

# Memória Semântica e Inteligência Artificial

MANUELA D'OLIVEIRA \*

## 1. INTRODUÇÃO

Nesta exposição pretendemos, através de exemplos, dar uma ideia da influência dos paradigmas da chamada Inteligência Artificial no estudo da memória Semântica. Parece-nos útil começarmos por definir memória humana e, através duma breve retrospectiva dos estudos psicológicos da memória, chegarmos ao conceito de memória Semântica. Podemos sugerir como definição de memória humana, a capacidade do organismo reter informação internamente, isto é dentro de si próprio e provar esta retenção através dos vários comportamentos que assume.

Esta definição de memória tem algumas implicações importantes. Ao postularmos uma retenção interna estamos a pressupor uma localização dentro do organismo, uma estrutura onde a informação que nos é transmitida do meio ambiente pode ser registada. Por outro lado ao sugerirmos que a prova de que esta retenção de informação é dada através de comportamentos, estamos a pressupor a existência de processos que actuam sobre a informação e que permitem a sua recuperação e exteriorização. Que tipo de estruturas permitem o registo ou a representação de todos os conheci-

mentos que vamos adquirindo e retendo ao longo da nossa permanente interacção com o meio ambiente? Como é feita essa representação? Que processos nos permitem juntar as palavras adequadas para formar frases e manter uma conversa? Que processos nos permitem discordar da afirmação «um rinoceronte é uma ave»? Como estão representados os sons, os cheiros, as imagens, a sensação táctil da seda, etc.? Como integramos estes conhecimentos, como os procuramos e encontramos nessas hipotéticas estruturas de retenção, para discriminarmos entre o som dum piano e dum pífaro, recordamos o cheiro do eucalipto, ou dizemos que a nossa amiga Catarina se parece com a Mona Lisa?

A tarefa não parece ser fácil. Não é de admirar, portanto, que os estudos psicológicos sobre memória tenham durante um século evitado o problema da representação dos conhecimentos na memória e dos processos de que nos servimos para os utilizarmos adequadamente no nosso quotidiano.

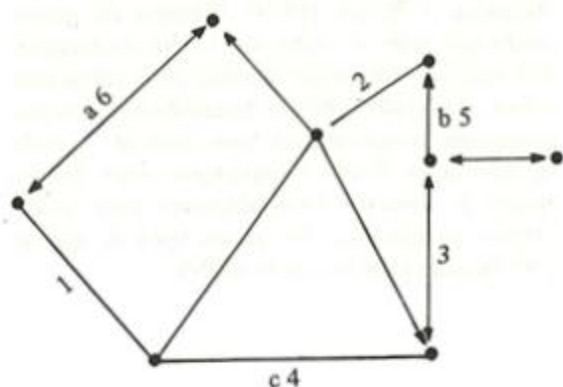
Durante longas décadas, a Psicologia estudou a memória através de situações esperimentais altamente controladas e artificiais.

Ebbinghaus (1879) usou listas de trigramas<sup>1</sup> sem sentido para estudar a capacidade da memó-

\*Ministério da Educação Nacional

<sup>1</sup> Elementos formados por duas consoantes e uma vogal intercalada como por exemplo: dap, len ...

dadas, isto é podem representar um tipo específico de ligação ou não ser legendadas, podem ser estabelecidas unidireccionalmente, bidireccionalmente ou não indicar qualquer direcção específica.



Chave:

- 1 – não direccional, sem legenda
- 2 – unidireccional, » »
- 3 – bidireccional, » »
- 4 – não direccional, com »
- 5 – unidireccional, » »
- 6 – bidireccional, » »

Figura 1 – Exemplo de rede

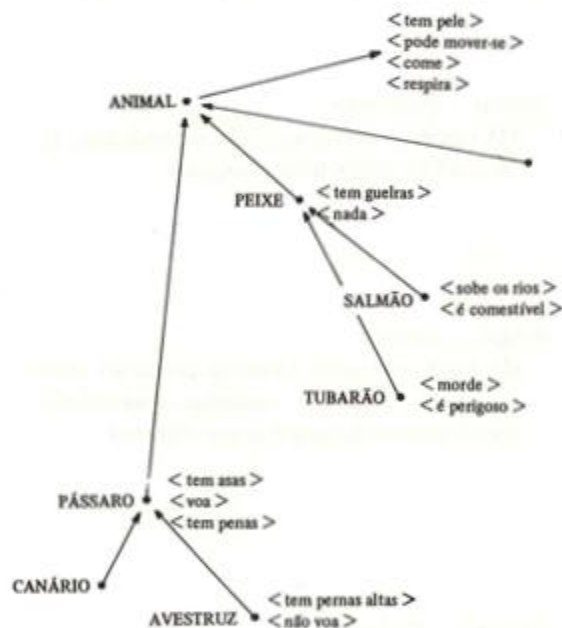
Essencialmente, portanto, uma rede semântica é uma estrutura em que estão representadas as inter-relações entre conceitos, acções e acontecimentos.

## 2. MODELOS DE MEMÓRIA SEMÂNTICA

Os modelos de memória semântica que vão ser apresentados como exemplo da contribuição da inteligência artificial no estudo da memória, foram construídos a partir de objectivos diferentes. Por exemplo, o primeiro modelo de memória semântica a ser elaborado e que descreveremos também aqui em primeiro lugar, foi o Teachable Language Comprehender – TLC desenvolvido por Ross Quillian (1969). O programa elaborado a partir do modelo tenta simular a compreensão da linguagem. De salientar porém, que Quillian se concentrou na representação de palavras/conceitos e as relações de classe que são estabelecidas entre eles. O programa «compreende» frases através da comparação que é feita entre a descrição dos con-

ceitos tal como eles são apresentados na frase e a informação contida sobre eles na rede Semântica onde os conceitos se inserem. Vejamos através dum exemplo como o programa de Quillian pode verificar se a seguinte frase é falsa ou verdadeira: «o tubarão é um animal carnívoro».

O programa compara esta frase com a informação existente na rede semântica onde aparece o conceito «Tubarão». Em primeiro lugar o programa localiza o conceito «Tubarão» na base de dados, apurando se lá existe. Se existe, procura verificar seguindo as ligações e os nós da rede semântica onde ele se insere, se as características de tubarões contidas na frase, isto é, «animal» e «carnívoro», aparecem na rede. Consideremos, como exemplo, a seguinte rede semântica supondo que ela só contém as informações indicadas.



Se o programa só contivesse estes dados sobre «Tubarão» poderia apenas aceitar como verdadeira uma das afirmações contidas na frase, nomeadamente que «Tubarão» é «animal». Não encontrava, porém, a característica «carnívoro» pois o conceito não está incluído na lista de propriedades que caracterizam «Tubarão». O programa não poderia pois compreender a frase.

Por analogia com o programa, Quillian propõe que temos um dicionário mental correspondente à base de dados onde dão entrada todos os con-

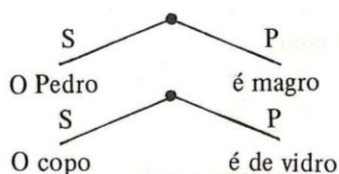
ceitos que conhecemos.

Para além deste dicionário mental, uma espécie de ficheiro, os conceitos estão relacionados na memória através das redes semânticas onde cada um deles tem apenas as informações que sobre eles tivermos já aprendido. Do mesmo modo que o programa ao tentar compreender uma frase faz activar um processo de *busca* para localizar o conceito na base de dados e a sua descrição na rede semântica, assim nós ao tentarmos compreender a informação contida na frase iniciamos um processo de busca através do dicionário mental e da rede semântica apropriada.

## ASSOCIAÇÕES ENTRE DOIS CONCEITOS

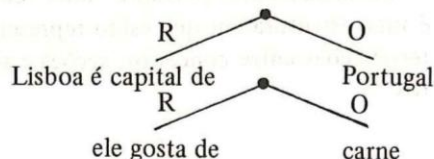
### Sujeito – Predicado

(O *sujeito* é um conceito e o *predicado* dá-nos informações sobre o sujeito)



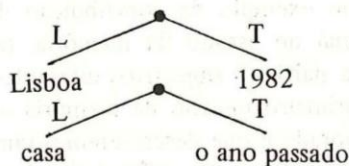
### Relação – Objecto

(O predicado pode também constituir uma associação binária e combinar uma *relação* com um conceito que é o seu *objecto*)



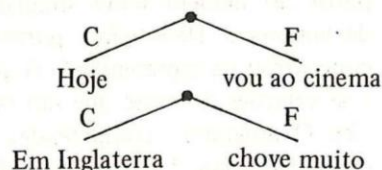
### Locativo – Tempo

(O locativo indica *onde*; o tempo *quando*)



### Contexto – Facto

(Nesta associação a combinação do locativo e do tempo forma o *contexto* da frase e a combinação do sujeito e do predicado forma o *facto* da frase)



O componente básico da estrutura representacional do HAM é a *proposição* que é formada a partir dos conjuntos de associações que entram

na frase. Assim, a frase «Ontem à tarde, em Faro, o público aplaudiu os Trovante» é transformada na seguinte proposição:

«ONTEM À TARDE, EM FARO, O PÚBLICO APLAUDIU OS TROVANTE»

CHAVE: ○ - nó  
→ - associação

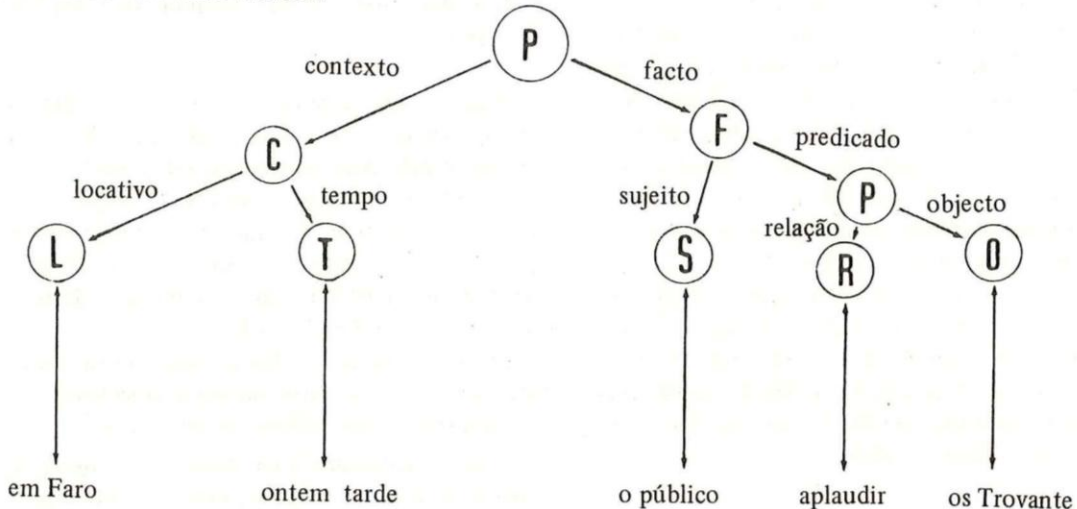


Figura 3 – A árvore proposicional da frase «ontem, à tarde, o público aplaudiu os Trovante» segundo o modelo HAM

Note-se que na base da árvore proposicional não aparecem nós, estando estes substituídos por palavras. É significativo este facto, pois indica que no final de cada árvore proposicional se encontram os conceitos básicos da memória semântica, atómicos por não se poderem decompor em muitas unidades elementares. Estão aqui por razões de clareza representados por palavras embora não sejam mais do que noções abstractas.

Como se compreende a informação contida numa frase de acordo com o modelo associativo? Um dos mais importantes processos postulados pelo modelo e implementado pelo programa é o processo de CORRESPONDÊNCIA (match). É através do processo de correspondência que o HAM interpreta a informação vinda do exterior ligando-a às estruturas da memória.

Usando primeiro um processo de análise lógica,

o HAM tenta traduzir a proposição ou proposições que lhe são apresentadas em árvores proposicionais do tipo daquela que apresentamos como exemplo. Assim que a árvore está formada é feita a correspondência entre os nós terminais da árvore e as suas localizações na memória. O processo de CORRESPONDÊNCIA tenta então encontrar uma árvore proposicional na memória que se pareça com a árvore formada a partir da frase original. Este processo é feito através de uma *busca* a partir das localizações em memória que correspondam a cada um dos nós terminais. O processo de busca procura também ligações na memória que correspondam às ligações feitas na árvore proposicional.

Fundamentalmente, o modelo compreende uma frase logo que seja encontrada na memória uma árvore proposicional construída a partir da

frase original.

Quando a busca é infrutífera e não se encontra uma árvore proposicional de entrada, esta é copiada em memória. Se porventura parte dos nós e ligações da árvore proposicional de entrada não conseguem encontrar correspondência na memória essa informação nova é registada na árvore proposicional já existente em memória.

O terceiro modelo a ser apresentado, o LNR, cujo nome deriva das iniciais dos investigadores que o elaboraram, tem vindo a ser desenvolvido desde 1972 por Lindsay, Norman e Rumelhart e o grupo LNR, existindo hoje várias versões. Os objectivos deste último modelo são muito mais ambiciosos na medida em que o modelo pretende representar toda a gama de conhecimentos normalmente retida pela memória humana.

O sistema de representação semântica do grupo LNR incorpora aquilo a que os autores chamam «estruturas primitivas de significação». Argumentam eles que os predicados das proposições podem ser analisados e divididos em primitivos semânticos. A noção de primitivo semântico talvez seja melhor transmitida através de um exemplo. Consideremos as seguintes frases:

- 1) O Eduardo comprou uma casa
- 2) O Pedro tem uma bicicleta nova
- 3) A Maria João recebeu um lindo presente

«O JOÃO DISSE À LUÍSA QUE A MARIA QUERIA UM LIVRO»

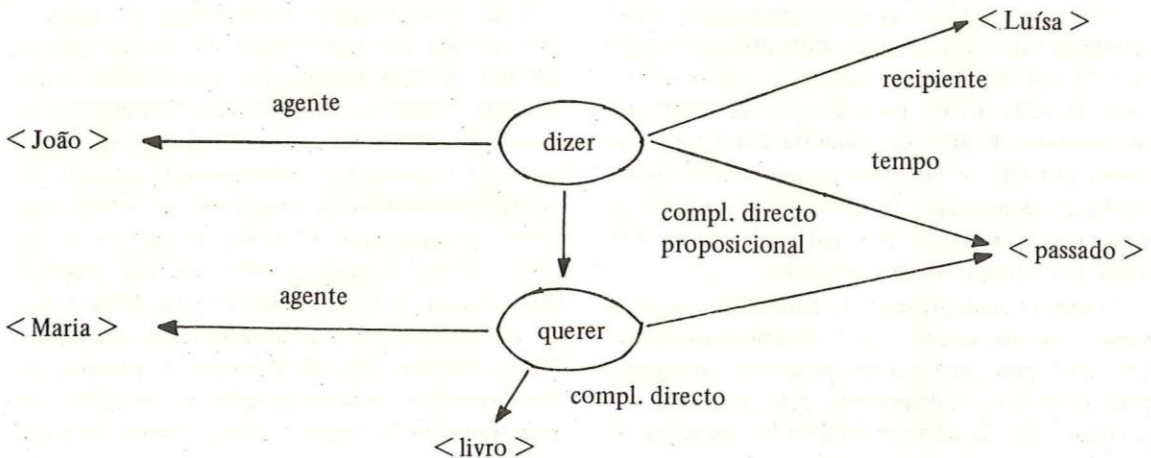


Figura 4 – A rede semântica no modelo LNR da frase «O João disse à Luísa que a Maria queria um livro»

As acções expressas nas três frases estão ligadas por uma noção comum, a noção de *posse* ou seja, dum determinado estado. Esta noção de posse que se pode traduzir através de diferentes verbos é um primitivo semântico. Reparemos agora o que acontece quando os exemplos dados anteriormente sofrem uma pequena transformação:

- 1) O Eduardo comprou uma casa aos filhos
- 2) O Pedro emprestou a bicicleta nova ao amigo
- 3) A Maria João recebeu um lindo presente dos avós

Diríamos que neste caso, o primitivo semântico comum aos predicados das proposições denota a ideia de transferência ou mudança de estado.

Segundo a análise do grupo LNR os significados dos verbos podem ser decompostos em pelo menos quatro classes diferentes de primitivos semânticos que indicam 1) estado actual, 2) mudança de estado, 3) causa e 4) tipo de acção.

(O grupo LNR tem trabalhado também as estruturas semânticas de substantivos e adjectivos mas não vamos aqui debruçarmo-nos sobre elas.)

Como é representada na memória a informação a partir da acção, isto é do predicado? Consideremos um exemplo de rede semântica proposto pelo modelo LNR.

Para além dos muitos processos postulados pelo modelo, dos quais só vamos dar três exemplos, é incorporado um *processo de interpretação* que recupera do banco de dados as informações necessárias e activa os processos adequados à sua compreensão. O processo de interpretação actua como uma espécie de fiscal que supervisa todas as operações.

Vamos aqui só referir os processos postulados para a compreensão de frases. Os processos utilizados pelo programa são semelhantes aos processos de transformação, CORRESPONDÊNCIA e busca incorporados no modelo HAM.

Em primeiro lugar a frase original é transformada em função do predicado o qual se torna no elemento de significação principal seguido dos seus complementos. A transformação é conseguida atra-

vés de uma análise lógica, e resulta da formação duma proposição superficial. Esta proposição superficial é convertida nos seus primitivos semânticos, sendo comparada esta estrutura com a informação existente previamente em memória. A comparação é feita através de processos de busca e de correspondência idênticos aos usados pelo modelo HAM. A função dos predicados primitivos é de encontrar uma estrutura semântica da frase original. Quando se consegue correspondência a frase é compreendida; quando a frase original contém alguns dados novos estes são transformados na sua estrutura semântica básica e incorporados na memória; quando todos os dados da frase são dados novos toda a estrutura semântica básica da frase é registada na memória. Podemos esquematizar da seguinte forma as fases de processamento prespostas pelo modelo na compreensão de frases:

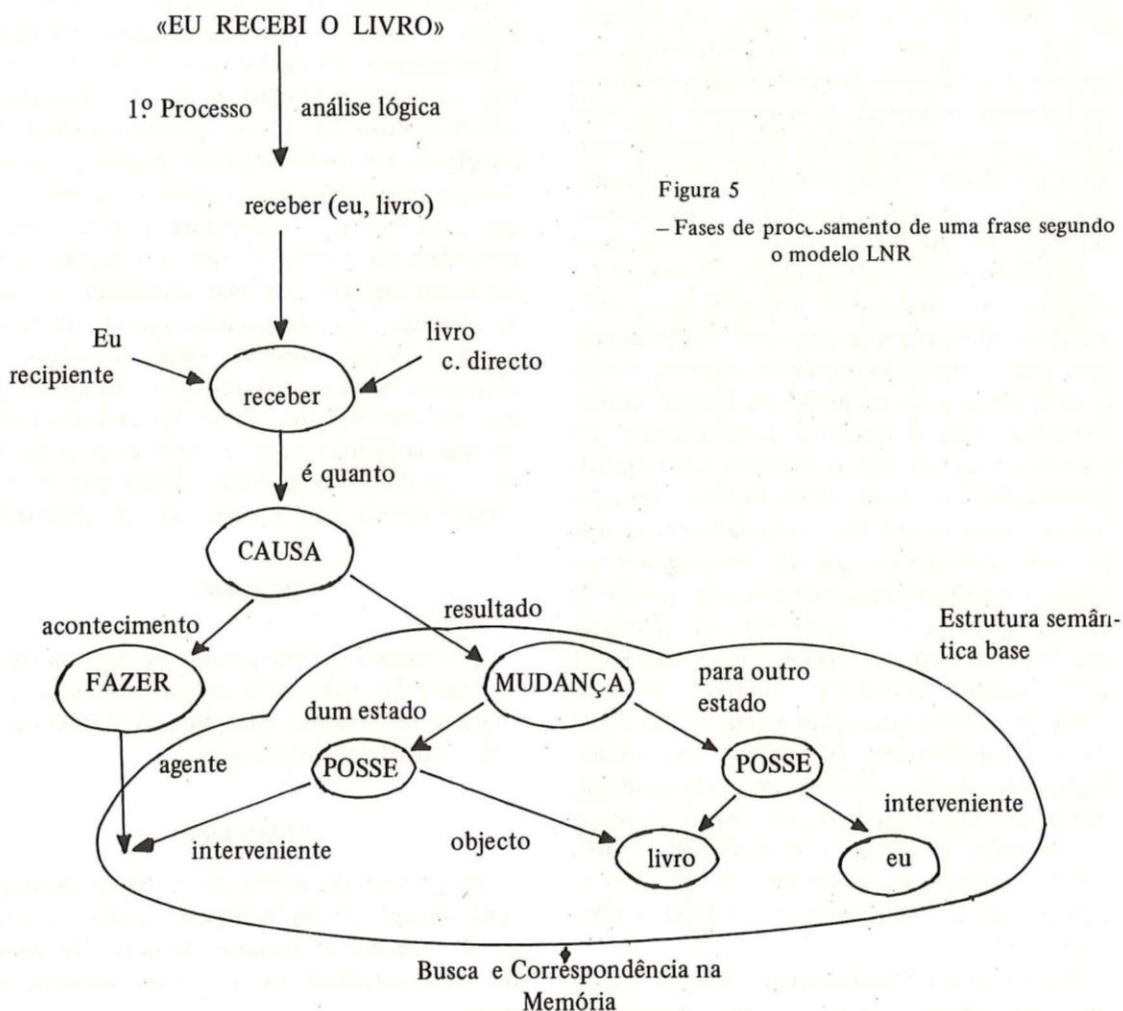


Figura 5  
- Fases de processamento de uma frase segundo o modelo LNR

### 3. CONCLUSÃO

Tentámos apresentar em traços muito gerais e forçosamente incompletos a evolução dos modelos de representação que pretendem simular as estruturas e processos da memória humana. Os modelos são extraordinariamente complexos e incorporam um elevado número de pressupostos. Já foram realizadas experiências com o objectivo de apurar a validade psicológica de alguns destes pressupostos. As experiências, porém, têm sido escassas e tendem a concentrar-se no teste dos processos usados na compreensão de frases. Os resultados experimentais levantam bastantes dificuldades às soluções propostas pelo modelo TCL. Por outro lado, as hipóteses desenvolvidas pelo tipo de representação sugerido pelo modelo HAM, assim como as estruturas semânticas primitivas do modelo LHR receberam bom apoio experimental.

Parece evidente o valor da contribuição dos programas inteligentes de computador no estudo da memória semântica, pois estamos hoje mais conscientes da complexidade dos schematas sugeridos por Bartlett há 50 anos atrás. Os programas inteligentes que têm procurado concretizá-los deparam com problemas que tornam obrigatórios o aperfeiçoamento e reformulação constantes dos modelos que os originaram, à medida que nos vão sugerindo novas maneiras de pensar e contribuindo para uma melhor compreensão da memória. Porém a ideia de que as máquinas inteligentes podem contribuir para o estudo e esclarecimento dos processos cognitivos do ser humano, tem suscitado grande polémica e controvérsia. Uma das objecções que se fazem ao uso dos computadores é de que por mais «inteligente» que seja um programa que simule o comportamento humano, o programa não oferece garantia de utilizar na sua simulação processos idênticos aos usados pelo ser humano. É uma objecção pertinente. Contudo, ao criar situações experimentais para testar os seus modelos de comportamento que garantia tem o psicólogo experimental, que não se serve da simulação, que os processos cognitivos usados pelo ser humano são idênticos aos postulados pelo seu modelo, mesmo quando os resultados das experiências pareçam apoiar as hipóteses desenvolvidas a partir do mesmo?

Em Psicologia Experimental o êxito de um determinado modelo sobre o comportamento hu-

mano é o de se o modelo consegue acomodar e explicar os resultados experimentais; paralelamente, quando se simulam modelos de comportamento no computador, o critério de êxito é de se o programa funciona de acordo com as previsões do modelo. A grande diferença entre o teste de um modelo de comportamento através da experimentação com sujeitos e o teste feito através de simulação em computador é de que neste último caso é necessário enunciar com minucioso rigor todos os processos que se pressupõe intervir na simulação desse comportamento, pois de outro modo o programa não funciona. Tem sido esta necessidade de rigor que tem contribuído para um esclarecimento progressivo dos problemas relacionados com a memória semântica.

Poderá criticar-se também o facto de se estar a fragmentar o estudo da memória semântica e de se correr o risco de nos desviarmos do problema global da memória, isto é, da memória de todos os conhecimentos adquiridos que nos permite construir um modelo interior do mundo. Mas, como proceder senão por partes quando o todo é tão complexo, tão multifacetado? Podemos, jamais, alcançar uma compreensão global e científica poderá quiçá destruir a consciência do livre arbítrio. Parece-nos que a única via que se nos depara para um esclarecimento, por mais parcelado que seja, da cognição, é a via analógica em que os vários comportamentos cognitivos sejam traduzidos em programas rigorosos. Doutro modo caímos no perigo de construirmos, como diz Johnson-Laird, «teorias cognitivas vagas e confusas as quais, tal como as doutrinas místicas, só são devidamente compreendidas por aqueles que as propõem».

### RESUMO

*Apresenta-se a definição de memória humana. E, através dos seus estudos psicológicos chega-se ao conceito de memória Semântica, discutindo-se os seus modelos de representação.*

### SUMMARY

*We present the definition of human memory. And, though its psychological studies we arrive to the concept of semantic memory. We discuss the representational models of the semantic memory.*

## REFERÊNCIAS

- EBBINGHAUS, H. (1885) – «Über das Gedächtnis». Leipzig: Dunker, H. Ruyter e C. E. Busse-nivs (Trans.), *Memory*. New York: Teachers College Press, 1913.
- ANDERSON, J. R. e BOWER, G. H. (1973) – «Human Associative Memory». New York: Wiley, Halotead Press.
- RUMELHART, D. E., LINDSAY, P. H. e NORMAN, D. A. (1972) – «A process model for long-term memory». In E. Tulving e W. Donaldson (eds.) *Organization and Memory*. New York: Academic Press 198-246.
- NORMAN, D. A., RUMELHART, D. E. and THE LNR RESEARCH GROUP (1975) – «Explorations in cognition», San Francisco, Freeman.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1981) – «Cognition».
- BARTLETT, F. C. (1932) – «Remembering». Cambridge: Cambridge University Press.
- OLDFIELD, R. C. (1954) – «Memory mechanisms and the theory of schemata». *British Journal of Psychology* 4: 14-23.
- MILLER, G. A. (1968) – «Encoding the unexpected». *Proceedings of the Royal Society, B* 171: 361-376.
- QUILLIAN, R. (1969) – «The Teachable Language comprehender: a simulation program and theory of language». *Communications of the Association for Computing Machinery* 12: 459-476.