

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
ISSN 0103-2569

Hipermídia Adaptativa

Alfredo Lanari de Aragão
André Carlos Ponce Leon Ferreira de Carvalho

Nº 202

RELATÓRIOS TÉCNICOS



São Carlos – SP
Jul./2003

SYSNO	1319252
DATA	1 / 1
ICMC - SBAB	

Hipermídia Adaptativa

Alfredo Lanari de Aragão

André Carlos Ponce de Leon Ferreira de Carvalho

Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Departamento de Ciências de Computação e Estatística
Laboratório de Inteligência Computacional
Caixa Postal 668, 13560-970 – São Carlos, SP, Brasil

alanari@ec.ucdb.br, andre@icmc.usp.br

JULHO 2003

Sumário

1	Hipermídia Adaptativa	1
1.1	História da Hipermídia	2
1.1.1	Vannevar Bush	2
1.1.2	Theodore Holmes Nelson	4
1.1.3	Douglas Engelbart	7
1.1.4	Considerações Finais	9
1.2	Essência da Hipermídia	10
1.2.1	Aspectos da Hipermídia	10
1.2.2	Modelos de Dados para Hipermídia	14
1.2.3	A World Wide Web	17
1.2.4	Considerações Finais	19
1.3	A Hipermídia Adaptativa	19
1.3.1	Adaptação em Hipermídia	20
1.3.2	Aplicações de Hipermídia Adaptativa	22
1.3.3	Arquiteturas para Hipermídia Adaptativa	23
1.3.4	Considerações Finais	26
	Bibliografia	26

Lista de Figuras

1.1	Visualização de nós hipermídia.	12
1.2	Máquina abstrata de hipertexto (Campbell & Goodman, 1988). . . .	14
1.3	Modelo de referência Dexter.	15
1.4	Classificação dos sistemas interativos.	19

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Hipermídia Adaptativa

Nos últimos anos, considerável esforço tem sido empregado no desenvolvimento da Hipermídia Adaptativa (HA). Este relatório tem por objetivo apresentar as raízes e o desenvolvimento desta área com a intenção de identificar seus fundamentos e as motivações para o seu desenvolvimento.

Para tanto, a Seção 1.1 oferece uma visão história para a origem da Hipermídia. É feita uma análise de algumas contribuições dos seus principais precursores, de maneira a apresentar suas características e aplicações principais. A compreensão histórica da Hipermídia ajuda a identificar a necessidade de adaptação e possíveis tópicos de pesquisa. Além disto, esta abordagem serve para mostrar o que já foi feito e está bem estabelecido na área, indicando, também, os erros e as dificuldades que foram encontradas no passado para que não sejam repetidos.

Na Seção 1.2 a Hipermídia é abordada quanto aos seus aspectos essenciais. Faz a distinção entre uma aplicação e um sistema de Hipermídia. Apresenta modelos de dados que podem ajudar em suas implementações. Mostra que as diferenças entre os Sistemas Hipermídia está nas diversas possibilidades de uso e de implementações para apoiar sua estrutura básica.

A Seção 1.3 aborda a Hipermídia Adaptativa propriamente dita. Para compreender sua origem, faz-se uma classificação em termos de sistemas interativos, mostrando que a adaptatividade é uma evolução destes. Discute-se a motivação para a produção de adaptações automáticas em ambiente Hipermídia. Apresenta modelos de dados para aplicações e sistemas de Hipermídia Adaptativa.

1.1 História da Hipermissão

A motivação para o desenvolvimento da Hipermissão prende-se, basicamente, à possibilidade de utilização do computador como uma ferramenta para a realização de atividades cognitivas complexas como aprender, documentar, controlar versões de manuscritos e escrever textos em geral (Bush, 1945; Nelson, 1965; Engelbart, 1968). Trata-se, portanto, de uma tecnologia capaz de auxiliar o ser humano em tarefas envolvendo a comunicação e o pensamento. Nesta seção, é feita uma breve revisão dos principais pesquisadores e trabalhos em Hipermissão e suas contribuições para a área.

1.1.1 Vannevar Bush

O primeiro texto a respeito da Hipermissão é atribuído à Vannevar Bush (1945). O autor demonstra uma clara preocupação com o desenvolvimento científico para o progresso da Humanidade. Neste aspecto, Bush aponta que os métodos de transmissão e recepção dos resultados de pesquisas da época eram ultrapassados e incapazes de registrar eficientemente o volume de pesquisas produzidas por uma série de especialidades.

Vannevar Bush considera que o registro e a comunicação dos resultados de pesquisas é essencial para o desenvolvimento científico. Neste processo, o pesquisador precisa de tempo para assimilar os resultados obtidos por outros cientistas. Desta maneira, o autor propõe o uso dos instrumentos mais poderosos produzido pela Ciência para resolver este problema. Com este propósito em mente, ele idealizou o que é considerado na literatura como o primeiro Sistema Hipermissão¹. De fato, é possível constatar, nos dias de hoje, a importância que os computadores e as redes de computadores desempenham em inúmeros setores de atividade.

Partindo do princípio de que o registro científico deve ser continuamente estendido, armazenado e consultado, (Bush, 1945) sugere um mecanismo automatizado para auxiliar e facilitar a realização destas atividades. Então, o problema principal resume-se em desenvolver um sistema que suporte a escrita de documentos. Para

¹um dispositivo automatizado capaz de criar, manter e apresentar informações de maneira natural, interativa e não linear em uma estrutura complexa e dinâmica formada por fragmentos inter-relacionados.

tanto, o autor faz uma análise da preparação de textos científicos, que é o próprio registro da pesquisa. Esta análise revela um processo de elaboração e correção seguido por um intrincado conjunto de etapas de digitação, impressão e distribuição.

Neste ponto, Bush descreve o sistema ideal onde o pesquisador falaria diretamente ao meio de armazenamento, sem ter que digitar ou escrever manualmente suas idéias. O autor mostra-se um visionário quando sugere o armazenamento do processo de pesquisa científica no laboratório em meios adequados. Desta forma, as observações, imagens do experimento e comentários ao longo do tempo poderiam ser recuperados para análise e crítica posterior, atuando como poderosa ferramenta de trabalho colaborativo.

No processo de elaboração de um texto, Vannevar Bush discrimina três tipos de pensamentos: o pensamento maduro, para o qual não existe substituto mecânico; o pensamento criativo e o pensamento essencialmente repetitivo que podem, ambos, serem auxiliados por mecanismos poderosos. O autor chama a atenção para o fato de que o pensamento repetitivo não se restringe a problemas aritméticos e estatísticos. Nele, inclui-se a atividade de seleção das informações e do processo a ser usado na manipulação dos dados. De maneira semelhante, a tarefa de seleção aparece freqüentemente associada com o pensamento criativo. Assim é que a seleção apresenta-se como um importante mecanismo passível de automatização.

Para Bush (1945), o problema principal da seleção está na artificialidade dos sistemas de indexação que difere muito da maneira como a mente humana funciona. Para resolver este problema, o pesquisador propõe uma nova forma de indexação baseada na idéia da associação dinâmica de pensamentos. Assim, quando um item é compreendido, ele prende-se instantaneamente ao próximo que é sugerido por associação de pensamentos de acordo com uma complicada rede de trilhas conduzidas pelas células cerebrais. A idéia de Bush é utilizar este modelo de funcionamento da mente humana para desenvolver um processo de seleção mais natural. A este processo de seleção, que pode ser automatizado, foi dado o nome de **indexação associativa**.

Com base em todas estas observações, Vannevar Bush idealizou o MEMEX (*Memory Extender*), uma espécie de biblioteca privada onde um indivíduo pode inserir, consultar e armazenar livros, registros, comentários e comunicados, funcionando como um suplemento para sua memória. Cada elemento armazenado neste

dispositivo possui um rótulo ou índice (*code book*) que permite a recuperação das informações registradas e que estão associadas a este índice. Bush sugere o uso de vários locais de projeção, de modo que um item pode ser visualizado enquanto outro é recuperado. Comentários e observações podem ser registradas diretamente pelo usuário. Para o autor, a principal característica do MEMEX está no processo de criação da ligação (ou associação) persistente entre dois itens que é estabelecida pelo próprio indivíduo.

A mais importante contribuição de Vannevar Bush pode ser resumida na identificação da necessidade de se estabelecer uma estrutura automatizada semelhante ao modo como o pensamento é organizado na mente humana, segundo a teoria associacionista. Conforme mostra o autor, esta ferramenta contribuiria muito para o progresso da Ciência e, conseqüentemente da Humanidade. A partir deste artigo é que pesquisadores como Theodore Holmes Nelson e Douglas Engelbart especificaram meios de suportar as trilhas associativas por computador e analisaram o impacto desta tecnologia no cotidiano das pessoas.

1.1.2 Theodore Holmes Nelson

Atribui-se a Theodore Holmes Nelson a definição dos termos ligação², Hipertexto e Hipermissão. O pesquisador também especificou um sistema de recuperação de informações pessoais e de documentação capaz de crescer e modificar sua organização de maneira clara e simples. O objetivo é auxiliar o homem na escrita de textos em geral.

O Hipertexto e a Hipermissão constituem mídias que estabelecem novas formas de organização e apresentação de idéias suportadas por computador (Nelson, 1965). A diferença reside no fato de que, esta permite estabelecer a ligação entre fragmentos de informações de natureza variada (sons, vídeos e animações, por exemplo). Enquanto o Hipertexto, por sua vez, restringe a ligação apenas entre blocos de textos.

Em (Nelson, 1965) é proposta uma estrutura de dados, uma estrutura de arquivos e uma linguagem que suportem todas as formas de escrita - ficção, filosofia, sermões, notícias e documentos técnicos. O propósito de Nelson era o de criar técnicas para controlar sistemas arquivos pessoais e manuscritos em progresso com uma interface

²*link*

simples. Suas idéias deram origem o projeto de um Sistema Hipermissão conhecido como *Xanadu* compiladas na obra *Literacy Machine*.

O problema de escrever é pouco compreendido até mesmo pelos escritores, como mostra Nelson (1965). Com o objetivo de estabelecer as características desejáveis do novo sistema de arquivos, o autor analisa o que é o processo de escrita. Destaca que a tarefa de escrever é algo que requer a recombinação e o reprocessamento sucessivo. Para o autor, um rascunho desenvolve-se lentamente em meio a processos intelectuais (ponderação, justaposição, comparação, adaptação, transposição e julgamento) e mecânicos (cópia, sobrescrita com marcas de revisão e rearranjo). O conjunto cresce por tentativa e erro no processo de arranjo, comparação e recolhimento. Pelo exame e anotação mental o escritor estabelece muitas versões diferentes (conjuntos ainda fragmentados), fazendo com que a organização do trabalho final tome lugar gradualmente.

Desta maneira, Nelson (1965) aponta que os editores de textos são ferramentas úteis, mas ainda muito aquém das capacidades da organização de arquivos proposta em seu trabalho. Uma vez que estas ferramentas não ajudam o escritor na tarefa de obter o manuscrito final nas etapas de revisões sucessivas e progressivas. Ou seja, os editores de textos não provêm nenhum suporte para o encadeamento de idéias fragmentadas nos rascunhos até chegar-se ao documento completo. Ao final da análise, Nelson sugere que um sistema desta natureza deve satisfazer às seguintes especificações:

1. prover um índice atualizado de seu próprio conteúdo (o *code book* proposto por Bush);
2. aceitar dados de tamanho variável (inclusive comentários);
3. aceitar qualquer formato imposto pelo usuário, isto é, nenhuma relação hierárquica é criada pelo sistema;
4. organizar os textos em qualquer forma e arranjo desejado;
5. permitir a conexão de comentários e explicações às entradas dos arquivos;
6. possibilitar que o usuário modifique o conteúdo dos textos e a maneira como eles são combinados;

7. oferecer facilidades para revisão e reformulação do texto;
8. prover suporte para índice dinâmico, de modo a permitir a criação de novos rascunhos a partir de um mesmo texto com pouco esforço.

As três características mais importantes de um sistema desse tipo são o esboço dinâmico (*dynamic outlining*), a capacidade de sustentar mudanças no volume e na combinação no conteúdo dos blocos e a manutenção de diferentes versões do manuscrito. Nelson (1965) chamou de evolucionária a estrutura de arquivos com estas propriedades. Isto é, que pode ser organizada de várias formas, mudando de um arranjo para outro de acordo com as necessidades do usuário.

Para que o sistema possa ser usado por qualquer pessoas e não apenas o especialista em Computação, Nelson sugere o uso de uma estrutura de dados muito simples que possa ser usada e combinada de muitas maneiras diferentes. Esta estrutura básica de informação foi chamada de listas vigorosas³, sendo composta por entradas (unidade discreta de informação), listas (conjunto ordenado de entradas) e ligações (conector entre duas entradas em diferentes listas).

A estrutura de dados forma um repositório de informações fragmentadas. O sistema de arquivos define um conjunto de operações (criação, ajuste ou remoção) que atuam sobre os elementos básicos da estrutura de dados por meio de uma linguagem apropriada. O resultado é o que Nelson (1965) chama de organização complexa, flexível e indeterminada ajustada aos interesses e necessidades do usuário. É esta organização que provê mecanismos que auxiliam o ser humano na escrita de documento.

Uma característica importante é que as operações são efetuadas pouco a pouco pelo usuário. O foco principal do sistema não é realizar computação sobre o conteúdo das listas, como acontece com a maioria das linguagens de processamento de listas. O mais importante é manter as possíveis combinações dos arquivos. Além disto, o sistema de arquivo possibilita cópias ilimitadas de entradas e listas por meio da técnica de remendo (Nelson, 1965). Variações nas entradas e listas não tomam nenhum espaço, sendo modificações nos dados mais ponteiros para o original. Quando uma versão de uma lista ou entrada é criada, a máquina remenda o original com as mudanças necessárias para fazer a versão modificada.

³ *zippered lists*

A principal contribuição de Theodore Holmes Nelson consiste na definição de termos fundamentais utilizados até os dias de hoje, como ligação, Hipertexto e Hipermissão. Além disto, o pesquisador estabeleceu as bases para o desenvolvimento de sistemas que suportem a estrutura da Hipermissão através da análise minuciosa do processo de escrita. O resultado consiste no estabelecimento de uma estrutura de arquivos absolutamente não hierárquica que serviu de base para muitos Sistemas Hipermissão que vieram posteriormente. Para Nelson, a não-linearidade da Hipermissão encontra-se na ausência de hierarquia e na total flexibilidade dada ao usuário sobre a estrutura criada.

1.1.3 Douglas Engelbart

Em um trabalho de grande profundidade, Engelbart (1962) procura descrever uma estrutura conceitual para aumentar o intelecto humano. Nela, um sistema composto por indivíduos e computadores combinaria suas habilidades de maneira a aumentar a eficiência e a capacidade intelectual do ser humano. A idéia é prover meios para estender⁴ a competência individual com o objetivo de tornar a compreensão de problemas complexos mais eficiente, auxiliar na identificação de fatores significativos e na solução de problemas. Tais meios dividem-se em quatro classes:

1. artefatos para manipulação de símbolos;
2. linguagens para representar o mundo em conceitos e símbolos;
3. metodologias que organizam as atividades na resolução de problemas; e
4. treinamento para aquisição de habilidades dos outros meios.

Na tentativa de estabelecer uma estrutura conceitual para estender o intelecto humano, Douglas Engelbart ultrapassa a simplificação da teoria das associações tal como fez Bush. Em (Engelbart, 1962), o autor preocupa-se em descrever um modelo teórico sobre como o ser humano organiza os pensamentos e ações em um sistema complexo e dinâmico. Trata-se da formação de um ambiente em que as habilidades humanas interagem com métodos e equipamentos poderosos para a manipulação de conceitos e símbolos complexos de maneira automatizada.

⁴ *augmentation means*

Segundo Engelbert (1962), um modelo conceitual desta natureza pode ser aplicado às mais diversas situações que envolvem a resolução de problemas. Com ele é possível identificar os fatores importantes do sistema, seus relacionamentos, as mudanças que podem ser realizadas para melhorar o desempenho e o tipo de objetivos e metodologias que parecem mais promissores para resolver um determinado problema. A preocupação do pesquisador é a de estabelecer esta estrutura conceitual dentro da qual programas de desenvolvimento e de pesquisas tornem-se mais efetivas. Uma característica importante da estrutura conceitual é o seu dinamismo, de modo que a estrutura evolui na medida em que avançam a tecnologia e o entendimento do ser humano.

O pesquisador mostra que a inteligência humana pode ser ampliada e, para tanto, faz uma análise de como os indivíduos atingem o nível de eficiência na resolução de problemas. Uma das primeiras conclusões a que chegou foi a de que, na cultura ocidental, o ser humano aplica meios para organizar pequenas coisas que podem ser feitas com nossas capacidades básicas. Desse modo, é possível derivar a compreensão de situações realmente complexas e desenvolver processos para derivar e implementar a solução do problema.

Assim, um sistema capaz de aumentar o intelecto humano pode ser visto como um indivíduo treinado juntamente com os artefatos, linguagens e metodologias utilizados (Engelbart, 1962). O treinamento impõe uma organização na maneira de resolver um problema ou adquirir uma habilidade complexa específica com o auxílio de artefatos, em especial dos computadores. Os artefatos, linguagens e metodologias formam uma hierarquia de processos. Esta hierarquia é capaz de quebrar problemas grandes de tal modo que o indivíduo possa caminhar através dele em pequenos passos. As funções do sistema são extraídas da hierarquia de repertório formada pelos materiais com os quais trabalhamos. Os materiais representam as habilidades no domínio humano e/ou de artefatos pelos quais todas as outras habilidades na hierarquia de repertório devem ser construídas. Engelbart chama o sistema genérico com estas características pelo nome de H-LAM/T⁵.

Em (Engelbart, 1968), o pesquisador desenvolve princípios e técnicas empíricas no projeto de um sistema mais específico denominado NLS (*on-line system*). Ele foi desenvolvido para apoiar tarefas relacionadas com o desenvolvimento evolucionário

⁵ *Human using Language, Artifacts and Methodology in which he is Trained*

de sistemas complexos de *hardware* e *software*.

O NLS é baseado em características da estrutura conceitual do H-LAM/T. Nele, as informações de trabalho são armazenadas em arquivos fortemente estruturados em sua organização interna, que é determinada pelo usuário. A hierarquia dos arquivos é composta de declarações⁶ identificadas por códigos indicando a localização serial e o nível da declaração em um rascunho do texto. Para fixar uma ligação e uma declaração A para outra declaração B, pode ser utilizada tanto uma referência ao código de identificação de B quanto o nome de B. Para o autor, a capacidade de estabelecer ligações por referência ou por nome em uma forma hierárquica básica produz uma estrutura geral altamente flexível. O sistema oferece também um conjunto de operações para editar, examinar, recuperar e visualizar o conteúdo dos arquivos.

Douglas Engelbart contribui de maneira significativa para o trabalho colaborativo fornecendo um modelo conceitual para estender o intelecto humano. O NLS representa a concretização deste modelo em um sistema computadorizado para tornar o trabalho de desenvolvimento de *softwares* mais efetivo e eficiente. No entanto, sua visão de não linearidade reside em uma estrutura de fragmentos de informações relacionadas entre si de maneira hierárquica conforme o desejo do usuário. Esta é, sem dúvida alguma, uma consequência do modelo conceitual que estabelece uma hierarquia de processos na resolução de problemas.

1.1.4 Considerações Finais

Como se pode notar, a Hipermissão oferece meios para auxiliar o ser humano a organizar, comunicar e registrar seu pensamento de maneira mais natural e intuitiva. Esta tecnologia abre novas perspectivas em diversas atividades intelectuais e criativas, tais como o trabalho colaborativo, o compartilhamento e desenvolvimento de idéias, o controle de versão, a elaboração de documentos variados, o aprendizado, e a recuperação e organização de conceitos. Trata-se, portanto, de uma ferramenta bastante poderosa para apoiar a comunicação e o pensamento humano.

As idéias de Bush, Nelson e Engelbart influenciaram muitos pesquisadores e deram origem a diversos estudos e sistemas para suportar a estrutura Hipermissão. O

⁶ *statements*

potencial para aplicação como ferramenta de apoio em atividades cognitivas despertou o interesse no desenvolvimento de diversos Sistemas Hipermissão com características e termos diferentes. Por esta razão é que a próxima Seção descreve a essência da Hipermissão, isto é, os aspectos básicos que compõe a maioria dos Sistemas Hipermissão em diferentes aspectos.

1.2 Essência da Hipermissão

Em geral, os sistemas computadorizados oferecem, além da capacidade de processamento de informações, uma estrutura de acesso linear e hierárquica expressa por arquivos e diretórios. No entanto, como pode ser visto na Seção 1.1, existe uma série de aplicações que envolvem a comunicação e o pensamento que não pode ser representada e, nem tampouco, acessadas de maneira linear. Para suportar este tipo de aplicações, é necessária uma organização muito mais rica e complexa, caracterizada pela não-linearidade.

1.2.1 Aspectos da Hipermissão

O estudo da Hipermissão é permeado de dificuldades. Isto acontece porque cada pesquisador interpreta a estrutura Hipermissão em relação a natureza e ao uso que se faz do sistema que se pretende implementar. Em (Halasz, 1987), o autor entende por Hipermissão todo sistema de gerenciamento e representação de dados que organiza as informações em redes de nós interconectados por ligações. Desta maneira, para efeitos de análise, o espaço dos Sistemas Hipermissão pode ser compreendido em três dimensões:

1. escopo - a diferença entre os sistemas reside no tamanho da base de informações e da população de usuário que irá acessar esse espaço;
2. navegação x autoria - quando o objetivo principal é a navegação, o espaço de informação pode ser amplamente explorado por um número variado de usuários por meio de ferramentas de apresentação de informações e navegação exploratória bem desenvolvidas. Nos sistemas em que o foco é a autoria, as ferramentas mais bem desenvolvidas são aquelas que ajudam o usuário a criar e modificar a rede de nós e ligações;

3. domínio das tarefas - é importante considerar que a especificação dos requisitos necessários para suportar uma ou mais tarefas específicas determina muitas das características e capacidades de um Sistema Hipermissão.

Assim é que, desde o surgimento do conceito de Hipermissão, diversos sistemas baseados em computador foram propostos e implementados de modo a suportar essa forma de organização e apresentação de informações. Entretanto, as características e os termos utilizados pelos pesquisadores para descrever estes sistemas variam consideravelmente, dificultando sua classificação em categorias bem específicas, como mostra (Conklin, 1987). Isto acontece, segundo o autor, devido às decisões de projeto no desenvolvimento de Sistemas Hipermissão referentes a aspectos como a natureza da aplicação, a implementação da estrutura e a ênfase dada ao banco de dados ou à interface com o usuário. De modo geral, pode-se dizer que todo mecanismo suportado por máquina que permite a referência direta de um fragmento de informação para outro é classificado como Hipermissão. Para facilitar a compreensão, Jeffrey Conklin define o termo descrevendo os sistemas que sustentam a estrutura não-linear. Em geral, estes sistemas são formados por janelas associadas a objetos no banco de dados e ligações entre esses objetos representadas visualmente na forma de ícones e internamente na forma de apontadores.

Outras dificuldades no estudo e classificação dos Sistemas Hipermissão reside no fato de que muitas de suas características são comuns a diversas outras aplicações da Computação (Conklin, 1987). O autor cita as características compartilhadas entre os Sistemas Hipermissão e os Sistemas Baseados em Janela, o Correio Eletrônico, as aplicações de Bancos de Dados e a Teleconferência, por exemplo. Apesar das diferenças e das dificuldades em caracterizá-los com precisão, há dois aspectos essenciais na estrutura básica de qualquer Sistema Hipermissão: os nós⁷ e as ligações⁸. Além disto, o autor observa que todo Sistema Hipermissão possui:

1. um banco de dados de informações não-lineares;
2. um filtro de visão, que seleciona informações do banco de dados; e
3. janelas que estruturam a exibição destas informações no terminal.

⁷os nós são fragmentos de informações

⁸as ligações representam conexões ou relações existentes entre os nós

A Figura 1.1 mostra três bancos de dados distintos armazenando, cada um deles, uma rede de nós interligados. Em Hipermissão, cada banco de dados sobre um determinado domínio recebe o nome de Aplicação Hipermissão ou Hiperdocumento. Os nós podem ser apresentados para os usuários através de filtros de visão que estruturam as informações em janelas. Um Sistema Hipermissão pode abrigar, então, vários Hiperdocumentos diferentes ao mesmo tempo.

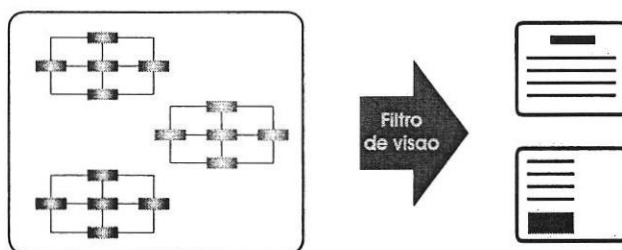


Figura 1.1: Visualização de nós hipermissão.

Todo Sistema Hipermissão pode ser utilizado de duas formas distintas e complementares ao mesmo tempo. Como ferramenta de autoria, o indivíduo pode criar a Aplicação Hipermissão inserindo os nós e as ligações entre eles. Ao passo que, empregada como ferramenta de navegação, o sistema oferece uma interface simples por meio de janelas que possibilitam ao usuário recuperar facilmente as informações armazenadas. É interessante notar que a mesma interface oferece acesso ao banco de dados. O que difere é o tipo de acesso que determina a maneira como a informação é apresentada para o usuário. Isto é feito por meio dos filtros de visão.

Ao identificar na estrutura e na funcionalidade de nós e ligações a essência da Hipermissão, Conklin (1987) apreende as vantagens e desvantagens inerentes à sua utilização. Desta forma, o pesquisador aponta dois problemas intrínsecos à Hipermissão: a desorientação no hiperespaço e a sobrecarga cognitiva adicional referente ao uso do sistema. Isto significa que qualquer Sistema de Hipermissão apresentará, potencialmente, estes problemas. Por esta razão é que tanto a desorientação quanto a sobrecarga cognitiva têm sido objeto de estudo e pesquisa. Sendo que a Hipermissão Adaptativa apresenta-se como uma possível solução para estes problemas.

Pelo fato da Hipermissão caracterizar-se pela não-linearidade, inúmeros mecanismos desta natureza podem ser imaginados. Desde dispositivos manuais como os

cartões de fichamento, passando pelo dicionário ou a enciclopédia até chegar nos sistemas suportados por computador. Em se tratando destes últimos, podem ser classificados quanto à sua aplicação como sendo: macro literatura, ferramenta de exploração de problema, navegação estruturada e uso geral. Para maiores detalhes a este respeito, consulte (Conklin, 1987).

Como se pode notar, a tentativa de descrever a Hipermissão como uma forma de documento contendo janelas de conteúdo de alta velocidade e ligações entre os fragmentos de informações processado por máquina é incompleta. O verdadeiro poder da Hipermissão reside na possibilidade de criar um documento, de modo que o autor é encorajado a estabelecer uma estrutura multidimensional e o leitor toma suas próprias decisões sobre quais ligações seguir e em que ordem. Isto só é possível com a capacidade de ligação suportada automaticamente. As janelas de alta velocidade são necessárias para prover transparência ao seguir as ligações.

Além disto, para certas aplicações em que a Hipermissão é usada como uma ferramenta de apoio ao pensamento e à escrita, existe uma forte relação entre os nós da base de dados com os objetos do mundo real. De modo que a Hipermissão pode ser usada para construir redes flexíveis que modelem o problema ou a sua solução. Por isto, Conklin (1987) conclui que a Hipermissão pode ser útil como um método de banco de dados diferente das consultas tradicionais, como um esquema de representação como em um tipo de rede semântica e uma modalidade de interface em que os controles podem ser embutidos no conteúdo.

Assim como Jeffrey Conklin identificou os problemas inerentes da Hipermissão, Halasz (1987) estabeleceu sete características principais para o desenvolvimento de uma nova geração de Sistemas Hipermissão. Para tanto, o autor analisou as deficiências do sistema NoteCards e as estruturas que podem ser usadas para corrigi-las. Resumidamente, Halasz aponta para uma nova geração de Sistemas Hipermissão caracterizada por mecanismos de suporte à busca e consulta, nós compostos, estruturas virtuais, motores computacionais, controle de versão, trabalho colaborativo e personalização. Atualmente, muitas destas características são bastante comuns na WWW.

1.2.2 Modelos de Dados para Hiperímia

É importante observar que cada implementação que suporta a estrutura Hiperímia estabelece uma arquitetura específica que revela um modelo subjacente para as abstrações mais significativas. Com o objetivo de prover um modelo genérico e flexível para o armazenamento de baixo nível, Campbell & Goodman (1987) apresentam uma máquina hipertexto abstrata baseada em transações denominada HAM (*Hypertext Abstract Model*). Diversas estruturas Hiperímia podem ser modeladas e construídas usando o modelo de armazenamento HAM que aparece na Figura 1.2.

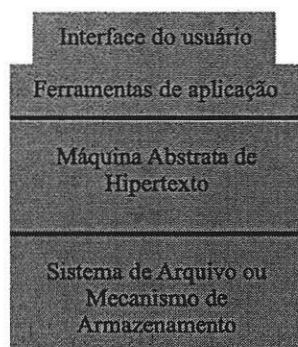


Figura 1.2: Máquina abstrata de hipertexto (Campbell & Goodman, 1988).

Os autores sugerem uma arquitetura para o desenvolvimento de Sistemas Hiperímia fortemente baseada em um modelo de armazenamento. Nela, a máquina abstrata utiliza o sistema de arquivos do servidor para prover acesso multiusuário baseado em transações em um ambiente de rede. Há um histórico de cada objeto armazenado, a possibilidade de acesso seletivo por meio de mecanismos de filtragem e restrições no acesso com mecanismos de segurança. Ferramentas de aplicação provêm a comunicação do sistema com o mundo através de uma interface de usuário comum. A principal contribuição de (Campbell & Goodman, 1987) consiste em estabelecer uma tentativa inicial de separar claramente o armazenamento, os mecanismos de acesso e controle das informações, a aplicação que utiliza estes mecanismos e a interface que permite ao usuário acessar a estrutura de maneira geral.

O modelo Dexter, por sua vez, foi proposto para facilitar a comparação e desenvolver padrões na terminologia, no intercâmbio e na interoperabilidade entre diferentes Sistemas Hiperímia (Halasz & Schwartz, 1990). É um modelo de referência

dividido em três camadas para o desenvolvimento de Sistemas Hipermídia, como mostra a Figura 1.3. A camada de componentes abrange o conteúdo e a estrutura de dados usada para representá-lo. A camada de armazenamento descreve a rede formada pela conexão entre os componentes. Os mecanismos para sustentar a interação de usuários com o sistema é suportado pela camada de tempo de execução. Duas interfaces da camada de armazenamento completam o modelo. A primeira delas oferece mecanismos de ancoramento que referenciam itens ou localizações dentro do conteúdo ou de componentes individuais. A outra interface possui mecanismos de especificação da apresentação contidas nas camadas de armazenamento para determinar como informação deve ser apresentada para o usuário.



Figura 1.3: Modelo de referência Dexter.

Em (Halasz & Schwartz, 1990), os autores procuraram estabelecer uma terminologia padrão que tivesse a capacidade de capturar as abstrações comuns entre os diferentes Sistemas Hipermídia. Neste trabalho são definidos, por exemplo, termos como **componentes** em referência aos nós da estrutura Hipermídia e **âncora** que é uma entidade de endereçamento indireto que estabelece o ponto de ligação entre dois componentes.

A compreensão dos modelos de dados para Sistemas Hipermídia como HAM e Dexter ajuda a projetar e entender este tipo de mecanismo. No entanto, Isakowitz et al. (1995) mostram que estes modelos não são úteis no projeto de Hiperdocumentos. O desenvolvimento de Aplicações Hipermídia envolve a captura e a organização da estrutura de um domínio complexo tornando-o claro e acessível aos usuários. Desta forma, a descrição da arquitetura de um Sistema Hipermídia é bastante diferente da modelagem do domínio de uma Aplicação Hipermídia.

Para tanto, (Isakowitz et al., 1995) descreve uma metodologia e um modelo de dados para o projeto e o desenvolvimento de Aplicações Hipermissão. A metodologia RMM⁹ desenvolve-se dentro do contexto de um ciclo de desenvolvimento de *software*. A aplicaçaõ do modelo de dados RMDM¹⁰ é feita em 3 passos: projeto E-R, projeto de *slices* e projeto navegacional. Diversos outros modelos de dados foram propostos para o desenvolvimento de Aplicações Hipermissão, como HDM (Schwabe et al., 1993) e OOHDM (Schwabe et al., 1996).

Em geral, os modelos de dados para aplicações de Hipermissão estática deixam para o autor a responsabilidade pela definição da estrutura de acesso às informações. Assim, certas ligações que poderiam ser interessantes e significativas para a compreensão de todo o conteúdo podem não ser consideradas pelo autor. Isto acontece porque cada indivíduo estabelece um modelo mental próprio a respeito das informações contidas em cada nó (De Bra et al., 1999b). Assim, em tese, o autor deveria prover tantas ligações quanto possível para que cada usuário pudesse formar um modelo mental que lhe fosse mais apropriado. Esta abordagem, no entanto, tem como conseqüências o agravamento da desorientação do usuário no espaço de navegação, além de comprometer o entendimento do conteúdo.

Estudos referenciados em (Mullier & Dixon, 2000) indicam que o ser humano normalmente não é bom para escrever materiais de maneira não-linear. Assim, o Hiperdocumento tende a tornar-se linear e não modelar a verdadeira estrutura semântica do domínio. Desta forma, os autores sugerem que as Aplicações Hipermissão sejam construídas tal como as Redes Semânticas, forçando o autor do domínio a considerar a sua estrutura. Para tanto, os autores definem um processo para modelar domínios de Aplicações Hipermissão envolvendo os seguintes passos: a criação de uma rede semântica, a formação de um domínio Hipermissão sobre a rede semântica e a criação de nós tutoriais conectados à estrutura. Observa-se que, em geral, nenhum dos passos acima costuma ser empregado no processo de autoria. A forma de projetar Aplicações Hipermissão com a abordagem semântica encoraja o autor a organizar o domínio de modo mais lógico. Com isto, abrem-se novas possibilidades para que o sistema deduza automaticamente outras possíveis ligações.

⁹Relationship Managment Methodology

¹⁰Relationship Managment Data Model

1.2.3 A World Wide Web

Segundo (Guelich et al., 2001), a Internet é muito mais um padrão de comunicação do que uma rede propriamente dita. Ela herda o protocolo TCP/IP e uma série de serviços desenvolvidos durante o período de existência da ARPAnet¹¹. Em 1989, Tim Berners-Lee desenvolve o HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) - um protocolo em nível de aplicação baseado no TCP/IP - e uma aplicação ao qual denominou navegador¹². O objetivo é permitir a comunicação hipertexto distribuída utilizando a Internet (CERN).

Dois requisitos principais chamam a atenção no HTTP: a possibilidade de utilizá-lo para acessar outros serviços da Internet e o acesso às informações existentes sem a necessidade de convertê-las. Estas características, aliadas ao desenvolvimento de um navegador com interface gráfica - o Mosaic - foram os responsáveis pela grande explosão do serviço da *World Wide Web*, a ponto de usuários leigos confundirem-na com a própria Internet (Guelich et al., 2001).

Com a formação do W3C¹³ novos recursos são acrescentados à WWW. A apresentação ganha maior expressividade com as folhas de estilo. A linguagem XML¹⁴ aumenta o poder de representação e processamento de documentos. Diversas extensões podem ser realizadas no protocolo HTTP para suportar características específicas e avançadas, como o controle de concorrência oferecido pelo WebDAV para permitir que vários usuários modifiquem e gerenciem arquivos de maneira colaborativa.

As particularidades da WWW obriga a criação ou a adaptação de modelos de dados tradicionais. Assim é que foram propostos o AHAM (De Bra et al., 1999), o OOHDMML (Schwabe et al., 1996), o WebML (Bongio et al., 2000), entre outros. Surgem novas terminologias - página, no lugar de nó - enquanto outras foram reaproveitadas - âncora do modelo Dexter, por exemplo. A *World Wide Web* representa a nova geração no desenvolvimento da Hipermissão, na medida em que as

¹¹uma rede heterogênea mantida pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, que integrava outras redes e computadores por meios da padronização de protocolos e serviços para o compartilhamento e troca de informações

¹²*browser*

¹³*World Wide Web Consortium* - um consórcio de empresas, profissionais e pesquisadores para o desenvolvimento da *Web*

¹⁴*Extensible Markup Language* - Linguagem de Marcação Extensível

limitações dos Sistemas Hipermissias identificadas em (Halasz, 1988) têm sido amplamente pesquisadas no ambiente WWW, dentre os quais podem ser citados:

1. mecanismos de busca e consulta;
2. possibilidade de realizar computação sobre a rede Hipermissão;
3. suporte ao trabalho colaborativo; e
4. extensibilidade ou personalização.

A linguagem HTML¹⁵ restringe a estruturação e a apresentação de informações Hipermissão. Por meio dela, o autor de Aplicações Hipermissão baseadas na WWW insere elementos¹⁶ dentro do conteúdo de texto para indicar, ao mesmo tempo, a maneira como devem ser estruturado e apresentado para o usuário. Além disto, pode-se também definir os pontos de ligação de um conteúdo para outras páginas, estabelecendo uma conexão entre elas. As páginas armazenadas no servidor HTTP atuam, ao mesmo tempo, como camada de componente e como interface de especificação da apresentação e de ancoramento descritas no modelo de referência Dexter.

O protocolo HTTP estabelece padrões para o intercâmbio de documentos em ambiente distribuído. Devido às suas características, a *World Wide Web* estabelece uma arquitetura flexível e variada formada por clientes, representada pelos aplicativos que estruturam a apresentação das informações; e servidores que armazenam as informações em unidades denominadas páginas. Sob este aspecto, a WWW assemelha-se ao modelo HAM, de modo que o servidor *Web* é o mecanismo que oferece acesso as informação armazenadas no sistema de arquivos original. Os clientes, por sua vez são os navegadores que oferecem uma interface simples para o usuário visualizar e navegar pelo espaço de informação.

Desta maneira, a plataforma WWW estabelece um ambiente Hipermissão altamente distribuído. Como é um serviço da Internet, a *World Wide Web* pode, ainda, atingir um número considerável de usuários em todo o mundo. Por isto ela é considerada a plataforma padrão para o desenvolvimento e o teste de Aplicações Hipermissão em campos como a Recuperação de Informação (RI) e a Filtragem de Informação (FI), como mostra (Brusilovsky, 2001).

¹⁵ *Hypertext Markup Language* – Linguagem de Marcação Hipertexto

¹⁶ *tags*

1.2.4 Considerações Finais

Esta Seção apresenta uma análise da estrutura da Hipermissão sob diversos pontos-de-vista. Foram abordados alguns aspectos tanto de implementação em termos de nós e ligações, quanto de modelos de dados para aplicações e sistemas de Hipermissão. Duas dimensões de uso foram exploradas: a autoria e a navegação. Além disto, foram abordado temas relacionados com o principal ambiente Hipermissão pesquisado atualmente: a *World Wide Web*.

A identificação das características e dos aspectos mais importantes da Hipermissão ajuda a estabelecer diretrizes para o estudo e a pesquisa nesta área. Assim, a Hipermissão Adaptativa não faz mais do que utilizar a estrutura de nós e ligações associada a técnicas de Inteligência Artificial para prover adaptações automáticas. A próxima Seção aborda a Hipermissão Adaptativa de uma maneira geral para que se compreenda o que pode ser feito com ela e qual sua finalidade.

1.3 A Hipermissão Adaptativa

Pelo que foi exposto até o momento, sabe-se que a Hipermissão pode ser classificada sob diversos aspectos. Considerando-se a interface de apresentação do conteúdo do banco de dados não linear, podemos incluí-la na categoria genérica dos sistemas interativos. Ou seja, são aqueles programas de computadores que reagem à interação com o usuário por meio de diálogos ao longo da sua utilização. Em situação contrária, tem-se os sistemas não interativos que são os *softwares* que executam sem nenhuma interferência do usuário. A Figura 1.4 mostra a classificação dos sistemas de *software* com relação à interação com os usuários.

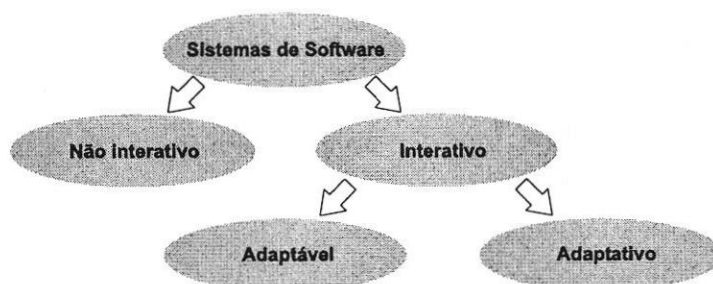


Figura 1.4: Classificação dos sistemas interativos.

No estudo dos Sistemas Interativos, (Kobsa, 1993) discrimina aqueles que permitem, de alguma maneira, o ajuste de certas características para os interesses ou preferências de cada usuário. A esta capacidade de configurar um sistema para os indivíduos, dá-se o nome de personalização ou adaptação. Quando o controle da personalização parte do usuário, tem-se os Sistemas Interativos Adaptáveis. Nos Sistemas Interativos Adaptativo, por sua vez, a iniciativa da personalização parte do sistema. Neste caso, dois aspectos devem ser considerados: a identificação da necessidade de adaptação e a realização da adaptação (Kobsa, 1993). Conduzindo este raciocínio para o ambiente Hipermissão, (De Bra, 1999) classifica os Sistemas Hipermissão capazes de realizar adaptações como sendo de três tipos:

1. adaptável, quando o usuário estabelece o perfil da Aplicação Hipermissão através de um diálogo ou questionário sobre as preferências de apresentação (cores, tipos de mídia e fonte, por exemplo) e experiências anteriores (qualificação, conceitos conhecidos, entre outros);
2. adaptativo, quando o sistema acompanha e registra o comportamento interativo do usuário com o objetivo de deduzir suas preferências e conhecimentos para personalizar o conteúdo e/ou ligações; e
3. dinâmico, onde o comportamento do usuário é monitorado e armazenado como na Hipermissão Adaptativa, mas ao invés de modificar conteúdos e ligações predefinidas o sistema gera uma apresentação a partir de unidade de informações atômicas.

1.3.1 Adaptação em Hipermissão

A Hipermissão estática tradicional, considerado como um Sistema Interativo, não faz mais do que apresentar o mesmo conteúdo de nós e conjunto de ligações para todos os usuários. Não considera, portanto, nem as características individuais e nem o caminho percorrido até o nó corrente, como observam (Calvi & De Bra, 1998), (De Bra et al., 2000) e (Brusilovsky, 2001). Quando o conteúdo dos nós é sempre o mesmo, as informações ou são redundantes ou não podem ser totalmente compreendidas porque não há nenhuma garantia de que o usuário tenha acessado um conteúdo que seja prévio e necessário.

A abordagem tradicional para a produção de Aplicações Hipermissão assume que o autor cria caminhos bem definidos para que os usuários possam navegar, estabelecendo um mapa conceitual sobre um determinado domínio. Neste processo, (Isakovitz, 1993) sugere que apenas as ligações mais significativas sejam consideradas. Os autores de Aplicações Hipermissão, segundo (Bodner & Chignell, 2000), não são capazes de antecipar todos os caminhos para cada indivíduo. Estabelecer ligações entre todos os nós é impraticável para domínios complexos, levando o usuário (e o autor) facilmente à condição de perdido no hiperespaço. Assim, os usuários são obrigados a navegar por trilhas pré-estabelecidas e a entender o modelo mental do autor. Portanto, caminhos de navegação que não foram previstos diminuem a compreensão do domínio. Isto acontece porque o autor faz uma suposição sobre os conhecimentos prévios do usuário quando um nó específico é acessado (De Bra et al., 2000).

A ajuda navegacional em Aplicações Hipermissão estáticas através de mapas também é limitada. Um Sistema Hipermissão tradicional não registra informações necessárias para a identificação das partes da estrutura de ligações que são mais importantes para o usuário. Conhecimentos sobre o domínio, o usuário e a interação com o sistema podem ser usadas para filtrar ou recomendar as ligações mais significativas (De Bra et al., 2000).

Desta maneira, a capacidade de adaptação em um ambiente Hipermissão é necessária por dois motivos principais, como aponta (Brusilovsky, 1996a, 1996b). Primeiro, para atender a uma grande variedade de usuários com objetivos, interesses, preferências, experiências e conhecimentos distintos sobre o assunto coberto pelo sistema. Segundo, para proteger usuários do problema de perder-se no hiperespaço, restringindo-o por meio da sugestão das ligações mais significativas.

Segundo (Brusilovsky, 2001), as pesquisas em Hipermissão Adaptativa (HA) começaram no início de 1990. Os primeiros estudos compartilhavam duas áreas principais: a Hipermissão e a Inteligência Artificial. Trabalhos independentes procuravam explorar diferentes maneiras de personalizar a saída e o comportamento de Sistemas Hipermissão à usuários individuais. A partir de 1996, Peter Brusilovsky observa que o aumento de interesse no uso da WWW como plataforma para o desenvolvimento de Hiperdocumentos adaptativos deve-se, especialmente, pela diversidade de usuários que podem acessá-lo. Para tanto, sugere o uso do termo Web Adaptativa para

designar as Aplicações de Hipermissão Adaptativas baseados na *World Wide Web*.

1.3.2 Aplicações de Hipermissão Adaptativa

A definição de Sistema Hipermissão Adaptativo (SHA) aparece em vários autores com diferenças sutis entre elas. Para (Brusilovsky, 1996a, 1996b), é todo o Sistema Hipermissão que reflete características do usuário para adaptar conteúdos e ligações. Uma definição ligeiramente mais abrangente aparece em (Kobsa et al., 1999): é todo Sistema Hipermissão que reflete características do usuário, de uso e do ambiente para personalizar conteúdo, ligações e/ou apresentação de objetos Hipermissão. Como se pode ver, a Hipermissão Adaptativa é capaz de manter a liberdade de navegação ao mesmo tempo em que se beneficia com o conhecimento de diversas fontes para gerar adaptações automáticas. O processo de adaptação Hipermissão automática acontece por meio de decisões de um motor inteligente que utiliza modelos de conjunto de características específicas e significativas de usuários, de uso e de ambiente.

Analisando uma série de Aplicações de HA existentes, (Brusilovsky, 1996a, 1996b) identifica cinco áreas principais em que a Hipermissão Adaptativa pode ser aplicada:

1. sistemas hipermissão educacionais;
2. sistemas de informações on-line;
3. sistemas de ajuda *on-line*;
4. recuperação de informações hipermissão; e
5. visões personalizadas.

Como mostra (Brusilovsky, 2001), as áreas mais populares de pesquisa em HA são a área educacional e os sistemas de informações *on-line*. Em seguida, aparecem os sistemas de ajuda *on-line* e recuperação de informações Hipermissão. O interesse pela Hipermissão educacional deve-se, principalmente, ao desenvolvimento da educação a distância. A escolha da *Web* como plataforma deve-se, segundo o autor, pelo sucesso e longa vida dos primeiros sistemas que tem sido atualizados com novas técnicas e usados em estudos experimentais. A Hipermissão – em especial a WWW – tem

influenciado significativamente diversos campos de pesquisa, tal como a Recuperação de Informações (RI). O principal desafio está em prover suporte para os usuários em espaços fechados ou abertos que seja orientada a navegação ou que gerencie visões personalizadas do espaço de navegação.

Segundo (Brusilovsky, 2001), os motores adaptativos internos dos diferentes Sistemas Hipermissão de RI são razoavelmente semelhantes. O autor destaca que os serviços de informações baseados na WWW, como os assistentes de navegação, assistentes de busca e mecanismos de filtragem ilustram bem este fato. Com a tecnologia de agentes sobre comunidades de usuários e conjuntos de documentos é possível prover suporte de vários tipos aplicando tecnologias baseada em conteúdo e baseada em clique. Assim, serviços de informações podem prover potencialmente todos os tipos conhecidos de sistemas de RI de busca de um lado ao gerenciamento de visões personalizadas de outro.

Inúmeras aplicações baseadas na *Web* para facilitar a busca, a recuperação e a sugestão de ligações relevantes podem ser consideradas como pertencentes à categoria da Hipermissão Adaptativa. De fato, muitas das técnicas de Filtragem de Informação (FI), Sistema Tutore Inteligente (STI) e Sistema de Recomendação (SR), além da RI, cooperam para o desenvolvimento da HA de uma maneira geral. As diferenças entre as aplicações é muitas das vezes mais superficial e aparente do que se pode imaginar. Enquanto alguns utilizam uma abordagem simbólica, outros adotam métodos probabilísticos ou conexionistas. Muitos pesquisadores afirmam que bons resultados podem ser obtidos combinando-se técnicas aparentemente contraditórias em sistemas híbridos. Na realidade, já existem algumas aplicações que utilizam esta última abordagem.

1.3.3 Arquiteturas para Hipermissão Adaptativa

A produção de adaptações automáticas em ambiente Hipermissão incrementa a complexidade no desenvolvimento de sistemas e aplicações. Portanto, é importante que se estabeleçam modelos de dados específicos que suportem a adaptação em Hipermissão. Em (Brusilovsky, 1996b), surge a primeira tentativa de se especificar uma estrutura interna genérica para SHA. O autor identifica quatro características mais comuns e importantes que aparecem nos primeiros SHAs:

1. são formados por um conjunto de conceitos;
2. os conceitos são ligados formando uma rede – o modelo do domínio coberto pelo sistema – que pode ser de nível 1 (conceitos independentes), nível 2 (rede semântica) ou nível 3 (baseado em *frames*);
3. cada conceito pode ter uma ou mais páginas de representação externa; uma página pode corresponder a diferentes conceitos; ou cada página pode realmente corresponder a um único conceito; e
4. utilizam modelo de usuários para registrar, manter e atualizar informações sobre usuários, uso e ambiente para as quais serão realizadas as adaptações.

Com o objetivo de facilitar o desenvolvimento de Sistemas Hipermissão Adaptativos, De Bra et al. (1999b) desenvolveram um modelo de referência baseado no Dexter denominado AHAM (*Adaptive Hypermedia Application Model*). Para (Wu, 2001), a utilização do modelo de referência AHAM ajuda em atividades como escolher adaptações úteis e utilizáveis, separar conceitos, tornar o sistema mais flexível, entender e comparar SHAs. O AHAM aprimora e adequa o modelo de referência Dexter para a WWW com a capacidade de realizar adaptações baseadas em um modelo de usuário persistente ao longo da sessão. A personalização ocorre no modelo AHAM através de três modelos (De Bra et al., 1999a, 1999b, 2000):

1. modelo de domínio: descreve como as informações são estruturadas e ligadas. Corresponde a camada de armazenamento do modelo Dexter;
2. modelo de usuário: descreve quais informações sobre os usuários um Sistema Hipermissão Adaptativo deve manter armazenado; e
3. modelo de adaptação: formado por regras adaptativas que definem como o modelo de domínio e o modelo do usuário são combinados para prover de adaptação em diferentes estágios.

O domínio pode ser descrito em três níveis diferentes: conceitos e relacionamento de conceitos, unidades de apresentação (páginas *Web*) e unidades atômicas ou fragmentos. Além disto, o modelo AHAM oferece um formalismo que permite autores escreverem regras de adaptação sobre conceitos. O motor adaptativo usa regras para

gerar especificações de apresentação além de atualizar o modelo do usuário depois de cada evento. Pode facilmente ser implementado como um *script* CGI ou um *servlet*. As tarefas realizadas pelo motor adaptativo, quando um usuário segue uma ligação, são detalhadas em (De Bra et al., 1999b, 2000).

Outros modelos e arquiteturas foram propostos para o desenvolvimento de aplicações de HA. Entre eles: XAHM para aplicações baseadas em XML (Cannataro & Pugliese, 2001), ACE (Oppermann & Specht, 1998) e KBS *Hyperbook System* (Henze & Nejd, 2000) baseado em Sistemas Hipermissão abertos. Na prática, as aplicações costumam aparecer antes fornecendo uma estrutura subjacente que origina um possível modelo de referência ou arquitetura de sistema.

O problema com o modelo de dados para Sistema Hipermissão Adaptativos baseado em conhecimento — tal qual o AHAM — é a sua especificidade para cada domínio. Ou seja, assumem um modelo de usuário baseado em características dependentes do domínio (Brusilovsky, 1996b, 2001). Desta maneira, para cada Aplicação Hipermissão sobre um novo domínio, um sistema completo deve ser produzido. Para resolver estes problemas, diversos autores propõe um sistema híbrido e genérico para a HA unindo a representação baseada em conhecimento com técnicas mais avançadas e diferenciadas de Inteligência Artificial. A idéia é baseada em uma arquitetura Hipermissão de nós e ligações com um módulo inteligente embutido que usa um modelo do nível de experiência atual do usuário para facilitar a navegação.

A maneira como o domínio é estruturado afeta tanto o processo de autoria quanto de navegação como mostram (Mullier, 1995, 1999), (Mullier et al., 1999), (Mullier & Dixon, 2000). Por isto, os autores sugerem que os domínios sejam organizados em uma rede Hipermissão usando ligações semânticas — a Hipermissão Semântica. O sistema restringe a navegação de usuários inexperientes às ligações estabelecidas pelos autores ao mesmo tempo em que permite aos indivíduos mais avançados navegarem livremente pela estrutura do domínio. Para garantir um modelo de usuário independente do domínio, (Mullier 1995, 1996, 1999, 2000) e (Mullier et al., 1997, 1999) sugerem o uso de Redes Neurais para extração de informações como as estratégias de navegação e a habilidade de responder questões.

1.3.4 Considerações Finais

Diversos métodos, técnicas e ferramentas tem sido pesquisados e desenvolvidos para a Hipermissão Adaptativa. Alguns focalizam a arquitetura e o motor adaptativo, enquanto outros concentram-se na modelagem de domínios e aplicações de HA.

Um método denominado AHDM (*Adaptive Hypermedia Design Method*) proposto em (Alatalo & Peräaho, 2001) oferece auxílio para a modelagem Hipermissão Adaptativa que integra a Modelagem de Usuário no processo. Para (Koch & Wirsing, 2001), abordagens de Engenharia de Software orientado a objetos não são suficientes para suportar o processo de desenvolvimento de SHAs. Tais metodologias não cobrem aspectos importantes para personalização de conteúdos e ligações e modelagem de usuários. Portanto, os autores sugerem uma abordagem baseada na UML que foi modificada para suportar aplicações adaptativas. A esta metodologia, os autores deram o nome de UWE (*UML-based Web Engineering*). Algumas ferramentas para apoiar a autoria de Aplicações Hipermissão foram desenvolvidas por (Brusilovsky et al., 1996c; Calvi & De Bra, 1998; Henze & Nejd, 2000). A cada ano, novas aplicações, metodologias e ferramentas são pesquisadas e desenvolvidas em experimentos laboratoriais.

Por ser uma área relativamente recente, a HA apresenta apenas resultados experimentais e parciais (Brusilovsky, 2000). Portanto, como se pode ver neste trabalho, a Hipermissão Adaptativa abre uma série de possibilidades de investigação em inúmeros aspectos, dentre os quais podem ser citados:

1. estabelecimento de arquiteturas para Sistemas de Hipermissão Adaptativa;
2. desenvolvimento de modelos de dados para Aplicações de Hipermissão Adaptativa;
3. estudo do impacto da adaptação Hipermissão em diversos domínios e aplicações;
4. aplicação e criação de tecnologias que melhorem a qualidade da adaptação;
5. estabelecimento de metodologias, métodos, técnicas e ferramentas que auxiliem na criação de aplicações e sistemas de HA

Referências Bibliográficas

- (Alatalo & Peräaho, 2001) Alatalo, Toni; Peräaho, Janne. *A Modelling Method for Designing Adaptive Hypermedia*. In: Eight International Conference on User Modeling (UM2001), Sonthofen, Alemanha, 13-17 Julho, 2001.
- (Bodner & Chignell, 2000) Bodner, Richard; Chignell, Mark. *Dynamic Hypertext: Querying and Linking*. ACM.
- (Bongio et al., 2000) Bongio, Aldo; Fraternali, Piero; Ceri, Stefano. *Web Modeling Language (WebML): a Modeling Language for Designing Websites*. Proceedings of the Nineth WWW Conference, Amsterdam, Netherlands, Maio, 2000.
- (Bush, 1945) Bush, Vannevar. *As We May Think*. The Atlantic Monthly 176, Julho, pp. 101-108, 1945.
- (Brusilovsky, 1996a) Brusilovsky, P. *Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia*. User Modeling and User-Adapted Interaction 6, Kluwer Academic Publishers, pp. 87-129, 1996.
- (Brusilovsky, 1996b) Brusilovsky, P. *Adaptive Hypermedia: an Attempt to Analyze and Generalize*. P. Brusilovsky, P. Kommers and N. Streitz (eds.), Multimedia, Hypermedia, and Virtual Reality - Lecture Notes in Computer Science, vol. 1077. Berlin: Springer-Verlag, pp. 288-304, 1996.
- (Brusilovsky, 2000) Brusilovsky, Peter. *Course Sequencing for Static Courses? Applying ITS Techniques in Large-Scale Web-based Education*. G. Gauthier, C. Frasson and K. VanLehn (eds.) Intelligent Tutoring Systems. Lecture Notes in Computer Science, vol. 1839, Berlin: Spring Verlag, pp. 625-634, 2000.
- (Brusilovsky, 2001) Brusilovsky, Peter. *Adaptive Hypermedia*. User Modeling and User-Adapted Interaction 11, pp. 87-110, Netherlands: Kluwer Academic Publisher, 2001.

- (Brusilovsky et al., 1996) Brusilovsky, Peter; Schwarz, Elmar; Weber, Gerhard. *A Tool for Developing Adaptive Electronic Textbooks on WWW*. Proceedings of the WebNet'96 Conference, pp. 64-69, San Francisco, 1996.
- (Calvi & De Bra, 1998) Calvi, Licia; De Bra, Paul. *AHA: An Open Adaptive Hypermedia Architecture*. Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia (HYPERTEXT'98), Pittsburgh, USA, 20-24 Junho, pp. 5-11, 1998.
- (Campbell & Goodman, 1987) Campbell, B.; Goodman, J. M. *HAM: A General Purpose Hypertext Abstract Machine*. CACM, 856-861, pp. 17-41, 1988.
- (Cannataro & Pugliese, 2001) Cannataro, M.; Pugliese, A. *XAHM: An XML-Based Adaptative Hypermedia Model and Its Implementation*. In: Twelfth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia (Hypertext'01). Aarhus, Denmark, August 14-18, 2001. <http://wwwis.win.tue.nl/ah2001/papers/cannataro.pdf>
- (CERN) <http://public.web.cern.ch/Public/ACHIEVEMENTS/web.html>.
- (Conklin, 1987) Conklin, J. "A Survey of Hypertext". Technical Report MCC Number STP-356-86, Rev. 2, Software Technology Program, (December3, 1987).
- (De Bra, 1999) De Bra, Paul. *Design Issues in Adaptive Web-Site Development*. Proceedings of 2nd Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the WWW, 1999. <http://wwwis.win.tue.nl/asum99/debra/debra.html>.
- (De Bra et al., 1999a) De Bra, Paul; Houben, Geert-Jan; Wu, Hongjing. *Authoring Support for Adaptive Hypermedia Applications*. Proceedings of ED-MEDIA '99, Seattle, pp. 364-369, 1999.
- (De Bra et al., 1999b) De Bra, Paul; Houben, Geert-Jan; Wu, Hongjing. *AHAM: A Dexter-based Reference Model for Adaptive Hypermedia*. Proceedings of ACM Hypertext '99 Conference, Darmstadt, Alemanha, pp. 147-156, 1999.
- (De Bra et al., 2000) De Bra, Paul; Houben, Geert-Jan; Wu, Hongjing. *Supporting User Adaptation in Adaptive Hypermedia Applications*. Online Conference and Informatiewetenschap, Rotterdam, 2000. Disponível no endereço de Internet <http://wwwis.win.tue.nl/houben/respub/infwet00.pdf>.
- (Engelbart, 1962) Engelbart, Douglas C. *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*. Summary Report Contract AF 49 638 1024 SRI Project 3578

- Stanford Research Institute Menlo Park, California, 1962.
- (Engelbart, 1968) Engelbart, Douglas C. *A Research Center for Augmenting of Man's Intellect*. Proceedings of 1968 FJCC, 33, Part 1, Montvale, N.J.: AFISP Press, 1968.
- (Guelich et al., 2001) Guelich, Scott; Gundavaram, Shishir; Birznieks, Gunther. *Programação CGI com Perl*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2001.
- (Halasz, 1988) Halasz, F. *Reflections on NoteCard: Seven Issues for the Next Generation of Hypermedia Systems*. CACM, 31 (7), pp. 836-852, 1988.
- (Halasz & Schwartz, 1990) Halasz, F; Schwartz, M. *The Dexter Reference Model*. In Proceedings of NIST Hypertext Standardization Workshop, pp. 95-133, 1990.
- (Henze & Nejd, 2000) Henze, N.; Nejd, W. *Extendible Adaptive Hypermedia Courseware: Integrating Different Courses and Web Material*. International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems (AH2000), Trient, Itália, 28-31 Agosto, 2000.
- (Isakowitz et al., 1995) Isakowitz, Tomás; Stohr, Edward A.; Balasubramanian, P. *RMM: a Methodology for Structures Hypermedia Design*. Communications of ACM, vol. 38, no. 8, pp. 34-44, Agosto, 1995.
- (Kobsa, 1993) Kobsa, A. *User Modeling: Recent Work, Prospects and Hazards*. H. Schneider Hufschmidt, T. Kuhme and U. Malinowski (eds.): Adaptive Users Interfaces: Principles and Practice. Amsterdam, North-Holland, pp. 111-123.
- (Kobsa et al., 1999) Kobsa, A; Koenemann, J.; Pohl, W. *Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships*. Technical Report No. 66 GMD, German National Research Center for Information Technology, St. Augustin, Alemanha, 1999.
- (Koch & Wirsing, 2001) Koch, Nora; Wirsing, Martin. *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Applications?* 20th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia (HYPERTEXT'01), Aarhus, Dinamarca, 14-18 Agosto. <http://wwwis.win.tue.nl/ah2001/papers/koch.pdf>.
- (Mullier, 1995) Mullier, D. J. *A Hybrid Connectionist/Knowledge-Based Approach to Intelligent Tutoring with Hypermedia*. Acessado em 17/05/2002 na URL: <http://www.lmu.ac.uk/PLYMOUTH.htm>.

- (Mullier, 1996) Mullier, D. J. *Integrating Neural Network Technology with Hypermedia*. Proceedings of Hypermedia at Tallin, Estonia, 1996.
- (Mullier, 1999) Mullier, D. J. *The Application of Neural Network and Fuzzy-Logic Techniques to Educational Hypermedia*. Tese de PhD, Inglaterra, 1999.
- (Mullier, 2000) Mullier, D.J. *Examining How Users Interact With Hypermedia Using a Neural Network*. Proceedings of ICAI-00, Las Vegas, 26-29 Junho, 2000. http://www.lmu.ac.uk/ies/comp/staff/dmullier/edmedia2000_2.pdf.
- (Mullier et al., 1997) Mullier, D. J.; Hobbs, D. J.; Moore, D .J.; Bell, C. *Interaction Paradigms with Educational Hypermedia*. Euromicro'97, pp. 65-71, Budapest. <http://www.lmu.ac.uk/ies/comp/staff/dmullier/euro.pdf>.
- (Mullier et al., 1999) Mullier, D. J.; Hobbs, D. J.; Moore, D .J. *A Hybrid Semantic/Connectionist Approach to Adaptivity in Educacional Hypermedia Systems*. Proceedings of ED-MEDIA'99, Seattle, WA. <http://www.lmu.ac.uk/ies/comp/staff/dmullier/icai.pdf>.
- (Mullier & Dixon, 2000) Mullier, D.J.; Dixon, M.B. *Authoring Educational Hypermedia Using a Semantic Network*. Proceedings of ED-MEDIA 2000, Montreal, Canadá. http://www.lmu.ac.uk/ies/comp/staff/dmullier/edmedia2000_2.pdf.
- (Nelson, 1965) Nelson, Theodore Holmes. *A File Structure for the Complex, the Changing and the Indeterminate*. Proceeding of 20th ACM National Conference, pp. 84-100, 1945.
- (Opperman & Specht, 1998) Opperman, Reinhard; Specht, Marcus. *ACE - Adaptive Courseware Environment*. Proceedings of the 2nd Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia (HYPERTEXT'98), Pittsburgh, USA, 20-24 Junho, pp. 141-161, 1998.
- (Schwabe et al., 1993) Schwabe, Daniel; Garzotto, Franca; Paolini, Paolo. *HDM - a Model-based Approach to Hypertext Application Design*. ACM Transactions on Information Systems, vol. 11, no. 1, pp. 1-26, Janeiro, 1993.
- (Schwabe et al., 1996) Schwabe, Daniel; Rossi, Gustavo; Barbosa, Simone D. J. *Systemathic Hypermedia Application Design with OOHDM*. Proceedings of the Seventh ACM Conference on Hypertext, pp. 116-128, 1996.
- (Wu 2001) Wu, H. (2001). *A Reference Architecture for Designing Adaptive Hy-*

permedia. 20th ACM Conference on Hypertext and Hypermedia (HYPER-TEXT'01), Arhus, Dinamarca, 14-18 Agosto. Disponível no endereço Internet <http://wwwis.win.tue.nl/ah2001/papers/wu.pdf>.