

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Uso de Hipertexto/Hipermídia em Sistemas
Tutores Inteligentes

Maria das Graças Volpe Nunes

Marcelo Augusto Santos Turine

Marcus Vinicius Maltempi

Ricardo Hasegawa

Nº 009

NOTAS DIDÁTICAS



Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos

ISSN - 0103-2585

**Uso de Hipertexto/Hiperídia em Sistemas
Tutores Inteligentes**

**María das Graças Volpe Nunes
Marcelo Augusto Santos Turine
Marcus Vinicius Maltempi
Ricardo Hasegawa**

N  009

NOTAS DIDÁTICAS DO ICMSC

**São Carlos
mar./1993**

Uso de Hipertexto/Hiperémia em Sistemas Tutores Inteligentes

Maria das Graças Volpe Nunes¹

Marcelo Augusto Santos Turine²

Marcus Vinicius Maltempi²

Ricardo Hasegawa³

Universidade de São Paulo

Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos

Departamento de Ciências de Computa o e Estatística

Sumário

Este trabalho discute, apresentando algumas vantagens e desvantagens, a utiliza o de sistemas **Hipertexto/Hiperémia** em **Sistemas Tutores Inteligentes (STIs)**.

São apresentados as principais características e os componentes básicos (arquitetura) de STIs, enfatizando que um STI   um programa de computador destinado ao ensino, que incorpora técnicas de Inteligência Artificial permitindo que ele saiba **o quê ensinar, a quem ensinar, e como** isto deve ser feito.

Algumas caraterísticas, vantagens e desvantagens da tecnologia de Hipertexto/Hiperémia são apresentadas. Discute-se a possibilidade desta nova tecnologia abrir algumas excitantes possibilidades para o uso do computador, enfatizando a sua utiliza o no ensino.

¹ Professora Doutora do ICMSC.

² Aluno de mestrado do ICMSC com apoio da CAPES.

³ Aluno de mestrado do ICMSC com apoio do CNPq.

Índice

1- Introdução.....	1
2- Sistemas Tutores Inteligentes.....	3
2.1- Introdução.....	3
2.2- Características Gerais.....	6
2.3- Arquitetura de STIs.....	7
2.4- Classificação dos STIs.....	10
3- Hipertexto e Hipermissão.....	12
3.1- Introdução.....	12
3.2- Definições e Conceitos Básicos.....	13
3.3- Vantagens e Desvantagens no Uso de Hipertexto/Hipermissão.....	18
3.4- Aplicações.....	20

4- STIs e Hipertexto/Hipermídia.....	22
4.1- Introdução.....	22
4.2- Vantagens e Desvantagens.....	24
4.3- Interface para STIs.....	26
5- Conclusões.....	28
6-ReferênciasBibliográficas.....	29

1- Introdução

É indiscutível que os computadores têm uma importância crescente para a nossa sociedade cada vez mais complexa e, desde a invenção da escrita e da imprensa, nada tem causado tanto impacto social e estimulado tantas mudanças no mundo, quanto o uso de computadores.

A visão de que o uso de computador na educação promove o aumento da produtividade, ensinando mais coisas a mais gente, em menos tempo, é o que tem embasado grande parte das investigações sobre o uso da informática na educação. Pouco se enfatiza, no entanto, o potencial oferecido pelo uso do computador no desenvolvimento de habilidades cognitivas que proporcionariam melhores meios de ensino e aprendizagem.

Com o objetivo de desenvolver sistemas computadorizados eficientes para o ensino, ocorreu a intersecção de três áreas de pesquisa: **Ciência da Computação** (Inteligência Artificial, IA), **Psicologia Cognitiva** e **Metodologia de Ensino** [16]. Enquanto que a Ciência da Computação fornece técnicas para a representação e manipulação do conhecimento envolvido, a Psicologia Cognitiva traz modelos sobre a forma de como o indivíduo constrói o conhecimento na interação organismo/meio-ambiente físico e social, e a Metodologia de Ensino estuda as melhores formas de ensino/aprendizagem. Como fruto dessa intersecção surgem os **Sistemas Tutores Inteligentes (STIs)**.

Entre as pesquisas importantes realizadas atualmente, encontram-se aquelas que buscam ferramentas para a organização e a recuperação das informações armazenadas, através de metodologias não convencionais (não linear). Os sistemas hipertexto/hipermídia são uma dessas ferramentas.

Pesquisas estão sendo feitas na utilização de hipertexto/hipermídia em sistemas tutores. Este trabalho tem por objetivo apresentar resultados dessas pesquisas.

O capítulo 2 apresenta os principais conceitos e uma arquitetura para sistemas tutores inteligentes.

Apresenta-se no capítulo 3, conceitos, vantagens, desvantagens e aplicações da tecnologia hipertexto/hipermídia.

O capítulo 4 discute o uso de hipertexto/hipermídia em STIs, mostrando algumas vantagens e desvantagens.

As conclusões deste trabalho são apresentadas no capítulo 5.

2- Sistemas Tutores Inteligentes

2.1- Introdução

A utilização dos computadores no ensino remonta aos anos 60 com os sistemas de Instrução Assistida por Computador ("**Computer Assisted Instruction**" - CAI) ou Aprendizagem Assistida por Computador ("**Computer Assisted Learning**" - CAL). A abordagem inicial caracterizava-se pelo conceito de "programa linear": o sistema apresenta uma determinada unidade de texto, que deve levar o estudante a um pequeno passo adiante na direção de um comportamento esperado. O estudante responde as perguntas pré-estabelecidas e o sistema informa se a resposta está correta ou não. Com isso, o aluno pode "aprender" em seu próprio ritmo, recebendo realimentação imediata [28].

Os sistemas CAI possuem pouca capacidade cognitiva e obrigam o estudante a atuar de forma passiva, isto é, a sua participação resume-se à seleção de alternativas. O modelo de apresentação não pode ser alterado, o que faz o sistema agir da mesma forma com todos os estudantes [27].

Uma das necessidades dos CAIs para realmente alcançarem seus objetivos é a flexibilidade no processo de ensino. Isto significa que o sistema precisa ser capaz de deduzir e manter um modelo detalhado do estudante, e usar estas informações para individualizar o ensino, modificando a apresentação do conteúdo e a estratégia de ensino, conforme necessário [19].

Para suprir estas dificuldades, os sistemas CAI evoluíram, na década de 70, para os Sistemas Inteligentes de Instrução Assistida por Computador ("**Intelligent Computer Assisted Instruction**" ou ICAI) [22], [23], onde os propósitos e técnicas da Inteligência Artificial desempenham um papel relevante por possibilitar, em

princípio, uma maior flexibilidade e participação ativa do aluno e do sistema, gerando um ambiente cooperativo para o ensino e para a aprendizagem. Os sistemas ICAI são também chamados de **Sistemas Tutores Inteligentes** [27].

Um STI é um programa de computador destinado ao ensino, que incorpora técnicas de IA permitindo que ele saiba o **quê ensinar, a quem ensinar, e como isto deve ser feito** [18].

Vários sistemas de ensino foram implementados no final dos anos 70 e durante a década de 80:

- **GUIDON I e II** [6], [7] - um tutor construído a partir do sistema especialista MYCIN, que trata do ensino de diagnose de doenças infecciosas;

- **SOPHIE I, II e III** [4] - para ensino e diagnóstico de problemas em circuitos elétricos. Projetado para ensinar os problemas básicos de eletrônica em máquinas e permitir a estudantes testar e depurar funções hipotéticas em um circuito elétrico simulado;

- **PROUST** [13], [14] - para o ensino de programação Pascal a programadores novatos;

- Tutor **LISP-Critic** [10] - para ensino de programação Lisp.

- **WEST** [5] - projetado para ser um ambiente de treinamento para o jogo PLATO. Avalia e sugere melhorias quanto à habilidade de estudantes no uso de construções aritméticas elementares, utilizando parênteses e operadores (+, -, *, /);

- **ILONA** [19] - um STI para ensinar os fundamentos de lógica.

Para melhor localizar as áreas de intersecção entre os sistemas CAI e STI (ICAI), é apresentado o diagrama da figura 1 [16].

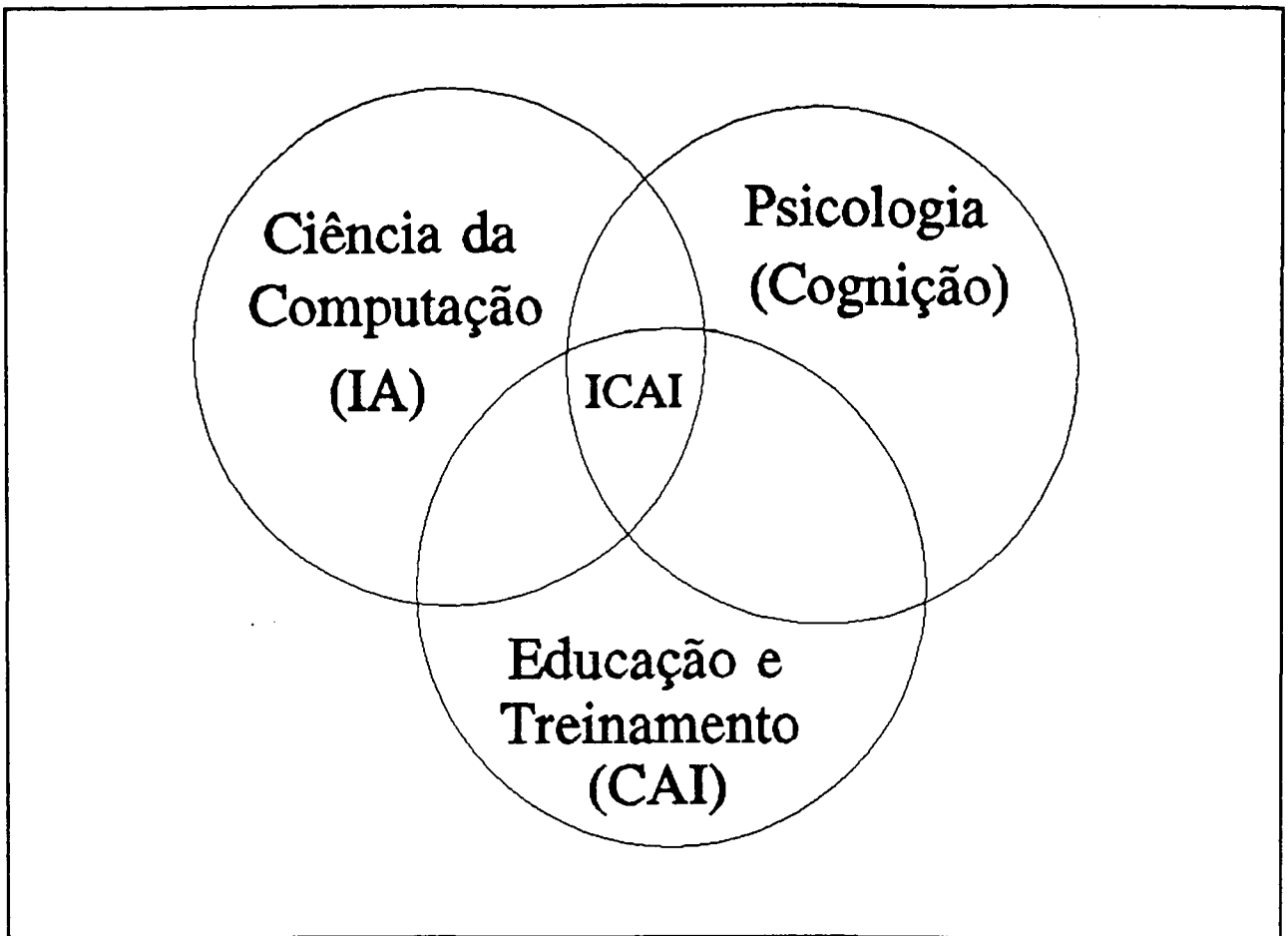


Figura 1: Área de intersecção entre os sistemas CAI e ICAI.

Nwana [18] cita algumas das principais diferenças entre um STI e CAI:

- O STI deve assegurar uma clara articulação de conhecimento num domínio limitado;
- O STI deve ter um modelo de performance do estudante, que é mantido dinamicamente, e usado para guiar a "aula";
- O projetista (ou o especialista no assunto) deve definir o conhecimento e as regras de inferência, mas não a seqüência da aula, que deve ser derivada pelo sistema;
- O STI deve prover diagnóstico detalhado de erros, ao invés de mostrar simplesmente a resposta correta; e

- O estudante deve poder questionar um STI, além de responder as questões formuladas por ele.

2.2- Características Gerais

Tendo em vista o atual desenvolvimento da ciência de computação, no que se refere às teorias e técnicas de IA (representação de conhecimento, mecanismos de inferência, busca), hardware (maior velocidade de processamento e memória) e ciência cognitiva, é perfeitamente viável pensar no computador como um tutor interativo e inteligente, isto é, que percebe a intervenção do estudante, aprende a dialogar com ele, orienta, diagnostica as suas deficiências, e obtém informações de forma amigável e coerente.

Para Sleeman e Brown [23], um STI é um programa de computador que utiliza técnicas de IA para representar o conhecimento e para conduzir a interação com o estudante.

A meta dos STIs é ensinar um determinado conhecimento, envolvendo diretamente um diálogo máquina(tutor)-estudante. Comparando um STI com um tutor humano, nota-se uma necessidade de dupla checagem por parte do tutor, ou seja, mais do que um típico locutor, o tutor deve verificar e inspecionar o conhecimento do estudante para descobrir, ou não, se compreende as informações do sistema [29].

Um STI deveria possuir as seguintes características gerais [27]:

- ser flexível em todos os níveis (arquitetura, controle, comunicação, adaptação ao estudante);
- possibilitar e incentivar a exploração do assunto em questão pelo estudante;
- possuir vários métodos de ensino para apresentação do assunto;
- dominar, o máximo possível, o assunto que ensina;

- ter meta-conhecimento para resolver situações não previstas nas regras que descrevem o conhecimento do tutor;
- operar conforme o(s) método(s) de ensino adotados (caráter tutorial);
- ter mecanismos inteligentes para a depuração e a orientação na detecção de falhas;
- possuir mecanismos que permitam a simulação automática e resolução interativa dos problemas;
- ter capacidade de aprendizagem visando, pelo menos, a adequação ao estilo do estudante;
- ter mecanismos que descrevam o raciocínio que o estudante e o tutor utilizam ao explorar um determinado assunto; e
- ter capacidade para reconstituir estados passados.

Através da utilização de vários métodos e recursos oferecidos pela IA (e.g., representação de conhecimento, técnicas de busca, uso de heurísticas e regras de inferência), tem-se tentado dotar um sistema tutor com algumas destas características.

2.3- Arquitetura de STIs

Os STIs existentes variam muito do ponto de vista de arquitetura. É muito raro encontrar dois sistemas tutores baseados na mesma arquitetura. Isso se deve ao fato de que a maior parte do trabalho na área ainda é de natureza experimental. No entanto, existe um certo consenso com relação aos componentes básicos de um sistema deste tipo:

- o módulo do especialista (módulo do domínio);
- o módulo do modelo do estudante;
- o módulo tutorial; e
- o módulo de interface com o usuário.

O **módulo do especialista** compreende os fatos e as regras de um particular domínio (assunto) que será pesquisado pelo estudante, isto é, o conhecimento dos especialistas sobre um específico domínio. Este módulo cumpre duas funções: primeiro, serve como fonte do conhecimento a ser apresentado ao estudante, o que inclui fonte para geração do material, geração de perguntas, explicações e respostas; segundo, fornece um padrão para avaliar o desempenho do aluno [18].

Heurísticas inteligentes no módulo do especialista oferecem uma maior flexibilidade para interpretar as respostas não tradicionais de alguns estudantes, ou seja, respostas que são expressas de maneira fundamentalmente diferentes. Isto aumenta a habilidade do sistema em expressar seu próprio conhecimento, tornando-o capaz de explicar o raciocínio usado para a resolução de problemas [29]. Os principais problemas encontrados são: o processo de aquisição de conhecimento, via especialista, e a representação deste conhecimento [18].

O **módulo do modelo de estudante** contém a representação dinâmica do conhecimento e do desempenho de um estudante individual, servindo de subsídio para o sistema decidir o quê e como deve ensinar, e em que nível de conhecimento o estudante se encontra. Também serve para detectar o processo de raciocínio utilizado pelo estudante em particular. Este módulo tem por objetivo auxiliar no diagnóstico, correção e prevenção de erros do estudante, e é considerado o módulo principal - o núcleo de qualquer STI. Os principais problemas encontrados estão relacionados com o quê representar e como representar.

Modelagem de estudante é o nome geral dado à tarefa de reunir informações relevantes sobre um estudante individual, a qual pode ser utilizada para guiar o procedimento de um STI. Como um dos objetivos de STIs é o de individualizar o ensino, há necessidade de manter um "modelo do estudante", isto é, uma representação hipotética do nível de conhecimento do estudante [22].

Até o presente, não existem técnicas estabelecidas do modelo do usuário, tudo o que existe é uma coleção de protótipos, e não

está claro o quanto eles podem ser generalizados além de poucos domínios reincidentes na literatura, como no ensino de matemática, por exemplo [25].

O **módulo tutorial** é a parte de um sistema tutorial que cria e regula as interações de aprendizagem com o estudante, ou seja, contém as estratégias, regras e processos que governam a interação do sistema com o estudante (decide qual material apresentar e quais questões ou exemplos sugerir). Ele se utiliza do conhecimento sobre o estudante, obtido do modelo do estudante, e de sua própria estrutura tutorial, para decidir quais atividades pedagógicas serão propostas ao aluno. Em algumas arquiteturas, este módulo é chamado de estratégias de ensino ou módulo pedagógico [18]. O principal problema é o controle da iniciativa, ou seja, a decisão de quem vai iniciar determinada ação num determinado momento, que pode ser do sistema, do estudante ou mista (sistema e estudante) [29].

O **módulo de interface com o usuário** é o componente de comunicação do sistema que controla a interação entre o estudante e o sistema. Em ambas as direções, traduz a representação interna do sistema para uma linguagem de interface que é compreensível para o estudante. Deve acomodar os objetivos do sistema e do estudante, podendo enriquecer esta interação com outros meios de comunicação (som, imagem e etc.), além de fornecer meios para que seja possível ao professor e/ou especialista alterar/atualizar o sistema.

A interface tem que ser construída de uma maneira que estimule o estudante, tornando-a mais amigável, rica e simples. Quanto mais um estudante se sentir inserido no seu ambiente de aprendizagem, mais rica será a sua experiência, e esta inserção pode ser facilitada através da interação com uma interface de múltiplos meios. A escolha do meio de comunicação mais adequado ao tópico a ser ensinado e a eficácia da comunicação são problemas relevantes [18].

2.4- Classificação dos STIs

Os STIs podem ser divididos em três classes [24], dependendo do propósito a que servem.

A **primeira classe**, a Instrução Inteligente Auxiliada por Computador (**Intelligent Computer Assisted Instruction, ICAI**), tem como função apresentar o conhecimento sobre uma determinada área para o estudante. Neste contexto, "inteligência" significa o conhecimento que o sistema possui sobre diferentes domínios e sobre o estudante. Este conhecimento se refere a:

- o domínio da realidade (por exemplo, física, geografia, programação, etc.);
- o processo tutorial (derivado de uma teoria de ensino);
- o estudante (também com referência ao seu papel como usuário de um sistema);
- processo de interação (modelando a interação homem-computador).

Supõe-se que o sistema "conheça" todos estes domínios muito bem. Acredita-se que os últimos dois itens são os que fornecem as condições para implementar uma interface que atenda estas necessidades.

A **segunda classe** de sistemas é um subconjunto de sistemas tutores baseados em conhecimento, cujo domínio é qualquer aspecto de utilização de um sistema interativo: por exemplo, programação, edição de textos, aplicações, ou até mesmo um sistema tutorial. É um veículo para o ensino idêntico ao sistema ou que contém o próprio sistema a ser ensinado. A consequência é que o estudante - após uma aprendizagem bem sucedida - pode aplicar o conhecimento recém-adquirido no mesmo sistema em que realizou o aprendizado. Isto tem um grande impacto no aspecto motivacional da aprendizagem.

A **terceira classe** inclui todos os tipos de auxílio ao usuário: **help**, manuais **on-line**, etc. O objetivo nesta situação é o de utilizar o usuário em alguma atividade de trabalho. Existem diferentes formas de fornecer auxílio ao usuário: passiva, quando o auxílio é solicitado pelo usuário; ou ativa, onde o sistema

analisa e diagnostica a necessidade de interação com o usuário e fornece auxílio nos momentos apropriados.

Todas as três classes necessitam de uma interface que seja especificamente orientada para as capacidades e necessidades do usuário. A tabela 1 fornece um resumo da classificação dos STIs, mostrando as diferenças entre as três classes descritas acima.

	Sistema	Domínio	Forma de aprendizagem
Primeira Classe	ICAI	realidade, tutorial, estudante e processo de interação	guiado pelo tutor
Segunda Classe	Sistema Baseado em Conhecimento	qualquer aspecto de utilização de um sistema interativo	guiado pelos programas aplicativos
Terceira Classe	Sistema de Auxílio ao Estudante	alguma atividade de trabalho diário	o estudante tem a iniciativa e é livre para continuar ou parar

Tabela 1: Resumo da classificação dos STIs.

3- Hipertexto e Hipermissão

3.1- Introdução

A forma mais tradicional, e uma das mais antigas, de representação do conhecimento é o "texto". Desde os primeiros alfabetos até as formas atuais das linguagens modernas, os seres humanos representam seus conhecimentos sob a forma de código linear. Mas existem algumas relações que não são representadas no conhecimento expresso em textos. Tais relações correspondem às ligações entre os conceitos mencionados no texto e suas aplicações. Uma solução encontrada foi utilizar, em paralelo com o modelo de texto, um outro modelo na forma de "Redes de Associações", chamado de hipertexto, que representa ligações existentes entre diversas idéias [3].

O termo "hipertexto" foi descrito primeiramente por Ted Nelson na década de 60 [20]. Porém a comunidade científica acredita a Vanevar Bush a proposta dos princípios dos sistemas hipertexto. Em 1945 Bush descreveu o sistema "**Menex**", onde o usuário armazena seus livros, registros e comunicações, de tal forma a se poder manipular a informação nele contida com rapidez e flexibilidade. Nesse sistema, as ligações são bastante similares às habilidades do cérebro, que são as de armazenar e recuperar informações por ligações de referência, criando um modelo de estrutura associativa diferente das outras formas de armazenamento de dados.

Com o advento de novas tecnologias, o conceito de hipermissão também vem crescendo muito. A ele se associa a capacidade de um sistema manipular concomitantemente textos, sons, gráficos, imagens estáticas e animadas, etc.

Várias pesquisas sobre hipertexto/hipermissão estão sendo desenvolvidas por universidades e empresas, e muitos artigos têm sido escritos sobre o tema.

Neste capítulo serão apresentadas algumas características e vantagens/desvantagens no uso de hipertexto/hipermídia. Será mostrado que esta nova tecnologia abre algumas excitantes possibilidades, particularmente para novos usos do computador como uma ferramenta de comunicação e representação do conhecimento.

3.2- Definições e Conceitos Básicos

Hipertexto é basicamente definido como um sistema que permite ao usuário utilizar o computador para examinar informações que tipicamente estão descritas em livros, de forma seqüencial ou com a opção de navegar pelo texto através das relações entre conceitos, figuras, etc [3]. Em outras palavras, é uma combinação de texto em linguagem natural representada em uma estrutura específica permitindo ao usuário navegar livremente de uma forma não linear.

Hipermídia é uma generalização do conceito de hipertexto, onde é permitido o acesso não seqüencial sobre quaisquer tipos de informações possíveis de serem processadas num sistema computacional, como por exemplo informações gráficas, sons, imagens animadas, entre outras [3][20].

Será usado o termo hipertexto/hipermídia para denotar tanto os sistemas que manipulam apenas informações textuais como aqueles que são capazes de manipular quaisquer outros tipos de informação utilizando-se de ligações embutidas e acesso não seqüencial.

Sistemas hipertexto/hipermídia podem ser projetados de várias formas para suportar tarefas variadas. O software de um hipertexto/hipermídia é composto basicamente de um editor de texto, um editor gráfico, um **hiperdocumento**, ou seja, todo o conjunto de informações textuais, gráficas, sonoras, em vídeo por ele gerenciado e uma ferramenta gráfica chamada **browser** ("folheador").

As componentes básicas de um hipertexto/hipermídia são os **nós**

e as **ligações** entre estes nós. O nó é a unidade básica para armazenar a informação, que consiste de fragmentos de textos, gráficos, vídeo ou outra informação. Uma primeira característica a ser observada diz respeito ao tamanho e tipo do nó.

Existem sistemas que dividem os documentos em vários nós de tamanho fixo ou variável. O sistema KMS (**Knowledge Management System**) [1], por exemplo, implementa apenas um tamanho fixo de nó, correspondente a toda a tela. Outros sistemas permitem que o tamanho do nó seja definido pelo autor em função de sua necessidade. Entretanto existem outras considerações mais práticas na decisão do tamanho do nó, como a natureza da informação contida no nó, o volume de navegação necessário para atingi-lo, a duração da sessão e o tempo gasto para a sua recuperação quando uma ligação é ativada.

Alguns sistemas suportam uma variedade de tipos de nós, fornecendo um rótulo e um descritor que auxiliam na determinação do estilo de informação contida no nó.

Entre as possibilidades de tipificação de nós que podem ser oferecidos por um sistema, destaca-se as seguintes [20]:

Um tipo distinto de nó para cada tipo de informação: neste caso o sistema oferece tratamento diferenciado para os diversos tipos de informação suportados (por exemplo, informações de áudio e imagem animada).

Um único tipo de nó constituído de diversos campos com conteúdo distinto: neste caso o nó é encarado pelo sistema como sendo de um único tipo. Porém, o sistema permite que o nó seja dividido internamente em campos, que são tratados diferentemente conforme o tipo de informação que contém.

Um tipo de nó para apresentação de pontos de acesso: neste caso a base não é constituída dos nós armazenados como tal, mas sim por informações a serem selecionadas de acordo com alguma condição. O sistema monta o conteúdo em um nó, para apresentá-lo ao usuário, apenas quando ocorre a necessidade da seleção de um conjunto de informações, no caso de uma consulta. Este caso pode ser aplicado, por exemplo, aos dicionários eletrônicos. O sistema recebe uma

consulta do usuário e monta o conteúdo do nó com a resposta encontrada.

Um tipo único de nó de tamanho fixo que pode conter qualquer tipo de informação: neste caso o sistema limita o tamanho do nó, por exemplo, ao tamanho da tela, e permite que qualquer tipo de informação seja colocada em seu interior.

Um tipo único de nó de tamanho variável que contém uma quantidade arbitrária de qualquer tipo de informação: neste caso o sistema permite a mistura de tipos de informação nos nós, não limitando seus tamanhos.

Um tipo especial de nó para estruturar nós comuns: existem neste caso, além de nós que contêm dados, outros nós cujo conteúdo serve para estruturar, hierarquicamente ou não, um conjunto de nós. Os nós organizados pelo nó de estruturação podem ser, por sua vez, nós de estruturação ou nós comuns.

Um tipo de nó com atributo relacionado: nós deste tipo servem a objetivos que variam da classificação dos nós, de acordo com algum objetivo do usuário, até o oferecimento, por parte do sistema, de ferramentas para o controle de versões dos documentos e dos nós individuais.

Tipos também ajudam a classificar e pesquisar nós ou definir operações especializadas, mas existem sistemas hipertexto/hipermídia onde os nós são considerados não tipados, e imaginados como caixas de ocultamento de informações [2].

O inter-relacionamento entre os nós de informação são definidos por ligações. As ligações em sistemas hipertexto/hipermídia são associativas, isto é, definem uma relação associativa entre os nós pares que são conectados. As ligações permitem o usuário navegar através do hipertexto/hipermídia.

A maior parte dos sistemas hipertexto/hipermídia fornecem vários tipos de ligações, sendo uma questão bastante debatida entre os projetistas destes sistemas. As alternativas básicas são implementar um único tipo de ligação ou implementar um número fixo de tipos de ligações. No primeiro caso a ligação não fornece

nenhuma informação a respeito do tipo do relacionamento dos objetos; essa implementação, apesar de ser inflexível, é provavelmente a mais simples.

No caso do oferecimento de um número fixo de tipos de ligações, pode-se pensar em utilizá-las, por exemplo, para permitir que o usuário diferencie as ligações que estruturam hierarquicamente um documento daquelas que realizam referências cruzadas ou ativam a execução de programas. Outra aplicação seria a atribuição de semântica às ligações.

Um conceito importante relacionado à ligação é a **âncora**, definida como um objeto que possui uma ou mais ligações a ele relacionadas. Dizemos que uma ligação é ancorada ao objeto e que toda ligação relaciona diretamente duas âncoras (uma fonte e outro destino da ligação) [20].

Cada nó da base de informação corresponde a uma janela na tela, onde as ligações com outros nós da base são graficamente destacadas na janela. A figura 2 representa esta estrutura, onde a ligação nomeada por "b" na janela "A" foi ativada, causando a chamada de uma nova janela, denominada de "B" e preenchida com o texto do nó "B" [8].

Os mecanismos de navegação na base de nós constituem aspectos fundamentais dos sistemas hipertexto/hipermídia, uma vez que é através deles que o usuário pode ter acesso ao conjunto de informações armazenadas e, além disso, é através da utilização de tais mecanismos que um usuário cria a base de nós para posterior acesso pelos usuários que realizam consultas.

Uma das mais importantes ferramentas de navegação é o **browser**. À medida que um documento cresce em complexidade, cresce também a possibilidade do usuário desorientar-se. O **browser** fornece uma apresentação visual da rede textual (nós e ligações), orientando o usuário sobre sua posição no hipertexto/hipermídia e permitindo sua navegação pelo documento através da seleção, na tela, do nó requerido.

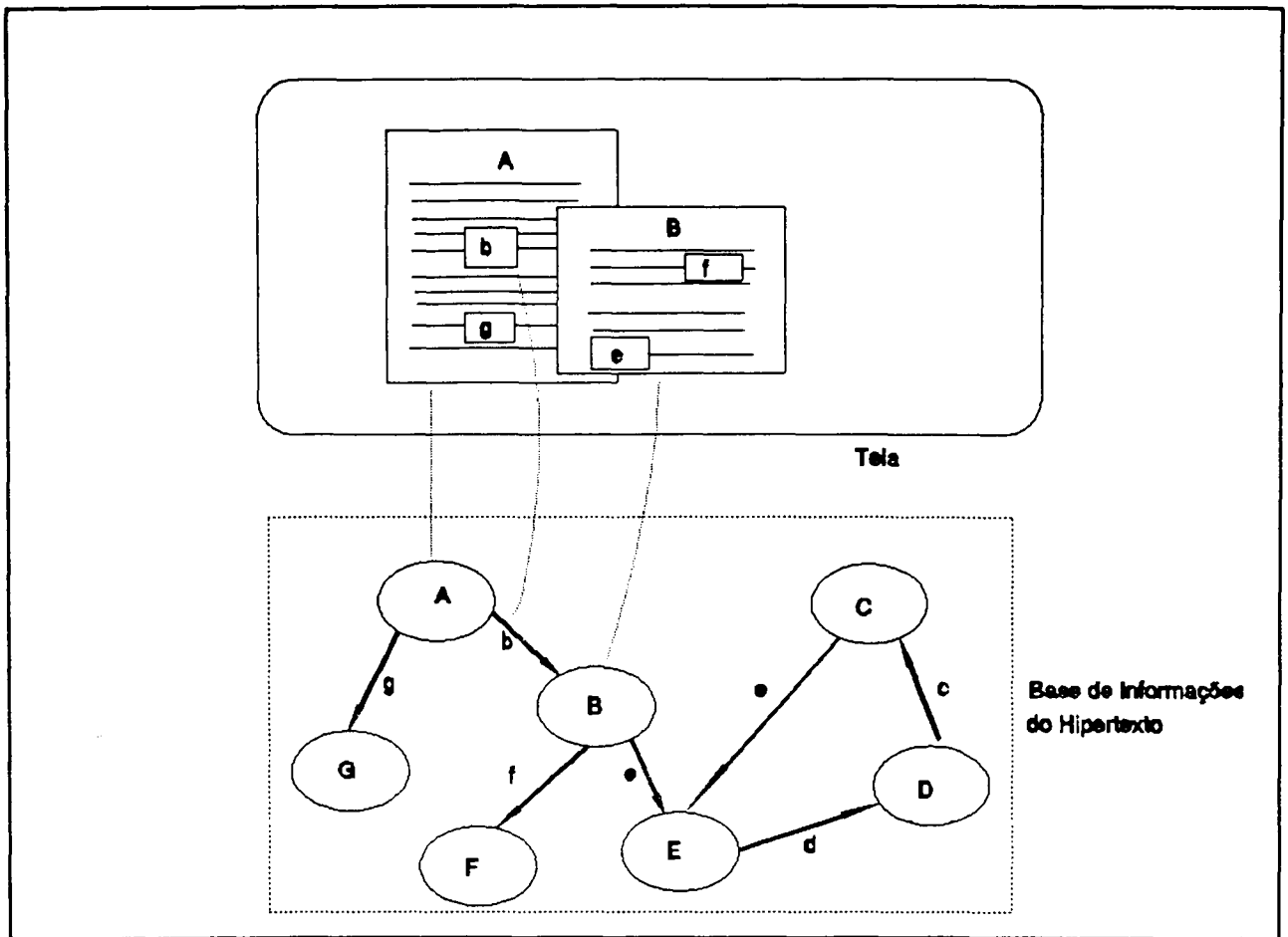


Figura 2: Representação gráfica da ativação de nós na base de informações do hipertexto/hipermídia.

Após abordar os conceitos básicos de hipertexto/hipermídia, é possível descrever as principais características destes sistemas, enfatizando sua arquitetura e os mecanismos de suporte à autoria sistemática de hiperdocumentos e a navegação em geral:

- a informação é dividida em unidades normalmente pequenas, variavelmente chamadas **notecards**, **frames**, nós. O documento final, ou seja, todo o conjunto de informações textuais, gráficas, sonoras, em vídeo, é armazenado sob a forma de nós que contêm as informações de textos, som e imagem;

- as unidades de informação são visualizadas em janelas de apresentação. (Cada sistema varia quanto ao número, tamanho e

disposição de janelas permitidas);

- as unidades de informação são interconectadas por ligações.

O usuário navega na base de informações do hipertexto/hipermídia selecionando ligações a fim de viajar de unidade para unidade;

- para criar, editar e ligar unidades, os usuários constroem estruturas de informações;

- em sistemas hipertexto/hipermídia compartilhados, múltiplos usuários podem ter acesso simultâneo ao hiperdocumento. Sistemas compartilhados podem ser implementados com sistemas distribuídos, nas quais porções da base de informações são distribuídas através de múltiplas estações de trabalho e arquivos servidores numa rede.

3.3- Vantagens e Desvantagens no Uso de Hipertexto/Hipermídia

Jeff Conklin [8] comenta as vantagens de se representar um documento na forma de hipertexto/hipermídia:

- A facilidade de percorrer ligações estimula o usuário a pesquisar na base de informações;

- A facilidade de criar novas ligações permite o armazenamento e a estruturação de grande quantidade de informações;

- Facilidade para realizar a estruturação do documento da forma que julgar mais conveniente, oferecendo, portanto, vários pontos de vista do assunto;

- Opções como o **browser** fornecem uma visão geral da posição do usuário em relação ao hiperdocumento;

- O acesso à informação torna-se mais confiável, pois o fato de se eliminar a repetição de informação, ao realizar referências a um mesmo nó, diminui o risco de inconsistências;

- Facilidade para modularizar suas idéias, além de poder fazer referência a um mesmo conteúdo quantas vezes julgar necessário;

- O trabalho cooperativo, quando disponível, auxilia todas as tarefas desenvolvidas em grupo;

- O controle automático de versões auxilia o gerenciamento

das atividades envolvidadas com quaisquer aplicações;

- O número de tipos de aplicações que podem explorar as vantagens dos sistemas hipertexto/hipermídia é praticamente ilimitado.

Para seguir uma ligação (navegação) em um sistema hipertexto/hipermídia, o usuário seleciona a ligação através do cursor, com o auxílio de um mouse ou das teclas de direção, e executa um comando. Nesse momento o sistema se encarrega de buscar na base de informações o nó relacionado àquela ligação, exibindo-o na tela em uma janela que pode ou não sobrepor total ou parcialmente o nó origem da busca.

Na criação de novas ligações, o criador pode selecionar um item de texto de dentro de um nó e requisitar que àquele item seja relacionada uma ligação. O sistema então obtém os dados de arquivo destino, escopo, tipo e posição de apresentação do nó na tela (caso não seja uma ligação de execução). Esse mecanismo além de facilitar a implementação, facilita a extensão do sistema sempre que novos dispositivos de armazenamento e tratamento da informação (som, imagem animada, etc) tornarem-se disponíveis.

A estruturação procura ajudar o autor do hiperdocumento a organizar suas idéias e relacioná-las à medida em que for produzindo o hiperdocumento. Possui o inconveniente de obrigar o autor a organizar, algumas vezes precocemente, suas idéias.

Hipertexto/hipermídia oferece novas possibilidades para acessar informações grandes ou complexas. Documentos lineares estão organizados de tal forma que induzem os usuários a lerem seqüencialmente, desde a primeira até a última página, dificultando uma ampla visão do documento e conseqüentemente, do próprio assunto descrito. A vantagem de textos não lineares é a habilidade para organizar seu conteúdo de diferentes modos, dependendo de cada ponto de vista.

Os segmentos de texto podem ser combinados de muitas maneiras, permitindo o mesmo documento servir a múltiplas funções. Deste modo, o mesmo segmento de texto pode ser referenciado de

vários locais, e idéias podem ser expressas com pouca sobreposição e duplicação.

Contudo existem as desvantagens operacionais de hipertexto/hipermídia, e Conklin [8] as separa em duas classes de problemas, 1) desorientação: tendência em perder o sentido de localização e direção em um documento não linear; e 2) uma sobrecarga cognitiva: esforços e concentração adicionais necessários para manter algumas tarefas. Estes problemas podem ser parcialmente resolvidos através de melhorias na execução e no projeto de interface de sistemas hipertexto/hipermídia, e através de pesquisa em técnicas de filtrar informações. Entretanto, podem ser fatais em aplicações onde se exige esforço desta natureza, como é o caso do ensino.

3.4- Aplicações

Um dos objetivos da criação de sistemas hipertexto/hipermídia, é fornecer um mecanismo que simula o processo de associação realizado pela mente humana, utilizando a tecnologia de redes de estações de trabalhos, telas de vídeo de altíssima resolução gráfica e dispositivos de transmissão e armazenamento com enorme velocidade e capacidade, para que grupos de usuários possam trabalhar de forma cooperativa na geração e utilização de hiperdocumentos.

Por exemplo, o KMS [1], é um sistema de representação do conhecimento aplicado à administração, suporte a produtos, produção de documentos, projeto de produtos e engenharia de software.

Em termos gerais, sistemas hipertexto e hipermídia podem ser utilizados como ferramentas em diversas áreas, tais como [20]:

- projeto auxiliado por computador;
- sistema tutor inteligente;
- correio eletrônico;
- automação de escritórios;
- gerenciamento e manutenção de grande volume de informação;

- organização de assuntos pessoais;
- consulta a base de dados;
- manutenção de manuais **on-line**;
- organização de idéias;
- gerenciamento de organizações;
- engenharia de software;
- sistema de representação de conhecimento aplicado em administração;
- suporte a produtos;
- projeto de produtos; e
- produção de documentos.

4- STIs e Hipertexto/Hipermídia

4.1- Introdução

Hipertexto e hipermídia são tecnologias emergentes que têm grande potencial para facilitar a interação das pessoas com o mundo de informação em que elas vivem [9]. São de interesse em educação e treinamento por várias razões, mas particularmente pelo fato de suportarem um modelo de aprendizagem que contrasta com o programa tradicional de ensino e com o modelo de sistemas tutores. Ao mesmo tempo, avanços em armazenamento, gráficos e tecnologias de vídeo, estão tornando possível um acesso rápido e barato a grandes bases de informação multimídia [12].

Sistemas hipertexto e hipermídia podem levar ao desenvolvimento de novos produtos educacionais, integrando vários aspectos da tecnologia de informação e metodologias de ensino [26].

É tentador assumir que um sistema sofisticado para **browsing** tal como uma enciclopédia ou um livro de medicina eletrônicos sejam adequados para aprendizado. Contudo, mera exposição à informação não garante o entendimento e certamente não garante o aprendizado [12]. A tentação em assumir que hipermídia é a panacéia para sistemas tutores é reforçada pelo potencial de suas aplicações educacionais. Entretanto, experiências com sistemas hipertexto/hipermídia na educação ainda são escassas, especialmente integrações em grande escala. Uma teoria de sistemas hipertexto/hipermídia na educação terá que ser desenvolvida com base em experimentos nestes sistemas, contendo material educacional realístico, e feito, se possível num contexto realístico [26].

O sistema hipertexto/hipermídia permite ao usuário determinar a seqüência de acesso a informações (**browsing**), adicionar ou modificar informações para tornar mais pessoal, ou construir e estruturar sua própria base de informação hipermídia. Portanto,

estes sistemas colocam maior responsabilidade ao estudante quanto ao acesso, sequenciamento e derivação de conhecimentos a partir das informações. Esta responsabilidade adicional irá impor um maior processamento cognitivo ao estudante, e em muitos casos isto parece ser consistente com os conceitos construtivos de aprendizagem, e portanto desejável [15].

O importante nos sistemas hipertexto/hipermídia é que o usuário está sempre interagindo e controlando dinamicamente as informações. Os caminhos podem ser determinados pelo autor do sistema, ou pelo usuário/estudante, ou por ambos. O autor gera caminhos referentes a ligações pré-determinadas dentro do espaço de informação (como um guia turístico). O usuário/estudante pode criar seus próprios caminhos, refletindo a lógica individual que é usada para percorrer a base de conhecimento, fornecendo, com isso, subsídios para a construção do modelo de estudante.

Muitos sistemas hipermídia permitem acesso simultâneo às informações da base, por vários estudantes. Esta característica implica num controle dinâmico, e também implica num nível de colaboração tipicamente não disponível em outros sistemas de informação mono-usuário [15].

Duchastel [9] afirma que hipertexto/hipermídia é mais propício para aprendizagem informal do que formal. A organização da informação na rede, que torna possível acesso rápido e fácil, é que constitui a essência de tais sistemas. Esta noção de contexto rico de informação afeta fortemente as formas de aprendizagem e instrução.

Acredita-se que grande quantidade de informação será acessível no futuro em uma variedade de formas, e isto afetará diretamente a maneira de aprender. Talvez a consequência mais importante do uso de hipertexto/hipermídia é a de oferecer uma maior oportunidade de aprendizagem informal, e pode-se concluir disto que tais sistemas deveriam ser vistos principalmente não como uma ferramenta de ensino, mas sim como uma ferramenta de aprendizagem. Aprendizagem formal e hipertexto/hipermídia estão conceitualmente distantes, embora a primeira pode muitas vezes

tirar vantagens do uso deste último [9].

4.2- Vantagens e Desvantagens

Quando hipertexto/hipermídia é aplicado a aprendizagem, dois processos podem ser melhor projetados: a busca de informação e a aquisição de conhecimento [15].

A busca de informação para responder questões, para tomar decisões, resolver problemas, ou para ajudar o estudante a compreender a situação sendo ensinada, é um importante passo em qualquer processo de aprendizagem. A vantagem de hipertexto/hipermídia neste processo é a habilidade de integrar grandes alternativas de representação da informação, e o acesso à informação é facilitado pela organização associativa da mesma.

A aquisição de conhecimento por parte do estudante é facilitada pelo fato dele poder navegar livremente na base, buscando as informações que ele necessita naquele momento. Com flexibilidade, é possível que o sistema atenda exatamente às necessidades daquele estudante, valorizando seu controle.

Deve-se observar que todas as vantagens de hipertexto/hipermídia, já discutidos no capítulo anterior, são bem-vindas quando estes são utilizados em sistemas tutores.

Considerando alguns dos problemas documentados no uso de sistemas hipertexto/hipermídia na educação, destacam-se alguns critérios para distinguir aspectos que são importantes no uso destes sistemas para STIs. Os principais problemas são [12]:

- Os estudantes podem se perder. A base de informação pode ser grande e não familiar; as ligações fornecidas não serão adequadas para todos os indivíduos e tarefas, e o estudante pode ficar confuso pela dificuldade de escolha, não sabendo o que fazer e para onde ir. Uma vez numa parte desconhecida da base de informação, o estudante pode ter dificuldades em alcançar um território familiar - como um estranho numa cidade estrangeira sem um mapa. Isto mostra a necessidade de um certo controle, por parte

do sistema, dos caminhos que podem ser percorridos pelo estudante, afim de não permitir que ele trilhe, por exemplo, por conceitos muito avançados para seu estágio de aprendizado.

- Os usuários podem achar difícil obter uma visão geral do material. Eles podem falhar em ver como partes da base de informação estão relacionadas e até mesmo ignorar totalmente porções relevantes da base.

- Mesmo se os estudantes sabem que a informação específica está presente, eles podem ter dificuldades em encontrá-la. A base de informação pode não estar estruturada de maneira esperada, ou a falta de conhecimento deles poderá enganá-los. Pesquisas têm mostrado que um número grande de alternativas de escolha freqüentemente torna difícil a seleção apropriada.

- Os estudantes podem navegar na base de informação de maneira desmotivada e ineficiente. Este será um aspecto crucial em situações de ensino. Quando uma pessoa não está certa de seus objetivos imediatos, ou de como conseguí-los, ela irá procurar pistas ao seu redor. Um sistema que fornece grande número de escolhas, mas o mínimo de orientação, pode não ser ideal para estudantes, por não ajudá-los a formular e atingir seus objetivos.

- A interface com o usuário atua como um filtro que tanto pode esclarecer e facilitar o uso do sistema, como pode atuar como um impedimento, frustrando o uso eficaz do sistema. O esforço adicional e a concentração necessária para o estudante manter várias tarefas ou trilhas de uma só vez é um grande problema. A consequência pode ser uma sobrecarga cognitiva, ou seja, é a sobrecarga mental exigida para criar, nomear e guardar trilhas das ligações [15].

- Finalmente, junto com a interface para controle, as várias facilidades podem interferir com a tarefa principal de explorar e aprender sobre o material. Pode-se afirmar que a lacuna central de sistemas hipertexto/hipermídia é a omissão de qualquer especificação da interface do usuário, e mesmo os entusiastas admitem que a natureza genérica de sistemas hipermídia é tanto uma benção como uma maldição. Maldição porque estudantes são colocados

à frente de uma ferramenta que pode ser muito útil mas pode não estar bem adequada à específica tarefa dada, e benção pois pode ser uma ferramenta flexível e eficiente quando bem projetada. A construção de uma boa interface é crucial em situações de aprendizagem, pois previne desperdícios desnecessários dos recursos dos estudantes com o sistema.

Estes problemas não significam que hipertexto/hipermídia não seja apropriado para aprendizagem, e sim deveria ser visto como mais uma ferramenta tecnológica para a educação.

4.3- Interface para STIs

O papel da interface na interação usuário-computador tem ganho importância desde a última década, e pode-se dizer que, não levando em conta a funcionalidade, um sistema terá sucesso ou não dependendo da qualidade de sua interface com o usuário.

O projeto de interface para software educacional, incluindo aqueles para STIs, parece ser uma daquelas coisas que muitos fazem e poucos falam a respeito. Software educacional e especialmente STIs são frutos de pesquisas recentes, sendo compreensível, portanto, a pouca importância dada a aspectos de interface, ainda que haja boas razões para não ignorar estes aspectos. A mais óbvia é que um bom software educacional pode ser inteiramente arruinado por uma interface ruim, pois os estudantes não podem aprender de um programa que não consigam usar [11].

Existem dois outros pontos particulares sobre software educacional que elevam a importância da interface: a interface, neste caso, é a porta de entrada para um material eventualmente desconhecido. Em outros tipos de software, geralmente o usuário sabe qual a aplicação que o programa tem, e pode usar este conhecimento para "decifrar" a interface. A primeira vez que um usuário vai utilizar um processador de texto, por exemplo, ele espera encontrar certos comandos, pois tem uma idéia de como seria

um programa para manipular textos. Os usuários de software educacional não possuem vantagens similares, pois eles não têm um bom entendimento do domínio sendo ensinado. Os sistemas hipertexto/hipermídia suprem esta deficiência estimulando o estudante a explorar (via facilidades de navegação e **browser**) o assunto a ser ensinado.

Um outro requisito de uma interface para um software educacional é que ela deve ser sensível ao conhecimento geral do estudante e/ou nível de desenvolvimento, que é facilitado pelos sistemas hipertexto/hipermídia por obterem informações sobre o desenvolvimento do estudante, a partir do caminho percorrido no hiperdocumento.

Dado que a interface deve introduzir o estudante no domínio, e não o contrário, esta precisará fornecer variações nas habilidades de diferentes estudantes. Através das informações obtidas dos estudantes, os sistemas hipertexto/hipermídia podem habilitar ou desabilitar certos caminhos no hiperdocumento, adequando as informações da base ao nível e necessidades do estudante. Se uma interface não pode lidar com algumas destas limitações, então ela terá sua utilidade muito limitada em software educacional.

Rickel [21] afirma que as pessoas retêm 25% do que ouvem, 45% do que vêem e ouvem, e 70% do que vêem, ouvem e fazem, portanto pode-se argumentar fortemente a favor de interfaces que incluam não apenas texto, mas também imagem e som, permitindo que o usuário tenha opções de interação com o STI. Esta é, portanto uma argumentação favorável a utilização de sistemas hipertexto/hipermídia para a aprendizagem.

5- Conclusões

Educação (ou, mais especialmente instrução) é uma das áreas onde as aplicações de IA têm mais crescido nos últimos tempos. A pesquisa em Sistemas Tutores Inteligentes (STIs), ou Sistemas Inteligentes de Instrução Assistida por Computador (ICAI) - é um exemplo concreto dessa interação.

STIs constituem uma realidade experimental, mas ainda carecem de fundamentação teórica. A literatura nesta área consiste, em sua maioria, de trabalhos descrevendo implementações e abordagens específicas. Evidentemente a falta de uma teoria geral dificulta em muito a avaliação, classificação e comparação dos STIs [28].

Como se pode notar, um sistema hipertexto/hipermídia é uma ferramenta não convencional para organizar e recuperar informações, podendo ser visto como uma nova e interessante técnica de representação de conhecimento [15].

O conhecimento do domínio continua sendo o mesmo; o que muda é a nova forma de armazenamento, recuperação e apresentação das informações, de uma maneira não seqüencial e associativa.

Há poucas evidências disponíveis sobre os benefícios de sistemas hipertexto/hipermídia no aprendizado. Porém, similaridades entre certas estruturas destes sistemas e possíveis estruturas cognitivas existem, e são suficientes para sugerir que hipertexto/hipermídia consiste numa representação "natural" e que seu uso facilitaria o aprendizado [17].

Quanto ao projeto de interfaces, deve-se buscar aprimorar a maneira pela qual as pessoas podem usar os computadores para pensar e se comunicar, e não só buscar uma aparência bonita com recursos gráficos e cores. Isso serve não só para aplicações em hipertexto e hipermídia no aprendizado, mas em projeto de interfaces no geral.

6- Referências Bibliográficas

- [1] - Akscyn, R. M., McCracken, D. L., & Yoder, E. A., KMS: A Distributed Hypermedia System for Managing Knowledge in Organizations., In: Communications of the ACM, 31(7), 1988, pp. 820-835.
- [2] - Alexandrino, V., Magalhães, A. L. C. C., Uso de Sistemas Hipertexto em Engenharia de Software., In: Monografia apresentada no curso de Engenharia de Software, USP-São Carlos, outubro, 1991.
- [3] - Araribóia, G., Hipertexto em um Sistema de Aprendizado., In: 6º Simpósio Brasileiro em Inteligência Artificial., novembro, 1989, pp. 276-287.
- [4] - Brown, J. S., Burton, R., & Bell, A. SOPHIE: A Sophisticated Instructional Environment for Teaching Electronic Trouble Shooting (An Example of A.I. in C.A.I.)., In: International Journal of Man-Machine Studies, vol. 7, 1977.
- [5] - Burton, R. R., & Brown, J. S., An Investigation of Computer Coaching for Informal Learning Activities., In: International Journal of Man-Machine Studies, vol. 11, 1979, pp. 5-24.
- [6] - Clancey, W. J., Tutoring Rules for Guiding a Case Method Dialogue., International Journal of Man-Machine Studies, vol. 11, 1979, pp. 25-49.
- [7] - Clancey, W. J., Guidon., In: International of Computer-Based Instruction, vol. 10, num. 1 & 2, 1983, pp. 8-15.

- [8] - Conklin, J., Hypertext: An Introduction and Survey., In: Computer, 20(9), 1987, pp. 17-41.
- [9] - Duchastel, P. C., Discussion: Formal and Informal Learning with Hypermedia., In: Designing Hypermedia for Learning, D. H. Jonassen & H. Mandl (eds.), Nato ASI Series, 1990, pp. 135-143.
- [10] - Fischer, G., Enhancing Incremental Learning Processes with Knowledge-Based Systems., In: Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems, H. Mandl & A. Lesgold (eds.), Springer Verlag, 1988, pp. 138-163.
- [11] - Frye, D., Littman, D. C., & Soloway, E., The Next Wave of Problem in ITS: Confronting the "User Issues" of Interface Design and System Evaluation., In: Intelligent Tutoring Systems, PSOTKA, J., MASSEY, L.D., MUTTER, S.A. (Eds), Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1988, pp. 451-478.
- [12] - Hammond, N., Hypermedia and Learning: Who Guides Whom?., In: Lecture Notes in Computer Science, G. Goos & J. Hartmanis (eds.), Computer Assisted Learning, 2nd International Conference, ICCAL'89, Dallas, Texas, maio, 1989, pp. 167-181.
- [13] - Johnson, W. L., & Soloway, E., PROUST: Knowledge-Based Program Understanding., In: IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 3, 1985, pp. 267-275.
- [14] - Johnson, W. L., & Soloway, E., PROUST: An Automatic Debugger for Pascal Program. In Artificial Intelligence and Instruction., In: Applications Methods, G. Kearsley (ed.), 1987, pp. 49-67.

- [15] - Jonassen, D. H., & Grabinger, R. S., Problems and Issues in Designing Hipertext/Hypermedi for Learning., In: Designing Hypermedia for Learning, D. H. Jonassen & H. Mandl (eds.), Nato ASI Series, 1990, pp. 3-25.
- [16] - Kearsley, G., Artificial Intelligence and Instruction - Aplicacions and Methods. Ed. Addison Wesley Publishing Company, 1987, pp. 349.
- [17] - McKnight, C., Richardson, J., & Dillon, A., Journal Articles as Learning Resource: What Can Hypertext Offer?., In: Designing Hypermedia for Learning, D. H. Jonassen & H. Mandl (eds.), Nato ASI Series, 1990, pp. 277-290.
- [18] - Nwana, H. S., Intelligent Tutoring Systems: An Overview., In: Artificial Intelligence Review, vol. 4, 1990, pp. 251-277.
- [19] - Oberem, G. E., Mayer, O., & Makedon, F., ILONA: An Advanced CAI Tutorial System for the Fundamental of Logic., In: Education & Computer, julho, 1992, pp. 245-254.
- [20] - Pimentel, M. G., Sistemas Hipertexto: Discussões, Um Projeto e Sua Implementação. Dissertação de Mestrado, USP-São Carlos, setembro, 1989.
- [21] - Rickel, J. W., Intelligent Computer-Aided Intruction: A Survey Organized Around System Components., In: IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 19, 1989, pp. 40-57.
- [22] - Self, J. A., Student Models in Computer-Aided Instruction., In: International Journal of Man-Machine Studies, vol. 6, 1974, pp. 261-276.

- [23] - Sleeman, D. & Brown, J., Intelligent Tutoring Systems., Academic Press, London, 1982.
- [24] - Streitz, N. A., Mental Models and Metaphors: Implications for the Design of Adaptive User-System Interfaces., In: Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems, H. Mandl & A. Lesgold (eds.), Springer-Verlag, 1988, pp. 165-186.
- [25] - Vassileva, J. A Classification and Synthesis of Student Modelling Techniques in Intelligent Computer-Assisted Instruction., In: Lecture Notes in Computer Science, Computer Assisted Learning - 3rd International Conference, ICCAL'90, Springer-Verlag, 1990.
- [26] - Verreck, W. A., & Lkoundi, A., From Instructional Text to Instructional Hypertext: An Experiment., In: Designing Hypermedia for Learning, D. H. Jonassen & H. Mandl (eds.), Nato ASI Series, 1990, pp. 263-276.
- [27] - Viccari, R. M. & Moussalle, N., Tutores Inteligentes para o Ensino da Linguagem Prolog., In: I Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Rio de Janeiro, novembro de 1990, pp. 203-220.
- [28] - Viccari, R. M. & Oliveira, F. M., Sistemas Tutores Inteligentes., In: Instituto de Informática da UFRGS, Pós-graduação em Ciência da Computação, setembro de 1992, 64p.
- [29] - Woolf, B., & McDonald, D. D., Building a Computer Tutor: Design Issues., In: IEEE Computer, september 1984, pp. 61-73.