

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

**Um Framework para o Uso de Novas Tecnologias
Computacionais em Ambientes de Ensino**

**João Benedito dos Santos Junior
Edson dos Santos Moreira**

Nº 115

RELATÓRIOS TÉCNICOS



São Carlos – SP
Jun./2000

SYSNO	1089272
DATA	1 1
ICMC - SBAB	

Um Framework para o Uso de Novas Tecnologias Computacionais em Ambientes de Ensino

João Benedito dos Santos Junior { joao@icmc.sc.usp.br | joaobene@unifenas.br }

Instituto de Engenharia e Ciências Exatas

Universidade de Alfenas - UNIFENAS

Caixa Postal 023

37130-000 Alfenas, MG

Edson dos Santos Moreira { edson@icmc.sc.usp.br }

Departamento de Ciências de Computação e Estatística

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Universidade de São Paulo - Campus de São Carlos

Caixa Postal 668

13560-970 São Carlos, SP

Resumo

O uso de recursos computacionais em ambientes de ensino tem sido intensificado e justificado pelo crescimento de pesquisas, eventos e publicações na área de Informática na Educação. Vários fatores têm sido abordados e investigados sob diversos pontos de vista, que abrangem desde os aspectos pedagógicos de uso do computador até a aplicação de tecnologias na construção de ambientes de ensino baseados em computador. Em face do dinamismo da área de Ciência da Computação, novas tecnologias estão surgindo e com potencial para aplicação em educação. Este trabalho contextualiza ambientes de ensino com foco no uso de recursos computacionais e apresenta um *framework* para o uso de tecnologias computacionais emergentes em ambientes de ensino.

Abstract

The use of computer resources in educational environments have been intensified and justified by researches, conferences and papers in the Informatic in the Education area. Some cases have been studied in some view points, including pedagogical aspects of use of the computers until the application of technologies in the building of computer-based teaching environments. Considering the dinamism of the Computer Science area, new technologies are being created and with potential for application in education. This paper contextualize teaching environments with focus in the use of computational resources and presents a framework for the use of news computationals technologies in teaching environments.

1 Introdução

A literatura demonstra que a aplicação da informática na educação tem sido alvo de intensas pesquisas devido à importância da utilização de ferramentas computacionais como apoio ao processo ensino-aprendizagem. O uso da informática na educação constitui um novo paradigma que é justificado por inúmeros autores, que reforçam a aplicação dos computadores como agentes que contribuem para a construção do conhecimento (Castro, 1997).

Projetos que visam estimular o uso dos computadores nas escolas têm sido propostos e implementados, e experiências em nível mundial têm demonstrado que o uso de sistemas de computação em ambientes de ensino permite o enriquecimento do material didático que é apresentado ao estudante, por exemplo (WebCT, 1996; LearningSpace, 1998; Greenfield, 1987). Em termos de Brasil, algumas aplicações têm sido desenvolvidas, mas não se atingiu ainda a intensidade de uso de vários países. O uso da Internet apresenta-se como um fator importante a ser explorado (Lucena, 1997).

Neste ponto, é importante ressaltar que muitos projetos têm sido propostos com foco central no uso de recursos computacionais em ambientes de ensino. São exemplos, o ambiente SASHE (Nunes et al., 1997) e as ferramentas propostas no contexto do projeto HyDTS (Moreira et al., 1995), além de projetos de amplo espectro como o Kidlink (Kidlink, 1996) e AulaNet (AulaNet, 1997). Em adição, as tecnologias computacionais têm sido aplicadas tanto para ambientes de ensino fechados ou locais, quanto para ambientes abertos ou distribuídos, como é o caso do ambiente da WWW (*World Wide Web*).

No contexto deste trabalho, o principal objetivo é apresentar um framework para uso de tecnologias emergentes em ambientes de ensino. No entanto, é relevante referenciar o uso do computador em ambientes de ensino, conforme apresenta a seção 2. A seção 3 apresenta as tecnologias emergentes, e que são referenciadas como um *framework* na seção 4, e na seção 5, as conclusões.

2 Uso de recursos computacionais em ambientes de ensino

Em linhas gerais, existem duas categorias bem definidas de aplicação dos computadores no ensino. O aprendizado assistido por computador (*Computer Aided Learning - CAL*) focaliza o uso dos computadores como ferramenta para promoção do aprendizado, sendo visto como um agente que, inserido em ambientes de ensino, promove uma nova forma de transmissão de conteúdos. Por outro lado, o treinamento baseado em computador (*Computer Based Training - CBT*) focaliza o uso dos computadores como facilitadores do aprendizado de tarefas específicas em um determinado domínio de conhecimento, inclusive com o uso de simulações (Barker, 1992).

Com relação à realidade brasileira, os computadores, quando empregados, o têm sido muito mais em casos isolados do que em ambientes de ensino realmente caracterizados como CBT ou CAL, conforme citado em (Castro, 1997). De modo geral, este fato é consequência da falta de um processo metódico, suportado por ferramentas de autoria adequadas à construção e disponibilização de material didático em todos os níveis de ensino. Outro fator limitante tem sido, naturalmente, o custo de equipamentos e software.

Conforme citado, por exemplo em (Schneider, 1995), muitas iniciativas têm sido efetuadas no sentido de explorar o uso de recursos computacionais em ambientes de ensino, inclusive com o desenvolvimento de ferramentas para autoria e disponibilização de material didático no ambiente WWW. No contexto deste trabalho é válido apresentar algumas dessas iniciativas, ao nível de Brasil e exterior, consideradas relevantes por explorarem os aspectos multidisciplinares e que permitem a avaliação de diversas abordagens em termos do provimento de informações cujo domínio de aplicação seja o ensino.

Neste contexto, alguns trabalhos têm sido propostos, primando-se pela implementação de ambientes computacionais para apoio ao processo ensino-aprendizagem. Estes trabalhos, abrangem metodologias de desenvolvimento, ferramentas para autoria e apresentação de material didático, e aplicações específicas.

Um exemplo é a **MAPHE**, uma metodologia para o projeto de hiperdocumentos educacionais baseada em quatro etapas: planejamento, modelagem, implementação e testes (Pimentel, 1997).

Outro exemplo é o Sistema de Ensino Inteligente - **SEI** - proposto por Tadesco et al., que se apresenta como uma arquitetura composta por agentes, tais como controlador, tutor e comunicador, permitindo a disponibilização de material didático para um determinado domínio de aplicação, bem como a conseqüente navegação pelo estudante no ambiente WWW (Tadesco et al., 1997).

O **SASHE**, proposto por Nunes et al., é um ambiente de autoria e navegação em hiperdocumentos para aplicações em ensino (Nunes et al., 1997). De modo geral, são apresentados os recursos hipermídia estendidos do modelo MCA para hiperdocumentos de ensino. O modelo MCA é um modelo conceitual de dados hipermídia que tem como principal característica o tratamento de nós de hiperdocumentos que podem estar recursivamente aninhados (Soares et al., 1994).

Scapin apresenta a **WebCourse** como uma ferramenta para facilitar a criação de provas a serem disponibilizadas no ambiente WWW, provendo, ainda, a correção automática das mesmas (Scapin & Garcia Neto, 1997). De modo geral, é utilizado o recurso de formulários da linguagem HTML (HTML, 1997) combinado ao processamento CGI (*Common Gateway Interface*) (CGI, 1997), produzindo a interface de autoria fornecida ao professor. Neste contexto, um documento HTML é apresentado ao autor como interface de autoria. A ferramenta provê suporte à autoria de questões de múltipla-escolha, verdadeiro ou falso, resposta livre e preenchimento de lacunas. Em adição, é permitido ao autor a indicação das respostas das questões que serão apresentadas ao estudante. No módulo do estudante é apresentada uma opção para correção automática das respostas fornecidas. O mecanismo de correção da prova gera um arquivo HTML que é disponibilizado ao professor para registro de todas as provas realizadas pelos alunos.

A ferramenta **eWeb**, desenvolvida em 1996 por Young Zhao, da Michigan State University, Estados Unidos, é um aplicativo baseado num servidor de WWW, oferecendo um conjunto de ferramentas multifuncionais para a criação de cursos, propiciando aos autores adotar, desenvolver e gerenciar materiais multimídia, a fim de conduzir projetos de aprendizagem colaborativa e observar, monitorar e informar o desempenho dos estudantes (eWeb, 1996).

O **WebCT**, um pacote criado por Murraw W. Goldberg, da University of British Columbia, Canadá, em 1996, consiste em uma ferramenta que facilita a criação de sofisticados ambientes

educacionais baseados no ambiente WWW (WebCT, 1996). A ferramenta WebCT é inteiramente baseada no ambiente WWW, tanto para o estudante como para o professor. A ferramenta WebCT é apresentada ao autor como um documento HTML principal, a partir do qual se tem o acesso aos tópicos dos cursos. De modo geral, o estudante tem à sua disposição o correio eletrônico e ambientes de navegação pelo material didático. Para o autor, são fornecidas ferramentas para verificação do progresso do aluno, verificação do curso, elaboração de testes, gerenciamento de estudantes e geração de *layout* de apresentação dos hiperdocumentos. WebCT constitui-se numa ferramenta multifuncional para a criação de cursos para o ambiente WWW, permitindo também seu completo gerenciamento, fornecendo ao instrutor diversos dados estatísticos sobre o andamento do curso e o progresso individual dos alunos. Atualmente, trata-se de um dos mais completos pacotes para desenvolvimento de cursos para o ambiente WWW, e tem sido adotado por várias universidades, por exemplo University of Georgia, UCLA, Marshall University, dentre outras.

A ferramenta **qForm**, criada por Bob Cunningham, da Hawaii University, Estados Unidos, em 1995, consiste de um pacote com dois programas (qForm, 1995): **qform**, usado para criação de um teste em linguagem HTML, e **qscore** usado para a correção dos testes criados pelo pacote **qform**. Este conjunto de programas torna fácil a criação e a correção automática de questões de múltipla escolha e verdadeiro ou falso em servidores WWW baseados no protocolo HTTP. O formato do arquivo dos testes é simples, não sendo necessário conhecimento da linguagem HTML para escrever um teste, embora seja possível colocar seu próprio código HTML nos testes. O arquivo que contém os testes deve ser colocado em um diretório apropriado em um servidor HTTP.

De modo geral, as ferramentas apresentadas fazem uso de estruturas proprietárias para representação dos documentos correspondentes ao material didático e questionários de avaliação. Este fator restringe os aspectos de reuso dos documentos e intercâmbio destes com outras ferramentas de autoria e/ou ambientes de apresentação. Neste ponto, a proposta de formalização da estrutura dos documentos didáticos, utilizando padrões abertos, aumenta a visibilidade dos documentos manipulados.

De forma complementar, as características distribuídas e o uso de hipertextos tornam o ambiente WWW uma plataforma interessante para o suporte à construção de ambientes de ensino. Este aspecto é reforçado pela multidisciplinaridade dos trabalhos reportados.

3 Novas tecnologias

A popularização do uso dos computadores nos mais diversos segmentos da sociedade e a expansão da Internet são alguns dos fatores que têm impulsionado a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias computacionais cada vez mais elaboradas e próximas ao cotidiano das pessoas.

Observa-se, por exemplo, que o uso de recursos multimídia deixou, há algum tempo, de ser um privilégio ou recurso adicional de um sistema de computação e passou a ser um componente indispensável a um grande número de aplicações e casos. Por outro lado, as facilidades de acesso a redes de comunicação tem se encarregado de expandir as fronteiras de uso do computador na sociedade.

Neste contexto, tecnologias são criadas, transformadas e melhoradas constantemente, o que torna relevante a apresentação de um panorama envolvendo algumas dessas tecnologias no atual estado da arte, com vistas à elaboração de um *framework* para uso dessas tecnologias, por exemplo em ambientes de ensino.

3.1 Modelagem de documentos estruturados

O projeto de aplicações hipermídia difere do projeto e desenvolvimento de software tradicionais em vários aspectos críticos, uma vez que aplicações hipermídia apresentam dificuldades em sua modelagem e em seu projeto que não são encontradas no projeto de sistemas tradicionais.

Como consequência, métodos específicos para modelagem e projeto deste tipo de aplicação são necessários, métodos estes que precisam atender as diferentes necessidades dos vários tipos de aplicações hipermídia. Dentre os métodos pesquisados e propostos pode-se citar HDM (*Hypermedia Design Method*) (Garzotto, 1993), o RMM (*Relationship Management Methodology*) (Isakovitz, 1995), o OOHDM (*Object Oriented Hypermedia Design Model*) (Schwabe, 1996). No contexto dos ambientes de ensino baseados em hipermídia deve-se destacar o método DOADEH (*Database-Oriented Approach to the Design of Educational Hyperbooks*). O método DOADEH é voltado para o projeto de aplicações hipermídia educacionais “adaptativas” (Beaumont, 1995). Estas aplicações possuem características que exigem métodos específicos para sua modelagem e projeto.

Alguns dos métodos para modelagem e projeto de aplicações hipermídia, propostos na literatura, utilizam o paradigma da orientação a objetos, e consequentemente permitem a construção de novas aplicações hipermídia através do “reuso” de componentes já modelados em aplicação anteriores (Schwabe, 1996). Porém, nenhum destes métodos para projeto e modelagem de aplicações hipermídia, propostos na literatura, é baseado em um padrão ISO para especificação de estrutura de hiperdocumentos. Além disso, a maioria desses métodos não faz parte de uma metodologia completa de desenvolvimento que contemple os padrões, tecnologias e recomendações como XML, SGML, SMIL, XSL e DOM.

Em adição, vários padrões para especificação da estrutura de hiperdocumentos têm sido investigados e propostos na literatura, como o *HyTime* (*Hypermedia/Time-Based Structuring Language*), o SGML (*Standard Generalized Markup Language*) (ISO, 1986) e o *Dexter Reference Model* (Halasz & Schwartz, 1994), visando facilitar e permitir o intercâmbio de hiperdocumentos e, consequentemente, auxiliar o projeto e o desenvolvimento de aplicações hipermídia.

O padrão SGML (*Standard Generalized Markup Language*) (ISO, 1986) permite que documentos armazenados eletronicamente sejam definidos em termos de seu conteúdo e sua estrutura, independentemente de sua forma de apresentação. SGML tem flexibilidade para definir um conjunto ilimitado de linguagens específicas, como por exemplo uma para memorandos, outra para artigos, outra para livros, e outros (Herwijnen, 1994). Cada documento SGML está associado a uma linguagem específica que define sua estrutura; essa definição é formalizada

através da criação de um DTD (*Document Type Definition*). Assim, a linguagem definida em um DTD especifica a estrutura lógica correspondente a uma classe de documentos a qual é compartilhada por muitas instâncias de documentos.

Um DTD define a estrutura lógica de uma classe de documentos, e declara: que tipos de elementos podem existir em um documento - por exemplo, um livro pode conter capítulos, seções, subseções, etc.; que atributos esses elementos podem ter - por exemplo, o número de versão e data da última revisão; como as instâncias desses elementos estão hierarquicamente relacionadas - por exemplo, um livro contém capítulos, os quais contêm seções, as quais podem conter subseções, etc. A aplicação que processa um documento SGML é responsável por especificar como as instâncias dos elementos devem ser visualizadas no documento final. Mais recentemente foi criada uma simplificação da linguagem SGML, a linguagem XML (*Extensible Markup Language*) e que torna mais fácil e simples a definição de documentos estruturados (Connolly, 1997).

A linguagem XML permite a construção de marcadores (*tags*) que especificam a estrutura de um determinado documento (Johnson, 1999). A **Figura 1** apresenta a definição de um conjunto de *tags* para o domínio de aplicação ensino. Pela figura observa-se a definição de elementos que fazem parte da estrutura de uma aula, sem, no entanto, especificar como tais elementos devem ser apresentados ao estudante.

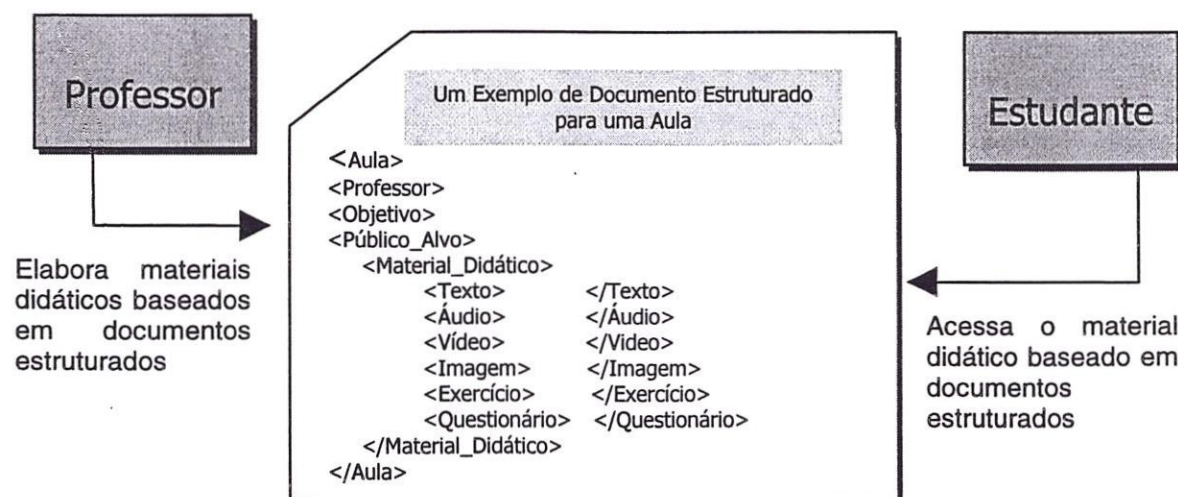


Figura 1 - Um exemplo de documento estruturado XML para o domínio ensino

Observa-se que a modelagem é um aspecto relevante em aplicações hipermídia para ambientes de ensino, considerando-se, principalmente, a questão da estruturação de documentos hipermídia. Neste ponto, percebe-se que a definição de documentos estruturados permite a apresentação controlada de documentos a classes de estudantes, o controle do uso do material pelo estudante, bem como o reuso de classes de documentos em mais de uma aplicação (Pimentel, Santos Jr. & Fortes, 1998).

3.2 A linguagem JAVA

A linguagem de programação JAVA, desenvolvida pela Sun Microsystems, no início da década de 90, quando o objetivo principal era o uso de uma linguagem de programação que permitisse a integração total de sistemas de computação com equipamentos eletrodomésticos (Sun, 1996).

A linguagem JAVA é considerada uma tecnologia para a construção otimizada de aplicações distribuídas, permitindo que múltiplos computadores sejam acessados através de uma rede e por múltiplos usuários remotamente localizados.

A linguagem JAVA é multiplataforma, afirmação esta que reporta ao fato de que um programa escrito na linguagem JAVA pode ser executado em qualquer plataforma (sistema operacional) sem necessidade de alterações no código-fonte. Tal funcionalidade é possível devido à estrutura de linguagem interpretada que caracteriza a linguagem JAVA. Outro ponto importante é que a linguagem JAVA permite a inclusão de bibliotecas de propósito específico através da definição de interfaces, denominadas *packages* (como exemplo, bibliotecas para Inteligência Artificial, Programação Concorrente, Hipermídia, Banco de Dados e outras).

Um programa escrito em JAVA pode tomar dois rumos diferentes com relação à filosofia de execução do mesmo. Um *applet* é definido como um “pequeno programa” JAVA que necessita de um documento HTML do ambiente WWW e um navegador (*browser*), tal como Netscape Navigator, Microsoft Internet Explorer, e outros, para ser executado. Desta forma, a linguagem JAVA é largamente utilizada para a implementação de animações, acesso a bases de dados e para processos de configuração via Internet. Por outro lado, uma aplicação *stand-alone* é um programa JAVA que tem “vida própria”, isto é, tem ligação direta com um determinado sistema operacional que promove a sua execução através de uma ordem de comando do usuário.

Observa-se, portanto, que a estrutura e o conteúdo dos hiperdocumentos HTML podem ser elaborados e incrementados com o uso de *applets* JAVA, programas executáveis que são transferidos através da rede e executados pela ferramenta de navegação (*browser*). Um *applet* JAVA é inserido em uma página HTML através do elemento `<APPLET>`, e as Figuras 2a e 2b ilustram a apresentação do documento correspondente em um *browser*.



(a) (b)
Figura 2 - (a) Apresentação de um documento HTML
(b) Apresentação de um documento HTML após interação usuário-applet

De modo similar, código *JAVAScript* pode ser inserido diretamente em um documento HTML. O código *JAVAScript* possui sintaxe semelhante a de programas C e C++, sendo permitida a declaração de variáveis e estruturas de dados, e codificação de estruturas para controle de fluxo de programa. Observa-se que um código *JAVAScript* é compilado e interpretado no momento em que o documento HTML é interpretado pelo *browser*.

Em linhas gerais, pode-se observar que o uso de código JAVA permite a implementação de simuladores, visualizadores de imagens, áudio e vídeo, dentre outros, e que são recursos relevantes na apresentação de material didático em ambientes de ensino. Em adição, atualmente existe uma forte tendência no uso da linguagem JAVA para interpretação de documentos estruturados com a linguagem XML, principalmente para a apresentação no ambiente distribuído da WWW.

3.3 Multimídia e SMIL

Nos últimos anos temos visto uma explosão de interesse em multimídia, hipertextos e sistemas hipermídia. Literaturas e seminários têm sido realizados no sentido de definir "o que é necessário para desenvolver sistemas hipermídia e hipertextos, o que ressalta a importância desta área no atual contexto da Ciência da Computação.

Um sistema multimídia é uma coleção de componentes de hardware e software relacionados entre si e que devem ser selecionados de forma a funcionarem juntos. De modo geral, esse conjunto de componentes é formado pela placa de vídeo, barramento de dados, controladoras, software de aquisição, software de edição, software de autoria e/ou programação e mídias de distribuição.

Pode-se dizer que os sistemas de computação trabalham em termos de páginas, onde em cada página pode existir textos, gráficos, imagens, sons, animações e outros objetos. Em particular, o áudio e vídeo são entidades analógicas conhecidas como som e imagem. Para serem usados por um computador, som e imagem devem ser transformados de sua representação mecânica/óptica para uma representação eletrônica (analógica) e então de analógica para digital.

Como citado, os sistemas multimídia envolvem fortemente a captura, a transmissão e a apresentação mídias, e é desejável em muitas aplicações que técnicas de sincronização sejam aplicadas para temporizar a apresentação das múltiplas mídias em uma cena.

A linguagem SMIL (*Synchronized Multimedia Integration Language* - Linguagem de Integração de Multimeios Sincronizados), desenvolvida pelas empresas Netscape, RealNetworks, Microsoft, Phillips, Digital Equipment, além de diversas organizações de pesquisa - Columbia University, CWI e INRIA, é uma especificação do W3C (*World Wide Web Consortium*) para criar uma maneira de enviar fluxos interativos e sincronizados de multimídia através do ambiente da WWW (SMIL, 1999a; SMIL, 199b).

A linguagem SMIL é capaz de descrever o comportamento temporal da apresentação, o *layout* da apresentação na tela, além de associar *hyperlinks* a objetos de mídia. Com o uso da linguagem SMIL pode-se coordenar o *timing* dos objetos em uma apresentação hipermídia, onde cada objeto de mídia é acessado com um único URL (*Uniform Resource Locator*), o que viabiliza apresentações de objetos que estão localizados remotamente em lugares distintos.

Num contexto mais amplo, deve-se observar que com o uso da linguagem SMIL, tem-se a possibilidade de criar, por exemplo, um texto introdutório que o espectador pode ler antes do início de um vídeo. Pode-se, também, inserir um texto publicitário sonificado acompanhando a exibição de um vídeo.

Atualmente, o uso da linguagem SMIL está restrito aos servidores Real, tais como RealText, RealAudio e RealVideo, mas espera-se que em breve os *browsers* de uso disseminado incorporem mecanismos interpretadores para tecnologia SMIL. Neste ponto, em termos de uso da linguagem SMIL, pode-se produzir um texto introdutório, que será salvo como arquivo do RealText, seguido de um áudio que é manipulado pelo RealAudio. Por fim, um vídeo pode ser inserido através de um arquivo do RealVideo, e o texto final, sincronizado com o vídeo, pode ser manipulado pelo RealText.

No contexto dos ambientes de ensino, nota-se que a potencialidade da linguagem SMIL reside no fato da apresentação de conteúdos multimídia que necessitam de visualizações sequenciais e paralelas e que explorem, de maneira temporal, os sentidos de percepção (audição e visão) do estudante. Tais recursos podem ser aplicados em casos de construção de *pipelines* para visualização de imagens em domínios como a biologia, física e química, bem como na construção de cenas para domínios como a língua portuguesa, por exemplo.

3.4 Trabalho cooperativo

A proliferação dos computadores pessoais em conjunto com a popularização da Internet aumentou o nível de comunicação entre os diversos usuários, criando uma variedade de serviços oferecidos através da rede heterogênea de ambiente, sistemas e plataformas. Neste contexto, merece destaque a aplicação das tecnologias da informação à educação, que fizeram surgir vários tipos de ferramentas para auxílio ao processo de disponibilização de materiais didáticos.

Neste ponto, é importante ressaltar que o processo de criação de um ambiente de ensino baseado em computador não envolve apenas a autoria e disponibilização do material didático, mas é necessário prover mecanismos que promovam a interação de ambas as entidades - professor e estudante. Neste contexto, a gerência de material didático apresenta-se como um aspecto complementar à criação de cursos multimídia, incluindo a gerência dos recursos computacionais, das atividades didáticas e do progresso dos alunos (Pimentel et al., 1998).

Assim, a criação de ambientes reais de ensino envolve a construção de ferramentas que permitam ao autor, neste caso o professor, disponibilizar o conteúdo do curso e as ferramentas necessárias à interação do aluno, por exemplo para o cadastro do aluno no curso, a identificação do aluno, a entrega de trabalhos, consulta de notas, dúvidas, criação de grupos e outras tarefas que ocorrem em um curso convencional.

Conforme citado, o processo de autoria se inicia quando o autor, através de uma ferramenta de edição de documentos HTML, cria o conjunto de páginas com o conteúdo do curso a ser disponibilizado. Após este processo, a segunda etapa, que consiste na disponibilização do material didático, é realizada com a utilização de uma ferramenta para organizar e disponibilizar o hiperdocumento no ambiente WWW, por exemplo.

A comunicação entre professor e estudante torna-se, portanto, um ponto de extrema relevância em ambientes de ensino baseados em computador, sendo igualmente relevante o estudo das técnicas de CSCW (*Computer System Collaborative Work*) para a construção de ambientes que permitam a comunicação *on-line* entre professores e estudantes para a resolução cooperativa de problemas (Kutova, 1998). Neste ponto, um dos problemas que merece destaque é a pesquisa para tornar a tarefa de comunicação o mais fácil possível, através da caracterização das principais atividades envolvidas na resolução de problemas cooperativos, bem como no uso de recursos hipermídia para o provimento da visualização de dados e soluções.

3.5 O padrão MPEG-4

O grupo MPEG (*Motion Picture Expert Group*) desde 1980 tem trabalhado com sucesso na padronização de informação áudio-visual (vídeo e áudio), tendo como resultado dois padrões, conhecidos como MPEG-1 (IS-11172) e MPEG-2 (IS-13818). O primeiro especifica o armazenamento de áudio e vídeo a taxas de 1,5 Mbps e o segundo manipula a codificação genérica de TV digital e sinais de HDTV (*High Definition TeleVision*) (ISO, 1997b). Estes padrões tem proporcionado um grande impacto na indústria eletrônica.

Tanto a indústria eletrônica como as operadoras de TV a cabo, companhias de telecomunicações e empresas de software e hardware têm demonstrado um interesse crescente em multimídia. Esta tendência tem acelerado o crescimento da utilização de CD-ROMs e do ambiente da WWW na Internet.

A variedade de aplicações torna a representação dos dados áudio-visuais um grande problema, pois a maioria das aplicações pretende utilizar multimídia como característica comum para interatividade com usuário. As aplicações impõem conjuntos de especificações que variam muito de uma aplicação para outra. A diversidade de aplicações implica em diferentes conjuntos de especificações. Cada aplicação é caracterizada por: tipo de dado a ser processado (áudio, vídeo, imagem, texto e outros.), natureza do dado (natural, sintética, médica, gráfica e outras), taxa de bits (baixa, média e alta), atraso admissível máximo, tipo de comunicação (ponto-a-ponto, multiponto, e outros), e por um conjunto de funcionalidades oferecidas (escalabilidade, manipulação de objetos, edição, e outras).

Assim, os padrões atualmente utilizados para multimídia, não podem atender adequadamente às novas expectativas e requisitos dos usuário devido à diversidade de aplicações. Neste contexto, dois novos grupos de trabalho MPEG foram criados, para fornecer padrões com o objetivo de atender os requisitos das aplicações multimídia correntes e futuras. Estes grupos são MPEG-4 (ISO, 1997c) e MPEG-7 (ISO, 1997a).

O grupo MPEG-4 visa atender a três áreas: televisão digital, aplicações gráficas interativas e ambiente da WWW, além de fornecer padrões para integrar a produção, distribuição e acesso ao conteúdo da informação áudio-visual. O grupo MPEG-7 tem como nome formal "Interface de Descrição do Conteúdo Multimídia" (ISO, 1997a), e pretende especificar um conjunto padrão de descritores e esquemas de descrição usados para especificar o conteúdo da informação, com a finalidade de tornar a busca da informação multimídia mais rápida e eficiente. Como registro, vale a pena lembrar que o padrão MPEG-3 tinha como objetivo a padronização de HDTV (*High*

Definition TeleVision), mas foi cancelado e suas funcionalidades foram incorporadas ao padrão MPEG-2. Os padrões MPEG-5 e MPEG-6 não foram definidos.

Em termos de definição, o padrão MPEG-4 tem como principal característica a possibilidade integração de múltiplas mídias em um único *stream* de dados, permitindo a geração e manipulação de um arquivo de dados híbrido.

Num contexto mais amplo, o MPEG-4 é caracterizado por permitir a descrição e gerenciamento das mídias, bem como por cuidar de aspectos de sincronização e recuperação das mídias armazenadas em um *stream*. Aspectos de gerenciamento da interatividade e da descrição de cenas em termos do comportamento temporal e espacial também fazem parte do escopo de especificação do MPEG-4. Além disso, pretende-se explorar mecanismos para a preservação de direitos autorais, aspecto este importante no contexto do uso de objetos multimídia em ambientes distribuídos como a WWW.

Em relação ao suporte para provimento de objetos MPEG-4, observa-se que a camada de transporte baseia-se nas funcionalidades do MPEG-2, e interfaces para garantir a transparência em conexões têm sido investigadas e definidas em termos de mecanismos de controle de canais FlexMux. Neste ponto, um aspecto importante é o provimento de recursos para suporte ao uso de redes com características heterogêneas, tais como aquelas baseadas em IP (*Internet Protocol*), ATM (*Assynchronous Transfer Mode*), dentre outras.

Em relação ao uso das mídias propriamente dito, deve-se observar que o MPEG-4 define duas categorias bem distintas:

- mídias de áudio;
- mídias visuais.

Os recursos para mídias de áudio incluem o suporte a fontes naturais e a fontes sintetizadas, através da especificação de ferramentas que suportem codificações a taxas que variam de 2Kbits/s a 24Kbits/s. Outro ponto importante é a especificação de mecanismos para tratamento de fonemas, permitindo a implementação de ferramentas para serviços TTS (*Text-to-Speech*), e também para suporte a difusão de músicas no ambiente Internet. Em termos de suporte, técnicas para recuperação de distorção têm sido implementadas.

No que diz respeito às mídias visuais o padrão MPEG-4 suporta tanto as imagens estáticas quanto em movimento, permitindo o uso de imagens naturais e sintetizadas, e nos planos 2D e 3D. Um ponto importante e que está diretamente ligado às funcionalidades de descrição das mídias, é a possibilidade de acesso randômico a seqüências de vídeo, bem como a manipulação de conteúdos nessas seqüências. Nos aspectos de suporte, técnicas de compressão (incluindo texturas), codificação de transparência e padrões de cores, e robustez em casos de erros têm sido especificadas.

Complementando, o padrão MPEG-4 se baseia na especificação de *profiles* que permitem a implementação de ferramentas para componentes do padrão (componentização). Tais *profiles* são baseados no modelo do MPEG-2, e pode-se citar os seguintes:

- *Visual Profiles* (exemplo: Basic Animated 2D Visual Profile);
- *Audio Profiles* (exemplo: Low Rate Synthesis Audio Profile);
- *Graphics Profiles* (exemplo: 2D Graphics Profile);

- *Scene Description Profiles* (exemplo: VRML Scene Profile).

Um ponto de extrema relevância do MPEG-4 é que além de oferecer suporte para representação de vários tipos de informação multimídia, é permitida a especificação de meta-informação, que são os dados que acompanham as informações visuais e auditivas, adicionando conteúdo a elas, como por exemplo, dados descritivos ou de *copyright* para determinado objeto de mídia. Outro ponto relevante é que além dos exemplos óbvios, texturas, gráficos gerados por computador, ambientes tridimensionais virtuais, e apresentações de texto, podem ser consideradas como informação visual, e a informação de áudio pode ser voz, efeitos sonoros, música sintetizada, música natural.

Outro ponto importante é a modelagem de ambientes e cenas que contenham áudio tridimensional, permitindo as noções de profundidade, direção, atenuação e absorção. Além disso, a especificação MPEG-4 pretende absorver integralmente o modelo utilizado pela linguagem VRML (*Virtual Reality Modelling Language*), reconhecidamente a mais difundida linguagem para modelagem de ambientes de realidade virtual no atual contexto da Ciência da Computação.

Por fim, o padrão pretende suportar a definição de informações sobre a descrição física de um componente de uma cena, bem como sua forma de animação. Isto permite a modificação de atributos, tais como a posição de um objeto, pelo usuário e tende a facilitar os processos de integração do MPEG-4 às evoluções da linguagem VRML.

Com base nas características citadas observa-se uma enorme potencialidade de uso de *streams* MPEG-4 em ambientes de ensino, permitindo o enriquecimento do conteúdo do material didático pela inserção de cenas híbridas (formadas por diversas mídias unificadas em um único arquivo), bem como um substancial incremento nas atividades de busca e uso do conteúdo pelo estudante, uma vez que o padrão pretende permitir a busca por conteúdo em seqüências de mídias, tais como áudio e vídeo.

3.6 VRML

A linguagem VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) é uma linguagem de *scripts* de texto que surgiu como um padrão para descrever formas 3D e cenas no ambiente da WWW. Pode ser vista, popularmente, como uma versão 3D da linguagem HTML, sendo que a maior diferença reside no fato de que VRML não descreve texto ou referências gráficas, mas constrói vetorialmente objetos gráficos em três dimensões e poligonais (Helm, 1993).

Deve-se observar que a linguagem VRML é na realidade um formato de arquivo e não uma biblioteca de programação para aplicativos 3D, apesar da mesma dar suporte à criação de *scripts*.

Outra característica inexistente em VRML é a capacidade de interação de múltiplos usuários no mesmo “mundo virtual”. Este elemento básico para a fundamentação de realidade virtual e comunidades virtuais *on-line* não se encontra implementado nas atuais versões da linguagem, visto que exigem protocolos de comunicação e base de dados para que essas interações possam ser realizadas eficientemente, apesar de ser uma característica que está sendo pesquisada e discutida, para futuras implementações (Burdea, 1993).

Assim, observa-se que as aplicações de VRML são amplas e incluem visualização distribuída, interface 3D do usuário com recursos remotos do ambiente WWW, ambientes 3D colaborativos, simulações interativas para educação, museus virtuais.

No caso particular dos ambientes de ensino, pode-se aplicar a linguagem VRML na construção de ambientes 3D que permitam a interação simples do usuário através do *mouse*, estimulando a percepção do conteúdo com bom grau de realismo. Alguns exemplos podem ser observados para o estudo de domínios como a geometria, física, engenharia, dentre outros.

3.7 Interação usuário-computador

A interface com o usuário é um ponto cada vez mais importante à medida que o uso do computador cresce consideravelmente, podendo-se dizer que a interface é a embalagem do software, sendo que o usuário fará bom uso do software quanto mais fácil e amigável for a interface. O desenvolvimento de interfaces usuário-computador é altamente criativo e diferentes projetistas usam diferentes técnicas. Por envolver um projeto multidisciplinar, várias formas de “enxergar o mundo” são aplicadas, onde projetistas enfocam “como o usuário trabalha e o que é importante para ele” (Pressman, 1995).

O projeto de interfaces de aplicações possui características diferentes do projeto de software. Fatores humanos tais como percepção visual, psicologia cognitiva, memória, dedução e intuição devem ser considerados em parceria com o comportamento do usuário executando as tarefas na interação com o computador.

O ser humano possui um sistema perceptivo sensorial e paralelo. Uma especificação adequada da comunicação visual é um elemento chave de uma interface amigável. De forma geral, as informações são armazenadas no cérebro em uma memória STM (*Short Time Memory*), ou seja, que podem ser reusadas imediatamente; ou em uma memória LTM (*Long Time Memory*), onde é formado o conhecimento (Preece, 1994). Além disso, um usuário utiliza heurísticas (diretrizes, regras e estratégias) que influenciam uma informação ou conhecimento em um certo contexto da interação.

A abordagem cognitiva tradicional enfoca a utilização de cenários de execução de tarefas, nos quais deve-se enxergar o ser humano como um ator capaz de controlar as tarefas e o ambiente no qual essas tarefas estão inseridas (Shneiderman, 1991). Neste contexto, um sistema de computador é usado para automatizar tarefas que, em suma, são formadas por eventos e relacionamentos. Apesar das tarefas serem distintas, existe uma divisão em categorias globais, tais como tarefas de comunicação, tarefas de diálogo, tarefas cognitivas e tarefas de controle, que devem ser consideradas no projeto de quaisquer interações usuário-computador.

No contexto dos ambientes de ensino, a interação usuário-computador necessita de um projeto criterioso com vistas à obtenção de interface com alto grau de usabilidade. Em sistemas hipertexto, a estrutura baseada em nós e ligações permite a construção de hiperdocumentos complexos, do ponto de vista dos níveis de profundidade e aninhamento das ligações. No entanto, a complexidade das ligações pode levar à sobrecarga cognitiva e a desorientação, fatores marcantes de sistemas hipertexto (Conklin, 1987).

Observa-se que, ao empregar sistemas hipertexto no contexto do ensino, tornam-se necessários mecanismos que diminuam a desorientação do usuário enquanto este navega pelo hiperdocumento. Um destes mecanismos pode ser implementado através de um *guided tour*, que sugere rotas de navegação, como implementado no SASHE (Nunes & Fortes, 1997). Com tal recurso, é possível orientar o usuário em relação ao conteúdo que deve ser visitado em um determinado domínio ou mesmo em contextos dentro de um hiperdocumento. Observa-se que a utilização de um *guided tour* requer a estruturação do hiperdocumento.

Em adição, tanto as interfaces de autoria, que serão utilizadas pelo professor, quanto os ambientes de aprendizagem do estudante, devem ser orientados à execução de tarefas relativas ao conteúdo didático, bem como fornecer mecanismos que facilitem a percepção desse conteúdo pelo estudante.

Ao nível do professor, as interfaces das ferramentas devem permitir a elaboração do material didático, uma vez que é aceitável o uso dessas ferramentas por usuários leigos em informática. Neste ponto, a ênfase deve ser voltada às tarefas que o professor deve realizar para construir e disponibilizar o material didático, contribuindo para a construção de um processo sistematizado.

Em termos do estudante, as interfaces devem apresentar elementos de fácil identificação e percepção, contribuindo para a correta execução das tarefas. Neste contexto, a ênfase pode ser voltada aos processos de monitoramento da navegação do estudante em hiperdocumentos, e na orientação do aprendizado em termos do conteúdo disponibilizado.

4 Um framework para uso de novas tecnologias em ambientes de ensino

Conforme citado, o desenvolvimento de aplicações Hiperídia é um processo crítico e pouco gerenciado na maioria das vezes. Em adição, muitas são as tecnologias computacionais disponíveis, e crescente é o número de recursos que têm sido desenvolvidos pela indústria e pelas instituições de pesquisa.

No contexto dos ambientes de ensino, observa-se que ainda há uma resistência em muitos casos quanto ao uso de recursos computacionais, quer seja como elemento principal de uma metodologia de ensino, quer seja como uma ferramenta de apoio. No entanto, nota-se que este fato não está diretamente ligado às tecnologias disponíveis, mas aos aspectos culturais de um modelo tradicional e secular de ensino, aspectos estes que não fazem parte da abordagem deste trabalho.

Contudo, em termos da pesquisa computacional em ambientes de ensino baseados por computador, observa-se que a investigação e a produção de materiais que enderecem e referenciem as tecnologias disponíveis como um *framework* podem contribuir, sobremaneira, para que a utilização dos recursos computacionais no ensino seja, *a priori*, mais correta, e a disseminação de uso atinja uma população cada vez maior.

Neste contexto, este trabalho contribui, considerando-se as tecnologias apresentadas na seção 3, com a apresentação de um *framework* para utilização dessas tecnologias emergentes em aplicações para ambientes de ensino. A **Figura 3** apresenta o *framework* gráfico que é comentado

na sequência. Vale ressaltar que as tecnologias emergentes não se restringem apenas àquelas citadas na seção 3, mas essas, de certo modo, correspondem a um subconjunto bastante relevante no atual contexto da Ciência da Computação.

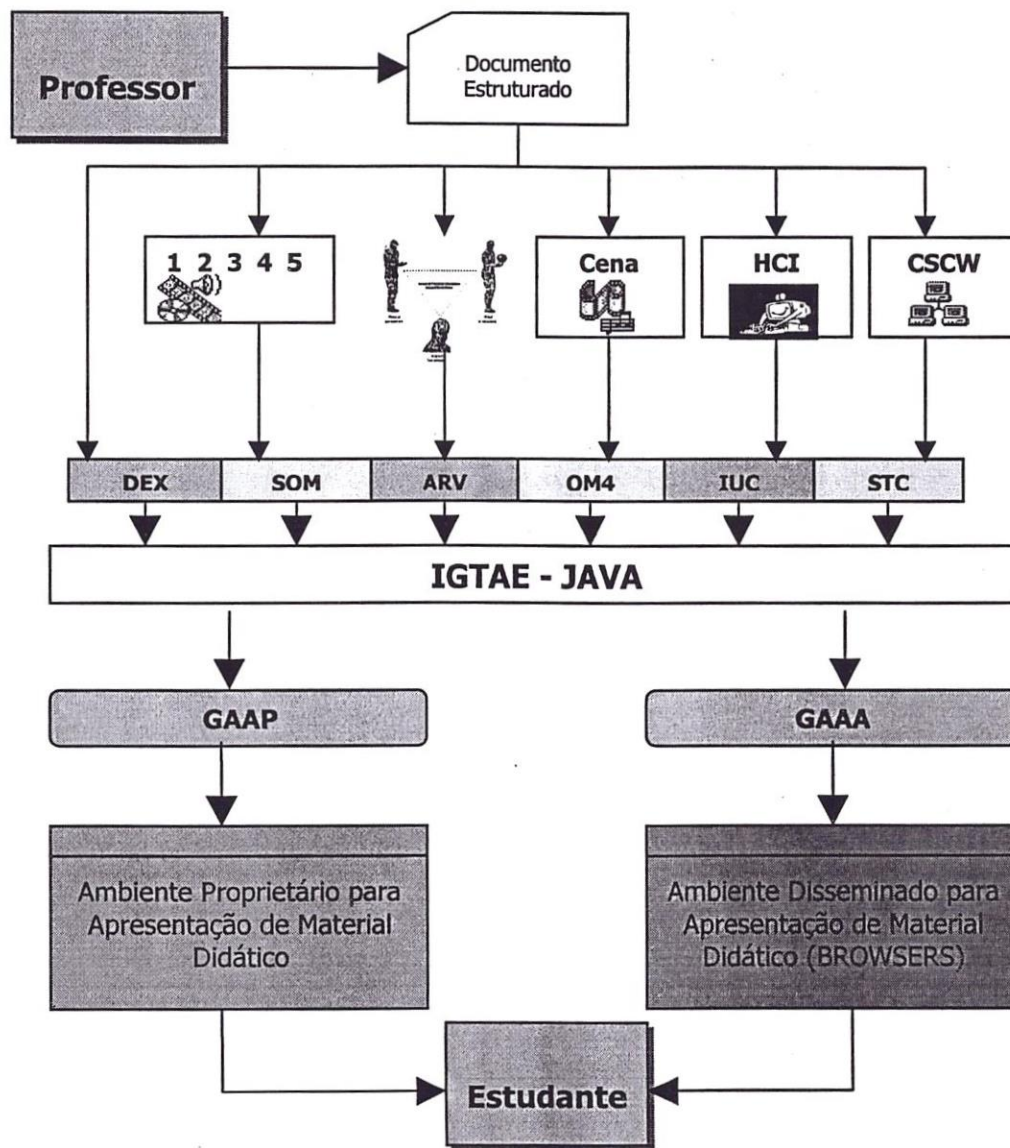


Figura 3 - Framework gráfico para integração de tecnologias emergentes

Observa-se pela **Figura 3** que um autor, no caso o professor, gera documentos estruturados, através de ferramentas para autoria, nos quais podem ser inseridos descritores de tecnologia, tais como DEX (Documentos Estruturados baseados em SGML/XML), SOM (Sincronizadores de Objetos Multimídia com SMIL), ARV (Ambientes de Realidade Virtual baseados em VRML), OM4 (Objetos MPEG-4), IUC (Gerenciadores de Interface Usuário-Computador) e STC (Suporte ao Trabalho Cooperativo). Cada descritor deve ser visto como um *slot* que pode ser acoplado ao documento estruturado, ou ser utilizado como tecnologia isolada. Uma interface, denominada IGTAE (Interface para Gerenciamento de Tecnologias em Ambientes de Ensino) e implementada

em JAVA, deve ser fornecida para acoplamento dos *slots*, permitindo o manuseio transparente das tecnologias. Em termos da apresentação ao usuário, no caso o estudante, duas interfaces podem ser definidas:

- GAAP (Gerenciador de Apresentação em Ambientes Proprietários): responsável pela apresentação de recursos tecnológicos em ambientes fechados;
- GAAA (Gerenciador de Apresentação em Ambientes Abertos): responsável pela apresentação de recursos tecnológicos em ambientes distribuídos, como é o caso do ambiente da WWW.

Observa-se que este *framework* é uma tentativa de integração das tecnologias emergentes, e uma análise criteriosa das características de interoperabilidade das tecnologias citadas deve ser realizada em um contexto complementar a este trabalho.

5 Conclusões

A investigação do uso de computadores em ambientes de ensino tornou-se relevante com a evolução dos recursos computacionais, principalmente com o advento da multimídia e, mais recentemente, com o crescente uso dos recursos hipermídia providos pelo ambiente da WWW.

A princípio, o ambiente da WWW é visto como uma fonte potencial de informações e um ponto de referência quando se deseja distribuir e facilitar o acesso a essas informações. No contexto dos ambientes de ensino, tem-se utilizado o ambiente da WWW como um meio de disponibilização de conteúdos didáticos das mais diversas áreas do conhecimento.

Em adição, novas tecnologias têm sido criadas pelas indústrias e instituições de pesquisa e, gradativamente, vão conquistando sendo incorporadas às aplicações. Neste ponto, deve-se ressaltar a importância de uma análise de requisitos para que se possa escolher as tecnologias mais adequadas a cada caso, visto que o uso de tecnologias computacionais em ambientes de ensino requer cautela e avaliações distintas de outros domínios de aplicação.

Neste contexto, a principal contribuição deste trabalho reside na apresentação de um subconjunto de tecnologias emergentes e a contextualização dessas tecnologias em um *framework* que pode ser aplicado a ambientes de ensino. Entre os benefícios dessa abordagem, destacam-se as facilidades de identificação das tecnologias e as possibilidades de integração destas de maneira transparente tanto para o professor quanto para o estudante, permitindo o estabelecimento de mecanismos que controlem o armazenamento, recuperação e apresentação do material para a navegação pelo estudante, além das possibilidades de intercâmbio dos conteúdos entre ambientes de ensino.

Referências bibliográficas

- | | |
|-----------------|---|
| (AulaNet, 1997) | Projeto AulaNet. Disponível <i>on-line</i> em: URL: http://aulanet.les.inf.puc-rio.br/aulanet/ . Visitado em 20 de maio de 1998. |
| (Barker, 1992) | Barker, P.: COMPUTER-BASED TRAINING: AN INSTITUTIONAL APPROACH. Education & Computing, 1992. |

- (Beaumont, 1995) Beaumont, I. et al.: EDUCATIONAL APPLICATIONS OF ADAPTATIVE HYPERMEDIA. Interact'95, K. Norby & al Eds, p.410-414, 1995.
- (Burdea, 1993) Burdea, G. & Coiffet, P: VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY. John Wiley&Sons, Inc - 1993
- (Castro, 1997) Castro, M.A.S. et al: INFRA-ESTRUTURA DE SUPORTE À EDITORAÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO UTILIZANDO MULTIMÍDIA. Revista Brasileira de Informática na Educação, ISSN 1414-5685, n.1, setembro de 1997.
- (CGI, 1997) CGI Specification. Disponível *on-line* em URL:<http://www.w3.org/CGI>. Visitado em 10 de julho de 1997.
- (Conklin, 1987) Conklin, J.: A SURVEY ON HYPERTEXT. IEE Computer, v.20, n.9, p.17-41, September 1987.
- (Connolly, 1997) Connolly, D., XML Principles, **Tools, and Techniques**. *World Wide Web Journal*. O'Reilly. vol2, Issue 4, 1997.
- (eWeb, 1996) eWeb Homepage. Disponível *on-line* em: URL: <http://eweb.site.com>. Visitado em 20 de dezembro de 1997.
- (Garzotto, 1993) Garzotto, F. et al.: HDM: A MODEL-BASED APPROACH TO HYPERTEXT APPLICATION DESIGN. The ACM Transactions on Information Systems, v.11, n.2, p.1-26, January 1993.
- (Greenfield, 1987) Greenfield, P. M.: ELETRONIC TECHNOLOGIES, EDUCATION, AND COGNITIVE DEVELOPMENT. Lawrence Erlbaum Associates, 1987.
- (Halasz & Schwartz, 1994) Halasz, F.G. & Schwartz, M.: THE DEXTER HYPERTEXT REFERENCE MODEL. Communications of the ACM, v.37, n.2, p.30-39, February 1994.
- (Helm, 1993) Helm, M.: THE METAPHYSICS OF VIRTUAL REALITY. ED.Oxford University Press, New York, 1993.
- (Herwijnen, 1994) Herwijnen, E. van: PRATICAL SGML. Kluwer Academic Pub, 2^aed., 1994.
- (HTML, 1997) HTML Tutorial. Disponível *on-line* em URL: <http://www.icmc.sc.usp.br/manuals/HTML/intro.html>. Visitado em 10 de julho de 1997.
- (HTTP, 1992) HTTP Specification. Disponível *on-line* em URL: <http://www.w3.org/Protocols/HTTP/HTTP2.html>. Visitado em 20 de julho de 1997.
- (Isakowitz, 1995) Isakowitz, T. et al.: RMM: A METHODOLOGY FOR STRUCTURED HYPERMEDIA DESIGN. Communications of the ACM, v.38, n.8, p.34-44, August 1995.
- (ISO, 1986) ISO/IEC IS 8879. *Information Processing - Text and Office Systems – Standards Generalized Markup Language (SGML)*, 1986.

- (ISO, 1997a) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1921, Third Draft of MPEG-7 Requirements, 1997.
<http://drogo.cselt.stet.it/mpeg/public/w1921.htm>
- (ISO, 1997b) ISO/IEC IS 13818, MPEG-2: Generic coding of moving pictures and audio information, 1997.
- (ISO, 1997c) ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1909, Overview of the MPEG-4 Version 1 Standard, 1997.
<http://drogo.cselt.stet.it/mpeg/public/w1909.htm>
- (Johnson, 1999) Johnson, M.: XML FOR THE ABSOLUTE BEGINNERS, 1999.
<http://www.javaworld.com/javaworld/jw-04-1999/jw-04-xml-p.html>
- (Kidlink, 1996) Projeto Kidlink no Brasil. Disponível *on-line* em: URL: <http://www.venus.puc-rio.br/kids>. Visitado em 20 de maio de 1998.
- (Kutova, 1998) Kutova, M.A.S.: FERRAMENTAS PARA SUPORTE AO TRABALHO COOPERATIVO EM AMBIENTES DE ENSINO. Monografia de Qualificação. ICMC-USP, abril de 1998.
- (Lucena, 1997) Lucena, C.J.P. de: Curso sobre Sociedade da Informação. Disponível *on-line* em: URL: <http://www.les.inf.puc-rio.br/socinfo>. Visitado em 10 de maio de 1998.
- (Moreira et al., 1995) Moreira, E.S.; Nunes, M.G.V. & Pimentel, M.G.C.: DESIGN ISSUES FOR A DISTRIBUTED HYPERMEDIA-BASED TUTORING SYSTEMS (HyDTS). Proceedings of the International Conference on Computer Application in Industry, p.108-113, December 1995.
- (Nunes & Fortes, 1997) Nunes, M.G.V. & Fortes, R.P.M.: ROTEIROS EM APLICAÇÕES NO ENSINO: A QUESTÃO DO CONTROLE DO LEITOR. Anais do III Workshop em Sistemas Multimídia e Hiperídia, São Carlos, v.1, p.15-28, maio de 1997.
- (Nunes et al., 1997) Nunes, M.G.V.: SASHE: AUTORIA DE APLICAÇÕES HIPERMÍDIA PARA O ENSINO. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. São José dos Campos, v.1, p.425-440, novembro de 1997.
- (Pimentel et al., 1998) Pimentel, M.G.C.: HIPERDOCUMENTOS ESTRUTURADOS NO SUPORTE AO TRABALHO COOPERATIVO EM SISTEMAS ABERTOS DISTRIBUÍDOS. Anais do XXV Seminário Integrado de Software e Hardware. Belo Horizonte, p.158-173, agosto de 1998.

- (Pimentel, 1997) Pimentel, M.Gomes: MAPHE: METODOLOGIA DE APOIO A PROJETOS DE HIPERTEXTOS EDUCACIONAIS. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. São José dos Campos, v.1, p. 351-370, novembro de 1997.
- (Pimentel, Santos Jr & Fortes, 1998) Pimentel, M.G.C.; Santos Jr, J.B. dos; Fortes, R.P.M.: TOOLS FOR AUTHORIZING AND PRESENTING STRUCTURED TEACHING MATERIAL IN THE WWW. Proceedings of the WebNet 98 Conference. Orlando, USA, November 1998.
- (Preece, 1994) Preece, J. et al.: HUMAN-COMPUTER INTERACTION. Addison-Wesley, 1994.
- (Pressman, 1995) Pressman, R. S.: ENGENHARIA DE SOFTWARE. Makron Books, 1995.
- (qForm, 1995) QForm HOMEPAGE. Disponível *on-line* em: URL: <http://www.satlab.hawaii.edu/space/hawaii/qform.html>. Visitado em 20 de fevereiro de 1998.
- (Scapin & Garcia Neto, 1997) Scapin, R.H. & Garcia Neto, Á.: DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA CRIAÇÃO E CORREÇÃO AUTOMÁTICAS DE PROVAS NA WORLD WIDE WEB. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. São José dos Campos, v.1, p.593-608, novembro de 1997.
- (Schneider, 1995) Schneider, D. & Block, K.: THE WORLD-WIDE WEB IN EDUCATION. ANDREA, v.2, n.5, June 1995.
- (Schwabe, 1996) Schwabe, Daniel et al.: SYSTEMATIC HYPERMEDIA APPLICATION DESIGN WITH OOHDM. Proceedings of Hypertext'96, Washington, 1996. Disponível *on-line* em: URL: <http://www-di.inf.puc-rio.br/~schwabe/HT96WWW/section1.html>.
- (Shneiderman, 1991) Shneiderman, B.: A TAXONOMY AND RULE BASE FOR THE SELECTION OF INTERACTION STYLES. Cambridge University Press, 1991.
- (SMIL, 1999a) Disponível *on-line* em: <http://www.circuitfunk.com/haveaSMIL/SMIL.html>
- (SMIL, 1999b) Disponível *on-line* em <http://streamingmediaworld.com/SMIL/info/index.html>
- (Soares et al., 1994) Soares, L.F.G. et al.: MODELO DE CONTEXTOS ANINHADOS: UM MODELO CONCEITUAL HIPERMÍDIA. Revista Brasileira de Computação, Rio de Janeiro, v.7, n.2, p.35-48, janeiro/julho de 1994.
- (Sun, 1996) JAVA Tutorial. Disponível *on-line* em URL: <http://www.sun.com>. Visitado em 20 de julho de 1997.
- (Tadesco et al., 1997) Tadesco, P. de A. et al.: SEI – SISTEMA DE ENSINO INTELIGENTE. Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. São José dos Campos, v.1, p.49-60, novembro de 1997.

(WebCT, 1996)

World Wide Web Course Tools. Disponível *on-line* em:
URL: <http://www.webct.com/webct>. Visitado em 17 de
junho de 1998.