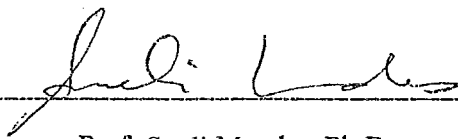


UM MODELO HÍBRIDO DE FRAMES E HIPERTEXTO

Abel Tadeu Amorim dos Reis

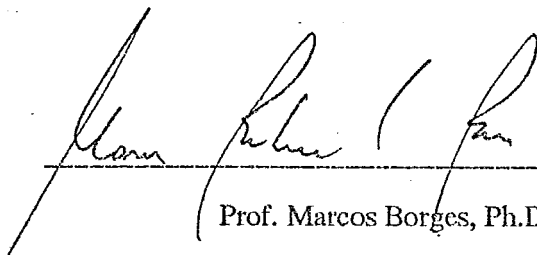
TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

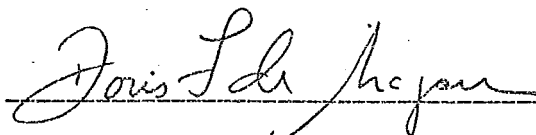


Prof. Sueli Mendes, Ph.D.

(Presidente)



Prof. Marcos Borges, Ph.D.



Prof. Doris Aragão, Ph.D.

AGRADECIMENTOS

Prof. Sueli Mendes pela orientação, apoio e paciência com que sempre contei nas minhas diversas "teses de mestrado",

À Prof. **Leila** Eizirik pela atenção e apoio que recebi em muitas oportunidades,

Ao Prof. Marcos Borges pela co-orientação, senso prático e enorme **boa-vontade**,

Aos amigos e mestres Ricardo Dias Campos, Ronaldo Marinho, Marcos Villas, Mana Emília e Claudio D'Ipolitto que direta ou indiretamente me ajudaram a realizar este trabalho.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Lu, minha esposa, e a meus Pais, Alzira e Antônio. Os três são meus cúmplices preferidos...

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

UM MODELO HÍBRIDO DE FRAMES E HIPERTEXTO

Abel Tadeu Amorim dos Reis

Outubro de 1991

Orientadora : Sueli Bandeira Teixeira Mendes

Programa : Engenharia de Sistemas e Computação

Sistemas de Hipertexto oferecem um modelo simples e flexível para representar, armazenar e recuperar formas não-estruturadas de conhecimento - conhecimento discursivo. Contudo, o uso de sistemas de hipertexto para representar grandes volumes de conhecimento discursivo, coloca alguns problemas em evidência. Perda no hiper-espço e sobrecarga cognitiva são alguns destes problemas.

Técnicas de Inteligência Artificial aplicadas a sistemas de hipertexto é atualmente um importante tópico de pesquisa que pretende minimizar os efeitos colaterais da autoria e navegação em hiperdocumentos volumosos.

Este trabalho propõe um modelo híbrido de frames e hipertexto para suportar a navegação e autoria em larga escala.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.).

A HYBRID MODEL OF FRAMES AND HYPERTEXT

Abel Tadeu Amorim dos Reis

October, 1991

Thesis Supervisor : Sueli Bandeira Teixeira Mendes

Department : Systems and Computer Engineering

Hypertext Systems offers a flexible and simple model to represent, store and retrieve non-structured forms of knowledge - discourse knowledge. However, the usage of hypertext systems to represent large amounts of discourse knowledge, puts some problems forward. Lost in hyperspace and cognitive overloading are some of them.

Artificial Intelligence techniques applied to hypertext systems is a main topic of current research that intends to minimize the side-effects of authoring and browsing in large hyperdocuments.

This work proposes a hybrid model of frames and hypertext to support browsing and systematic authoring-in-the-large.

DOS REIS, ABEL TADEU AMORIM

UM MODELO HÍBRIDO DE FRAMES E HIPERTEXTO

[Rio de Janeiro] 1991

93 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc.,

Engenharia de Sistemas e Computação, 1991)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Computação I. COPPE/UFRJ II. Título

SUMÁRIO

| | |
|--|----------|
| I - INTRODUÇÃO | 1 |
| II - HIPERTEXTO E REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO | |
| I.1 INTRODUÇÃO | 4 |
| II.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS HIPERTEXTO | 6 |
| II.3 HIPERTEXTO E TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL | 10 |
| II.4 HIPERTEXTO E REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO | 13 |
| II.4.1 UM PEQUENO EQUÍVOCO | 13 |
| II.4.2 CONHECIMENTO ESTRUTURADO E DISCURSIVO | 14 |
| II.4.3 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO DISCURSIVO | 16 |
| II.5 NOTAS | 19 |
| III - “EFEITOS COLATERAIS” DOS SISTEMAS DE HIPERTEXTO | |
| III.1 INTRODUÇÃO | 21 |
| III.1.1 RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÃO EM HIPERDOCUMENTOS | 21 |
| III.1.2 AUTORIA DE HIPERDOCUMENTOS | 22 |
| III.2 DESORIENTAÇÃO E SOBRECARGA COGNITIVA | 23 |
| III.3 CARACTERIZAÇÃO DE UM MODELO HÍBRIDO | 26 |
| IV - “FRAMES”: CONCEITO E APLICAÇÕES | |
| IV.1 INTRODUÇÃO | 29 |
| IV.2 CARACTERÍSTICAS DO MODELO DE “FRAMES” | 30 |

V - MODELO HÍBRIDO DE "FRAMES" E HIPERTEXTO

| | |
|---|----|
| V.1 INTRODUÇÃO | 37 |
| V.2 DESCRIÇÃO DO MODELO MH | 40 |
| V.2.1 NÓS DE DOMÍNIO E NÓS DE INFORMAÇÃO | 40 |
| V.2.2 MODELO DE CONHECIMENTO | 42 |
| V.2.3 CAMPOS PRÓPRIOS E CAMPOS HERDADOS | 42 |
| V.2.4 CAMPOS DESCRITIVOS E CAMPOS DISCURSIVOS | 43 |
| V.2.5 FACETAS | 44 |
| V.2.6 HERANÇA | 46 |
| V.2.7 "BLACKBOARD" | 46 |
| V.2.8 LIGAÇÕES ROTULADAS E LIGAÇÕES TIPADAS | 48 |
| V.3 DESCRIÇÃO DA MÁQUINA DE HIPERTEXTO | 50 |
| V.4 NOTAS | 52 |

VI - AVALIANDO AS POTENCIALIDADES DO MODELO HÍBRIDO

| | |
|--|----|
| VI.1 INTRODUÇÃO | 54 |
| VI.2 QUATRO REQUISITOS PARA O MODELO MH | 54 |
| VI.2.1 CONSULTAS ESTRUTURADAS | 54 |
| VI.2.2 AGREGADOS DE COMPONENTES | 57 |
| VI.2.3 ESTRUTURAS E LIGAÇÕES VIRTUAIS | 60 |
| VI.2.4 INFERÊNCIAS SOBRE HIPERDOCUMENTOS | 62 |
| VI.3 SUPORTE À AUTORIA | 64 |

| | |
|----------------------------------|-----------|
| VII - CONCLUSÃO | 69 |
| APÊNDICE A | 70 |
| APÊNDICE B | 73 |
| BIBLIOGRAFIA | 74 |

CAPÍTULO I

I - INTRODUÇÃO

Os sistemas de hipertexto emergiram ao longo dos anos 80 como uma modalidade de software aplicável a variados domínios tais como Documentação Eletrônica e Treinamento Baseado em Computador. Os hipertextos estão, de forma geral, baseados em um modelo conceitual simples cujo poder de expressão advém da flexibilidade que oferecem para tratar e representar formas discursivas de conhecimento. Se por um lado é fácil reconhecer o potencial de aplicação dos hipertextos, por outro, tais sistemas apresentam dificuldades para suportar a navegação/consulta a hiperdocumentos volumosos e autoria em larga escala. As dificuldades básicas são: sobrecarga cognitiva e desorientação. Estes são fenômenos cognitivos que parecem afetar a interação de usuários (autores e leitores) com sistemas de hipertexto aplicados a domínios com grandes volumes de informação. Diversos mecanismos têm sido propostos visando contornar tais "efeitos colaterais" do emprego de sistemas de hipertexto. Em particular, o emprego de técnicas de Inteligência Artificial no suporte à autoria e navegação, tem produzido resultados interessantes e mostra-se bastante promissor.

O objetivo deste trabalho é exatamente propor uma alternativa para aplicação de formas consagradas de representação de conhecimento a sistemas de hipertexto. O modelo proposto é um modelo híbrido de "frames" e hipertexto para suporte à representação de conhecimento estruturado e discursivo. O modelo em questão apresenta-se como uma extensão ao modelo clássico de "frames", incorporando recursos para representação de nós e ligações de hipertexto. A integração dos modelos de "frames" e hipertexto em um modelo unificado traz diversos benefícios para ambas as partes. O modelo híbrido oferece os seguintes benefícios às aplicações de hipertexto:

- mecanismos para realização de inferências a partir de regularidades de conteúdo identificadas, explicitamente, na base de conhecimento discursivo (hipertexto);

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

- suporte à realização de "queries" com base nas regularidades de conteúdo explicitadas;
- mecanismos de generalização/instanciação para apoio à navegação;
- suporte conceitual para autoria sistemática de hiperdocumentos a partir de técnicas de aquisição de conhecimento para representação em "frames".

Por outro lado, o modelo híbrido enquanto um modelo para representação de conhecimento estruturado dispõe de recursos para armazenar e recuperar informação cuja natureza seja pouco amena à estruturação.

O trabalho está dividido em 7 capítulos. O segundo capítulo identifica um **modelo mínimo de hipertexto**, discute o emprego de técnicas de Inteligência Artificial em hipertextos e sustenta que estes sistemas configuram um modelo adequado para representação de conhecimento discursivo, predominante em domínios irregularmente estruturados. O terceiro capítulo caracteriza e discute os "efeitos colaterais" cognitivos do emprego de sistemas de hipertexto em domínios dotados de grandes volumes de informação. O quarto capítulo da tese caracteriza o modelo clássico de "frames". O quinto capítulo descreve o modelo híbrido de "frames" e hipertexto, o sexto capítulo avalia as características do modelo proposto empregando as propostas de Halasz [HALA88] como requisitos funcionais; ainda no sexto capítulo são discutidos alguns aspectos do emprego do modelo híbrido no suporte à autoria sistemática de hiperdocumentos. Finalmente, o sétimo capítulo apresenta as conclusões deste trabalho. O apêndice A discute a aplicação do modelo MK no processo de documentação de software, e o apêndice B apresenta um modelo de entidades e relacionamentos que poderá facilitar a compreensão do MH servindo como apoio à leitura do capítulo 5.

CAPÍTULO II

II - HIPERTEXTO E REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

II.1 - INTRODUÇÃO

O termo **hipertexto** data de meados da década de 60 e seu autor - Theodor Nelson - o empregou para designar um ambiente baseado em computador para interligação e consulta a documentos em geral (1). Contudo, o primeiro "sistema hipertexto" conhecido foi desenvolvido por Vannevar Bush na década de 30 e descrito em 1945 [BUSH45]. O MEMEX, como foi denominado, era um dispositivo foto-mecânico que permitia o armazenamento de fontes de informação (e.g., livros, notas) em microfilmes, e o estabelecimento de ligações entre seus conteúdos. Obviamente, o MEMEX não nasceu como um "sistema hipertexto", mas poderia hoje ser descrito como tal. Independentemente de considerações sobre a funcionalidade do MEMEX, podemos constatar que Bush em seu projeto atingiu em cheio um dos princípios fundamentais dos hipertextos: o registro e recuperação semi-automáticos de segmentos de texto conectados por associações explícitas. Voltaremos a este ponto mais tarde.

Os anos 60 e 70 não apresentaram desenvolvimentos relevantes em termos de sistemas de hipertexto. Não obstante, durante esse período iniciaram-se pesquisas sobre o emprego dos computadores como ferramentas de apoio ao trabalho intelectual [NIEL90] e, por outro lado, o "hardware" dos computadores sofreu extraordinários avanços não somente em termos de custo/desempenho mas também de tecnologias de interação. Esta base conceitual e tecnológica acabou por criar condições para o surgimento, em meados dos 80, de importantes sistemas de hipertexto, destacando-se o NoteCards da XEROX [HALA88] e o Intermedia [YANK86] da BROWN University. O aparecimento do Guide em 1986 e do HyperCard em 1987 - ambos produtos comerciais voltados para microcomputadores pessoais - propagou a idéia de hipertexto e deu origem a um importante segmento de mercado de software (2) [KAIN90] e de pesquisa acadêmica [HYPE87] [HYPE89] [AAAI88].

CAPÍTULO II - HIPERTEXTO E REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

As aplicações de sistemas-de **hipertexto**, em geral, **podem** ser enquadradas em um dos seguintes tipos: (i) armazenamento e consulta, (ii) apresentação e ensino, e (iii) ferramentas intelectuais. Aplicações de armazenamento e consulta englobam **os** sistemas de hipertexto voltados para gerência de projetos, documentação de **software** [GARG89] e auditoria [NIEL90]. Aplicações deste **tipo** tendem a armazenar e manipular volumes significativos de informação cujo **autor/consumidor** é o próprio usuário final.

Apresentação e ensino, em geral, não manipulam volumes muito grandes de informação, porém as questões didáticas e ergonômicas envolvidas exigem preocupação especial com **interface** e organização do conteúdo, uma vez que o autor da aplicação não é o seu usuário final.

Ferramentas intelectuais, por sua vez, procuram auxiliar e **potencializar** atividades intelectuais [NIEL90] [KOZM87] e de projeto, coletivas ou individuais. Estas aplicações de sistemas de **hipertexto**, normalmente, **não** manipulam vastas quantidades de informação, porém a autoria é tarefa dos próprios usuários finais, através da qual representam - parcial ou completamente - resultados das suas atividades. Do nosso ponto de vista, as aplicações mais **instigantes** e inovadoras que sistemas de hipertexto têm proporcionado são as deste último tipo, orientadas para suporte à organização e representação do trabalho intelectual [NIEL90] [CARL90]. Estas aplicações têm **viabilizado** emprego radicalmente novo do computador como “**mídia**” de representação de processos intelectuais de análise, síntese e decisão, coletiva e individual [BARR89] [KOZM87].

O presente capítulo identificará as principais características dos sistemas de **hipertexto**, o uso associado de técnicas de inteligência artificial, e sustentará a hipótese de que tais características os **definem** como modelo para representação de conhecimento discursivo.

II.2 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS DE HIPERTEXTO

Hipertexto tem se mostrado um segmento de pesquisa e desenvolvimento para o qual convergem diferentes áreas de investigação, em particular, Inteligência Artificial, Interface Homem/Máquina e Bancos de Dados. **Assim**, é possível encontrarmos abordagens a hipertexto que ora **ênfatizam** os aspectos de apresentação da informação [LAUR90] [NIEL90], ora os aspectos de armazenamento da informação [CAMP88], e ora o seu potencial como “mídia” de conhecimento [BARR89]. Por causa disso, parece-nos que a pesquisa em Hipertexto **não** chega a constituir um corpo próprio de conhecimentos, mas **sim** uma promissora **tecnologia de software** que integrando resultados de diferentes áreas, levanta novos problemas.

Nestas condições, torna-se difícil enunciar uma definição rigorosa e suficientemente abrangente do que é um sistema de hipertexto. Qualquer tentativa sempre se fará - implícita ou explicitamente - por referência a implementações existentes e a alguns de seus aspectos [HALA90]. Vejamos algumas tentativas de definição de hipertexto:

"Hipertexto é um sistema que permite autores ou grupos de autores ligar informação, criar caminhos através do 'corpus' do material relacionado, anotar textos existentes e criar notas que indicam aos leitores dados bibliográficos ou o corpo do texto'referido". [YANK86]

"Hipertexto é escrita não-sequencial: um grafo direcionado onde cada nó contém alguma quantidade de texto ou outra informação. Os nós são conectados por ligações direcionadas. (...) Muitas outras técnicas podem atender a esta definição, pelo menos parcialmente, mas o verdadeiro hipertexto deveria fazer os usuários sentirem que eles podem mover-se livremente através da informação de acordo com suas necessidades". [NIEL90a]

"Hipermídia é um estilo de construir sistemas para representação e administração da informação em torno de uma rede de nós **multimídia** **conectados** por ligações tipadas". [HALA88]

Recentemente, verificam-se esforços na área, no sentido de elaborar e precisar a **terminologia**, bem como esboçar um modelo genérico de hipertexto que possa viabilizar o desenvolvimento de implementações compatíveis entre si. [STOT90] [FURU90] [FURU89] [HALA90] [LANG90] [PARU89] [CONS89].

Apresentaremos, em seguida, algumas das características básicas que configuram o que denominamos um Modelo **Mínimo** de Hipertexto. Este modelo mínimo procura reter o que é essencialmente comum a diversas implementações de sistemas hipertexto (e.g., GUIDE, HyperTies, HyperPad, HyperCard), ignorando aspectos tais como formato da interface, ao mesmo tempo em que procura estabelecer certo rigor de terminologia.

Nós

Documento é uma designação genérica para o conteúdo (e.g., livro, artigo) que se pretende armazenar em um sistema de hipertexto. **Hipertexto** Objeto designa um particular sistema de hipertexto no qual pretende-se representar um documento. **Hiperdocumento** designa um particular documento representado em um hipertexto objeto.

-Nós são fragmentos de informação, fisicamente delimitados, onde são armazenados trechos do documento que se pretende representar. A natureza (texto, gráfico, som, vídeo), quantidade (tamanho do nó) e formato de apresentação (e.g., tipo de janela, tipo de letra) da informação armazenada em um nó, depende tão somente das características particulares do documento e das facilidades de representação oferecidas pelo hipertexto objeto;

-**Todo** hiperdocumento é um multigrafo direcionado' (com possibilidade de ciclos) onde cada nó, tomado como vértice desse grafo, é alcançável a partir de qualquer outro nó.

-É comum que sistemas de hipertexto ofereçam facilidades para criação de nós tipados, onde o tipo do nó permite explicitar melhor o seu propósito (e.g., nós de anotação, nós de código-fonte).

Ligações

-As arestas do multigrafo definido por um hiperdocumento são denominadas ligações. O vértice divergente de uma ligação é denominado **nó de origem**, e o seu vértice convergente, **nó de destino (3)**;

-Cada ligação conecta, univocamente, uma **região** de origem de um nó (de origem) a uma região de destino de outro nó (de destino). Estas regiões são segmentos do conteúdo armazenado nos nós (e.g., conjunto-de parágrafos). A região origem de um nó é conhecida também como âncora. Cabe observar que há sistemas de hipertexto que não aceitam a identificação de uma região de destino dentro de um nó [YANK86]. Desta forma, uma ligação conecta uma região de origem a um nó inteiro;

-O usuário de um hiperdocumento pode transitar de um nó de origem para um nó adjacente ativando (e.g., toque de "mouse") a região de origem do primeiro. Esta transição permite o acesso ao conteúdo (e.g., através de nova janela) da região destino do nó de destino;

-Uma ligação estabelece nexos semânticos entre o conteúdo de dois nós;

-É comum que sistemas de hipertexto ofereçam facilidades para criação de ligações **tipadas** [COLL87] [TRIG86], onde o tipo da ligação **permite** explicitar melhor o seu nexos semântico (e.g., **IS_A**, Refutação).

Autoria

-O processo de organizar um documento na **forma** de um hiperdocumento conforme as facilidades de um **hipertexto** objeto é denominado **autoria**. Este processo envolve a decomposição do conteúdo do documento em fragmentos de informação (nós), e o estabelecimento de relações (ligações) entre esses fragmentos. Há diversos requisitos a serem atendidos visando a criação de um bom hiperdocumento, dentre os quais, qualidade da interface, granularidade da informação e facilidade para recuperação da informação armazenada [KEAR88] [SHNE89];

-Há diversas facilidades que podem ser acrescentadas a um hipertexto objeto visando simplificar ou enriquecer o processo de autoria para domínios específicos. Por exemplo, mecanismos para representação, **estruturação** (análise) e combinação (síntese) de idéias são algumas das facilidades que se procura introduzir em sistemas de hipertexto de apoio à criação intelectual (“outline processors”) [DIPO89].

Navegação ("Browsing")

-**Navegação** é a forma típica de recuperação de informação em um hiperdocumento, e se dá, por iniciativa dos usuários, através da transição entre nós e consulta a seus conteúdos;

-Há diversas facilidades que podem ser acrescentadas a um sistema de hipertexto visando auxiliar a navegação. Mecanismos para **filtragem** de informação (e.g., mapa de navegação, busca por palavra-chave) e marcação de trilhas (nós já percorridos), por exemplo, são algumas destas facilidades [DIPO89].

19.3- HIPERTEXTO E TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O emprego de técnicas da Inteligência Artificial em sistemas de hipertexto tem se concentrado em dois principais aspectos: geração automática de hiperdocumentos, e suporte à **estruturação** de hiperdocumentos. O objetivo básico da associação de facilidades de IA a sistemas de hipertexto é o de tornar estes sistemas menos passivos, ou' seja, introduzir capacidades de extração automática de informação a partir da **estrutura** e conteúdo de hiperdocumentos visando apoiar - sob diferentes formas - a interação com os usuários (autores e leitores).

II.3.1 - GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE HIPERDOCUMENTOS

A geração automática de hiperdocumentos a partir de documentos lineares é uma área promissora para aplicação de técnicas de processamento de linguagem natural. A geração automática de hiperdocumentos é uma exigência decorrente da enorme quantidade de documentos lineares úteis existentes no inundo. A difusão de hiperdocumentos como uma modalidade de documento eletrônico não poderá ignorar esta vasta quantidade de material existente, e obrigar ao reprojeto manual de todo documento na forma de um hiperdocumento. Até porque há documentos lineares cujo esforço de conversão manual seria gigantesco (e.g. enciclopédias).

A solução natural é então o desenvolvimento de "conversores automáticos" que recebendo como entrada documentos lineares os transformem - ainda que parcialmente - em

hiperdokumentos. As técnicas para conversão de documentos em hiperdocumentos podem envolver ou não tratamento de linguagem natural. Há produtos já disponíveis no mercado empregando as duas abordagens.

Técnicas de processamento de linguagem natural fazem-se necessárias quando a conversão automática toma como base documentos de texto livre. Nestas circunstâncias a estratégia geralmente adotada pelo sistema é a realização da análise léxica e sintática de fragmentos do texto, a identificação de estruturas de tópicos do texto (análise semântica) visando a subsequente criação da rede do hiperdocumento. Naturalmente, a determinação dos tópicos relevantes em um documento, envolve a especificação prévia para o sistema, de um modelo do assunto tratado no documento linear. Há trabalhos importantes como [HAMM87], [NIEL90] e [HAYE88] que discutem as características de alguns conversores automáticos existentes.

Uma outra abordagem possível ao problema da conversão é o tratamento prévio do documento conferindo-lhe formato padronizado (e.g. SGML da ISO) onde "marcas" especiais tais como "Este é o cabeçalho do capítulo" ou "Este é o cabeçalho da seção", são inseridas no texto. O conversor lê o documento adaptado e todas as "marcas" são traduzidas para o hiperdocumento (e.g., nós e ligações) [NIEL90].

Naturalmente, os hiperdocumentos resultantes de conversão automática podem - e devem - ser submetidos a revisões manuais que introduzam características eventualmente não obtidas no processo de conversão.

II.3.2 - SUPORTE À ESTRUTURAÇÃO DE HIPERDOCUMENTOS

O emprego de técnicas consagradas de representação de conhecimento na estruturação de hiperdocumentos é um ponto de pesquisa corrente em aplicações de IA a sistemas de hipertexto. Basicamente, redes semânticas e "frames" são as técnicas que vêm sendo aplicadas visando apoiar atividades de autoria e navegação. Vejamos os aspectos relativos ao uso de cada uma destas técnicas.

CAPÍTULO II - HIPERTEXTO E REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

A pesquisa acerca da associação de redes semânticas a hiperdocumentos tem se baseado na correlação que pode ser estabelecida entre os seus elementos básicos (nós e ligações) e a rede de um hiperdocumento. [HAFN88] comenta o emprego de um interface de hipertexto para suportar a interação de usuários com um sistema inteligente de análise de casos jurídicos - o ICAN, baseado em redes semânticas. Por sua vez, [COLL87] descreveu um sistema de hipertexto - o Thot-II - onde a semântica das ligações entre os nós é explicitada através de tipos dependentes do domínio de aplicação visado. O Thot-II, contudo não possui nenhuma facilidade para realização de inferências automáticas.

Conforme observado em [CARI88], atualmente a similaridade que se pretenda estabelecer entre redes semânticas e redes de hiperdocumentos esbarra na dificuldade de criar sistemas de hipertexto que processem automaticamente a informação (textual) dos nós de um hiperdocumento. No fundo, como atenta [HAFN88], as redes de hiperdocumentos são redes "promíscuas" que não possuem "status" epistemológico definido.

Por outro lado, modelos de "frames" vêm sendo empregados para suportar a estruturação do conteúdo dos nós de hiperdocumentos. O objetivo é o de, ao explicitar a estrutura (regularidades) no conteúdo dos nós de um hiperdocumento, permitir a introdução nos sistemas de hipertexto, de facilidades típicas de sistemas de "frames", tais como herança, "defaults" e outros recursos [HALA88]. Nesta linha, [FIKE88] descreve um protótipo no qual o sistema de "frames" KEE recebeu extensões visando suportar texto associado a "slots"; o protótipo descrito visa apoiar as tarefas de auditoria de impostos. Ainda nesta categoria de aplicações podemos incluir o Information Lens [MALO87], um sistema baseado em "frames" para tratamento e armazenamento de mensagens, com características próximas às de um sistema de hipertexto.

II.4 - HIPERTEXTO E REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

II.4.1 - UM PEQUENO EQUÍVOCO

A literatura da área, ao abordar o potencial de aplicação de sistemas de hipertexto enquanto ferramentas cognitivas [KOZM87], incorre em alguns casos [BUSH45] [NELS80] [CARL90] [DEDE88] [FIDE88] num equívoco a que poderíamos chamar "associativismo ingênuo". Este equívoco consiste na tentativa de relacionar a topologia (e a forma de navegá-la) típica de um hiperdocumento à (suposta) natureza simbólica e associativa da memória humana. Desta forma, alega-se que as características típicas de sistemas de hipertexto são adequadas para suportar e imitar (sic!) o estilo humano de organização e recuperação de idéias e conceitos [CARL90].

A hipótese "associativista" - muitas vezes expressa em afirmações como "o hipertexto reflete a forma não-linear como o ser humano pensa" - inadvertidamente esbarra na polêmica acerca da natureza simbólica ou sub-simbólica dos processos cognitivos humanos [FODO88] [SMOL87] [FODO90]. Isto porque supõe - implicitamente - que o "pensamento humano" organiza-se basicamente como uma rede de conceitos que são ativados e manipulados por "associações de idéias". Mesmo considerando o apelo intuitivo desta hipótese - quantas vezes não encadeamos idéias e referências durante uma reflexão ou uma fala - a tentativa de investigar e justificar o potencial de aplicação de sistemas de hipertexto, a partir de uma hipotética correlação entre as ligações em um hiperdocumento e as "ligações" entre idéias na mente humana, é absolutamente dispensável. Independentemente da conotação metafórica que se queira atribuir a esta correlação, a literatura de divulgação científica, vez por outra, parece incorrer em exageros [FIDE88].

O entusiasmo com a perspectiva de aplicação de sistemas de hipertexto a domínios e atividades intensivos em conhecimento, é inteiramente procedente, mas por razões que consideramos mais consistentes e sobre as quais trataremos nas próximas seções. Acreditamos que o potencial dos sistemas de hipertexto como mídia de conhecimento está relacionado à

sua utilidade como recurso de apoio à fenomenologia do comportamento humano irracional, o que independe da natureza simbólica dos processos cognitivos. Parece-nos essencial estabelecer este ponto; afinal, uma calculadora de bolso é um recurso **utilíssimo** e nem por isto procuramos estabelecer analogias entre sua arquitetura e as "habilidades aritméticas" da mente humana. O fato de que o projeto de uma calculadora **deve** levar em conta as características da atividade humana de calcular [NORM83] é um problema de "**design**" do dispositivo, não de "psicologia da calculadora".

II.4.2 - CONHECIMENTO ESTRUTURADO E DISCURSIVO

Tradicionalmente, **domínios de conhecimento** como Matemática, Física ou disciplinas da Engenharia têm se mostrado áreas privilegiadas para o emprego de computadores. Sistemas para visualização científica, simulação de fenômenos ou realização de cálculos complexos são ferramentas cognitivas de uso corrente não apenas nas atividades de pesquisa e desenvolvimento como também no ensino de qualquer das áreas citadas. Similarmente, domínios de atividades administrativas nos níveis operacional e tático das organizações (e.g., gerência de pessoal, gerência de estoques) têm se mostrado amenas ao emprego de computadores como ferramentas para armazenamento, tratamento e recuperação de informações.

Por outro lado, domínios de conhecimento como História, Filosofia, Direito, Análise Literária [SPIR91], ou ainda domínios de atividades como Planejamento Estratégico [CARL90] e Projeto Cooperativo [CONK88] têm permanecido à margem dos benefícios que o computador possa trazer enquanto ferramenta de trabalho. A explicação para este fato parece-nos simples: a natureza do conhecimento produzido nestes domínios - contrariamente ao que ocorre em áreas de Ciência e Tecnologia, e nos níveis táticos e operacionais das organizações - não se mostra amena ao tratamento computacional. O que resta saber é qual a natureza, a especificidade do conhecimento produzido em ambos os domínios.

Primeiramente, diremos que domínios de conhecimento como Direito, História ou Análise Literária, e atividades como Planejamento Estratégico são **domínios** irregularmente estruturados [HALA88] [REIS90] [SPIR91]. A estrutura irregular destes domínios tem origem em dois fatores interdependentes: o primeiro fator é o grau de subjetividade que **permeia** o exercício das habilidades, e as condições de produção e uso de conhecimento no domínio. Isto parece explicar porque nem todos os Administradores são bons Estrategistas, ou porquê os Juristas divergem na interpretação das leis, ou ainda porque não existem teorias consensuais das sociedades. Simplesmente porque a personalidade, a **formação** e os pontos-de-vista individuais interferem decisivamente na dinâmica dos domínios irregularmente estruturados.

O segundo fator a considerar na caracterização dos domínios irregularmente estruturados, está intimamente conectado ao primeiro, e reside na dificuldade de formalização, isto é de elaboração de modelos explicativos e preditivos "fortes" [HEMP65] para domínios inarcadamente subjetivos. Esta dificuldade deriva da complexidade conceitual e da variedade de padrões e interações existentes entre os objetos de conhecimento relevantes no domínio. Recuperando um exemplo de [SPIR91], a compreensão de um caso clínico de patologia cardiovascular requer a consideração de interações complexas entre diversos conceitos da cardiologia, ao mesmo tempo em que provavelmente envolve diferenças em relação a outros casos semelhantes.

Desta forma, domínios irregularmente estruturados empregam como meio privilegiado de produção e expressão de conhecimento a linguagem natural. Pode-se então afirmar que domínios de conhecimento como Literatura, Filosofia, História, Direito, dentre outros, são domínios **discursivos**; e o são também fontes de informação como Manuais de Normas e Procedimentos das organizações, Manuais de Manutenção de equipamentos (5) e Documentos de software em geral.

Domínios irregularmente estruturados e domínios estruturados, naturalmente podem "permeiar-se". Por exemplo, a atividade de discussão coletiva de um projeto de Engenharia é

um domínio irregularmente estruturado permeado de conhecimento técnico estruturado. A documentação de um grande projeto de software é composta de textos permeados de representações formais ou semi-formais. Em ambos os casos, ainda assim, é possível distinguir conhecimento discursivo de conhecimento estruturado.

Dadas estas características, o emprego de computadores em domínios irregularmente estruturados, parece-nos orientar-se pela hipótese de que qualquer abordagem adequada e versátil a esses domínios - a ponto de comportar estilos individuais e irregularidade caso a caso - pressupõe o desenvolvimento de sistemas baseados em técnicas de IA. Contudo, sabe-se das dificuldades do emprego efetivo e eficaz dessas técnicas [WINO86], e mais, sintomaticamente, os sistemas inteligentes mais bem sucedidos (e.g., R1/XCON) têm se voltado para domínios altamente estruturados [DREY89].

II.4.3 - REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO DISCURSIVO

Baseados nas considerações anteriores, levantamos a hipótese de que sistemas de hipertexto oferecem um modelo para organização e manipulação do(a) conhecimento/informação discursiva, onde a "inteligência" do sistema está representada na estrutura do hiperdocumento, e na interação com os usuários. Contrariamente às formas de organização e manipulação do conhecimento estruturado (e.g., sistemas de produção) típicas de sistemas especialistas, sistemas de hipertexto não representam conhecimento na forma de modelos cuja semântica seja computacionalmente tratável.

Sistemas de hipertexto - tais como definidos no modelo mínimo - constituem forma conveniente para representação de conhecimento/informação discursivo(a), e por esta razão são úteis como modelos para o projeto de ferramentas de trabalho para domínios irregularmente estruturados [HALA88]. Vejamos precisamente o que isto significa.

Conforme [WOOD83] há dois problemas básicos que qualquer forma de representação de conhecimento deve endereçar: (i) expressividade, ou seja, o poder de representar características e distinções entre objetos de um domínio; e (ii) eficácia notacional,

que diz respeito à forma e estrutura da linguagem de representação de conhecimento, envolvidos aqui aspectos como eficiência computacional na realização de inferências, concisão de notação e facilidade de modificação.

A expressividade e eficácia de notação para uma forma/linguagem de representação de conhecimento deverão ser tão maiores quanto maior for a complexidade do domínio a ser representado. Diremos que um domínio é tão mais complexo quanto mais irregulares sejam a semântica dos seus objetos e as ações (pragmática) daqueles que sobre eles atuam. Domínios de conhecimento estruturado podem ser convenientemente e abrangentemente expressos por linguagens de representação de conhecimento clássicas, estruturadas (e.g., "frames"). Contrariamente, domínios de conhecimento discursivo não podem, nem convenientemente nem abrangentemente, ser expressos por linguagens de representação orientadas para domínios estruturados. Isto explica porque programas de computador - enquanto sistemas formais de símbolos representando conhecimento acerca de objetos e relacionamentos de um particular domínio [WINO86] - demandam especificações precisas, e portanto somente podem ser adequadamente construídos para domínios de conhecimento estruturado. Mais: isto explica as dificuldades dos sistemas automáticos em representar o conhecimento linguístico de falantes nativos de linguagens naturais [WINO86] [WOOD75].

A questão de fundo aqui presente é a seguinte. Formas de representação de conhecimento estruturado estão comprometidas com a hipótese de que sistemas físicos de símbolos oferecem meios necessários e suficientes para ação inteligente [NEWE75]. O eixo de inteligência para sistemas baseados nesta hipótese reside na competência destes em empregar processos de manipulação simbólica que, operando sobre estruturas simbólicas dadas, visam gerar comportamentos apropriados aos fins do sistema [NEWE75]. Esta competência é a que orienta na recuperação, alteração e ampliação automáticas do conhecimento representado.

Do nosso ponto de vista, sistemas de hipertexto oferecem uma forma de representação de conhecimento discursivo (6) onde o eixo de inteligência está na interação

com o usuário e na interpretação que este faz do conteúdo e da organização do hiperdocumento. Desta forma, sistemas de hipertexto potencialmente, permitem a construção de ferramentas onde a ação humana inteligente presente em domínios irregularmente estruturados poderá ser potencializada, e não simulada [WINO86].

Especificamente, ferramentas cognitivas de hipertexto voltadas para domínios irregularmente estruturados, podem oferecer modelo através do qual **recorrências cognitivas** tais como análise por decomposição de problemas, análise por decomposição de argumentos, abstração e analogia, podem ser parcial porém ricamente representadas. Há exemplos de aplicações hoje disponíveis que suportam estas afirmações. Vejamos alguns: [KOZM87] refere-se ao Learning Tool, uma ferramenta educacional para representação de conhecimento declarativo na forma de um hipertexto, que estimula o aluno ao exercício de organização e síntese de conceitos. [REIS90] descreve ARGUS, o projeto de uma ferramenta educacional para representação da estrutura argumentativa de textos na forma de um hipertexto, que permite a leitura não sequencial dos textos em diferentes níveis de abstração. [CONKSS] descreve o gIBIS, uma ferramenta de apoio à representação de debates e discussões, já empregada por equipes de projeto de software da empresa americana MCC.

Contudo, se sistemas de hipertexto oferecem um modelo para representação do conhecimento discursivo, como considerar, sob este ponto de vista, os aspectos de expressividade e eficácia notacional? Primeiro, temos que o poder de expressão do hipertexto reside nos recursos que oferece para mapear e acessar [WOOD75] objetos (e.g., argumentos) e relações (e.g., contra-posição) que não possam ser - ou não convém que sejam - formalizados.

Em segundo lugar, a eficácia notacional de sistemas de hipertextos é um fator que não podemos chegar a considerar; simplesmente porque hipertexto não é, conceitualmente, uma linguagem.

II.5 - NOTAS

(1)Um ambiente com tais características que permitisse a integração de produtos literários (técnicos ou não) em uma rede hipertexto em escala mundial (sic!) foi durante algum tempo o sonho (ou delírio) de Nelson em seu Projeto Xanadu [NELS88] [NIEL90]. O Projeto Xanadu possui hoje ambições bem mais modestas. Concentra-se atualmente no desenvolvimento de técnicas para armazenamento e compartilhamento de documentos (modelo “xanalógico”) [NELS88].

(2)[KAIN90] preve um lento mas sustentado crescimento do mercado de hipertexto até o ano 2000 e daí para frente um crescimento acelerado.

(3)Esta definição admite que um hiperdocumento seja um conjunto de nós não conectados. Esta situação é comum ocorrer em sistemas hipertexto e, neste caso, a forma de referência a cada um dos nós (dado que não estão conectados) tem sido resolvida de diferentes formas (e.g., batizando-se cada nó).

(4)Ferramenta cognitiva na acepção de [KOZM87] é um recurso de software que auxilia seus usuários na realização de tarefas onde o desempenho cognitivo seja relevante.

(5)Evidentemente um manual de manutenção envolve conhecimento técnico específico cuja natureza é estruturada. Contudo a apresentação deste conhecimento se dá discursivamente, e mais, pode incluir conhecimento prático, intuitivo, portanto não-estruturado.

(6)[BELE88] sustenta que hipertexto é uma forma de representação de conhecimento, no sentido clássico do termo.

CAPÍTULO HPI

III - "EFEITOS COLATERAIS" DOS SISTEMAS DE HIPERTEXTO

III.1 - INTRODUÇÃO

III.1.1 - RECUPERAÇÃO DE INFORMAÇÃO EM HIPERDOCUMENTOS

O emprego de sistemas de hipertexto em aplicações para recuperação/manipulação de vastas quantidades de conhecimento discursivo, tem levantado sérios problemas de interação homem/máquina que podem ser basicamente classificados em dois tipos: **desorientação** e **sobrecarga cognitiva** [NIEL90]. Problemas desta natureza surgem tipicamente em aplicações como documentação "on-line" [GOME90] ou apresentações baseadas em computador (e.g., guias turísticos) que armazenam grandes volumes de texto, gráfico e som (ordem de grandeza de 10^2 megabytes), e onde a localização de informações pelos usuários não pode se dar através de consulta exaustiva ao hiperdocumento. Nestas circunstâncias, o mecanismo característico de recuperação da informação em hiperdocumentos - a navegação simples, como definida no modelo mínimo - toma-se inconveniente e virtualmente impraticável.

Formas alternativas de recuperação da informação têm sido investigadas visando contornar a navegação simples como principal forma de acesso a hiperdocumentos. O que se procura são mecanismos que permitam ao usuário concentrar seu esforço cognitivo no aproveitamento da informação contida no hiperdocumento, e não no acesso ao hiperdocumento. Estes mecanismos podem variar desde a representação gráfica da estrutura do hiperdocumento até linguagens de consulta estruturada [HALA88], e procuram facilitar o "acesso direto" a subconjuntos do hiperdocumento cujos nós componentes possam então ser "visitados".

III.1.2 - AUTORIA DE HIPERDOCUMENTOS

Uma das questões menos exploradas na literatura de sistemas de hipertexto é a da autoria de hiperdocumentos. Tem-se enfatizado os problemas de armazenamento e acesso a hiperdocumentos, bem como recursos que possam complementar a navegação, sem considerar devidamente que hiperdocumentos mal construídos são inerentemente difíceis de serem consultados e efetivamente utilizados [SHNE89]. A literatura abordando especificamente o tema [SHNE89] [KEAR87] [JONA88], tem procurado estabelecer um método, expresso através de um conjunto de recomendações gerais, a ser seguido por autores ou equipes de autoria, visando produzir hiperdocumentos de qualidade.

Contudo, mesmo quando baseada em documentos lineares pré-existentes - o que pode ser um elemento facilitador - a autoria é sempre um processo inerentemente complexo porque envolve decisões de projeto acerca de (i) que nós de informação devem ser criados, (ii) qual a granularidade dessa informação, (iii) que ligações devem ser explicitamente estabelecidas entre os nós, e (iv) como organizar um hiperdocumento cujo modelo mental [NORM83] subjacente não seja estranho aos usuários-leitores.

O mais curioso é que, com raras exceções [CARL90], parece-nos que se tem ignorado a importância de nos sistemas de hipertexto, oferecer recursos que possam suportar o processo de autoria. Tais recursos, acreditamos, são fundamentais em sistemas de hipertexto voltados para aplicações que manipulam grandes volumes de informação, e de especial importância para sistemas de apoio ao trabalho intelectual.

O presente capítulo caracterizará os problemas de desorientação e sobrecarga cognitiva - tanto na consulta como na autoria - e discutirá as soluções que os sistemas de hipertexto tipicamente oferecem para minimizá-los, e dará as linhas gerais de um modelo híbrido de hipertexto - a ser descrito no capítulo 5 - que incorporando formas de representação de conhecimento estruturado, permite tratar : (i) os problemas de navegação e sobrecarga cognitiva em hiperdocumentos volumosos, e (ii) a autoria sistemática de hiperdocumentos.

III.2 - DESORIENTAÇÃO E SOBRECARGA COGNITIVA

A **desorientação** no acesso a hiperdocumentos é um fenômeno de natureza estritamente cognitiva. Caracteriza-se pela dificuldade que os usuários (autores e leitores) podem experimentar em, a partir de um dado ponto (nó específico) da rede do hiperdocumento, localizar nós cujo conteúdo esteja relacionado ao tópico ou objetivo principal do acesso ao **hiperdocumento** - seja visando recuperação ou inclusão de **informação**. O problema da desorientação é tão mais grave quanto maior seja o volume e dispersão da informação no hiperdocumento, e quanto mais pobres forem os recursos alternativos à navegação simples (e.g., mapas ou ligações tipadas), que o sistema de hipertexto ofereça.

A sobrecarga cognitiva, por sua vez, é um fenômeno que se caracteriza pela dificuldade que os usuários possam ter em sintetizar a **informação** armazenada em um ou mais nós já localizados, e relacioná-los ao tópico procurado - [CONK88] chama a este efeito de "perda no contexto". O efeito da sobrecarga cognitiva pode não se relacionar às dimensões do hiperdocumento, vale dizer que pequenos hiperdocumentos podem sobrecarregar cognitivamente seus usuários. Por exemplo: no caso de usuários-autores, a sobrecarga pode caracterizar-se pela dificuldade de conectar nova informação a um hiperdocumento existente em função das diversas alternativas de ligação existentes [DEDE88]; ao mesmo tempo, usuários-leitores podem, em pequenos hiperdocumentos, sentir o efeito de sobrecarga cognitiva por conta de má organização conceitual ou mesmo de redação.

Consideramos que a literatura da área não enfatiza convenientemente a diferença entre desorientação e sobrecarga cognitiva. Do nosso ponto de vista, convém estabelecer esta diferença por conta de um aspecto essencial: a desorientação caracteriza-se pela dificuldade de localizar nós relacionados a um dado tópico ou objetivo, já a sobrecarga cognitiva caracteriza-se pela dificuldade de sintetizar o conteúdo de um ou mais nós já localizados.

As soluções para problemas de desorientação e sobrecarga cognitiva podem ser enquadradas em dois tipos: baseadas em estrutura ou baseadas em conteúdo. Soluções baseadas na estrutura do hiperdocumento são aquelas onde o sistema de hipertexto, para

suportar e auxiliar a interação com o usuário, **não** considera o conteúdo específico do hiperdocumento, mas apenas sua topologia. Mapas **topológicos** do hiperdocumento, trilhas de navegação e marcas de leitura são exemplos típicos [BERN88]. Analisemos sucintamente cada um destes recursos.

Trilhas de navegação fornecem ao usuário uma lista de nós já percorridos e são úteis quando se deseja retomar diretamente (sem navegação) um nó anteriormente visitado. **Contúdo**, não se prestam para localização direta de conteúdos específicos de nós ainda não visitados.

Mapas topológicos de hiperdocumentos, por sua vez, são representações, que na sua forma mais simples, mostram graficamente os identificadores dos nós do hiperdocumento e suas ligações; mapas deste tipo **tendem** a ser quase ininteligíveis em se tratando de hiperdocumentos volumosos. O conceito de "web view" do Intermedia [KHAN88] é um exemplo deste recurso.

Marcas de leitura são recurso bem conhecido por leitores de livros, e consistem de pequenas anotações em nós do hiperdocumento visando orientar sua leitura e a compreensão [BERN88].

Por outro lado, soluções baseadas no conteúdo do hiperdocumento levam em conta - em diferentes graus de profundidade - o conteúdo específico do hiperdocumento. Mapas semânticos do hiperdocumento e excursões são exemplos de recursos de apoio à interação que se apoiam na informação armazenada no hiperdocumento.

Mapas **semânticos** de hiperdocumentos é um termo por nós encontrado para designar representações gráficas de nós e ligações cuja configuração leva em conta de alguma forma o conteúdo do hiperdocumento. Exemplos deste tipo são os mapas do Thot Spiders [COLL87], os mapas do gIBIS [CONK88] e o conceito de visão "fisheye" como proposto por [FURN86]. Comentemos estes exemplos.

Mapas semânticos como os do gIBIS e do Thot apresentam os nós do hiperdocumento conectados por ligações tipadas que expressam a natureza da associação (e.g.,

PIECES-OP no Thot ou a **SUGGESTED-BY** no gIBIS). A semântica das ligações nestes casos é "livre", isto é, não é processada automaticamente pelo sistema de hipertexto. A **Visão "fisheye"**, por seu turno, oferece aos usuários um diagrama no qual são representados em destaque os tópicos e subtópicos do hiperdocumento - que nas imediações do nó onde o usuário está focalizado - relacionam-se ao seu tema de interesse. Este recurso oferece um "filtro" sobre o hiperdocumento, em nível de abstração intermediário entre a visão plana dos mapas topológicos e a visão direta do conteúdo discursivo dos nós. Este nível de abstração intermediário proporcionado pela visão "fisheye", é na verdade uma visão estruturada que se apoia na organização conceitual interna do hiperdocumento e procura poupar cognitivamente os usuários. Apesar de ser um recurso de interação mais rico que aqueles baseados apenas na estrutura do hiperdocumento, a visão "fisheye" parece-nos insuficiente. Isto porque não explicita relacionamentos semânticos existentes entre os nós do hiperdocumento; o que poderia mostrar-se extremamente útil para os usuários. Os tópicos a que a visão "fisheye" recorre são apenas palavras-chave que descrevem, por assim dizer, temas existentes no hiperdocumento e os nós a eles relacionados.

Excursões são roteiros pré-definidos pelo(s) autor(es) aos quais usuários-leitores podem recorrer para obter "visões gerais" ou "visões orientadas" do conteúdo de hiperdocumentos. Tutoriais ou guias (e.g., turísticos, culturais, etc) são tipos de hiperdocumentos que podem se beneficiar do uso de excursões como uma dentre outras formas de interação. Contudo, excursões são um recurso adequado de apoio à navegação para situações bastante específicas.

Todas estas soluções de interface oferecem formas alternativas e agéis de percorrer o "espaço de informação" dos hiperdocumentos, especialmente, de grandes hiperdocumentos. Em última instância, elas visam restringir o emprego da navegação simples como recurso primário de recuperação de informação em hiperdocumentos. Neste sentido, orientam melhor a interação com os usuários - em particular, leitores - uma vez que procuram prevenir situações de desorientação e sobrecarga cognitiva.

O modelo que caracterizaremos a seguir, e que será detalhado no capítulo 4, procura atender a vários dos aspectos já comentados. A proposta é a de reunir características de sistemas de hipertexto e de uma particular técnica de representação de conhecimento estruturado ("frames"), em um modelo híbrido.

III.3 - CARACTERIZAÇÃO DE UM MODELO HÍBRIDO

A autoria em sistemas de hipertexto de primeira geração [HALA88] [DEDE88] não demanda obrigatoriamente nenhuma forma de estruturação do conteúdo dos hiperdocumentos, isto é, o usuário-autor do hiperdocumento não se vê obrigado a explicitar o que chamaremos de **regularidades de conteúdo**. Regularidades de conteúdo são conceitos ou atributos que descrevem ou se referem ao conteúdo de um ou mais nós de um hiperdocumento. Estas regularidades são na verdade generalizações sobre conteúdos discursivos. Vejamos um exemplo baseado em [CONK88] e [REIS90]. Quando dizemos que um nó é do tipo "crítica de posição" estamos identificando uma regularidade, qual seja, a de que existem - independentemente de conteúdo - enunciações agrupadas em nós, cujo conteúdo se relaciona por oposição a outras enunciações agrupadas em outros nós. Identificar regularidades de conteúdo significa - utilizando a terminologia introduzida na capítulo 2 - explicitar conhecimento estruturado. A ausência nos sistemas de hipertexto de mecanismos para explicitação de regularidades de conteúdo, tem duas diferentes consequências: por um lado, facilita a criação livre de hiperdocumentos, não submetendo os usuários a restrições, eventualmente artificiais; por outro lado, "facilita" a criação de hiperdocumentos mal-organizados e confusos, o que nas circunstâncias de hiperdocumentos volumosos pode ser dramático.

Levamos a hipótese de que a autoria de hiperdocumentos baseada na explicitação de regularidades de conteúdo sobre conhecimento discursivo, cria conceitos gerais, abstrações (predicados) que podem auxiliar os autores na organização conceitual de hiperdocumentos e portanto no processo intelectual de produzi-los. Estas abstrações poderão ao mesmo tempo

CAPÍTULO III - "EFEITOS COLATERAIS" DOS SISTEMAS DE HIPERTEXTO

auxiliar os usuários-leitores na interação com os hiperdocumentos, minimizando eventuais efeitos de desorientação e sobrecarga cognitiva, facilitando portanto a compreensão.

O modelo híbrido que proporemos permitirá a representação - na forma de nós de hipertexto - de conhecimento discursivo associado a conhecimento estruturado - este na forma de "frames" vinculados aos nós de hipertexto. Na prática ocorrerá que no modelo híbrido só existirão "frames" que possuem certos tipos "slots" explicitando abstrações detectadas pelos usuários - autores e leitores - em outros tipos "slots"; estes do tipo hipertexto. "Slots" de hipertexto, por sua vez, poderão conectar-se a outros "slots" de hipertexto de outros "frames", violando eventualmente a hierarquia conceitual.

O modelo híbrido, por hipótese, suportará (i) a realização de consultas estruturadas a hiperdocumentos, (ii) a realização de inferências automáticas sobre hiperdocumentos, (iii) a formação de "visões abstratas" baseadas no conteúdo de hiperdocumentos [HALA88] e (iv) apoiar a realização sistemática do processo de autoria de hiperdocutnentos.

CAPÍTULO IV

IV - O MODELO DE “FRAMES”

IV.1 - INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento pressupõe a aquisição e representação de conhecimento específico de um domínio conceitual ou de atividades. As técnicas de representação de conhecimento oferecem uma base formal na qual as características relevantes do domínio podem ser adequadamente expressas [WOOD83].

Representações Declarativas e Procedurais

Classicamente, faz-se a distinção [WINO75] entre formas de representação declarativas e procedurais de conhecimento. Em linhas gerais, as formas declarativas expressam conhecimento através de (i) um conjunto de enunciações ou fatos acerca do domínio mapeado, e (ii) um conjunto de procedimentos gerais para manipulação das enunciações. Desta forma, fatos são vistos como axiomas sobre os quais se aplicam procedimentos gerais de inferência visando a extração de conclusões. As vantagens tradicionalmente atribuídas às formas declarativas de representação de conhecimento [WINO75] são a flexibilidade e economia notacionais, simplicidade visando comunicação e compreensibilidade.

Por outro lado, representação procedural do conhecimento envolve (i) o mapeamento de objetos e eventos do domínio e (ii) a codificação de procedimentos orientados para operar especificamente sobre os objetos e eventos representados. As vantagens que normalmente são atribuídas às representações procedurais são as facilidades para modelagem de procedimentos, de conhecimento de segunda ordem (conhecimento sobre o que se sabe e o que se pode saber) e de conhecimento heurístico.

Em última instância, as vantagens das representações declarativas sobre as procedurais, está na modularidade que as primeiras impõem ao conhecimento do domínio, ao

representá-lo na forma de enunciados lógicos. De outro lado, as representações procedurais têm como vantagem formular diretamente sob a forma de procedimentos, as interações entre objetos e ações do domínio mapeado. Na verdade, formalismos declarativos e procedurais representam extremos de um espectro onde variam os graus de modularidade e acoplamento dos componentes (e.g., regras) do modelo de conhecimento.

Conhecimento Explícito e Implícito

Toda representação formalizada de um domínio constitui-se num conjunto de abstrações onde unidades e relacionamentos estão refletidas [BOBR75]. Unidades são entidades abstratas que, em determinados momentos (e.g., regras de inferência), podem ser manipuladas sem que seja necessário conhecer sua estrutura interna. Relacionamentos são associações entre unidades que podem estar armazenadas explícita ou implicitamente. Por exemplo, sabe-se que se $A=B \wedge B=C$ então $A=C$. O relacionamento '=' entre as unidades A e C pode estar representado de forma explícita ou implícita (regra de transitividade) em um dado modelo;

Um modelo é dito exaustivo com respeito a um dado domínio se todos os seus objetos e propriedades de objetos estiverem explicitamente representados. Vale dizer que, nestas condições, é possível verificar qualquer proposição universal acerca do domínio por inspeção exaustiva das unidades e relacionamentos representados [BOBR75]. A questão que se coloca é da viabilidade teórica (se é possível) versus viabilidade prática (se é necessário) da construção de modelos exaustivos do mundo. No fundo, o ponto em discussão diz respeito ao escopo (até onde ir) e à granularidade (com que detalhe) que modelos de conhecimento possuem relativamente aos domínios que mapeiam.

IV.2 - CARACTERÍSTICAS DO MODELO DE "FRAMES"

"Frames" [MINS75] [WINO75] [KUIP75].constituem uma abordagem unificada e versátil à representação de conhecimento, procurando integrar aspectos e benefícios tanto das

formas de representação declarativas de conhecimento como das procedurais. Neste sentido, a síntese declarativo/procedural, proporcionada pelo modelo de "frames", aproxima-se claramente do modelo de programação orientada por objetos.

O modelo de "frames" é uma forma de representação de conhecimento através da qual é possível organizar e manter descrições estruturadas de classes de indivíduos (objetos ou ações) identificados em um particular domínio. Um "frame" é uma estrutura de dados representando "situações" estereotipadas [MINS75] [HAYE79], isto é, características invariantes (atributos) presentes em eventos e objetos de um domínio (e.g., todo cômodo tem uma porta, toda festa tem anfitrião).

Modelos de "frames" estruturam-se como hierarquias de generalização (taxonomias) onde existem dois tipos básicos de relacionamentos: ligações entre "frames" e ligações entre indivíduos do domínio (instâncias) e seus respectivos "frames".

Ligação

Uma ligação entre dois "frames" estabelece um tipo de relacionamento no qual um dos "frames" é interpretado como sendo, conceitualmente, menos geral que o outro. Brachman [BRAC83] discute algumas variações de interpretação para este tipo de ligação. Tradicionalmente, contudo, toma-se a ligação entre "frames" como um relacionamento do tipo IS_A, condicional entre predicados [HAYE79] [FIKE85]. Por exemplo: $C\tilde{A}O(x) IS_A MAM\tilde{I}FERO(x)$ significa que "PARA TODO x se x C um CÃO então x é um MAMÍFERO".

O segundo tipo de ligação presente em um modelo de "frames" é aquele que relaciona indivíduos (instâncias) a seus respectivos "frames". Esta ligação é comumente chamada de **instanciação**. Instanciação é uma inferência através da qual valores específicos são associados aos atributos previstos em um "frame" [HAYE79]. Eventualmente, uma instanciação deixará sem valor específico algumas dos atributos de um "frame"; vale dizer que podem ser criadas instâncias com base em informação parcial. Por exemplo: Meu-Carro pode

ser instância do "frame" CARRO, sendo que apesar de NÚMERO_CHASSI ser atributo de CARRO, Meu-Carro mantenha este particular "slot" com valor indefinido.

A instanciação na verdade **expressa** uma relação de pertinência. Por exemplo: Clyde **IS_A** ELEFANTE significa que "Clyde é um membro de (o conjunto dos) Elefantes", ou seja, Clyde é um indivíduo do mundo que é descrito por um conjunto de valores reais que atendem aos atributos previstos no "frame" ELEFANTE.

Atributos

Os atributos ("slots") de um "frame" descrevem (i) as propriedades típicas de um certo conjunto de indivíduos, ou (ii) propriedades que emergem da instanciação do "frame", mas que não descrevem nenhum indivíduo em particular. Baseados em [FIKE85], chamaremos o primeiro tipo de atributo de individual, e o segundo tipo, de **atributo** de classe. Exemplificando: Raça é um atributo individual de CÃO uma vez que cada cão particular é definido por uma raça própria; contudo, Raça-Mais-Feroz é um atributo (de classe) cujo valor não descreve nenhum cão particular, mas pode ser calculado da instanciação de diversos cães individuais.

Facetas

Facetas definem um conjunto de restrições de atualização e acesso aos "slots". Por exemplo: Cardinalidade-Mínima e Cardinalidade-Máxima, Domínio e Valor-Atual são alguns tipos de facetas encontradas comumente em sistemas baseados em "frames" (e.g., KEE).

Um "slot" pode ter como conteúdo de sua faceta Valor-Atual um tipo primitivo (e.g., inteiro) ou ainda uma instância de um "frame" cuja descrição encontra-se à parte. Por exemplo: Minha-Casa é uma instância de CASA, cujo "slot" COZINHA tem Minha_Cozinha como Valor, onde Minha_Cozinha é uma instância do "frame" COZINHA.

"Defaults"

Um "default" constitui - na ausência de informação real - uma hipótese sobre o valor do "slot" de um "frame". Por exemplo, todo CÃO tem por "default" 4 pernas, logo se Fido IS_A CÃO então Fido tem 4 pernas a menos que se observe o contrário.

Valores "default" mostram-se úteis em duas situações [KUIP75]: primeiro, na orientação do processo de instanciação de "frames"; segundo, provendo respostas a consultas e inferências sobre propriedades ainda não observadas no "frame".

Mecanismos de Inferência

As características estruturais do modelo de "frames" permitem a realização automática de inferências durante operações de recuperação e atualização. Basicamente, três modalidades de inferência podem ser aplicadas sobre a hierarquia conceitual de um modelo de "frames": (i) instanciação, (ii) criterialidade, e (iii) "matching". Analisemos cada uma em particular, com base na formalização proposta por [HAYE79]. A formalização apresentada é parcial e não trata o problema dos valores "default"; objetiva tão-somente tornar mais rigorosa a compreensão dos mecanismos de inferência subjacentes ao modelo de "frames".

A representação em lógica de primeira ordem para um "frame" que expressa um particular conceito C, é dada pela fórmula F a seguir:

$$F: \forall x [C(x) \exists s_1, \dots, \exists s_n R_1(x, s_1) \wedge \dots \wedge R_n(x, s_n)]$$

A leitura da fórmula F é a de que para qualquer x do domínio, x IS_A C se e somente se x satisfizer aos atributos ("slots") $s_1 \dots s_n$. Levando a fórmula F obteremos a conjunção das fórmulas F1, F2:

$$F1: \forall x \{ [C(x) = R_1(x, f_1(x)) \wedge \dots \wedge R_n(x, f_n(x))] \wedge$$

$$F2: \{ \forall s_1 \dots \forall s_n R_1(x, s_1) \wedge \dots \wedge R_n(x, s_n) = C(x) \}$$

As funções de Skolem $f_1 \dots f_n$ equivalem a operações de recuperação do valor de "slot".

CAPÍTULO IV - O MODELO DE "FRAMES"

Desta forma, temos que a **inferência por instanciação** é, do ponto de vista lógico, a aplicação da fórmula F1 para um particular elemento e_1 do domínio, fixado na variável x . Se e_1 IS_A C, logo $R_1(e_1, f_1(e_1)) \wedge \dots \wedge R_n(e_1, f_n(e_1))$.

A **inferência por criterialidade**, como denominada por [HAYE79], ocorre quando um dado conjunto de atributos é considerado **condição** necessária e suficiente para que um dado elemento e_1 do domínio seja caracterizado como instância de um "frame" (conceito) C. Esta modalidade de inferência está capturada na fórmula F2, e corresponde ao que [BOBR75] denomina de "matching" por classificação.

A noção de inferência **por "matching"** que empregaremos aqui é a adotada por [HAYE79] e designa uma operação de compatibilização entre "frames". Suponha uma instância I de um "frame" C₁. Pode I ser visto como uma instância de um outro "frame" C₂? O que se procura nesta modalidade de inferência é detectar interseções semânticas entre diferentes "frames". Vejamos um exemplo detalhado, no qual faremos o "matching" visando responder à seguinte pergunta: pode João ser visto como um proprietário de cachorro?

A sentença F3 captura a instanciação João IS_A HOMEM, ao mesmo tempo em que F4 descreve o "frame" PROPRIETÁRIO_DE_CACHORRO.

F3: HOMEM (João) = NOME(João, "João da Silva") \wedge

ANIMAL_DOMÉSTICO(João, "Argus")

F4: $\forall x$ [PROPRIETÁRIO_DE_CACHORRO(x),

$\exists s_1 \exists s_2$ NOME_DONO(x, s₁) \wedge NOME_CÃO(x, s₂)]

A pergunta formulada pode ser traduzida da seguinte forma: qual é a instância resultante do "matching" entre a instância João e o "frame" PROPRIETÁRIO_DE_CACHORRO?

O "matching" pode ser realizado através da seguinte transferência de "slots":

NOME_DONO(João, "João da Silva") \wedge NOME_CÃO(João, "Argus")

Por inferência de criterialidade sobre o "matching" de "slots" podemos inferir que PROPRIETÁRIO_DE_CACHORRO(João).

A inferência por "matching" aproxima-se do raciocínio por analogia/metáfora presente em diversos sistemas de IA (e.g. MERLIN), uma vez que permite descobrir as propriedades de uma instância que são preservadas no mapeamento de "slots" [HAYE79] [RUME79].

Mensagens

Há sistemas (e.g. KEE) que implementam facilidades para troca de informação entre "frames" e suas instâncias. Este mecanismo é implementado através da criação de seções de código associadas a "slots" que estejam definidos como tratadores de mensagens. Tais mensagens constituem um protocolo para comunicação entre "frames".

O recurso de programação de **tratadores de mensagens**, dependendo do poder da linguagem de programação subjacente, pode oferecer um verdadeiro ambiente de programação descritiva, onde facilidades de representação de conhecimento estão associadas a recursos de programação convencional.

"Daemons"

Conforme já foi visto, os "slots" de um "frame" são descritos por facetas. "Daemons" são um tipo de faceta que podemos associar a "slots". Facetas do tipo "daemon" determinam o comportamento do "frame" com relação a ações que possam ser realizadas sobre o valor de um "slot". Em geral, sistemas de "frames" oferecem três tipos de "daemons": (i) Se-Solicitado, que descreve o comportamento do "frame" quando o valor do "slot" é solicitado mas não está disponível (em geral será computado por "backward chaining"); (ii) Se-Atribuído, que descreve o comportamento do "frame" quando o "slot" recebe um valor (alguma transformação poderá ser realizada e em geral o resultado será propagado por "forward-chaining"); (iii) Se-Removido que descreve o comportamento do "frame" quando o valor do "slot" é removido (passa a valer o "default").

CAPÍTULO V

V - MODELO HÍBRIDO DE “FRAMES” E HIPERTEXTO

V.1 - INTRODUÇÃO

O modelo a seguir descrito - denominado **Modelo MH** - oferece uma abordagem integrada à representação de conhecimento estruturado e discursivo, reunindo propriedades encontradas em sistemas de tratamento de conhecimento estruturado - em particular sistemas baseados em “frames” - a recursos típicos de sistemas de tratamento de conhecimento discursivo - notadamente os sistemas de hipertexto. O presente modelo forma uma base conceitual que pretende ser aplicável a diferentes classes de sistemas baseados em conhecimento, tais como sistemas tutoriais [KEAR87], sistemas de manipulação de documentos [TRIG86] ou ainda sistemas de diagnóstico técnico [FIKE85].

A conveniência de uma abordagem unificada à representação do conhecimento estruturado e discursivo pode ser assim considerada: do ponto de vista dos sistemas de conhecimento discursivo, é a da incorporação de facilidades para realização de inferências com base em regularidades de conteúdo que possam ser explicitadas. A disponibilidade de mecanismos de inferência em sistemas deste tipo, poderá apoiar a realização de “queries” sobre a base de conhecimento discursivo [CARS90], ou ainda a criação de mecanismos de abstração e apoio à navegação [HALA88]. Além disso, a disponibilidade de mecanismos de generalização/instanciação - proporcionadas pelo uso de “frames” - em sistemas de conhecimento discursivo pode apoiar a autoria sistemática de hiperdocumentos.

Por outro lado, do ponto de vista dos sistemas de conhecimento estruturado, trata-se de acoplar-lhes facilidades para manipulação (recuperação e atualização) de conhecimento discursivo, oferecendo a possibilidade de tratamento à informação cuja natureza seja pouco amena à representação estruturada [BARR89].

Modelo MK

O modelo MH propõe-se a ser um modelo de referência que captura e unifica consistentemente importantes aspectos de sistemas baseados em "frames", e de sistemas de hipertexto. A unificação destes aspectos se dá através (i) do estabelecimento de terminologia e (ii) da formulação de mecanismos abstratos que suportem a representação de **hiperdocumentos inteligentes** [CARL90] (1). O modelo MH não é um modelo de referência para sistemas baseados em conhecimento, mas sim um modelo de referência para projeto de sistemas de hipertexto que suportem representação de conhecimento por "frames" [FIKE88]. Enquanto modelo de referência, o MH não se detém em considerações de implementação; vale dizer que pontos como armazenamento físico de dados e interface com usuário estão de fora do modelo.

A hipótese básica do MH, como veremos, é a de que é possível e conveniente estruturas parcialmente conhecimento discursivo. Esta hipótese é compartilhada por alguns sistemas descritos na literatura, com especial destaque para o Information Lens [MALO87] e um protótipo relatado por Fikes [FIKE88].

A figura 5.1 esquematiza a arquitetura de um sistema de hipertexto no qual o modelo MR, virtualmente, pode se inserir. A camada de APRESENTAÇÃO do sistema engloba as tarefas de representação visual do hiperdocumento e de interação com o usuário, recorrendo eventualmente a um SGIU (e.g., XWindows). A decisão de não incorporar ao MH quaisquer características de apresentação do hiperdocumento estabelece uma importante diferença em relação a outros modelos de hipertexto, como o Dexter [HALA90]. A camada de ARMAZENAMENTO, por sua vez, cuida da representação física e guarda dos dados, recorrendo eventualmente aos serviços de um SGBD (e.g., Informix). O MODELO MH aparece como uma camada intermediária na qual está representada do ponto de vista lógico e epistemológico o hiperdocumento.

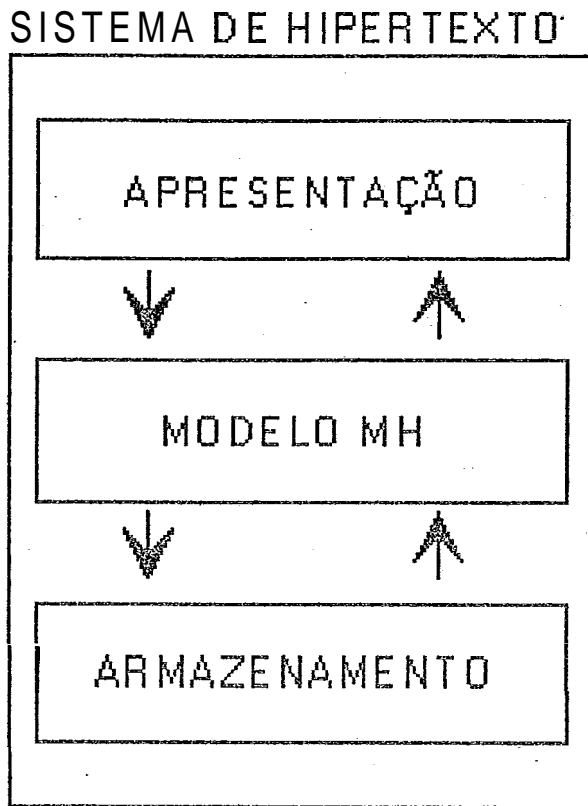


Figura 5.1 - Esquema Geral de um Sistema de Hipertexto

Internamente, a camada MH organiza-se segundo o esquema da figura 5.2. Nesta, a camada de MODELO DE CONHECIMENTO trata da representação da base de nós "frame"/hipertexto e suas hierarquias/ligações.

A camada da MÁQUINA NIPBRTEXTO oferece às camadas externas ao ME, primitivas para acesso ao modelo de conhecimento. Tais primitivas implementam operações de recuperação de informação e de construção de hiperdocumentos.

Um importante "efeito colateral" da arquitetura esquematizada nas figuras 5.1 e 5.2 é que, conceitualmente, a camada MH pode ser projetada e implementada independentemente das demais camadas. Desta forma, a MH pode ser "plugada" em qualquer outro software (e.g., CAD, CASE), adicionando-lhe facilidades para representação de hiperdocumentos [CAMP88].

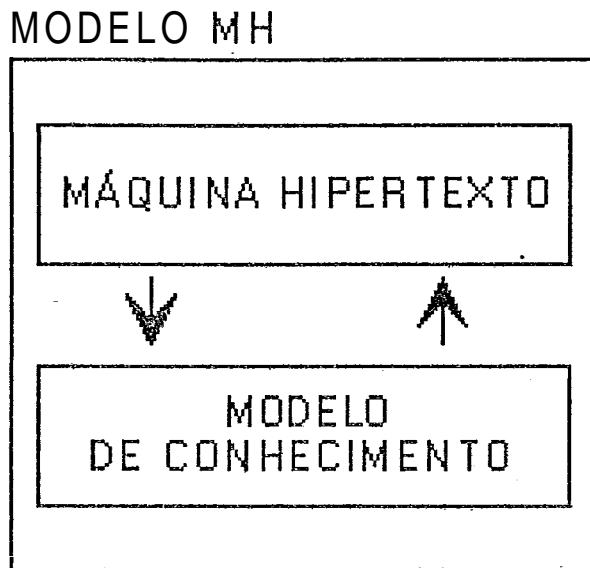


Figura 5.2 - Esquema do Modelo MH

Evidentemente, o MK pode ser implementado como uma extensão a um particular sistema de representação por "frames". Contudo, a especificação apresentada a seguir procura ser independente de características específicas de sistemas existentes.

V.2 - DESCRIÇÃO DO MODELO DE CONHECIMENTO

V.2.1 - NÓS DE DOMÍNIO E NÓS DE INFORMAÇÃO

Nó é a unidade primitiva para armazenamento de informação no MH. Um nó é composto de **campos**. Campos são atributos aos quais é possível associar valores de tipo definido.

Faremos a distinção entre **nós de domínio** e **nós de informação**. Um nó é dito *nó de domínio*, se e somente se, seus campos descrevem propriedades comuns a diversos objetos de

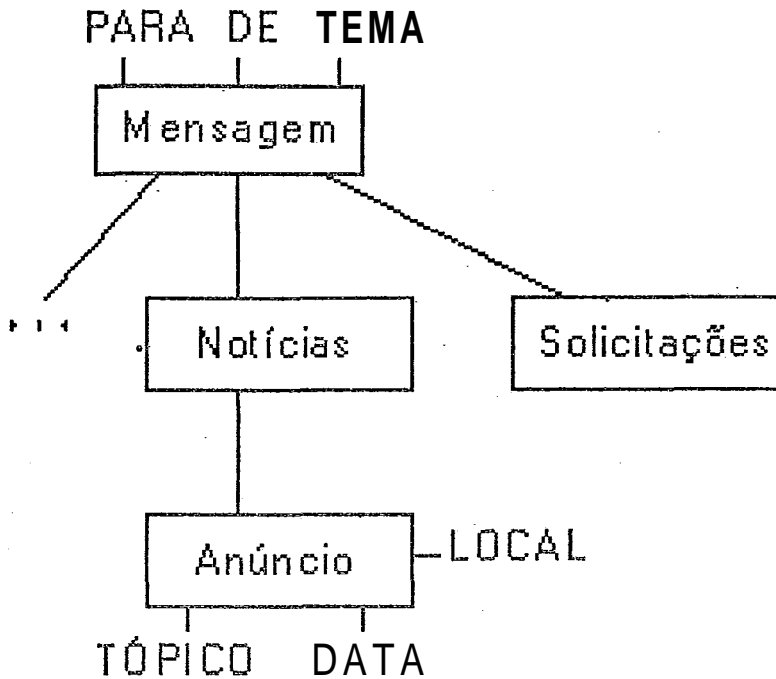


Figura 5.3 - Modelo de Conhecimento para um Sistema de Mensagens.

um domínio, e não possuem valores específicos. Nós de domínio constituem meta-informação que descreve o formato e tipo dos objetos que um particular modelo de conhecimento pode representar.

Um nó é dito nó de **informação**, se e somente se, for instância de um (e apenas um) nó de domínio.

A figura 5.3 mostra um exemplo - inspirado em Malone [MALO87] - de quatro nós de domínio (Mensagem, Notícias, Solicitações, Anúncios) onde os campos PARA, DE e TEMA que descrevem o nó Mensagem são compartilhados por todos os nós descendentes. Em particular, o nó Anúncio - que descreve nós de informação que anunciam eventos e encontros - além dos atributos de Mensagem, possui atributos próprios que descrevem os anúncios.

V.2.2 - MODELO DE CONHECIMENTO

Assim, diremos que um modelo de conhecimento M (3) é uma organização taxonômica estruturada que impõe classificação (parcial ou completa) aos objetos de um particular domínio de conhecimento D . Compreende-se por taxonomia [HEMP65] uma coleção de conceitos conectados por um tipo específico de relação - a generalização - onde cada conceito representa um (e apenas um) objeto de D . Uma taxonomia estruturada é uma modalidade de classificação na qual os conceitos têm estrutura interna definida, e sua posição na classificação pode ser computacionalmente calculada [WOOD83].

Baseados em [GARG88], diremos que $M(D) = D_0 \cup I_0$ tal que D_0 é o conjunto de nós de domínio, I_0 o conjunto de nós de informação, de tal forma que para qualquer i pertencente a I_0 , há apenas um d pertencente a D_0 tal que $INSTANCIADO_DE(i) = d$. Desta forma, a hierarquia de generalização proporcionada por $M(D)$ é de tipo simples, ou seja, não há múltipla herança [WINO75] [SHAS89].

V.2.3 - CAMPOS PRÓPRIOS E CAMPOS HERDADOS

Os campos de um nó podem ser de dois tipos: próprios e herdados. Diremos que um campo c é campo próprio do nó n , se e somente se, for atributo específico de n . Vale dizer, no modelo de conhecimento ao qual n pertence não há outro nó m do qual n descenda, que possua c como atributo.

Um campo c é dito campo herdado do nó n , se e somente se existe um nó m no modelo de conhecimento de tal forma que m possua c como campo próprio, e n seja descendente de m .

Por exemplo, suponhamos que *Língua_Mãe* seja atributo do nó HUMANO; como apenas os humanos possuem linguagem culturalmente organizada, tem-se que *Língua_Mãe* pode ser tomado como campo próprio do nó HUMANO. Por outro lado, HUMANO é um tipo

de MAMÍERO, logo se MAMÍERO tem o atributo (próprio ou herdado) Sexo, HUMANO também o terá como campo herdado. Confira figura 5.4.

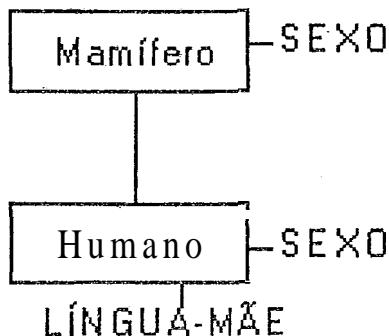


Figura 5.4 - Herança de Atributo:

V.2.4 - CAMPOS DESCRITIVOS E CAMPOS DISCURSIVOS

Campos de um nó - de domínio ou de informação - podem ser, quanto ao tipo de informação que armazenam, descritivos ou **discursivos**. Campos descritivos definem atributos de tipo específico para o conceito expresso pelo nó. Exemplificando: o campo Número_Pernas pode ser visto como campo descritivo de conceitos como CADEIRA, SOFÁ ou mesmo CÃO. Campos descritivos são equivalentes ao que a literatura de "frames" tem denominado de "slots", atributos [PAYN90] ou ainda Important Elements (IMPs) [WINO75], e dão suporte à aplicação de mecanismos de inferência sobre o modelo de conhecimento.

Campos discursivos são aqueles onde podem ser armazenados trechos de hipertexto. Campos discursivos de hipertexto suportam ligações não-tipadas direcionadas para outros

campos discursivos de outros nós. As ligações que campos discursivos estabelecem formam "nexos semânticos" entre seus respectivos nós. Introduziremos no MH a restrição de que campos discursivos de nós de domínio não se **conectam** a campos discursivos de nós de informação, e **vice-versa**.

Campos descritivos e discursivos estão sujeitos à aplicação do mecanismo de herança. Vale dizer que se um nó **m** descende do nó **n** em um particular modelo de conhecimento, então todos os campos (descritivos e discursivos) de **m** são herdados por **n**. A herança de campos discursivos é um importante e poderoso mecanismo para estruturação de conhecimento discursivo.

Do ponto de vista dos mecanismos de inferência do MH, ligações não-tipadas não são consideradas. Por outro lado, campos discursivos oferecem facilidades para representação de conhecimento discursivo que de outra forma - quando não podendo ser expresso na forma de taxonomias estruturadas - não poderia ser incorporado a um modelo de conhecimento, tal como definido.

V.2.5 FACETAS

Campos são internamente estruturados em facetas que especificam características e restrições. Um campo - quando da sua criação - tem automaticamente associado a ele essas facetas. Dependendo do tipo do nó do qual seja atributo, um campo terá diferentes facetas.

O MH suporta os seguintes tipos de facetas especificamente para campos descritivos de nós de domínio:

-Valor "**Default**", onde na ausência de valor para o campo, encontra-se o valor padrão a ser assumido. Apenas campos próprios possuem esta faceta;

-**Domínio**, onde se encontra especificado o intervalo (discreto ou contínuo) de valores que o campo pode assumir;

Campos descritivos de nós de informação possuem a seguinte **faceta** específica: **Valor Real**, na qual é armazenado o valor corrente explicitamente atribuído ao campo.

"Daemons"

Campos descritivos e discursivos de nós de domínio e de informação possuem, ainda conio **faceta**, os "**daemons**". Estes são procedimentos programáveis que respondem a ações específicas realizadas sobre os campos dos nós.

Há dois tipos de "daemons" para campos descritivos de nós de informação:

-RetornaValor que é executado quando da solicitação do valor real do campo, verificando a sua disponibilidade. Caso não encontre localmente o valor real para o campo o "daemon" computa este valor por encadeamento regressivo ("backward-chaining") sobre a taxonomia do modelo de conhecimento.

-SeAtribuição que é executado quando da atribuição de valor ao campo, verificando-o contra o domínio;

Campos discursivos de nós de informação ou de domínio têm associado "daemons" de tipo **SeAtivado** - um para cada região de origem de ligação - que é executado quando da ativação da ligação entre campos discursivos. A forma de realizar esta ativação (e.g., pressão no "mouse") diz respeito à camada de apresentação do sistema hipertexto.

Além disso, todo nó de domínio, enquanto objeto de um modelo de conhecimento, têm associado um "daemon" do tipo **SeNoCancelado** que é executado quando da solicitação de eliminação do nó (eventualmente bloqueando-a). Este "daemon" computa por encadeamento progressivo ("forward-chaining") quais nós sofrerão alteração em seu estado interno por conta da eliminação de um objeto do modelo de conhecimento.

"Daemons" introduzem poder de programação a nível dos nós, sendo recursos úteis em situações onde se deseja executar um conjunto específico de ações quando do

acesso/manipulação dos campos de um nó, ou da eliminação de um nó. A linguagem de programação dos "daemons" é um ponto que não abordaremos no presente trabalho. Assumimos que deverá ser uma linguagem similar às encontradas em diversos sistemas hipertexto (e.g. HyperTalk, PadTalk) (5).

V.2.6 - HERANÇA

Quando aplicada a nós de domínio, a herança de campos poderá ser **seletiva**, isto é, um nó de domínio herdeiro poderá dispensar a herança de campos específicos, bem como redefinir as facetas daqueles que herdar. Um nó de informação, por seu turno, não poderá herdar, seletivamente, campos de um nó de domínio, e por outro lado não há herança entre nós de informação.

V.2.7 - "BLACKBOARD"

O conceito de "blackboard" tem sido empregado para designar uma particular arquitetura de sistemas baseados em conhecimento. Em linhas gerais, "blackboard" é uma estrutura de dados, globalmente acessível a diferentes agentes computacionais que nela leem/escrevem. O "blackboard" permite que diferentes processos computacionais comuniquem-se assincronamente ao longo do tempo [FIRE88].

Arquiteturas "blackboard" têm se mostrado bastante promissoras - cite-se a bem sucedida implementação do HEARSAY-II [FENN81], um sistema para reconhecimento de voz. Em particular, sistemas com essa arquitetura são candidatos naturais para implementação em máquinas paralelas.

Naturalmente, o que pretendemos incorporar do conceito de "blackboards" ao MR não é seu potencial de paralelismo, mas tão-somente o conceito de recursos compartilháveis de forma assíncrona por diferentes processos/agentes de conhecimento. O MH incorpora o conceito de "blackboard" na forma de uma estrutura de dados na/da qual "daemons", primitivos da Máquina de Hipertexto e rotinas externas podem registrar/recuperar pares ,V,

onde I é um símbolo de qualquer extensão, e V um valor associado. Dessa forma, o recurso de "blackboard" permite que os nós, através dos seus "daemons", virtualmente, tenham acesso ao estado completo do modelo de conhecimento. Ao mesmo tempo, em que permite a comunicação entre as diversas camadas do sistema (confira figura 5.5). Para tanto, basta que se convençione uma linguagem para codificação dos estados possíveis do sistema. Exemplos de estados a representar seriam: "nó X foi visitado", "nó Y foi alterado", "nó Z foi alterado no campo C", etc.

O "blackboard", assim definido, confere aos usuários do MH, poder de programação a nível do modelo de conhecimento, Toma-se possível assim "programar" a conexão entre os nós, permitindo "truques" como existência condicional de ligações, existência condicional de nós, bloqueio de atualização de nós, etc.

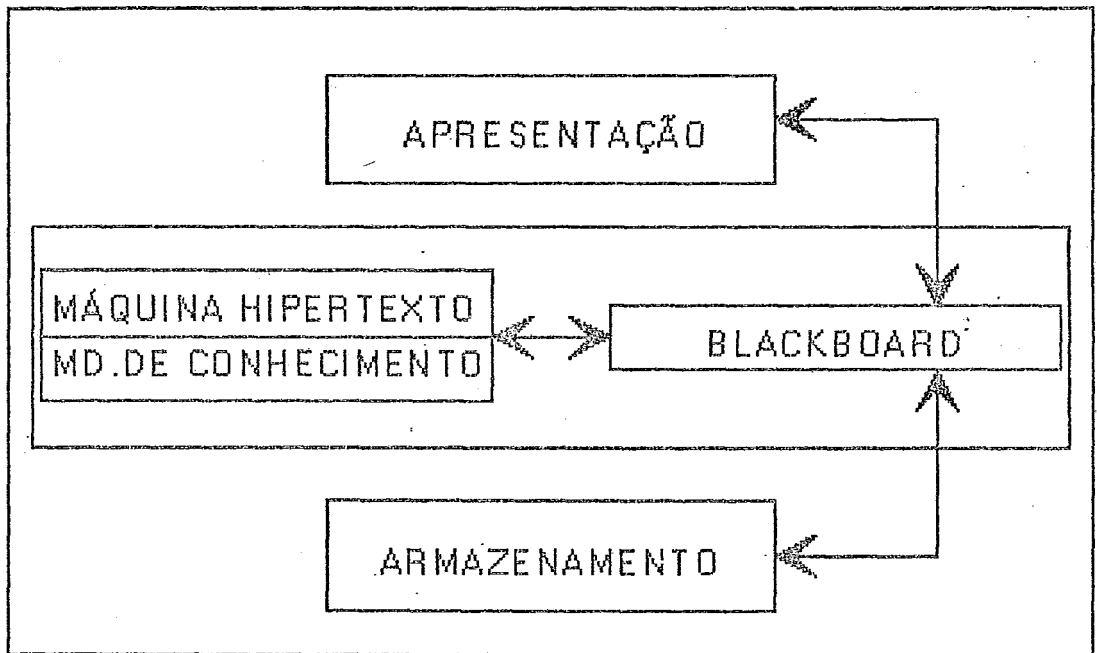


Figura 5.5 - Esquema do Acesso ao "Blackboard"

V.2.8 - LIGAÇÕES ROTULADAS E LIGAÇÕES TIPADAS

O modelo MH contempla ligações de duas categorias: **tipadas** e **rotuladas**. Uma ligação é dita rotulada quando conecta dois campos discursivos (hipertexto). Ligações rotuladas são, como vimos, conexões direcionadas que expressam semântica não tratável computacionalmente no MH. Esta restrição existe porque, diferentemente de outros sistemas [CONK88], o MH não define previamente os tipos de ligações disponíveis.

Uma ligação rotulada R é expressa univocamente por $R(p_o, p_d)$ onde p_o designa a área física de origem da ligação R - localizada no interior do campo discursivo de origem - e p_d designa a área física de destino da ligação R - localizada no interior do campo discursivo de destino. Dois diferentes nós podem entre si estabelecer um número indeterminado de ligações rotuladas,

Assim, define-se $R(p_o, p_d) = \langle coi, loi, cof, lof, cdi, ldi, cdf, ldf \rangle$, onde coi, loi, cof, lof delimitam a região sensível de campo discursivo de origem, e cdi, ldi, cdf, ldf delimitam a região sensível do campo discursivo de destino. Compreende-se por região sensível de um campo discursivo a sub-área deste que quando ativada (e.g., por pressão de "mouse") provoca a recuperação do campo discursivo conectado.

Atributos

As **ligações rotuladas** possuem atributos internos, a saber: um "daemon" **SeAtivado**, cujo código será executado quando a ligação for ativada; **autor**, onde poderá ser especificado o nome do responsável pela criação da ligação; **data**, onde está registrada a data de criação da ligação; e **tipo**, onde poderá ser descrito o "propósito semântico" da ligação (e.g. refutação, reforço) [TRIG86]: Especificamente, o atributo de tipo é extremamente útil para diversas aplicações de hipertexto [REIS90] [COLL87] uma vez que permite explicitar o "nexo semântico" da relação estabelecida pelo autor entre campos discursivos.

Uma interessante característica de ligações rotuladas é que ao suportarem a representação de hipertextos, violam a hierarquia conceitual do modelo de conhecimento expressa nas relações de generalização das ligações tipadas.

Ligações tipadas permitem construir modelos de conhecimento como hierarquias de **generalização**, conectando nós de domínio entre si e a nós de informação. O MH admite três tipos para tais ligações: **AKO**, **IS-A** e **HAS_A**.

A ligação **AKO** estabelece relações de generalização entre nós de domínio onde um nó representa um predicado/descrição aplicável a um ou mais elementos de um particular domínio. A ligação **AKO** entre dois nós de domínio, estabelece uma relação de generalização/especialização [BRAC83]. Exemplificando: seja o predicado **VACA(x)** uma generalização do predicado **MAMÍFERO(x)**; temos então que "PARA TODO x SE **VACA(x)** ENTÃO **MAMÍFERO(x)**", logo **VACA AKO MAMÍFERO**. A semântica da ligação **AKO** no modelo MH, é coincidente com a interpretação de [HAYE79] para a ligação **IS_A**, e com a semântica da relação de subsumção do **KL-ONE** [BRACS].

A ligação **IS_A**, por sua vez, relaciona sempre um nó de domínio a um nó de informação, o que formalmente corresponde à aplicação do predicado (ou conjunção de predicados) expresso(s) pelo nó de domínio a um elemento individual, ou seja, a um nó de informação. Trata-se de uma instanciação. Exemplificando: se **HUMANO** é um nó de domínio e **JOSÉ** um nó de informação, **HUMANO(JOSÉ)** expressa a relação **JOSÉ IS-A HUMANO**.

A ligação **HAS_A** permite descrever atributos que em virtude de possuírem estrutura interna a ser representada, e serem conceitos virtualmente relevantes ao modelo de conhecimento, devem ser representados como nós individuais. Este tipo de ligação aplica-se apenas a nós de domínio. Exemplificando: **DOCUMENTO HAS_A DESCRIÇÃO** deve ser interpretado como "TODO **DOCUMENTO** tem o atributo **DESCRIÇÃO**"; esta **DESCRIÇÃO** poderá ser composta de Nome, Versão, Autor e PalavrasChave. O nó de domínio **DESCRIÇÃO** por sua vez poderá conectar-se a outros nós de domínio (e.g., **DESCRIÇÃO AMO CABEÇAL-**

HO_DE_DOCUMENTOS). A ligação HAS_A tem a mesma semântica que a ligação PART_OF encontrada em linguagens de representação de conhecimento como o SRL [FOX85].

V.3 - DESCRIÇÃO DA MÁQUINA HIPERTEXTO

A máquina de hipertexto (confira Figura 5.2) oferece uma interface de rotinas para acesso ao modelo de conhecimento. O presente trabalho não detalhará esta camada do MH; restringiremo-nos a identificar a funcionalidade que deverá estar disponível através da máquina, setn considerar detalhes de descrição das chamadas ou de implementação.

MAQUINA DE HIPERTEXTO

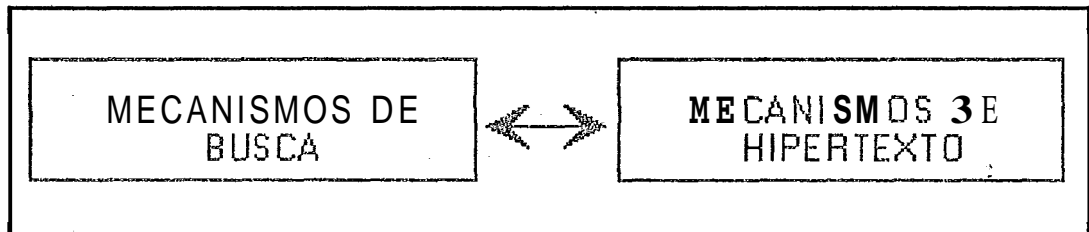


Figura 5.6 - Esquema da Máquina de Hipertexto

As facilidades oferecidas pela Máquina de Hipertexto são, basicamente, mecanismos para realização de buscas (e.g., localização de "strings") e mecanismos para

criação de hiperdocumentos baseados no MH. A funcionalidade mínima a ser oferecida pelos **Mecanismos de Busca** deverá permitir:

-A localização - independente de contexto - de expressões regulares nos campos discursivos de um hiperdocumento. Por exemplo, localizar a sequência "hiper*" em todos os campos discursivos de um hiperdocumento;

-A localização - dependente de contexto - de expressões regulares nos campos discursivos de um hiperdocumento. Localizar a sequência "hiper*" em todos campos discursivos para o qual convergem ligações rotuladas do tipo "suporta", é um exemplo de busca dependente de contexto [HALA88]. O foco da pesquisa deverá ser definido através de um conjunto de expressões conectadas por operadores booleanos;

-A localização de nós de informação com base 'nas' propriedades expressas por campos descritivos. Por exemplo, localizar todas as obras literárias do gênero poesia cujo autor seja Ferreira Gular;

O formato externo (visível pelo usuário) através do qual serão expressos o foco e o objetivo da pesquisa a ser realizada no hiperdocumento, dependerá unicamente da camada de apresentação do sistema de hipertexto.

Por outro lado, os **Mecanismos de Hipertexto** da máquina deverão suportar algumas das operações tipicamente encontradas em sistemas de hipertexto [DELI86], e outras mais dependentes das características do MN. A funcionalidade mínima prevista é:

- a criação e eliminação de nós de domínio e de informação em hiperdocumentos;
- o armazenamento e recuperação de valores em campos discursivos e descritivos;
- a criação de ligações rotuladas e seus atributos;
- a ativação de ligações rotuladas; isto é, a recuperação do nó, do campo discursivo e da região de destino de uma ligação;

V.4 - NOTAS

(1)O termo inteligente neste contexto está empregado em um sentido fraco. A "inteligência" de um hiperdocumento designa a capacidade que este possui de configurar-se de acordo com as efetivas demandas do **domínio** contextual [REIS90] [WINO87] no qual está sendo empregado.

(2)Há uma interessante região de vizinhança entre a pesquisa em representação de conhecimento realizada nos anos 70 [WOOD75] [WINO75] [MINS75] e o "boom" das linguagens orientadas a objetos no final dos 80 [TADA88] [PAYN90] [KOWA90] [MANO90].

(3)Empregamos o termo **modelo** em um sentido formalmente fraco. Para um observador O, um objeto M é um modelo de D se e somente se O pode empregar M para responder a perguntas sobre D [MINS65].

(4)O advérbio supostamente foi empregado em consideração aos trabalhos recentes de Lakoff [LAKO87] [BRUG88], que têm questionado a "adequação semântica" de sistemas clássicos de categorização.

(5)Assumindo que o MH viesse a ser implementado em um ambiente interpretado, como Smaltalk ou Actor, uma solução interessante para implementação da linguagem de "daemons" seria empregar como tal a própria linguagem de programação do ambiente, de modo que a execução de um "daemon" seria idêntica a execução de um programa qualquer,

CAPÍTULO VI

VI - AVALIANDO AS POTENCIALIDADES DO MODELO HÍBRIDO

VI.1 - INTRODUÇÃO

O MH apresenta-se como um modelo para representação lógica e epistemológica do conhecimento armazenado em hiperdocumentos. O modelo isola claramente os aspectos de interface e de armazenamento, daqueles relativos à estruturação conceitual do hiperdocumento, conciliando recursos para representação de hiperdocumentos com facilidades para explicitação de regularidades de conteúdo, através de "frames". Explicitar regularidades significa extrair propriedades implícitas no conteúdo discursivo de um hiperdocumento. Estas propriedades podem ser empregadas para apoiar as tarefas de (i) leitura de hiperdocumentos, (ii) organização e autoria de hiperdocumentos e (iii) manutenção evolutiva de hiperdocumentos.

Basicamente, o presente capítulo avaliará o potencial do MH no suporte à representação de abstrações em hiperdocumentos, visando tanto a autoria como a consulta. Utilizaremos algumas das avaliações e propostas de Halasz [HALA88] para estabelecer requisitos de funcionalidade que justificam a existência e validam a arquitetura do MH enquanto camada de representação de conhecimento (discursivo e estruturado) para sistemas de hipertexto.

VI.2 - QUATRO REQUISITOS PARA O MODELO MH

VI.2.1 - CONSULTAS ESTRUTURADAS

Muito embora a navegação ("browsing") seja a forma típica de recuperação de informação em hiperdocumentos, dados os conhecidos "efeitos colaterais" do seu emprego (confira capítulo 3), formas complementares e mais efetivas de acesso a hiperdocumentos vêm

sendo estudadas. Estas formas alternativas são especialmente úteis quando se trata de ter acesso a hiperdocumentos volumosos onde a dispersão e/ou granularidade dos nós torna inviável o emprego até mesmo de recursos auxiliares à navegação (e.g. mapas).

Consultas estruturadas são o principal mecanismo, alternativo à navegação, através do qual os usuários (leitores) podem formular diretamente **objetivos de pesquisa** a serem localizados em hiperdocumentos [HALA88]. Estes objetivos de pesquisa podem ser, ou não, dependentes do "contexto do hiperdocumento", isto é, da estrutura conceitual do hiperdocumento. Localização de "çtrings", por exemplo, é uma modalidade típica de consulta independente de contexto, uma vez que pode ser realizada sem qualquer informação relativa à semântica do hiperdocumento. Por outro lado, Halasz [HALA88] destaca que sistemas de hipermídia devem dispor de mecanismos de consulta estruturada nos quais os objetivos de pesquisa especificados pelo usuário dependam da estrutura e conteúdo do hiperdocumento. Estes mecanismos devem basear-se em uma linguagem de consulta estruturada ("query-language") que permita (i) reconhecimento restrito de padrões, e (ii) filtragem de informação.

Linguagens de Consulta no MH

O conceito de modelo de conhecimento tal como formulado anteriormente, aproxima-se da noção de **esquema** conceitual de Bancos de Dados. Esquemas permitem expressar através de uma linguagem específica (DDL), tipos de registros e relacionamentos entre tipos de registros, cujas instâncias são armazenadas em um banco de dados. Um modelo de conhecimento pode ser interpretado como um modelo de dados relacional expandido, onde: (confira Tabela 1)

| MODELO DE CONHECIMENTO | MODELO RELACIONAL |
|------------------------|--------------------|
| Nó de Domínio | Tabela |
| Nó de Informação | Registro de Tabela |
| Campo Descritivo | Atributo |
| Campo Discursivo | Atributo |
| Ligação Tipada | - |
| Ligação Rotulada | - |

Tabela I

A Tabela 1 estabelece uma correspondência entre os principais conceitos presentes no MH e seus virtuais equivalentes no modelo relacional. O interesse de fazemos este paralelo é indicar que os mecanismos clássicos para definição, armazenamento e recuperação de dados no modelo relacional, baseados no formalismo da álgebra relacional, podem ser empregados como suporte para realização de consultas estruturadas ao MH. Conforme indicado em [PARS89], comandos SQL podem por exemplo, ser estendidos com predicados lógicos aplicáveis às tabelas temporárias resultantes de consultas. Ao mesmo tempo, muito embora os “daemons” não tenham correspondente direto no modelo relacional, suas funções podem obviamente ser estendidas para dar tratamento a restrições de integridade.

Estas considerações corroboram a arquitetura proposta para a Máquina de Hipertexto do MH (confira Capítulo 5), que tem como um de seus componentes os Mecanismos de Busca que, baseados no modelo relacional, deverão oferecer suporte a consultas estruturadas via linguagens específicas (e.g., SQL, QBE).

VI.2.2 - AGREGADOS DE COMPONENTES

O capítulo 2 descreveu as propriedades básicas de sistemas de hipertexto, configurando o que foi denominado de um Modelo Mínimo de Hipertexto. Neste modelo, os conceitos de nó e ligação são os primitivos sobre os quais estruturam-se os hiperdocumentos. Contudo, conforme salientado em [HALA88], nós e ligações oferecem um mecanismo fraco para suportar **agregados** em hiperdocumentos; isto é, a representação e manipulação de grupos de nós e ligações como entidades únicas de mais alta ordem. Os sistemas de hipertexto em geral carecem de recursos para reconhecimento e tratamento de nós agregados, enquanto nós que consolidam propriedades e ligações dos nós componentes.

Formação de Agregados no MH

As facilidades que o MH oferece para representação e tratamento de “frames” suportam o requisito de agregação de nós em sistemas de hipertexto. Um nó de domínio no MH, é um objeto definido por campos descritivos ou discursos, herdados ou não de um nó conceitualmente mais geral (ligação AKO). Por outro lado, um nó de domínio pode ser descrito - via ligações HAS_A - por outros atributos que, em virtude de possuírem estrutura interna a ser representada, e eventualmente serem conceitos relevantes ao modelo de conhecimento, devem estar identificados como nós de domínio. Vejamos o exemplo da figura 6.2.

A figura 6.2 apresenta um modelo de conhecimento no qual o nó de domínio CasoJurídico é descrito por três outros nós de domínio. A instanciação de CasoJurídico forma um “cluster” de instâncias - com os nós de domínio Argumentos, Fatos e Decisões - que descreve diferentes aspectos de um mesmo caso jurídico. O que se tem nesta situação é CasoJurídico como uma abstração que agrega conceitos de mais baixa ordem, cujo “status” no modelo de conhecimento é o mesmo: todos são nós de domínio.

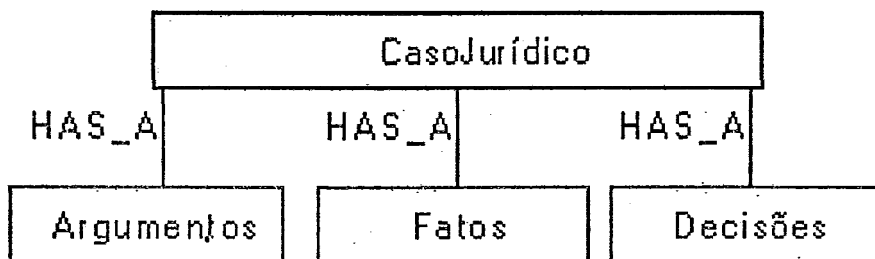


Figura 6.2 - Modelo de Conhecimento de Caso Jurídico

A noção de agregados no MH obedece, parcialmente, às restrições sugeridas em [GARG88]. As restrições lá propostas são:

- (1) Um objeto agregado tem constituintes únicos;
- (2) Se um agregado é um objeto primitivo, então todos os seus constituintes também o são;
- (3) Uma instância de um agregado é formada pelas instâncias dos seus objetos constituintes.

A restrição (1) não é suportada no MH uma vez que uma mesma coleção de nós de domínio pode se manter relacionamentos HAS_A entre cada um de seus componentes e dois ou mais nós de domínio diferentes. Confira Figura 6.3, onde A1 e A2 compartilham os mesmos componentes.

Contudo, a configuração apresentada na Figura 6.3 parece-nos pouco provável de ocorrer em um mesmo modelo de conhecimento, uma vez que um agregado corresponde a alguma abstração do mundo, e portanto uma mesma coleção de objetos (nós de domínio) não deveria ser vista como duas (ou mais) abstrações diferentes. Uma configuração como a descrita na Figura 6.4 é, neste sentido, mais provável.

A restrição (2) é suportada no MH desde que um agregado é uma coleção de relacionamentos HAS_A entre um nó de domínio e um ou mais outros nós de domínio. A restrição (3), por sua vez, é trivialmente suportada no MH.

Uma importante diferença entre o MH e o modelo de Garg no que tange à formação de agregados, é que no MH agregados são formados com base em coleções de relacionamentos previamente definidos (HAS_A), ao passo que em [GARG88], agregados são coleções de objetos (primitivos ou de informação) cujos relacionamentos não estão definidos.

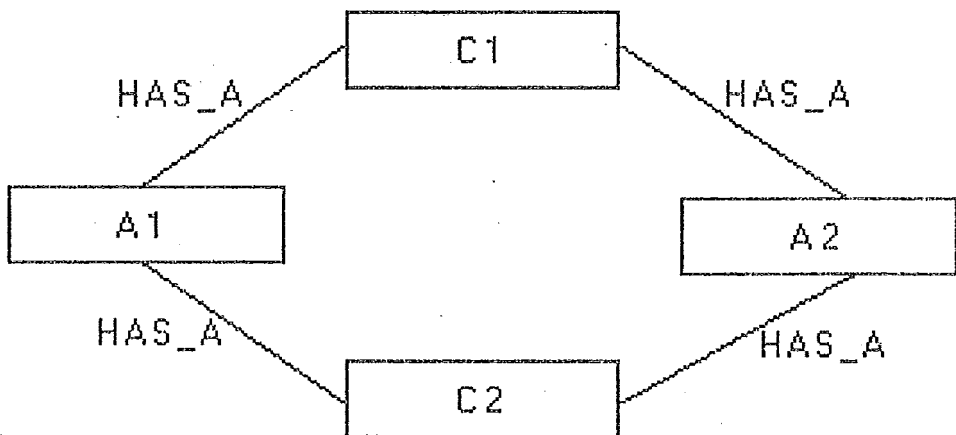


Figura 6.3 - Compartilhamento de Nós de Domínio (Improvável)

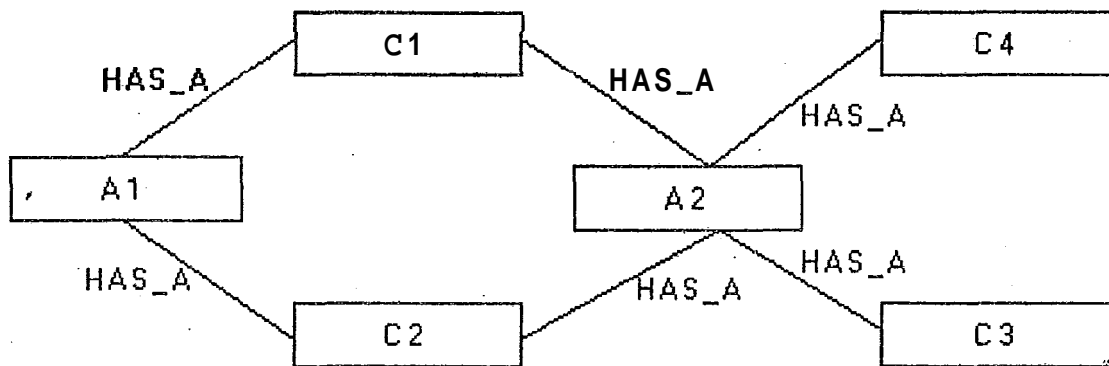


Figura 6.4 - Compartilhamento de Nós de Domínio

VI.2.3 - ESTRUTURAS E LIGAÇÕES VIRTUAIS

Sistemas de hipertexto, em geral, não dispõem de facilidades para rápida incorporação - automática ou senu-automática - de mudanças no conteúdo e estrutura de hiperdocumentos. Como ressaltado em [HALA88], a natureza estática dos sistemas de hipertexto ocasiona problemas de "organização prematura" de hiperdocumentos, uma vez que o usuário-autor se vê obrigado a antecipar compromissos em termos de limites de abordagem, identificação de tópicos-chave e suas ligações, e esquemas de nomeação, cuja posterior revisão ou expansão pode ser extremamente trabalhosa.

Neste sentido, [HALA88] propõe que sistemas de hipertexto incorporem a noção de **estruturas virtuais** que possam ser computadas dinamicamente com base em características definidas pelos usuários. Um exemplo destas estruturas virtuais seria a extração de uma subrede contendo todos os nós criados por um particular autor em um hiperdocumento. A

criação de estruturas virtuais parece equivaler à realização de consultas sobre a rede do hiperdocumento, o que neste caso leva a crer que mecanismos de suporte a consultas estruturadas poderiam ser empregados.

Ao mesmo tempo, [HALA88] propõe como extensão da noção de estrutura virtual, a noção de **ligação virtual** ou **condicional**. Neste caso, a idéia básica é a de que a região destino de uma ligação poderá ser definida dinamicamente, com base no histórico de interação com o usuário.

Estruturas Virtuais no MH

Estruturas virtuais podem ser facilmente calculadas no MH com base nos atributos dos componentes do modelo de conhecimento. Na prática, isto pode ser realizado empregando os recursos de suporte aos “queries” fornecidos pela camada de Máquina Hipertexto do MK. **Estruturas virtuais** emergem como conjunto de nós de informação que atendem a determinado critério de seleção.

A figura 6.5 mostra possíveis atributos para os nós de domínio CasoJurídico e Decisões. Um exemplo de cálculo de estruturas virtuais sobre esta taxonomia, seria localizar todos os nós de informação, instanciados a partir de CasoJurídico, cujo CLIENTE seja a empresa “Aymoré Peças Íntimas” e tenham tido PARECER “favorável”.

Ligações Virtuais no MH

O MH prevê que campos discursivos (de hipertexto) possuam, para cada ligação rotulada (de hipertexto) um “daemon” do tipo SeAtivado cujo código será executado tão logo a ligação seja ativada (e.g., pressão no “mouse”). Esta seção de código poderá verificar qualquer condição de interesse e impedir que a ligação seja “completada” ou, eventualmente, redirecioná-la para outra região de destino. O uso deste recursos em conjunto com o “blackboard” como área de comunicação entre “daemons”, faz do modelo de conhecimento um modelo programável, de uso geral, que atende aos requisitos propostos em [HALA88].

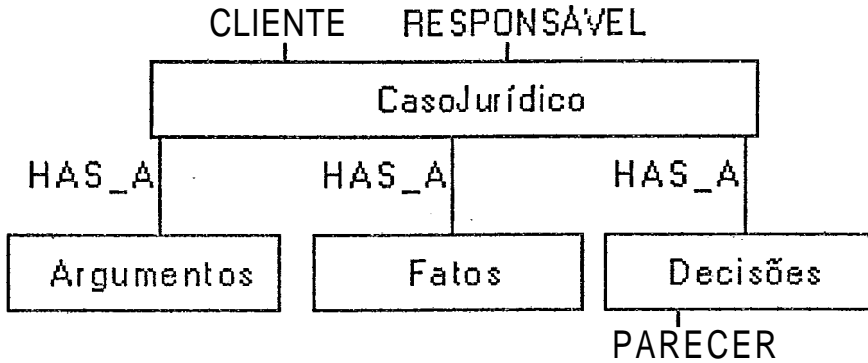


Figura 6.5 - Associando Atributos a CasoJurídico

VI.2.4 - INFERÊNCIAS SOBRE HIPERDOCUMENTOS

Sistemas de hipertexto, de forma geral, apresentam-se como sistemas passivos de armazenamento e recuperação de informação. Diferentemente de sistemas baseados em conhecimento, sistemas de hipertexto não dispõem de mecanismos para realização de inferências sobre a estrutura e conteúdo de hiperdocumentos. [HALA88] considera que existe um mesmo "modelo" subjacente a sistemas de hipertexto, sistemas baseados em "frames" e sistemas orientados por objetos, qual seja, a noção de entidades descritas por atributos que formam uma estrutura de rede por meio de referências. A incorporação dos sistemas de hipertexto, de recursos oriundos de sistemas baseados em "frames" e objetos, poderá trazer benefícios tanto do ponto de vista da autoria como da consulta a hiperdocumentos.

Inferências no MH

A realização de inferências no MH é uma característica intrínseca do modelo. Conforme visto no capítulo 4, os mecanismos de inferência que atuam sobre a camada do Modelo de Conhecimento apoiam-se basicamente na (i) herança de propriedades e (ii) nos “daemons”. “Daemons” são um recurso de especial interesse porque podem realizar diversos serviços de inferência sobre o modelo, dentre os quais a validação de valores contra domínios especificados, e propagação de mudanças sobre modelo de conhecimento, via “backward” e “forward” chaining.

Um interessante efeito da inferência por herança sobre hiperdocuinentos é o de que a instanciação de nós de informação provoca a herança de campos discursivos e de suas ligações rotuladas. Estas ligações criam automaticamente, por exemplo, nexos semântico entre o nó de

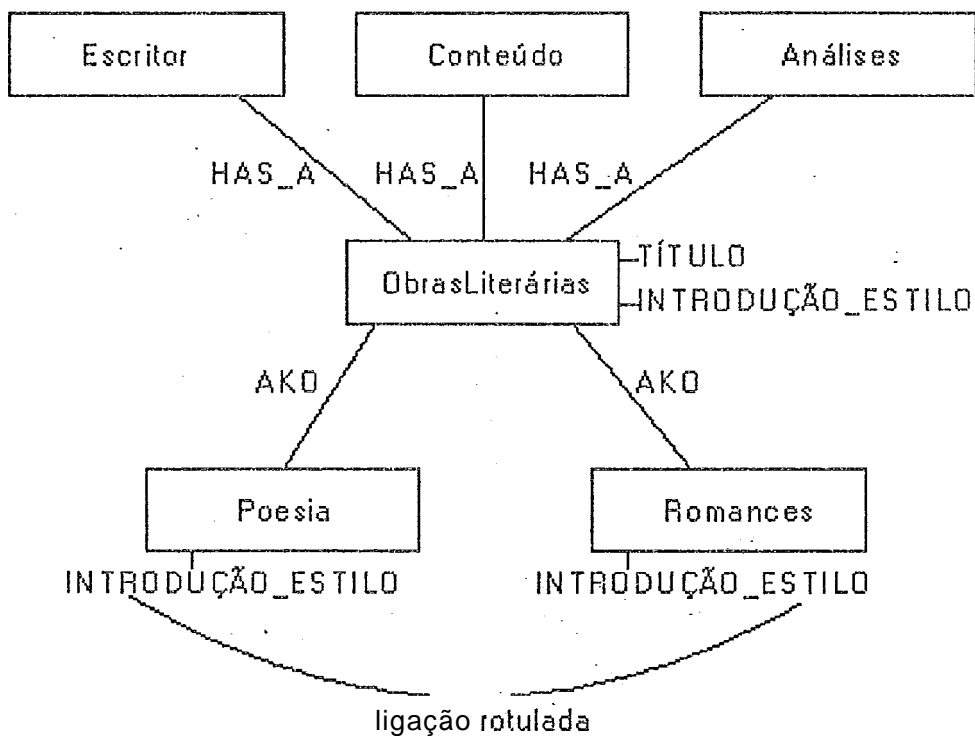


Figura 6.6 - Modelo de Conhecimento para Estilos Literários

informação instanciado e outros nós do modelo de conhecimento. Este mecanismo permite inferir automaticamente ligações rotuladas, ao mesmo tempo em que oferece um interessante recurso para reuso de descrições de **hipertexto**, útil durante o processo de autoria e manutenção. Vejamos um exemplo.

O exemplo da figura 6.6 mostra uma ligação rotulada (de hipertexto) entre os campos discursivos INTRODUÇÃO_ESTILO dos nós de domínio Poesia e Romances. Esta ligação pode estabelecer um nexó semântico motivado pela referência ao estilo Romances durante a descrição do estilo Poesia. Desta forma, qualquer nó de informação instanciado a partir de Poesia herdará o campo discursivo INTRODUÇÃO_ESTILO e portanto uma ligação rotulada para o campo INTRODUÇÃO_ESTILO de Romances.

VI.3 - SUPORTE À AUTORIA

A autoria é fator crítico de sucesso na criação de hiperdocumentos de qualidade, ou seja, hiperdocumentos cujos requisitos de aceitabilidade social e usabilidade [NIEL90] sejam atendidos. Basicamente, a importância que a autoria em sistemas de hipertexto assume é decorrente da simplicidade conceitual do modelo de hipertexto.

Esta simplicidade conceitual, primeiramente, induz à falsa crença de que é possível produzir hiperdocumentos de qualidade por associação livre de idéias e tópicos. Ignora-se que a produção de documentos baseados em computador, apresenta além das dificuldades inerentes à criação de quaisquer documentos, outras mais relacionadas ao projeto de interface com o usuário. Em segundo lugar, as características do modelo básico de hipertexto favorecem a criação de documentos nos quais não só o conteúdo mas a estrutura (não-linear) são fortemente marcados pelo modelo mental que o autor possui do conhecimento sendo representado. O modelo mental subjacente ao hiperdocumento, como ressaltado em [MARC88] e [JONA88], afetam diretamente os processos de localização da informação empregados pelos usuários (leitores).

Estas considerações apontam para as seguintes conclusões: (i) autoria de hiperdocumentos envolve habilidades de **projeto de interface** que não necessariamente o autor as possui; (ii) a criação de um hiperdocumento deve ser precedida de um **projeto conceitual** do seu conteúdo e estrutura; (iii) quanto mais complexo e volumoso for um **hiperdocumento** maior a importância do projeto conceitual e de interface.

O MH, através dos recursos para representação híbrida de conhecimento discursivo e **estruturado**, oferece mecanismos para suporte à autoria sistemática de hiperdocumentos em domínios (i) nos quais exista um volume significativo de **informação/conhecimento** discursivo e (ii) ações e objetos relevantes do domínio possam ser **estruturados** na forma de hierarquias de “frames”. Considerando estes aspectos, parece-nos possível estabelecer as linhas básicas de uma metodologia para autoria sistemática de hiperdocumentos voltada para sistemas de hipertexto baseados no MH ou em modelos similares. Esta metodologia deverá apoiar-se no paradigma, relativamente bem sucedido, de projeto de sistemas baseados em conhecimento estruturado.

Equipes de Projeto

Primeiramente, sugerimos que os papéis de **especialista de domínio** e de **engenheiro de conhecimento** - oriundos da experiência de desenvolvimento de sistemas especialistas - sejam adaptados ao nosso contexto e identificados como **conteudista** e **projetista de hiperdocumentos**. Este paralelo é útil porque permite lançar luzes sobre um importante ponto: o projetista de hiperdocumentos deverá estar envolvido com questões específicas da consistência lógica e epistemológica do conhecimento estruturado (típicas da engenharia de sistemas especialistas), e com questões relativas à qualidade da redação do conhecimento discursivo, do nexos semântico das ligações, e da interface com usuário. Isto sugere que o papel de projetista de hiperdocumentos, na verdade, é **interdisciplinar**, e que portanto deverá ser desempenhado por diferentes pessoas.

Aquisição de Conhecimento

O problema da autoria de hiperdocumentos volumosos poderá ser minimizado a partir de uma abordagem onde a elaboração de um modelo conceitual, taxonômico, do domínio preceda a iniciativa de identificar nós e ligações para o hiperdocumento. Este modelo conceitual corresponde exatamente ao modelo de conhecimento do MH onde objetos, atributos e generalizações do domínio são mapeados. A hipótese subjacente a esta proposta é a de que a elaboração de modelos conceituais hierárquicos organiza a compreensão que autores têm do domínio, permite detectar características relevantes e facilita o desenvolvimento posterior do hiperdocumento.

O processo de construção do modelo de conhecimento deverá empregar técnicas consagradas de aquisição de conhecimento estruturado para sistemas baseados em “frames” [CORD89]. A partir deste ponto, a composição do hiperdocumento se fará, progressivamente, agregando conhecimento discursivo ao modelo de conhecimento por meio do detalhamento dos atributos dos objetos mapeados. Este detalhamento se dará através da identificação de novos campos discursivos, do preenchimento de campos discursivos previamente identificados, e do estabelecimento de ligações rotuladas.

A adoção de uma estratégia de autoria baseada nas duas etapas identificadas tem uma outra vantagem importante. Permite ao autor explicitar, via modelo de conhecimento, o modelo mental subjacente à sua compreensão da ontologia do domínio [NORM83]. Este modelo explícito poderá ser empregado como suporte à navegação e à manutenção (evolutiva e corretiva) do hiperdocumento. Contudo, o grau de visibilidade que os usuários (autor e leitor) deverão ter do modelo de conhecimento sobre o qual um sistema de hipertexto se apoia, dependerá dos serviços que o sistema oferecer ao nível de sua interface.

Uma Heurística Básica

A associação de conhecimento discursivo a um dado modelo de conhecimento deverá empregar a seguinte heurística: um nó de hiperdocumento só existe enquanto atributo (campo discursivo) de um objeto já identificado. Caso não seja possível tratar um nó que pretende introduzir no hiperdocumento como campo discursivo de um objeto, isto significa que o modelo de conhecimento está incompleto.

Por outro lado, as ligações rotuladas que conectam campos discursivos não tem qualquer relação com a hierarquia de generalização do modelo de conhecimento, em outras palavras, podem violá-la, sem prejuízo da consistência lógica do modelo. Por exemplo: o campo discursivo NAPOLEÃO (do nó Guerras Napoleônicas) pode estar ligado ao campo discursivo RÚSSIA (do nó 2Guerra) porque NAPOLEÃO fora derrotado em batalha na Rússia do século XVIII, tal como Hitler o fora neste século. Confira figura 6.7.

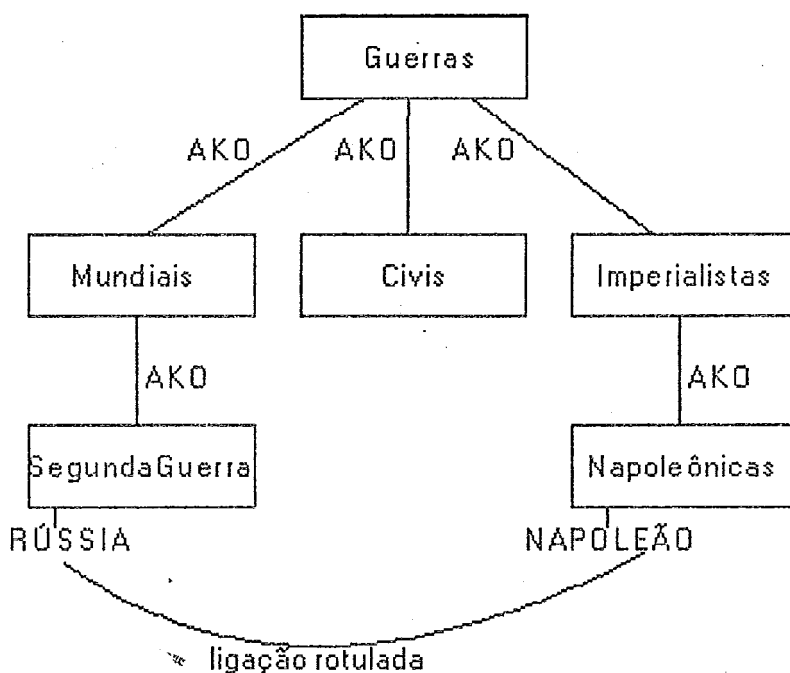


Figura 6.7 - Modelo de Conhecimento para Tipos de Guerras

CAPÍTULO VII

VII - CONCLUSÃO

O presente trabalho formulou um modelo híbrido de "frames" e hipertexto - denominado MH - cuja arquitetura está dividida em dois componentes básicos: **Máquina de Hipertexto** e **Modelo de Conhecimento**. A máquina de hipertexto oferece um conjunto de mecanismos de consulta e de criação de hiperdocumentos híbridos a partir de **modelos de conhecimento** que se comportam como modelos de "frames" estendidos para tratar conhecimento discursivo (hipertexto). A especificação do MH apresentada enfatizou o componente de modelo de conhecimento, deixando o detalhamento da máquina de hipertexto para futuras extensões a este trabalho. Da mesma forma, as principais hipóteses associadas ao MH, deverão ser confirmadas (ou refutadas) a partir de trabalhos futuros. Dentre as hipóteses levantadas, cujos benefícios deverão ser confirmados, destacamos a de que (i) os mecanismos de inferência de "frames" quando aplicados a hipertextos suportam a reusabilidade de descrições o que favorece o processo de autoria e manutenção de hiperdocumentos; e a de que (ii) o modelo híbrido proposto suporta processos de autoria sistemática de hiperdocumentos baseados em técnicas de aquisição de conhecimento para "frames".

O modelo MH foi parcialmente implementado em pequeno protótipo escrito na linguagem ACTOR (v1.2). Este protótipo foi útil no sentido de validar algumas das características do modelo, além de apontar o paradigma de orientação por objetos como um modelo conceitualmente compatível com o MH que deve ser adotado visando futuras implementações. Consideramos que a implementação deverá adotar uma das seguintes alternativas de solução: (i) a implementação completa do MI-I em uma linguagem orientada por objetos, ou (ii) introduzir uma extensão a um sistema de "frames" existente (e.g. KEE).

APÊNDICE A

Um dos graves problemas que o desenvolvimento de software em larga escala coloca, é o da produção e manutenção sistemáticas de documentação. Quanto maior a escala do software mais críticos tornam-se os problemas de consistência, completude, controle de revisões e localização de documentos. Some-se a isto o fato de que software em larga escala, invariavelmente, exige a interação de diferentes agentes (e.g. usuários e gerentes) cujos papéis podem eventualmente ser conflitantes.

O MM oferece um modelo que poderá revelar-se útil como base para representação do conhecimento (estruturado e discursivo) acerca dos agentes, processos e produtos que interagem no ciclo de vida de um software [GARG89]. As características do MH permitem a construção de modelos conceituais de documentação que podem suportar sistemas de apoio às tarefas de construção e documentação de software em geral. Sistemas desta categoria permitem (i) a padronização de documentos entre diferentes projetos, o que possibilita a formação de uma cultura de documentação; e (ii) que projetistas de software concentrem-se sobre os conteúdos dos documentos sem se preocupar com sua estrutura.

A figura A.1 apresenta um fragmento de modelo de conhecimento para documentação de software. A instanciação dos nós de domínio do modelo cria nós de informação que se constituem em documentos de sistema, e cujo preenchimento poderá ser orientado por “daemons” associados aos campos (descritivos e discursivos) dos nós. Por exemplo, o “daemon” **SeAtribuição** do campo Descrição de **Requisitos Funcionais** - herdeiro de **Documentos de Requisitos** - poderá obrigar o usuário a criar uma ligação rotulada (de hipertexto) entre o campo Descrição e o campo **Diagrama** do nó **Cronograma** relativo ao projeto em andamento. Esta ligação rotulada passará a permitir a navegação entre o documento de requisitos funcionais e o cronograma do sistema.

Por outro lado, a herança de campos no modelo de conhecimento permitirá que durante a consulta ao documento de requisitos funcionais do sistema seja possível acessar a

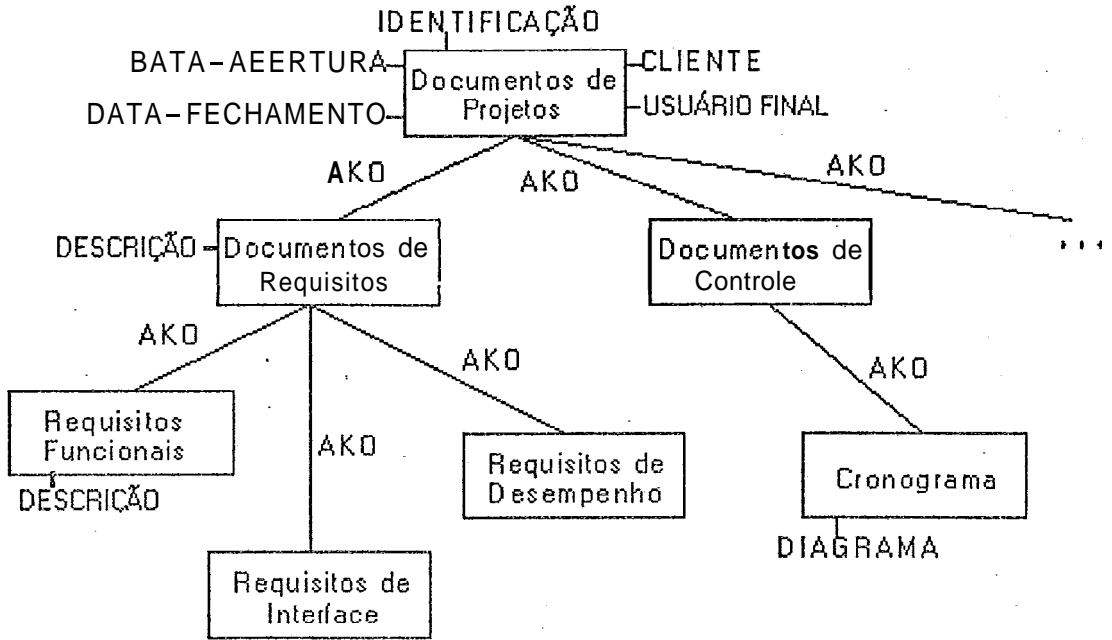


Figura A.1

descrição do perfil do usuário do sistema, uma vez que **Requisitos Funcionais** herda o campo **Usuário Final** do nó **Documentos de Projetos**. Se este campo possuir ligações rotuladas para outros campos de outros modelos de conhecimento, o documento **Requisitos Funcionais** passa a ter acesso também a estas ligações.

A figura A.2 apresenta um modelo de conhecimento (extraído de [GARG89]) que representa os agentes tipicamente envolvidos no desenvolvimento de projetos de software. Seria de interesse que pudéssemos integrar este modelo àquele apresentado na figura A.1. A forma de fazê-lo seria transformar os campos (atributos) do modelo A.1, que se referem aos agentes do modelo A.2, em ligações HAS_A conectando nós de domínio de ambos os modelos. Desta forma, por exemplo, o campo **Clientes** de **Documentos de Projetos** poderia desaparecer entrando em seu lugar um relacionamento do tipo **Documentos de Projetos**

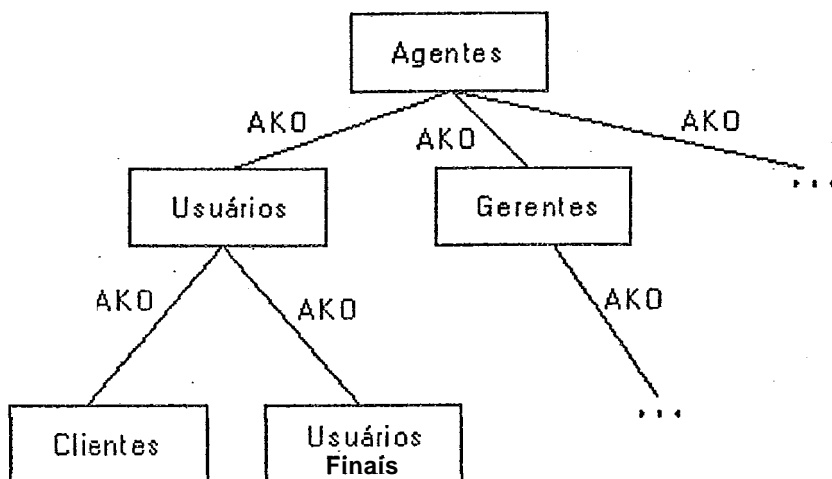
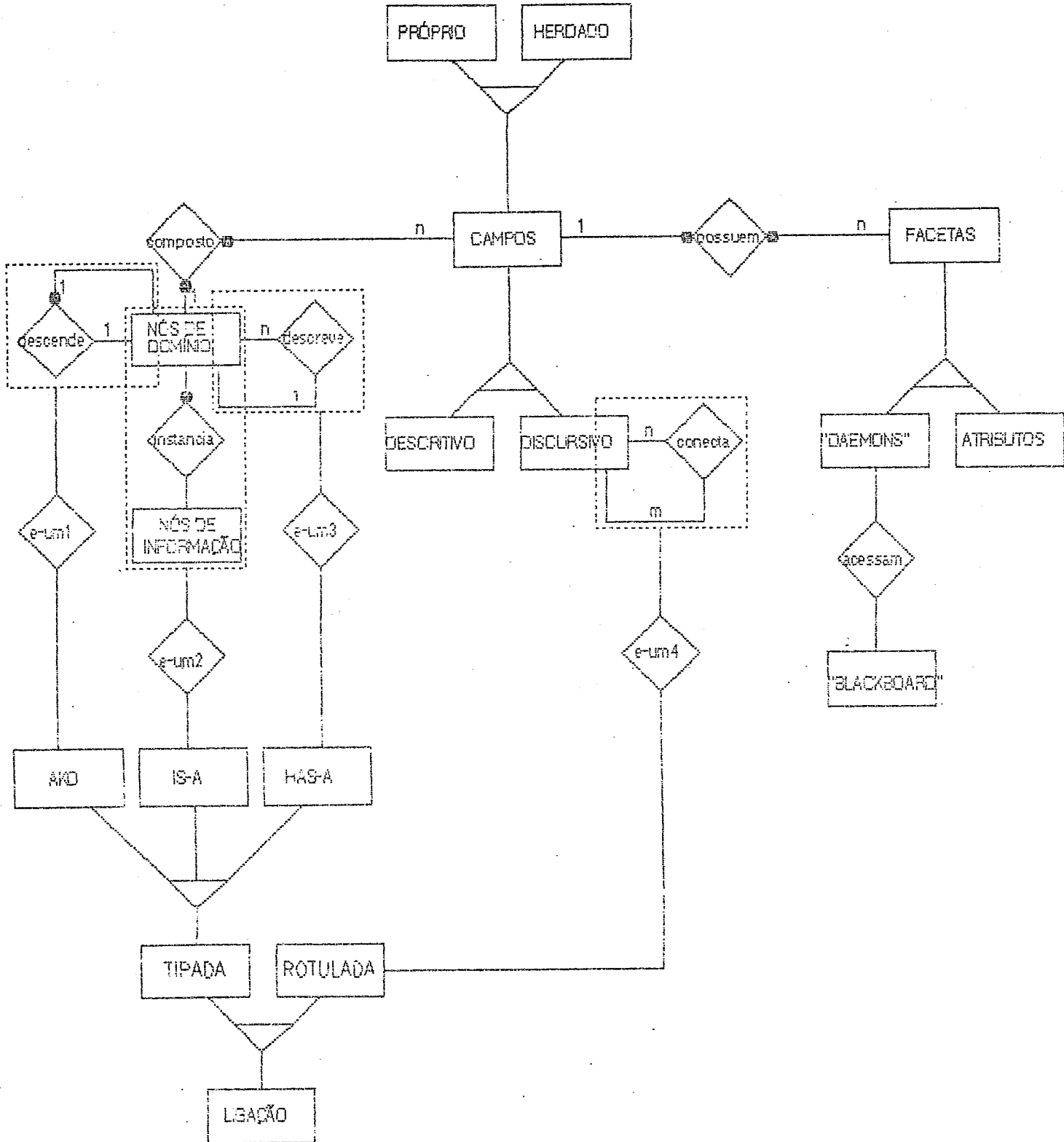


Figura A.2

HAS_A **Clientes**, onde este último é um nó de domínio (atributo estruturado) do modelo A.2. A vantagem desta abordagem é que, se **Clientes** for um campo discursivo de **DocumentosProjetos** não poderão ser explicitadas regularidades de conteúdo relativas a este agente; significa que regularidades do tipo Ramo de Atividade, Ambiente Computacional e outras características relevantes na descrição de **Clientes**, não poderão ser explicita e obrigatoriamente indicadas. Isto porque assumindo-se que **Clientes** é um campo discursivo tais informações ficariam diluídas na descrição em linguagem natural.

APÊNDICE B

MODELO ER DO MH



APÉNDICE B

BIBLIOGRAFIA

[AAAI88]AAAI-88 Workshop - AI and Hypertext: Issues and Directions, AAAI, Agosto de 1988.

[BARR89]Edward Barret. "Introduction: Thought and Language in a Virtual Environment". In *The Society of Text*, Edward Barret (Org.), 1989, MIT Press, xi-xix.

[BELE88]Richard K. Belew. "Hypertext as Knowledge Representation", 1988, AAAI-88 Workshop - AI and Hypertext: Issues and Directions, 20-24.

[BERN88]Mark Bernstein. "The Bookmark and the Compass: Orientation Tools for Hypertext Users", 1988, *SIGOIS Bulletin*, Vol.4, No.4, 34-45.

[BOBR75]Daniel G. Robrow. "Dimensions of Representation". In *Representation and Understanding*, D. Bobrow e A. Collins (Orgs.), 1975, Academic Press, 1-34.

[BRAC83]Ronald J. Brachman. "What IS-A Is and Isn't: An Analysis of Taxonomic Links in Semantic Networks", 1983, *IEEE Computes*, 10, 30-36.

[BRAC85]Ronald J. Brachman e James G. Schmolze. "An Overview of the KL-ONE Knowledge Representation System", 1985, *Cognitive Science*, 9, 171-216.

BIBLIOGRAFIA

[BRUG88] Claudia Brugman e George Lakoff. "Cognitive Topology and Lexical Networks". In **Lexical Ambiguity Resolution**, Steven Small, Garrison Cottrell e Michael Tanenhaus (Orgs.), 1988, Morgan Kaufmann Publishers, 477-508.

[BUSH45] Vannevar Bush. "As We May Think", **Atlantic Monthly**, 1945, Vol.176, No.7, 101-108.

[CAMP88] Brad Campbell e Joseph M. Goodman. "HAM: A General Purpose Hypertext Abstract Machine", 1988, **Communications of the ACM**, Vol.31, No.7, 856-861.

[CARI88] Michael G. Carifio. "Why Get Hyper about Hypertext?""", 1988, **AAAI-88 Workshop - AI and Hypertext: Issues and Directions**, 29-31.

[CARL90] David A. Carlson e Sudha Ram. "HyperIntelligence: The Next Frontier", 1990, **Communications of the ACM**, Vol.33, No.3, 311-321.

[CARS90] Patricia Ann Carlson. "Hypertext and Intelligent Interfaces for Text Retrieval. In **The Society of Text**, Edward Barret (Org.), 1989, MIT Prcss, 59-76.

[CLEA86] J. Craig Cleaveland. **An Introduction to Data Types**. 1936, Addison-Wesley.

[COLL87] George H. Collier. "Thot-II: Hypertext with Explicit Semantics", 1987, **Hypertext'87 Papers**, 269-290.

BIBLIOGRAFIA

[CONK88]Jeff Conklin e M.L. Begeman. "gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion", 1988, **ACM Transactions on Office Information Systems**, Vol.6, No.4, 303-331.

[CONK87]Jeff Conklin. "Hypertext: An Introduction and Survey", 1987, **Computer**, Setembro, 17-41.

[CONS89]Marlano P. Consens e Alberto O. Mendelzon. "Expressing Structural Hypertext Queries in GraphLog", 1989, **Hypertext'89 Papers**, 269-292.

[CORD89]Elizabeth S. Cordingley. "Knowledge Elicitation Techniques for Knowledge-Based Systems". In **Knowledge Elicitation - Principles, Techniques and Applications**, Dan Diaper (Org.), 1989, Ellis Horwood, 87-175.

[DEDE88]Chris Dede. "The Role of Hypertext in Transforming Information into Knowledge", 1988, **AAAI-88 Workshop - AI and Hypertext: Issues and Directions**, 32-35.

[DELI86]Norman Delisle e Mayer Schwartz. "Neptune: a Hypertext System for CAD Applications", 1986, **Proceedings of ACM SIGMOD**, 132-143.

[DIPO89]Claudio D'Ipolitto. "Wipertexto: Uma Visão Geral", 1989, **Relatório Técnico ES-197/89**, Programa de Engenharia de Sistemas e Computação, COPPE/UFRJ.

BIBLIOGRAFIA

[DREY89]Stuart Dreyfus. "Expert Systems: How Far Can They Go?", Spring 1989, **AI Magazine**, Randall Davis (Org.), 61-67.

[DREY85]Hubert Dreyfus e Stuart Dreyfus. "From Socrates to Expert Systems: The Limits of Calculative Rationality", 1985, **Technology in Society**, Vol.6, 217-233.

[FENN81]Richard D. Fennell e Victor R. Lesser. "Parallelism in Artificial Intelligencè Problem Solving: A Case Study of HEARSAY-II", **Tutorial on Parallel Processing**, 1981, IEEE Computer Society, 185-198.

[FIDE88]Janet Fiderio. "A Grand Vision", 1988, **Byte**, Vol.13, No.10, 237-244.

[FIKE88]Richard Fikes. "Integrating Hypertext and Frame-Based Domain Models", 1988, **AAAI-88 Workshop - AI and Hypertext: Issues and Directions**, 44-50.

[FIKE85]Richard Fikes e Tom Kehler. "The Role of Frame-Based Representation in Reasoning", 1985, **Communications of the ACM**, Vol.28, No.9, 904-920.

[FIRE88]Morris W. Firebaugh. **Artificial Intelligence - A Knowledge-Based Approach**, 1988, Boyd & Fraser Co.

[FODO90]Jerry A. Fodor e Brian P. McLaughlin. "Connectionism and the Problem of Systematicity", 1990, **Cognition**, 35, 183-204.

BIBLIOGRAFIA

[FODO88]Jerry A. Fodor e Zenon W. Pylyshyn. "Connectionism and Cognitive Architecture: A Critical Analysis", 1988, **Cognition**, 28, 3-71.

[FOX85]Michael S. Fox, J. Mark Wright e David Adam. "Experiences with SRL: An Analysis of a Frame-based Knowledge Representation", **Technical Report**, CMU-RI-TR-85-10,1985, Carnegie-Mellon University.

[FURN86]G. W. Fumas. "Generalized Fisheye Views", 1986, **Proceedings of CHI'86**, 16-23.

[FURU89]Richard Furuta e P. David Stotts. "Programming Browsing Semantics in Trellis", 1989, **Hypertext'89 Papers**, 29-42.

[FURU90]Richard Furuta. "The Trellis Hypertext Reference Model", 1990, **Proceedings of the NHST Hypertext Standardization Workshop**, 83-93.

[GARG89]Pankaj K. Garg e Walt Scacchi. "On Designing Intelligent Software Hypertext Systems", 1989, trabalho não publicado.

[GARG88]Pankaj K. Garg. "Abstraction Mechanims in Hypertext", 1988, **Communications of the ACM**, Vol. 31, No.7, 862-870.

[GOME90]Péricles Gomes e Carrie Keeter. "Mission to Mars", 1990, **HyperMedia Conference**, Ball State University.

[HAFN88]Carole D. Hafner e Donald H. Berman. "Adapting the Principles of Semantic Networks to the Design of Hypertext Interfaces", 1988, **AAAI-88 Workshop - AI and Hypertext: Issues and Directions**, 67-71.

BIBLIOGRAFIA

[HALA90]Frank G. Halasz e M. Schawrtz. "The Dexter Hypertext Reference Model", 1990, Proceedings of the NIST Hypertext Standardization Workshop, 95-133.

[HALA88]Frank G. Halasz. "Reflection on NoteCards: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems", 1988, Communications of the ACM, Vol.31, No.7, 836-852.

[HAMM87]Rainer Hammwöhner e Ulrich Thiel. "Content Oiented Relations between Text Units - Structural Model for Hypertexts", 1987, Hypertext'87 Papers, 155-174.

[HAYE88]Philip J. Kayes. "Building Hypertext using Automatic Text Processing", 1988, AAAI-88 Workshop - AI and Hypertext: Issues and Directions, 84-85.

[HAYE79]Philip J. Hayes. "The Logic of Frames". In Frame Conceptions and Text Understanding, D. Metzging (Org.), 1979, Walter de Gruyter ánd Co., 46-61.

[HEMP65]Carl G. Hempel. "Stuciies in the Logic of Explanation". In Aspects of Scientific Explanation, 1965, The Free Press, 245-290.

[HYPE87]Hypertext'87 Workshop, ACM, Chapel Hill, NC, Novembro de 1987.

[HYPE89]Hypertext'89 Workshop, ACM, Pittsburg, PA, Novembro de 1989.

BIBLIOGRAFIA

[JONA88]David H. Jonassen. "Designing Structured Hypertext and Structuring Access to Hypertext, 1988, **Educational Technology**, Novembre, 13-16.

[KAIN90]Hannah Kain e Jakob Nielsen. "Estimating the Market Diffusion Curve for Hypertext", 1990, **Proceedings of the NIST Hypertext Standardization Workshop**, 91-98.

[KEAR88]Greg Kearsley. "Authoring Considerations for Hypertext", 1988, **Educational Technology**, Novembre, 21-24.

[KEAR87]Greg Kearsley. **Artificial Intelligence & Instruction**, 1987, Addison-Wesley.

[KOZM87]Robert Kozma. "The Implications of Cognitive Psychology for Computer-Based Learning Tools", 1987, **Educational Technology**, Vol.27, No.11, 20-25.

[KOWA90]Bernadette Kowalsky e Lori Stipp. "Object Processing for Knowledge-Based Systems". **AI Expert**, Vol.5, No.10, 34-41.

[KUIP75]Benjamim J. Kuipers. "A Frame for Frames: Representing Knowledge for Recognition". In **Representation and Understanding**, D. Bobrow e A. Collins.(Orgs.), 1975, Academic Press, 151-184.

[LAKO87]George Lakoff. **Woman, Fire and Dangerous Things - What Categories Reveal about the Mind**, 1987, The University of Chicago Press.

BIBLIOGRAFIA

[LANG90] Danny B. Lange. "A Formal Model of Hypertext", 1990, **Proceedings of the NIST Hypertext Standardization Workshop**, 145-166.

[LAUR90] Brenda Laurel (Org.). **The Art of Human-Computer Interface Design**, 1990, Addison-Wesley.

[MARC88] Gary Marchionini e Ben Shneiderman. "Finding Facts vs. Browsing Knowledge in Hypertext Systems", Janeiro de 1988, **IEEE Computer**, 70-79.

[MALO87] Thomas W. Malone et alii. "Semistructured Messages are Surprisingly Useful for Computer-Supported Coordination", In **Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings**, Irene Greif (Org.), 1988, Morgan Kaufmann Publishers, 311-331.

[MANO90] Frank Manola. "Object-Oriented Knowledge Bases", 1990, **AI Expert**, Vol.5, No.3, 26-36.

[MINS75] Marvin Minsky. "A Framework for Representing Knowledge". In **The Psychology of Computer Vision**, P. Winston (Org.), 1975, McGraw-Hill, 211-279.

[MINS65] Marvin Minsky. "Mind, Matter and Models", 1965, **Proceedings IFHP**, 45-49.

[NELS80] Theodor H. Nelson. "Replacing the Printed Word: A Complete Literary System", 1980, **IFIP Proceedings**, 1013-1023.

BIBLIOGRAFIA

[NELS88]Theodor H. Nelson. "Managing Immense Storage", 1988, **Byte**, Vol. 13, No.1, 225-238.

[NEWE75]Allen Newell e Herbert A. Simon. "Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search". In **Mind Design**, John Haugeland (Org.), 1985, MIT Press, 35-66.

[NIEL90]Jakob Nielsen. **Hypertext and Hypermedia**, 1990, Academic Press.

[NIEL90a]Jakob Nielsen. "The **Art** of Navigating through Hypertexti", 1990, **Communications of the ACM**, Vol.33 No.3, 296-310.

[NORM83]Donald Normam. "Some Observations on Mental Models". In **Mental Models**, Dedre Gentner e Albert L. Stevens (Orgs.), 1983, Lawrence Erlbaum Associates, 7-14.

[PARS89]Kamram Parsaye, Mark Chignell, Setrag Khoshafian e Harry Wang. **Intelligent Databases**, 1989, John Wiley & Sons.

[PARU89]H. Van Dyke Parunak. "Hyperinedia Topologies and User Navigation", 1989, **Hypertext'89 Papers**, 43-50.

[PAYN90]Edmund C. Payne e Robert C. McArthur. **Developing Expert Systems - A Knowledge Engineer's Handbook for Rules & Objects**, 1990, John Wiley & Sons.

BIBLIOGRAFIA

[REIS90]Abel Reis. "ARGUS: Uma Experiência na Aplicação de uma Teoria da Argumentação", 1990, Anais do I **Simpósio Brasileiro de Informática** na Educação, 62-78.

[RUME79]David E. Rumelhart. "Some Problems with the Notion of Literal Meanings". In **Metaphor and Thought**, Andrew Ortony (Org.), 1979, 78-90.

[SHAS89]Lokendra Shastri. "Default Reasoning in Semantic Networks: A Formalization of Recognition and Inheritance". **Artificial Intelligence**, 1989, 30, 283-355.

[SHNE89]Ben Shneiderman. "Reflections on Authoring, Editing, and Managing Rypertext". In **The Society of Text**, Edward Barret (Org.), 1989, MIT Press, 115-131.

[SMOL87]Paul Smolensky. "The Constituent Structure of Mental States: A Reply to Fodor and Pylyshyn, 1987, **Southern Journal of Philosophy**, 26, 137-160.

[SPIR91]Rand J. Spiro, Paul J. Feltovich, Michael J. Jacobson e Richard L. Coulson. "Cognitive Flexibility, Construtivism and Hypertext", 1991, **Educational Technology**, Maio, 24-33.

[STOT90]P. David Stotts e Richard Furuta. "Petri-Net-Based Hypertext: Document Structure with Browsing Semantics", 1990, **Proceedings of the NIST Hypertext Standardization Workshop**, 3-29.

BIBLIOGRAFIA

[TADA88]Tadao Takahashi. Introdução a Programação Orientada por Objetos, 1988, III EBAI.

[TRIG86]Randall H. Trigg e Mark Weiser. "TEXTNET: A Network-Based Approach to Text Handling", 1986, **ACM Transactions on Office Information Systems**, Vol.4,No.1,1-23.

[WINO89]Terry Winograd. "Experi Systems: How Far Can They Go?", **AI Magazine**, Randall Davis (Org.), Spring 1989, 61-67.

[WINO86]Terry Winograd e Fernando Flores. **Understanding Computers and Cognition**, 1986, Addison-Wesley.

[WINO75]Terry Winograd. "Frame Representantion and the Declarative-Procedural Controversy". In **Representation and Understanding**, D. Bobrow e A. Collins (Orgs.), 1975, Academic Presç, 185-210.

[WOOD83]William A. Woods. "Wliat's Important About Knowledge Representation?", **EEEE Computer**, 1983, 16(10), 22-27.

[WOOD75]Willian A. Woods. "Wliat's in a Link: Foundations os Semantic Networks". In **Representation and Understanding**, D. Bobrow e A. Collins (Orgs.), 1975, Academic Press, 35-82.

[YANK86]Nicole Yanlelovich. "Intennedia: A System for Linking Multimedia Documents", 1986, **IRIS Technical Report 86-2**.

BIBLIOGRAFIA

[YANK88]Nicole Yankelovich, B. J. Haan, N. K. Meyrowitz e S. Drucker.
"Intermdia: The Concept and the Construction os a Seamless Information
Environment", 1988, IEEE **Computer**, Vol.21, No.1, 81-96.