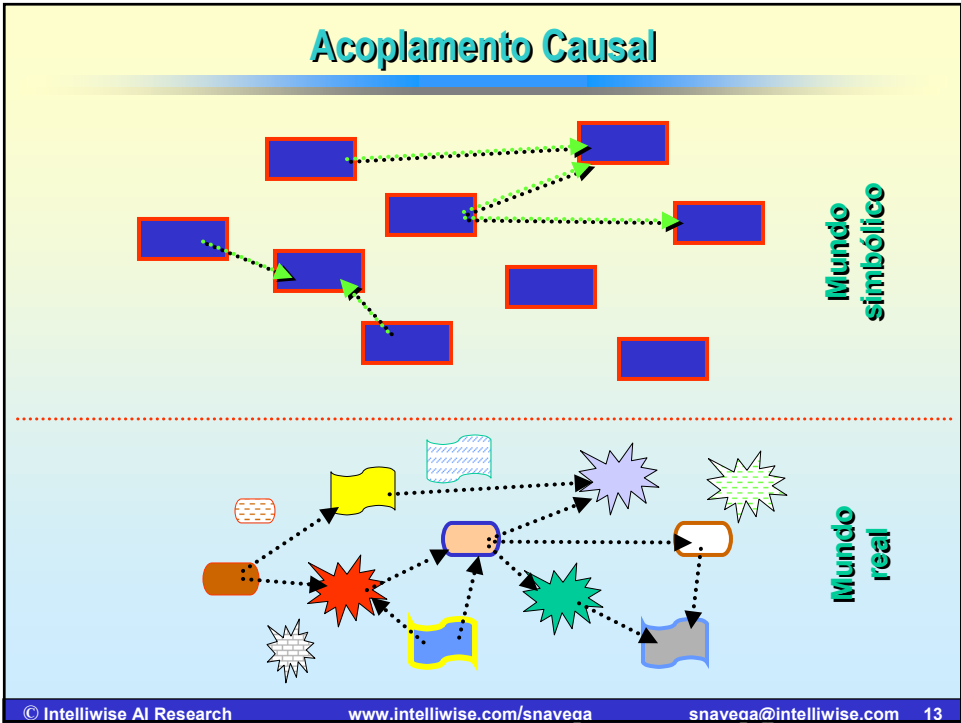


Agentes inteligentes requerem transdutores (órgãos dos sentidos) e sistemas motores para interagir com o meio ambiente. Entre esse nível e o processamento simbólico há um nível perceptual

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 8







O Pioneirismo da IA

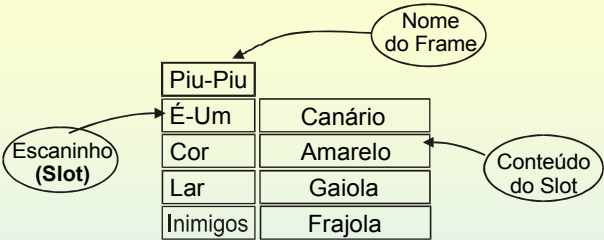
Platão, Aristóteles, John Locke, David Hume
Cibernética (Norbert Wiener)
Warren McCulloch e Walter Pitts (1943)
Claude Shannon (1949)

Dartmouth College, Verão de 1956

Visões racionais, matemáticas, lógicas
Primeiras experiências com o conexionismo
Queda do conexionismo (Minsky & Pappert 1969)
Sistemas baseados em conhecimento (1970/80)
Renascimento do Conexionismo (1980-86)
Sistemas evolucionistas
Sistemas dinâmicos e adaptativos
Behaviorally-based robots

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 14

Representando Conhecimento Com Frames

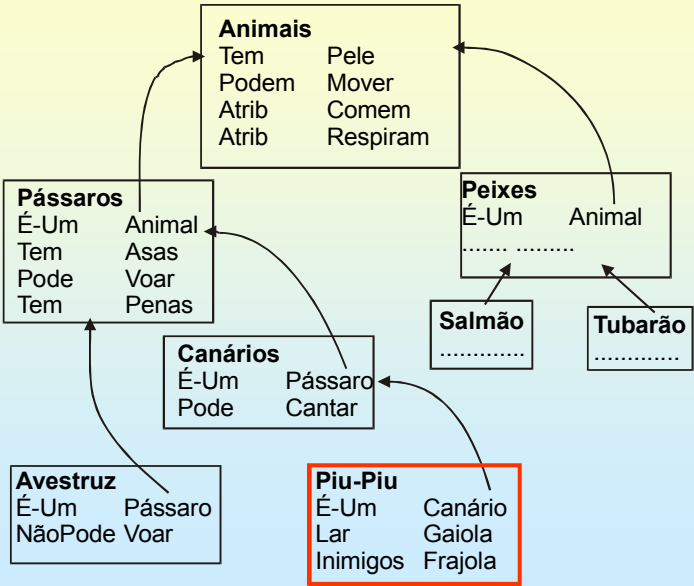


Marvin Minsky
(1975)
A Framework for
Representing
Knowledge



Modelo Ontológico dos Frames	
Entidades	Relações
Categorias, Instâncias	Asserções
Pássaros, Penas, Animal	É-Um Tem-Cor Instância-de

Será Que Piu-Piu Pode Voar?

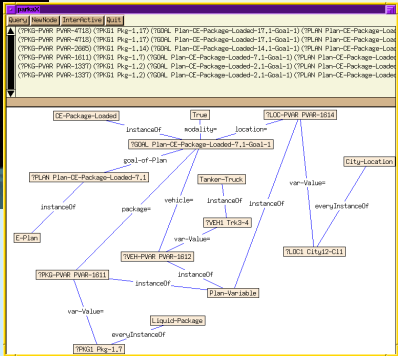


Os Frames em Um Supercomputador



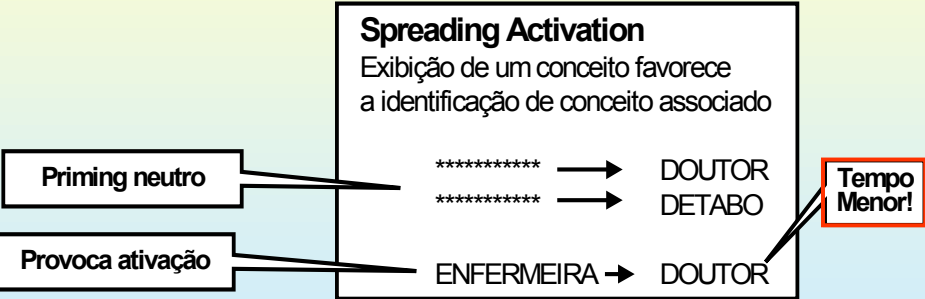
Connection Machine
CM-5 da Thinking Machines Corporation
Computador altamente paralelo

Décimos de segundo para
localizar instâncias em
até 100.000 asserções do
tipo "ache todos os
frames que satisfazem
estas m restrições"

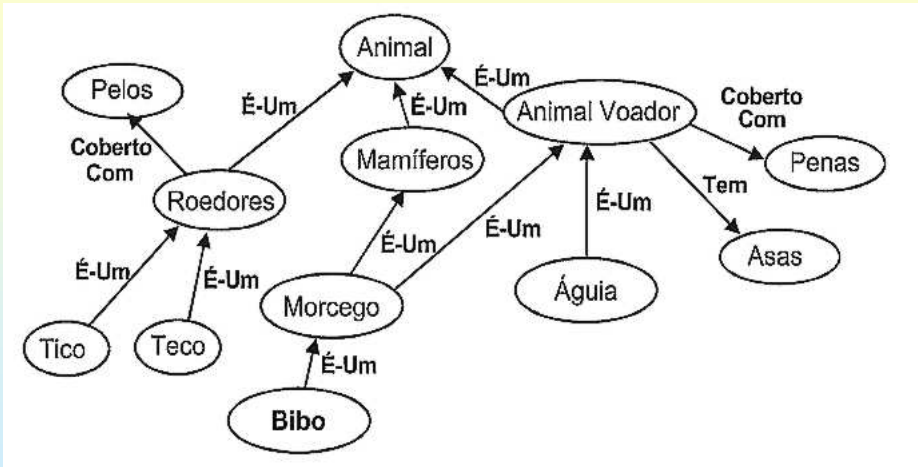


Um Fenômeno Curioso

O Efeito “Priming”
Tempo de resposta na decisão léxica



Uma Rede Semântica Típica



O morcego Bibo tem asas?

Respostas de Uma Rede Semântica

Perguntas fáceis de responder

- Bibo tem asas?
- Tico e Teco tem penas?

Perguntas mais complicadas

- Que mamífero tem asas?
- Que animal tem pelos e penas?

Muito complicadas para Semantic Networks, mas só difíceis para nós. O que está faltando?

Requer investigação de toda a base de dados

Demora muito para ver que não tem

Problemas das Semantic Networks

***** → DOUTOR

***** → DETABO

ENFERMEIRA → DOUTOR

JÓQUEI → DOUTOR

Tempo Menor

Tempo MAIOR!

Conceitos não relacionados semanticamente sofrem uma "restrição" em seu nível de ativação, abaixo de seu nível de repouso

Rouxinol → Pássaro

Pássaro → Rouxinol

Link mais forte

Semantic Networks também falham em prever este tipo de coisa

Falhas na bidirecionalidade dos links

© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

21

Mais Problemas...

Animal

Pássaro

Pardal

Sabiá

Galinha

O efeito da "tipicalidade" afeta a força dos links. Pardais e Sabiás são considerados "mais pássaros" do que galinhas

Problemas de categorização, exemplares típicos

© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

22

Outros Problemas...

Resultados empíricos descobrem que gasta-se mais tempo para checar o link Cachorro-Mamífero do que Cachorro-Animal; além disso, os resultados variam conforme o tipo de animal

Mesmo assim, redes semânticas e o conceito de “spreading activation” têm muita importância na ciência cognitiva atual. Há respaldo neurocientífico para o espalhamento de ativações no cérebro

```
graph LR; Cachorro((Cachorro)) --> Mamifero((Mamífero)); Mamifero --> Animal((Animal)); Cachorro -.-> Baleia((Baleia)); Baleia -.-> Animal
```

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 23

Palavras Idênticas, Sentidos Diferentes

The New York Times
Imigrantes constituem 11% da população dos EUA, revela censo

Romário marca quatro gols, e Vasco goleia; Goiás bate Flamengo

Presídios
Rebelião de presas termina após 6 horas em Itapevi

Energia
Eletropaulo identifica quem terá corte de luz

Política
Itamar sai de hospital em São Paulo e volta a BH

Folha Online
Imigrantes é interditada por cinco dias a partir de hoje

Tênis
Guga estreia às 14h desta segunda em Cincinnati

UOL Esporte
Corinthians e São Paulo empatam no Brasileiro

Mundial
Greene é o tricampeão dos 100 metros rasos

Brasil
450 mil servidores prometem greve a partir do dia 22

Vestibulol
Inscrições para a Fuvest começam nesta segunda

IMIGRANTES
Pessoas que fazem imigração

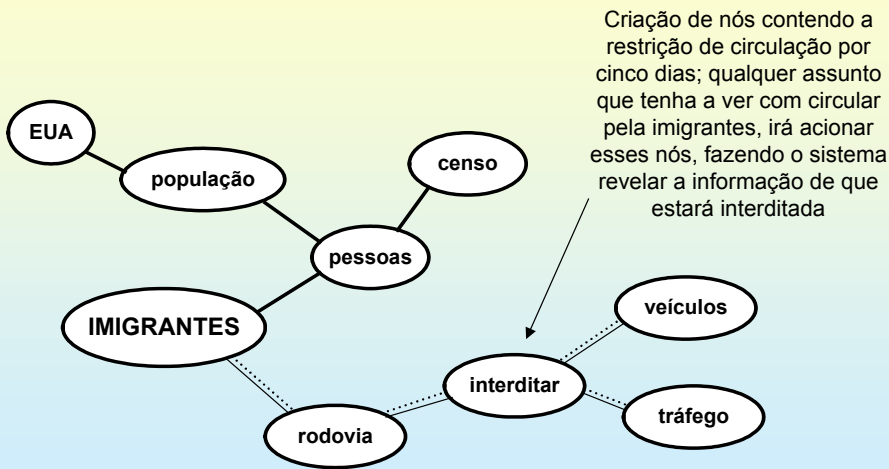
IMIGRANTES
Importante rodovia de São Paulo

"Imigrantes interditada" não faz muito sentido para quem não saiba da existência da rodovia

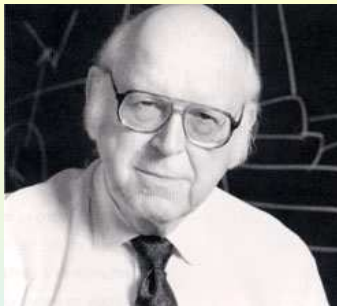
Página principal, UOL, 6/Ago/2001

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 24

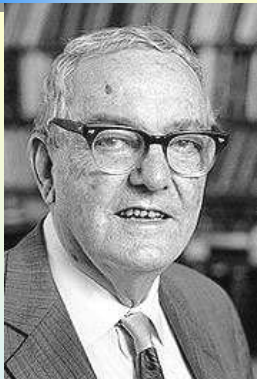
Há Algo Interessante Nessas Redes Semânticas



O Knowledge Level



Allen Newell
(1927 - 1992)



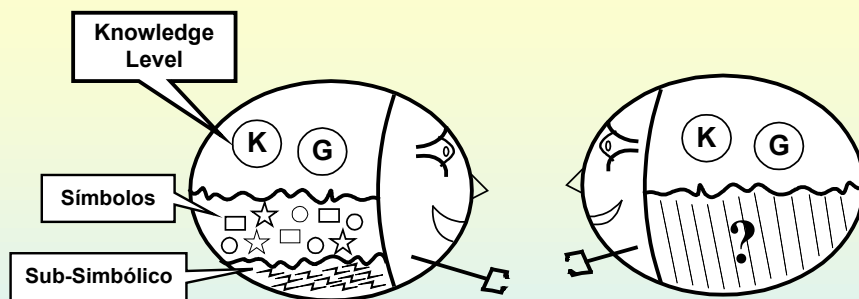
Herbert Simon
(1916 - 2001)

Physical Symbol System Hypothesis

Um sistema simbólico físico tem os meios necessários e suficientes para a ação inteligente genérica

Uma hipótese forte e controversa, mas importante

Entendendo o Knowledge Level



Conhecimento

Aquilo que pode ser atribuído a um agente tal que seu comportamento possa ser computado a partir do princípio da racionalidade

© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

27

Princípio da Racionalidade

Princípio da Racionalidade

Se um agente tem conhecimento de que uma de suas ações o levará a atingir seus objetivos, então esse agente irá selecionar (optar por executar) essa ação

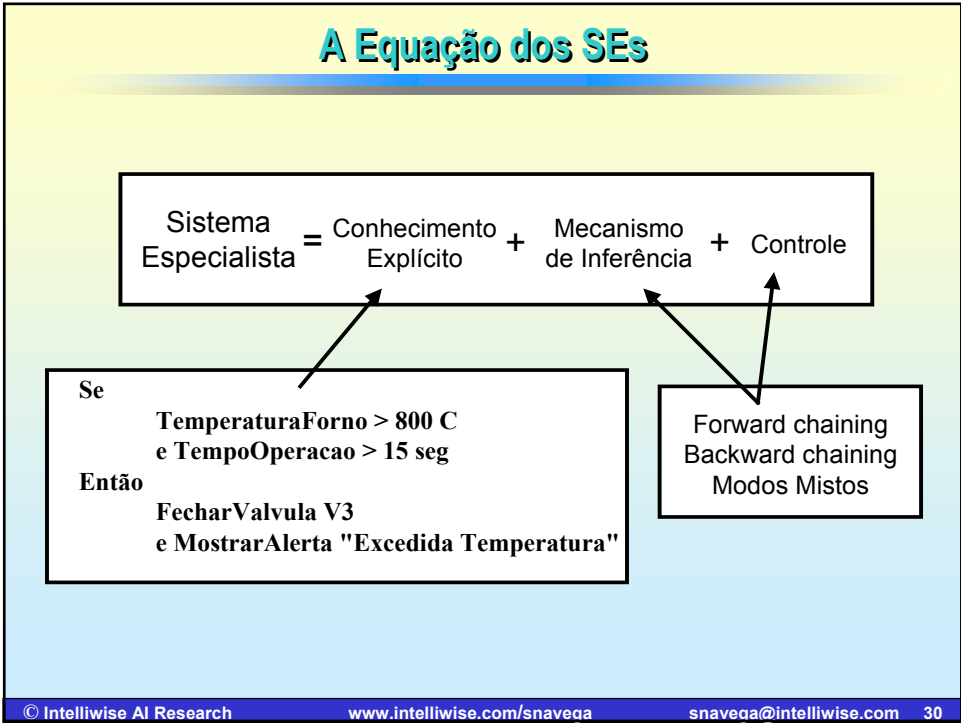
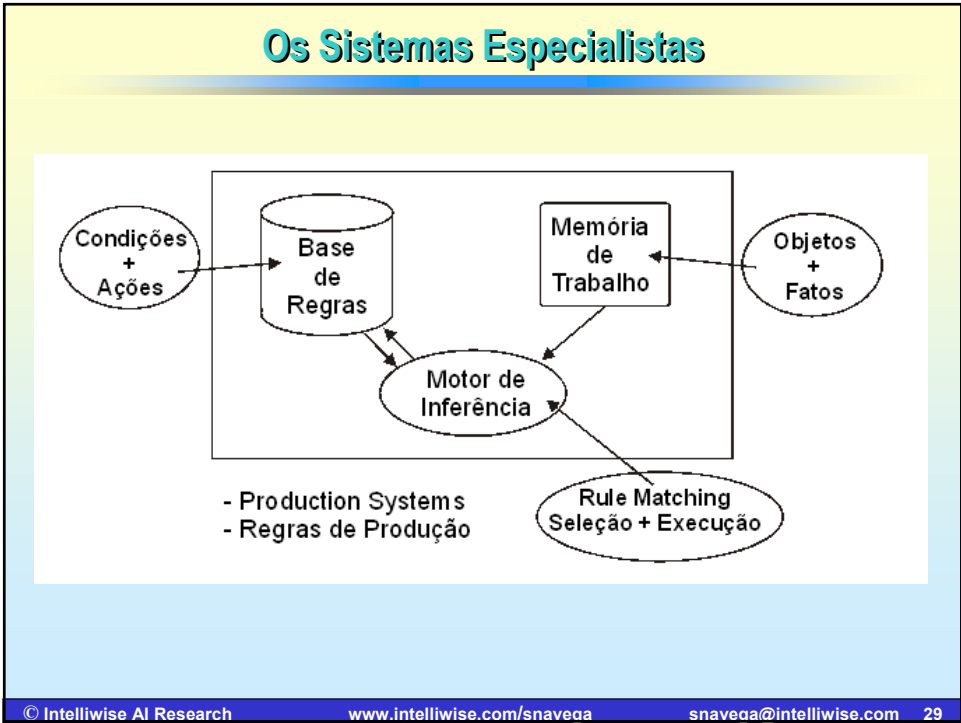
O Knowledge Level permite prever e entender o comportamento de um agente sem que seja necessário dispor de um modelo operacional dos processos reais que estão ocorrendo nesse agente (níveis simbólico e sub-simbólico)

© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

28



Operação dos SE

```
graph TD; A([Compara Regras com conteúdo da Memória de Trabalho]) --> B([Seleciona Regras para disparar, resolve conflitos]); B --> C([Executa regras, estabelecendo suas consequências (ações)]); C --> D([Atualiza conteúdo da memória de trabalho]); D --> A;
```

Resolução de Conflitos:
Das regras escolhidas, dispara todas aquelas que não estão em conflito. No caso de conflito, seleciona UMA para disparar através de critérios como melhor adequação a condições.

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 31

Forward Chaining

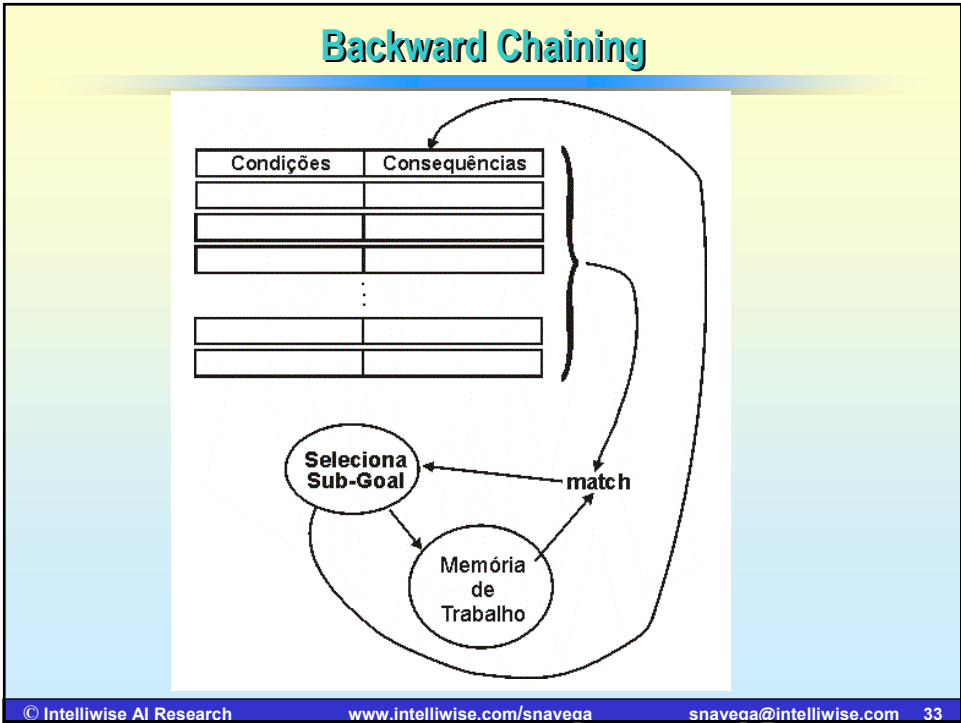
The diagram illustrates the Forward Chaining process. It starts with a table of rules, where the 'Condições' (Conditions) column is being checked against the 'Memória de Trabalho' (Working Memory). The process follows these steps: match → resolve conflitos → Executa. The 'Executa' step updates the 'Memória de Trabalho', which then feeds back into the 'match' step.

Condições	Consequências

match → resolve conflitos → Executa

Memória de Trabalho

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 32



Introduzindo as Ontologias

Ontologia (Filosofia) Estudo das “coisas que existem”, parte da filosofia que investiga a natureza e organização da realidade

Ontologia para Engenharia do Conhecimento

- ➡ Uma especificação explícita de uma conceitualização (Gruber)
- ➡ Teoria sobre quais entidades existem na mente de um agente com conhecimento (Wielinga & Schreiber)
- ➡ Descrição de uma taxonomia de conceitos para uma tarefa ou domínio específico que define a interpretação semântica do conhecimento (Alberts)
- ➡ Porção de uma base de conhecimentos que não muda durante a atividade de resolução de problemas (Fikes)

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 34

Mais Definições de Ontologias

- ➡ Uma base de conhecimentos descrevendo os fatos assumidos como verdadeiros por uma comunidade de usuários (Guarino)
- ➡ Um conjunto de acordos sobre um conjunto de conceitos (Mark)

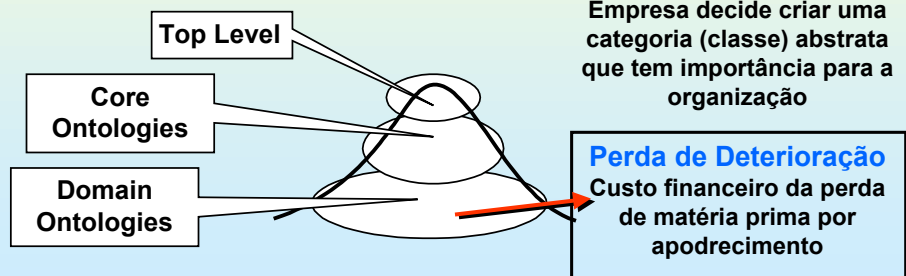
Taxonomia de Conceitos Reutilizável

Especificação parcial de um vocabulário conceitual para ser usado na formulação de teorias no nível do conhecimento (knowledge level) acerca de um domínio do discurso.

O principal requisito de uma ontologia é suportar o reuso e o compartilhamento de conhecimento (Enrico Motta)

Por Que Precisamos de Ontologias?

- ➡ Não é possível representar o universo com níveis exatos de detalhes, é preciso aproximar, **categorizar**
- ➡ Deve-se restringir a representação a partes específicas do universo (chamadas de **domínios**) com detalhes suficientes para permitir a resolução de problemas práticos
- ➡ Escolha de um conjunto de conceitos envolve um **compromisso ontológico**



Exemplo: Ontolingua

```
;;; -*- Mode:Lisp; Syntax: Common-Lisp; Package:ONTOLINGUA-USER; Base:10 -*-  
;;; Copyright (c) 1993 Greg Olsen and Thomas Gruber  
  
(define-theory physical-quantities (abstract-algebra)  
  (in-theory 'physical-quantities)  
  (define-class PHYSICAL-QUANTITY (?x)  
    ;; every physical quantity has a dimension  
    :def (defined (quantity.dimension ?x))  
    ;; physical quantities are either quantities or quantity functions  
    :axiom-def (and (exhaustive-subclass-partition  
                     PHYSICAL-QUANTITY  
                     (setof CONSTANT-QUANTITY FUNCTION-QUANTITY)))  
  (define-function QUANTITY.DIMENSION (?q) :-> ?dim  
    :def (and (physical-quantity ?q) ; domain constraint  
              (physical-dimension ?dim)) ; range constraint  
    :issues ((:example  
              (= (quantity.dimension (height fred)) length-dimension))))  
  (define-relation COMPATIBLE-QUANTITIES (?x ?y)  
    :iff-def (and (physical-quantity ?x)  
                  (physical-quantity ?y)  
                  (= (quantity.dimension ?x) (quantity.dimension ?y)))  
    :issues (:example  
            (compatible-quantities (* 6 feet) (* 20 meters))))
```

© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com 37

Exemplo: LOOM

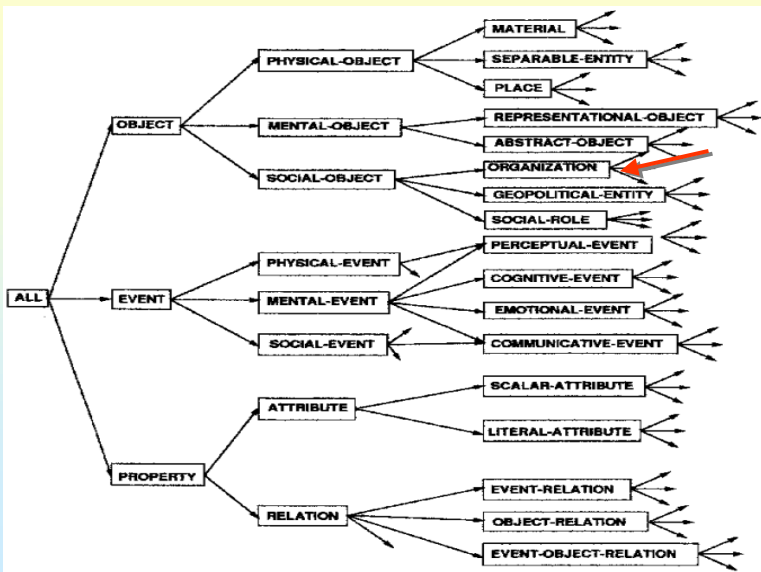
```
(loom:context physical-quantities :theory (frame-ontology abstract-algebra))  
(loom:define-relation quantity.dimension  
  :context physical-quantities  
  :only-if-no-preexisting-definition-p t)  
;;; Concept PHYSICAL-QUANTITY  
(loom:define-concept physical-quantity  
  :context physical-quantities  
  :is-primitive (:exactly 1 quantity.dimension)  
  :exhaustive-partitions $physical-quantity-partition-1$  
  :annotations ((documentation "A physical-quantity is a measure...")))  
(loom:define-concept physical-dimension  
  :context physical-quantities  
  :only-if-no-preexisting-definition-p t)  
;;; Relation QUANTITY.DIMENSION  
(loom:define-relation quantity.dimension  
  :context physical-quantities  
  :is-primitive loom:binary-tuple  
  :domain physical-quantity  
  :range physical-dimension  
  :attributes (:single-valued)  
  :arity 2
```

© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com 38

Um Exemplo de Ontologia: Mikrokosmos



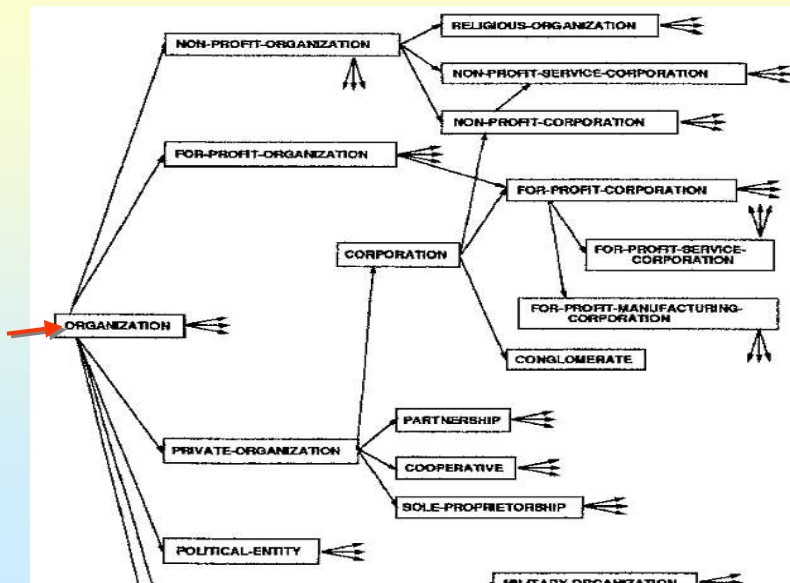
© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

39

Mais Um Nível da Mikrokosmos



© Inteliwise AI Research

www.inteliwise.com/snaveqa

snaveqa@inteliwise.com

40

Mikrokosmos com Protégé

The screenshot shows the MikroOWL Protégé 2.0.1 application window. The main interface displays a class hierarchy under 'owl:Thing'. A 'Metrics' window is open, showing a summary table for the 'PHYSICAL-OBJECT' class.

	System	Included	Direct	Total
Classes	15	0	4266	4281
Slots	34	0	569	603
Facets	10	0	3	13
Instances	0	0	1	1
Frames	59	0	4839	4898

At the bottom of the slide, there is a footer with the following text: © Inteliwise AI Research, www.inteliwise.com/snaveqa, snaveqa@inteliwise.com, 41

Um Editor Open Source

The screenshot shows the Protégé website homepage. The header includes the Protégé logo and navigation links: HOME | OVERVIEW | DOCUMENTATION | DOWNLOADS | COMMUNITY | ABOUT US. The main content area features a 'welcome to protégé' message, a 'news' section about a short course, and a 'community' section with links to registered users and list members. A 'downloads' section at the bottom provides information about the latest version (Protégé 3.1.1) and plug-ins.

Protégé is a free, open source on and knowledge-base framework. Protégé is based on Java, is enter provides a foundation for custom knowledge-based applications. Protégé supports Frames, XML(S) and OWL. It provides a plug-a environment that makes it a flexi rapid prototyping and applicatio development.

Protégé is supported by a strong community of developers and academic, government and corporate users, who are using Protégé for knowledge solutions in areas as diverse as biomedicine, intelligence gathering, and corporate modeling.

Protégé is available from this site as a free download along with plug-ins and ontologies.

community
Registered Users
protége-users list members
protége-discussion list membe
protége-owl list members

downloads
Protégé 3.1.1
Plug-ins (62)

http://protege.stanford.edu/

At the bottom of the slide, there is a footer with the following text: © Inteliwise AI Research, www.inteliwise.com/snaveqa, snaveqa@inteliwise.com, 42

A Ambição do Projeto CYC

AM (Automated Mathematician)
EURISKO
Junta-se à MCC
Funda a Cycorp
www.cyc.com



Doug Lenat



**Projeto CYC: O mais ambicioso
projeto de mecanização do senso
comum já concebido até hoje**

Ontologia do CYC

```
;; #AnimalSound
(#$isa #AnimalSound #TemporalStuffType)
(#$genls #AnimalSound #AudibleSound)
(#$genls #AnimalSound #InformationBearingWavePropagation)
(#$comment #AnimalSound "A collection of information...")

;; #AnimalWalkingProcess
(#$isa #AnimalWalkingProcess #ObjectType)
(#$isa #AnimalWalkingProcess #TemporalStuffType)
(#$isa #AnimalWalkingProcess #DefaultDisjointScriptType)
(#$genls #AnimalWalkingProcess #LocomotionProcess)
(#$genls #AnimalWalkingProcess #SimpleWholeBodyMovement)
(#$comment #AnimalWalkingProcess "The collection of individual...")

;; #AquaticOrganism
(#$isa #AquaticOrganism #OrganismTypeByHabitat)
(#$genls #AquaticOrganism #Organism-Whole)
(#$comment #AquaticOrganism "The collection...")

;; #Arm
(#$isa #Arm #SymmetricAnatomicalPartType)
(#$genls #Arm #Appendage-AnimalBodyPart)
(#$comment #Arm "The collection of all animal arms...")
```

O Tamanho do CYC

► “Toda ave é um animal”

- ➔ “Todo pardal é uma ave”
- ➔ “Todo beija-flor é uma ave”
- ➔ “Todo corvo é uma ave”

► **HumanSocialLife**

“Se ?x é uma ave e se ?x está sentindo dor, então ?x provoca simpatia positiva”

► “Enquanto uma pessoa está dirigindo um carro, contato visual com os olhos não é socialmente requerido durante conversações”

► “Todas as pessoas mortas, permanecem mortas”

Em Feb. 1992:

- 1.400.000 asserções na KB
- 28.000 units (objeto, conceito, idéia, etc)

Conhecimento é introduzido por “knowledge specialists” humanos

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 45

A Linguagem CycL

(forAll ?x
 (implies
 (owns Sergio ?x)
 (objectFound ?x CasaSergio)))

“Mostre-me as pessoas que tenham formação superior e que vivam em Ribeirão Preto”

(and
 (or
 (isa ?x Professor)
 (isa ?x Doutor)
 (isa ?x Advogado))
 (residesInRegion ?x RibeiraoPreto))

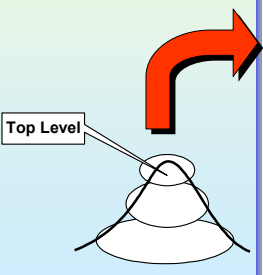
O senso comum em ação

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snaveqa snaveqa@inteliwise.com 46

Projeto OpenCyc

Liberação gratuita para testes do “top level” da ontologia do CYC

Top Level





© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snavega snavega@inteliwise.com 47

Para Concluir

Perguntas?

Sergio Navega
snavega@inteliwise.com
<http://www.inteliwise.com/snavega>

© Inteliwise AI Research www.inteliwise.com/snavega snavega@inteliwise.com 48