

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

por

**Marco Sérgio Andrade Leal Câmara**  
Departamento de Engenharia Informática  
Universidade de Coimbra  
3030 Coimbra, Portugal  
[mcamara@student.dei.uc.pt](mailto:mcamara@student.dei.uc.pt)

**Resumo** – Uma introdução à Inteligência Artificial, mais especificamente sobre representação de conhecimento, através das abordagens declarativa e procedimental do conhecimento, com breve passagem por redes semânticas.

**Palavras chave** – Inteligência Artificial, abordagem declarativa e procedimental, redes semânticas.

## 1. Introdução

### Uma visão geral sobre Inteligência Artificial (IA)

O termo “inteligência artificial” nasceu em 1956 no famoso encontro de Dartmouth. No final dos anos 50 e início dos anos 60, os cientistas Newell, Simon, e J. C. Shaw introduziram o processamento simbólico. Ao invés de construir sistemas baseados em números, eles tentaram construir sistemas que manipulassem símbolos. A abordagem era poderosa e foi fundamental para muitos trabalhos posteriores.

Desde então, as diferentes correntes de pensamento em IA têm estudado formas de estabelecer comportamentos “inteligentes” nas máquinas. Portanto, o grande desafio das pesquisas em IA, desde a sua criação, pode ser sintetizado com a indagação feita por Minsky em seu livro “Semantic Information Processing”, há quase trinta anos : “Como fazer as máquinas compreenderem as coisas ?” [MINSKY 68].

Assim, embora a área de IA seja estudada academicamente desde os anos 50, só recentemente tem gerado um interesse crescente por causa do surgimento de aplicações comerciais práticas. Um factor decisivo para o sucesso desta transição da academia para a indústria são os enormes avanços tecnológicos dos equipamentos computacionais ocorridos nas últimas duas décadas.

Um sistema IA não é capaz somente de armazenamento e manipulação de dados, mas também da aquisição, representação, e manipulação de conhecimento. Esta manipulação inclui a capacidade de deduzir ou inferir novos conhecimentos - novas relações sobre factos e conceitos - a partir do conhecimento existente e utilizar métodos de representação e manipulação para resolver problemas complexos que são frequentemente não quantitativos por natureza. Uma das ideias mais úteis que emergiram das pesquisas em IA, é que factos e regras – conhecimento declarativo - podem ser representados separadamente dos algoritmos de decisão – conhecimento procedimental . Isto teve um efeito profundo tanto na maneira dos cientistas abordarem os problemas, quanto nas técnicas de engenharia utilizadas para produzir sistemas inteligentes. Adoptando um procedimento particular - máquina de inferência - o desenvolvimento de um sistema IA é reduzido à obtenção e codificação de regras e factos que sejam suficientes para um determinado domínio do problema. Este processo de codificação é chamado de engenharia do conhecimento. Portanto, as questões principais a serem contornadas pelo projectista de um sistema de IA são: aquisição, representação e manipulação de conhecimento e, geralmente, uma estratégia de controle ou máquina de inferência que determina os itens de conhecimento a serem acedidos, as deduções a serem feitas, e a ordem dos passos a serem usados. A figura 1 representa estas questões, mostrando a inter-relação entre os componentes de um sistema clássico de IA [SCHUTZER 87].

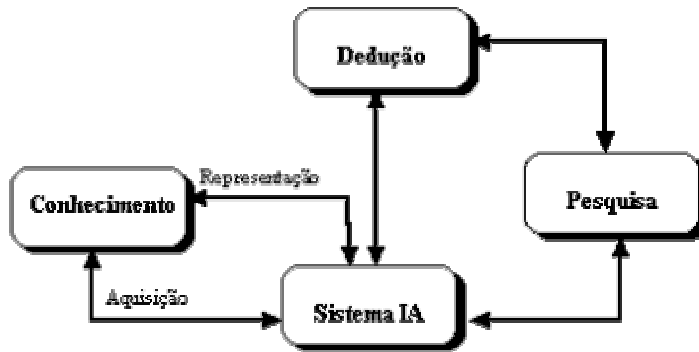


Figura 1- Uma visão conceptual dos sistemas de Inteligência Artificial.

O primeiro programa especialista baseado em conhecimento foi escrito em 1967. Chamado DENDRAL [BUCHANAN 78], podia prever as estruturas de compostos químicos desconhecidos baseado em análises de rotinas. Posteriormente, sistemas especialistas baseados em regras mais sofisticados foram desenvolvidos, notavelmente o programa MYCIN [SHORTLIFFE 76]. Utiliza regras derivadas do domínio médico para raciocinar (deduzir) a partir de uma lista de sintomas de alguma doença em particular.

Muitos pesquisadores hoje acreditam que IA é uma tecnologia chave para o software do futuro. As pesquisas em IA estão relacionadas com áreas de aplicação que envolvem o raciocínio humano, tentando imitá-lo e realizando inferências. Estas áreas de aplicação que geralmente são incluídas nas definições de IA incluem, entre outras [SAVORY 88] :

- Sistemas Especialistas ou Sistemas Baseados em Conhecimento.
- Sistemas Inteligentes/Aprendizagem.
- Compreensão/Tradução de Linguagem Natural
- Compreensão/Geração de voz
- Análise de imagem e cena em tempo real
- Programação Automática.

Portanto, pode-se afirmar que o campo de IA tem como objectivo, o contínuo aumento da “inteligência” do computador, pesquisando, para isto, também os fenómenos da inteligência natural. Para este fim, IA é definida aqui como sendo uma colecção de técnicas suportadas por computador emulando algumas capacidades dos seres humanos. Esta colecção inclui [SAVORY 88] :

- Resolução de problemas
- Compreensão de Linguagem Natural
- Visão e Robótica
- Sistemas Especialistas e Aquisição de Conhecimento
- Metodologias de Representação de Conhecimento

A esperança de grandes descobertas futuras em IA depende de vários factores, tal como o crescimento do número de cientistas envolvidos nas pesquisas e avanços principalmente nas áreas da ciência da computação (incluindo processamento paralelo) e da ciência cognitiva.

## 2. Representação de Conhecimento

Para utilizar um corpo de conhecimento em uma máquina, é necessário escolher uma maneira de representá-lo. Todo programa de computador contém o conhecimento sobre um determinado problema a ser resolvido. O conhecimento está nos algoritmos que o programa emprega e nos procedimentos de decisão que determinam qual destes algoritmos empregar em determinada circunstância. Quando carrega-se um programa em um computador, pode-se dizer que o computador “adquiriu o respectivo conhecimento; entretanto, na maioria dos programas, estas informações não são representadas explicitamente e não podem ser facilmente actualizadas ou manipuladas.

Uma das principais características dos programas de IA é que o sistema é estruturado de modo a separar o código executável dos dados ou conhecimento do sistema. Assim, em IA, o termo “conhecimento” significa a informação que um programa de computador necessita para que possa *comportar-se inteligentemente* [WATERMAN 86].

A linha básica de pesquisas seguida pela IA ao longo dos anos, tem sido a de simular inteligência através de programas de computador cuja característica principal é o *conhecimento* e a sua *representação* [VICCARI 94]. De acordo com Brachman, um pioneiro na comunidade de IA, “... a maioria dos trabalhos em IA estão baseados na crença de que os sistemas inteligentes podem ser construídos do explícito, base de conhecimento declarativo, que por sua vez são operados pelo geral, mecanismos de raciocínio formal. Esta hipótese fundamental de IA significa que a representação de conhecimento e o raciocínio (o estudo de maneiras formais de extracção de informação do conhecimento representado simbolicamente), é de central importância para a área.” [BRACHMAN 88] .

Problemas relacionados com a representação de conhecimento não surgiram com o advento dos computadores digitais. Há séculos têm sido estudados pelos filósofos, cujos trabalhos jamais puderam ser ignorados pelos cientistas da computação. Para os pesquisadores em IA, estes problemas continuam sendo bastante significativos.

As interpretações de “representação de conhecimento” e seu papel em IA variam bastante, mas a questão central, ainda segundo Brachman, é a seguinte : “*Como transmitir o conhecimento do mundo para a um robô ou outro sistema computacional, dando-lhe uma capacidade adequada de raciocínio, de modo que este conhecimento possa ser utilizado para permitir ao sistema uma adaptação e exploração do seu ambiente ?*” [BRACHMAN 90]. Com relação a isto, surgem algumas indagações básicas importantes:

- De que forma o conhecimento pode ser expresso ?
- Como encontrar a linguagem adequada para a representação deste conhecimento ?
- Como formar uma base de conhecimento suficientemente detalhada e que represente a compreensão do domínio ?
- Como realizar inferências automáticas, dando acesso tanto ao conhecimento implícito na base de conhecimento quanto àquele armazenado explicitamente ( declarativo) ?
- Como o sistema deve proceder na presença de informações incompletas, incorrectas ou de senso comum ?

A representação do conhecimento está sempre relacionada com as *formas* de expressão da informação. Diferentes sistemas de representação podem ser mais adequados para diferentes problemas, embora ainda existam muitas pesquisas no sentido de desenvolver sistemas e linguagens de representação de propósito geral. Geralmente, a questão central é: como representar o conhecimento de modo formal sem considerar como ele será utilizado ?

Entretanto, a maioria das pesquisas actuais sustentam amplamente que é inútil considerar uma representação, sem considerar o raciocínio que será realizado sobre a mesma. Assim, a área de “Representação de Conhecimento” tem sido claramente padronizada para “Representação de Conhecimento e Raciocínio”. Como resultado, as pesquisas estão enraizadas no estudo das lógicas em geral, onde sintaxes formais de linguagens são acompanhadas por regras de inferência e interpretações [BRACHMAN 90].

É importante considerar que uma linguagem de representação de conhecimento não deve ser caracterizada somente em termos de sua adequação mas também em termos de sua eficácia computacional. Assim, uma representação não deve meramente prescrever *como* trechos individuais de informações são representados, mas deve especificar *como* a totalidade da informação é estruturada e organizada de modo que as informações relevantes possam ser recuperadas e que as inferências adequadas apresentem um nível aceitável de eficiência [SHASTRI 91].

## 2.1 Abordagens sobre o Conhecimento e sua Representação

Existem duas tradicionais abordagens ou metodologias que direcionam as pesquisas em representação do conhecimento, praticamente desde os anos formativos de IA. Uma delas representada por John McCarthy, tenta adaptar os problemas de IA à um mundo sistematizado da lógica simbólica, onde seu principal interesse é a maneira de representar relações e características de um problema através do uso de expressões da lógica simbólica e também ampliar o limite das possibilidades para estes tipos de expressões [NAGAO 90]. A segunda abordagem, representada por Marvin Minsky, afirma que o comportamento do cérebro humano é muito complexo para ser expresso dentro da lógica simbólica. Ele criou os “frames” como uma combinação de ferramentas e métodos que podem descrever as actividades do cérebro humano sem permanecer confinado à lógica simbólica. A lógica simbólica é geralmente referida como abordagem *declarativa*, enquanto esta última abordagem é chamada de *procedimental*.

David Israel [ISRAEL 83] faz uma boa análise sobre estas duas vertentes e, segundo ele, o que estas duas correntes de pesquisas em IA vêm debatendo ao longo dos anos é, na verdade, o papel da lógica na resolução de problemas em IA. McCarthy acredita que a maneira de resolver problemas é projectar programas de computador para raciocinar de acordo com linguagens bem definidas da lógica matemática, sendo ou não a maneira como as pessoas pensam. Por outro lado, Minsky acredita que uma abordagem proveitosa é tentar utilizar os computadores para imitar a maneira como o cérebro funciona e, afirma ele, isto nada tem haver com a lógica matemática.

Certamente existem várias outras questões envolvidas neste velho debate, embora todos os seus participantes concordem que o objectivo principal da pesquisa é que os computadores devem, de uma maneira ou de outra, “conhecer” muito do que cada ser humano conhece sobre o mundo e sobre os organismos, naturais ou artificiais, que nele habitam [ISRAEL 83].

Os pesquisadores em IA costumam fazer a distinção entre estes dois tipos de conhecimento, quais sejam, o *declarativo* e o *procedimental*. Tem havido muitas controvérsias sobre qual destas duas estruturas de representação é a melhor. Não há uma resposta precisa, até porque a própria distinção entre as duas formas é, em geral, muito nebulosa. Entretanto, existe uma concordância em que a maioria dos domínios requer a utilização de ambos os tipos de informações. Assim, na prática, a maioria das representações emprega uma combinação destas duas abordagens.

### 2.1.1 A Abordagem Declarativa do Conhecimento

O princípio representacional mais importante é o do conhecimento declarativo, enunciado por McCarthy nos anos iniciais de IA. Este princípio afirma que o conhecimento sobre factos e relações no mundo devem ser codificados *explicitamente* em um programa inteligente, de modo que permita outros programas “raciocinar” sobre este mesmo conhecimento.

A maior parte do conhecimento quotidiano das pessoas é declarativo, pois representa simplesmente afirmações ou factos sobre o mundo real. Por exemplo, “João comprou um carro.”, é uma típica afirmação declarativa.

Sob o aspecto computacional, dentre as principais vantagens de uma representação declarativa incluem-se [RICH 88] :

- Cada factos só precisa ser armazenado uma vez, independente das maneiras diferentes em que poderá ser utilizado.
- A facilidade em acrescentar novos factos ao sistema, sem mudar outros factos e pequenos procedimentos.

Uma maneira bem conhecida de representar este tipo de conhecimento é através das fórmulas em lógica de predicado de primeira ordem. Factos declarativos simples geralmente podem ser representados como predicados instanciados. Portanto , o exemplo acima pode ser adequadamente representado por “COMPRAR(João, carro)”. Entretanto, declarações mais complexas podem exigir representações também mais complexas.

Outra maneira de representar o conhecimento declarativo é em termos de “frames”, ou seja, estruturas de dados nas quais todo o conhecimento sobre um objecto particular ou evento é armazenado junto. Neste tipo de representação, a organização do conhecimento pode ser bastante útil para a modularidade e acessibilidade do conhecimento.

Uma terceira maneira de representar o conhecimento declarativo é através das redes semânticas. Estas redes são como “frames”, no sentido de que o conhecimento é organizado em função dos objectos que estão sendo descritos, embora aqui os objectos sejam representados por nodos em um grafo e as relações entre eles por arcos rotulados. As redes semânticas são de particular interesse neste trabalho e serão descritas mais detalhadamente na sequência.

A principal vantagem de “frames” e redes semânticas sobre a representação lógica, é que para cada objecto, evento, ou conceito, todas as informações relevantes são armazenadas conjuntamente. Portanto, o acesso e a manipulação das informações são facilitados e valores “default” podem ser criados quando a informação sobre um objecto ou evento não é fornecida explicitamente.

### 2.1.2 A Abordagem Procedimental do Conhecimento

Para que se possa utilizar uma representação declarativa, é preciso estendê-la com um programa que especifique *o que* deve ser feito com o conhecimento e *como* fazê-lo. A representação procedimental é aquela em que as informações de controle necessárias ao uso do conhecimento estão embutidas no próprio conhecimento, ou seja, a maior parte do conhecimento é representada como procedimentos para a sua utilização.

Para utilizar uma representação procedimental, é preciso ampliá-la com um interpretador que siga as instruções fornecidas no conhecimento. Pode-se dizer que a diferença entre as visões declarativa e procedimental do conhecimento está em onde residem as informações de controle. O conhecimento procedimental reflecte um processo incremental, ou um conjunto de passos, a fim de dar conselhos, diagnosticar problemas, ou encontrar soluções. Este tipo de conhecimento é usualmente representado em um conjunto de regras ou árvores de decisão. Dentre as principais vantagens da utilização da representação procedimental incluem-se [RICH 88] :

- A facilidade em representar o conhecimento de *como* fazer as coisas.
- A facilidade em representar o conhecimento que não se enquadra dentro de muitos esquemas declarativos simples, como por exemplo, o raciocínio por omissão e o raciocínio probabilístico.
- A facilidade em representar o conhecimento heurístico de como fazer eficientemente as coisas.

A representação procedimental de um trecho de informação é essencialmente um plano para a sua utilização. Assim, construir uma boa representação é semelhante a construir qualquer outro tipo de plano. Por isso, esta forma de representação está também bastante relacionada com trabalhos e actividades de planeamento.

Porém, deve-se observar que à medida que linguagens de nível cada vez mais alto forem utilizadas para descrever o conhecimento procedimental, exigências cada vez maiores serão necessárias para o compilador ou interpretador da linguagem. Eventualmente, as próprias representações do conhecimento parecerão muito declarativas, uma vez que a maioria dos mecanismos para raciocinar com este conhecimento estarão contidas no próprio interpretador.

Considerando-se estes argumentos, deve ficar claro que não há delimitações claras entre as formas de representações declarativas e procedimentais. Em um processo de representação de conhecimento, a forma correcta a ser empregada dependerá do próprio conhecimento a ser representado e de sua utilização pretendida.

## 2.2 Redes Semânticas

Semântica é o estudo do significado de conceitos individuais utilizados na linguagem. É uma tentativa de descrever os significados das palavras e as condições sob as quais eles podem interagir para serem compatíveis com outros aspectos de uma linguagem.

Uma *rede* é um conjunto ou um grafo de nodos conectados por ligações, como na figura 2. Os nodos em uma rede semântica usualmente representam os conceitos ou significados, por exemplo, "POTENCIAL DE MEMBRANA", " PROCESSO ELETRO-QUÍMICO". As ligações usualmente representam as relações existentes entre estes nodos, por exemplo, "O potencial de membrana É UM processo electro-químico".

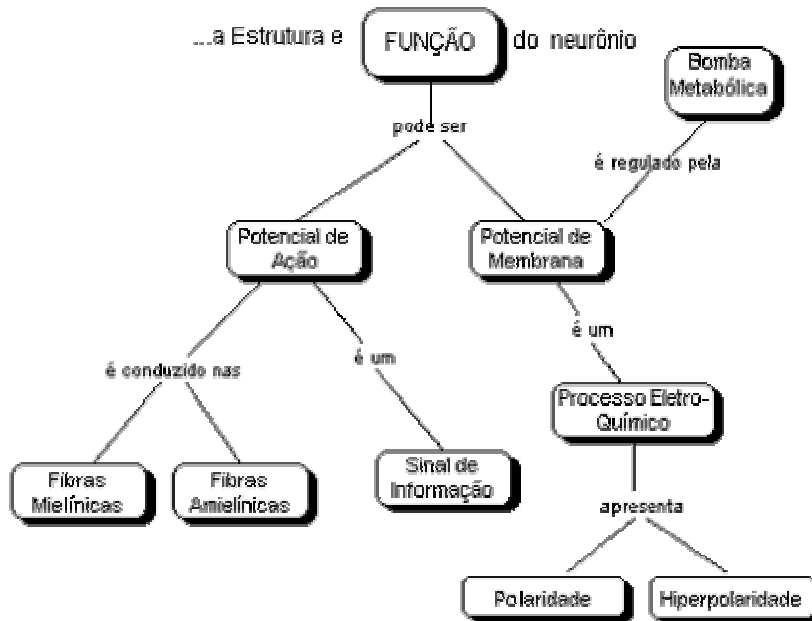


Figura 2 - Parte de uma rede semântica.

Portanto, uma rede semântica é uma estrutura para a representação do conhecimento definida como um padrão de nodos interligados por arcos rotulados. As redes deste tipo não só captam as definições dos conceitos mas também, inerentemente, proporcionam ligações com outros conceitos. Uma variedade de redes semânticas tem sido desenvolvidas como variações deste simples padrão. Algumas são propostas como modelos da memória humana e significado de representação, enquanto outras são usadas como componentes de compreensão de linguagem e sistemas de raciocínio.

Embora seja útil imaginar as redes semânticas utilizando esta notação gráfica característica, é lógico que elas não podem ser representadas desta maneira em um programa de computador. Shastri afirma que, em geral, é possível transformar uma rede semântica em uma linguagem não gráfica e vice-versa [SHASTRI 91]. Assim por exemplo, na linguagem LISP, cada nodo seria um átomo, as ligações seriam as propriedades, e os nodos da outra extremidade seriam os valores.

Na lógica, alguns arcos da figura poderiam ser representados pelas seguintes declarações :

**É\_UM(Potencial\_de\_Membrana,Processo\_EletrQuímico)**

**É\_UM(Potencial\_de\_Ação,Sinal\_de\_Infomação)**

**É\_REGULADO\_PELA(Potencial\_de\_Membrana,Bomba\_Metabólica)**

Embora existam algumas controvérsias quanto à denominação “redes semânticas”, acredita-se que são assim chamadas por razões puramente históricas. Em seu modelo precursor “Semantic Memory”, Quillian [QUILLIAN 68] tentava representar o significado do Inglês, ou seja, a semântica das palavras em Inglês. Ele queria definir um modelo de como o significado das palavras eram representados na memória humana, para isso, construiu uma rede associativa de nodos que representavam relações entre os conceitos. Portanto, a denominação de “redes semânticas”, dizia respeito à aplicação destas redes, e não à alguma característica especial das mesmas.

Independentemente das razões que sugeriram esta denominação, as origens das redes semânticas vêm do *associacionismo* de Aristóteles - onde o comportamento é controlado totalmente por associações aprendidas entre os conceitos - e do *reducionismo* - onde os conceitos são sempre constituídos de conceitos mais elementares [RINGLAND 88].

A teoria das redes semânticas afirma que [LIU 94]:

- a memória humana é associativa por natureza, e as ideias e informações na memória estão interrelacionadas umas com as outras.
- esta inter-relação entre as ideias pode ser retratada pelos nodos e ligações rotuladas que conectam estes nodos podendo ser representados por algumas estruturas formais e precisas.

Sob o ponto de vista cognitivo das teorias gerais de organização da memória, com relação ao sistema de Quillian, a rede semântica é organizada de acordo com os princípios de *significado distribuído*, economia cognitiva, e do *raciocínio “default”*. O princípio do significado distribuído refere-se ao facto de que a determinação do significado de um simples conceito é encontrado considerando-se sua interacção com o conjunto inteiro de conceitos na rede semântica. O princípio da economia cognitiva refere-se ao facto de que, se possível, os atributos comuns aos vários conceitos não são codificados especificamente com cada conceito, mas com um conceito supra-ordenado. O princípio do raciocínio “default” refere-se ao facto de que, qualquer verdade assumida junto ao conceito supra-ordenado pode ser assumido verdade para seu conceito subordinado.

Embora exista uma grande variedade de terminologias e notações nos sistemas de representação do conhecimento por redes semânticas, as seguintes considerações são comuns na maioria delas [SOWA 91]:

- Nodos na rede representam conceitos de entidades, atributos, eventos e estados.
- Arcos na rede geralmente chamados de relações conceituais, representam as relações mantidas entre os conceitos. Os rótulos sobre os arcos especificam os tipos de relações.
- Algumas relações conceituais representam casos de linguística, como agente, paciente, receptor, ou instrumento. Outros, representam conectivos espaciais, temporais, causais, lógicos. Ainda outros especificam o papel de uma entidade com relação à outro, como por exemplo, mãe, proprietário, residência, etc.
- Os tipos de conceitos são organizados em uma hierarquia de acordo com os níveis de generalidade. Esta hierarquia é frequentemente chamada de *hierarquia de tipos* ou *hierarquia taxionômica*.
- Relações mantidas entre todos os conceitos de um determinado tipo são herdadas através da hierarquia por todos os seus sub-tipos. Por exemplo, se todo animal necessita de oxigénio para sobreviver, então esta característica será herdada pelos carnívoros, felinos, gatos, etc.

Apesar destes temas serem de interesse comum, as redes divergem em várias questões tais como, questões de natureza filosófica do significado, métodos para a representação de todos os quantificadores e operadores lógicos, técnicas para a manipulação das redes e o desempenho das inferências, e convenções de estilos para o desenho dos nodos, arcos rotulados com palavras ou outros símbolos [SOWA 91]. Alguns sistemas são projectados para a representação de linguagem natural, outros para aplicações de sistemas especialistas. Enquanto alguns estão baseados formalmente na lógica, outros são muito mais informais.

Assim como ocorre em qualquer outro mecanismo de representação de conhecimento, o poder das redes semânticas situa-se na capacidade dos programas em manipularem os recursos disponíveis em busca da solução de problemas. Com o afirmou Woods, “...é inútil ter uma semântica explícita, a menos que haja alguma máquina de inferência que lhe acompanhe.” [WOODS 91].

Segundo Thomason e Touretzky [THOMASON 91], quanto à interpretação das redes, o primeiro desafio é articular as intuições sobre o raciocínio e apresentá-las em um formato adequado e relativamente independente de detalhes de implementação. O segundo desafio é procurar o modelo teórico apropriado das interpretações e mostrar que eles apresentam critérios técnicos de adequação, como por exemplo a completude. O terceiro e último desafio é demonstrar que o processo de formalização e interpretação do modelo teórico tem um ponto prático que auxilia na compreensão dos formalismos das redes e que aumenta e serve para propósitos de representação de conhecimento.

Com relação aos STI's, o trabalho de Quillian foi directamente considerado por Carbonnel, que o utilizou como base para representar o conhecimento geográfico em seu sistema tutorial chamado SCHOLAR [CARBONNEL 70]. Este sistema proporcionava aos estudantes uma interface de iniciativa mista para um banco de dados sobre a América do Sul. Carbonnel introduziu dois refinamentos às ideias de nodo de Quillian. Primeiramente ele fez uma distinção entre nodos *conceito* (latitude, por exemplo) e nodos *exemplo* (Brasil, por exemplo). Esta é na verdade a base da “instanciação”. Em segundo lugar, permitiu que funções LISP pudessem ser conectadas aos nodos para resolver propriedades que não eram explicitamente estabelecidas. Esta facilidade é na verdade a base dos “slots” usados nos sistemas tipo “frames”.

### **3. Considerações Finais sobre Representação de Conhecimento**

Dentre as diversas pesquisas em IA, existem vários comportamentos inteligentes que dependem de conhecer o significado das palavras, como por exemplo a tradução por máquina e a compreensão de texto. O formalismo das redes semânticas desenvolvido por Quillian foi a primeira tentativa de realizar uma representação operacional do significado das palavras. A base de seu modelo é relativamente simples, isto é, o significado de uma palavra pode ser expresso pela relação desta com outras palavras. Isto conduz ao conceito de *sentido* das palavras, ou seja, uma palavra pode ter vários significados dependendo do contexto no qual ela está sendo utilizada.

Assim, pode-se dizer que o trabalho pioneiro de Quillian foi fundamental porque seu modelo introduziu, de uma forma ou de outra, todos os aspectos importantes das redes semânticas. Desde então, as redes semânticas e outras representações associativas (“frames”, por exemplo), têm feito parte das linguagens de IA [COHEN 89]. Embora Quillian tenha sido motivado pelas questões em linguística para desenvolver o seu modelo, as redes semânticas têm sido generalizadas para representações de vários outros tipos de conhecimento. Várias questões relativas aos modos de inferência, herança de propriedades, e a quantidade e semântica dos arcos são discutidas no campo das representações de conhecimento.

## Agradecimentos

O autor agradece a todos os colegas e professores das disciplinas de IIA e CTP/SPE que o orientaram e motivaram na elaboração deste artigo e a todos as pessoas que se possam vir a interessar por ele. O trabalho correspondente foi realizado no âmbito da disciplina de *Comunicação Técnica Profissional*.

## Referências

- [**MINSKY 68**] MINSKY, M. (editor), "Semantic Information Processing", The MIT Press, Cambridge, 1968.
- [**SCHUTZER 87**] SCHUTZER, D. , "Artificial Intelligence - An Applications-Oriented Approach", Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1987.
- [**BUCHANAN 78**] BUCHANAN, B.G., FEIGENBAUM, E.A., "DENDRAL and Meta-DENDRAL: Their Applications Dimension" *Artificial Intelligence*, 11(1,2), pp. 5-24, 1978.
- [**SHORTLIFFE 76**] SHORTLIFFE, E.H., "Computer-Based Medical Consultations: MYCIN", New York: American Elsevier, 1976.
- [**SAVORY 88**] SAVORY, S. E.(editor), "Some Views on the State of Art in Artificial Intelligence" em "Artificial Intelligence and Expert Systems", Ellis Horwood Limited, 1988, pp. 21-34, Inglaterra .
- [**WATERMAN 86**] WATERMAN, D.A., "A Guide to Expert Systems", Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
- [**VICCARI 94**] VICCARI, R.M., "Inteligência Artificial e Educação-Indagações Básicas", Anais do IV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Recife, 1993.
- [**BRACHMAN 88**] BRACHMAN, R.J., "The Basics of Knowledge Representation and Reasoning", AT&T Technical Journal, Vol.67, N.1, p. 15, 1988.
- [**BRACHMAN 90**] BRACHMAN, R.J., "The Future of Knowledge Representation", em "Proceedings Eighth National Conference on Artificial Intelligence", Vol 2, pp. 1082-1092, Boston-USA, 1990.
- [**SHASTRI 91**] SHASTRI, L., "Why Semantic Networks ?", em Sowa, J.F., "Principles of Semantic Networks-Explorations in the Representation of Knowledge", Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1991.
- [**NAGAO 90**] NAGAO, M., "Knowledge and Inference", Academic Press Inc., 1990.
- [**ISRAEL 83**] ISRAEL, D. J., "The Role of Logic in Knowledge Representation", *IEEE Computer*, pp.37-41, 1983.
- [**RICH 88**] RICH, E., "Inteligência Artificial", tradução do original "Artificial Intelligence", McGraw-Hill, 1988.
- [**QUILLIAN 68**] QUILLIAN, M. R., "Semantic Memory", em MINSKY, M., "Semantic Information Processing", The MIT Press, Cambridge, pp. 227-270, 1968.
- [**RINGLAND 88**] RINGLAND, G.A. e DUCE, D.A. (editores), "Approaches to Knowledge Representation- An Introduction", John Wiley & Sons Inc., 1988.
- [**LIU 94**] LIU, M., "Hypermedia Assisted Instruction and Second Language Learning: A Semantic-Network-Based Approach", em Reed, W.M., Burton, J.K., e Liu, M., "Multimedia and Megachange: New Roles for Educational Computing", The Haworth Press, Inc., pp. 293-312, 94.
- [**SOWA 91**] SOWA, J.F. (editor) , "Principles of Semantic Networks-Explorations in the Representation of Knowledge", Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1991.
- [**THOMASON 91**] THOMASON, R. H. e TOURETZKY, D. S., "Inheritance Theory and Networks with Roles", em Sowa, J.F., "Principles of Semantic Networks-Explorations in the Representation of Knowledge", Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1991.
- [**COHEN 89**] COHEN, P.R. e FEIGENBAUM, E.A., "The Handbook of Artificial Intelligence - Vol. III", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989.