

Adaptweb: um ambiente para ensino-aprendizagem adaptativo na Web

Adaptweb: a teaching-learning environment adaptable in Web

José Palazzo Moreira de Oliveira¹
Maria Angélica de Oliveira Camargo Brunetto²
Mário Lemes Proença Júnior³
Marcelo Soares Pimenta⁴
Cora Helena Francisconi Pinto Ribeiro⁵
José Valdeni de Lima⁶
Veronice de Freitas⁷
Viviane Sodré Prado Marçal⁸
Isabela Gasparini⁹
Marília Abrahão Amaral¹⁰

1 Doutor em Informática pelo Institut National Polytechnique de Grenoble – INPG/França. Professor do Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. palazzo@inf.ufrgs.br

2 Doutora em Ciência da Computação pela UFRGS. Professora do Departamento de Computação da Universidade Estadual de Londrina – UEL.

3 Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Professor do Departamento de Computação da UEL.

4 Pós-Doutorado pela Université de Toulouse III (Paul Sabatier). Professor do Instituto de Informática da UFRGS.

5 Doutora em Ciência da Computação pela UFRGS. Professora do Instituto de Informática da UFRGS.

6 Pós-Doutorado pelo Institut National Polytechnique de Grenoble – INPG/França. Professor do Instituto de Informática da UFRGS.

7 Mestre pela UFRGS/UEL.

8 Mestranda em Ciência da Computação na UFRGS/UEL.

9 Mestre em Ciência da Computação pela UFRGS/UEL.

10 Mestre em Ciência da Computação pela UFRGS/UEL.

RESUMO

Este artigo, com ênfase nos aspectos técnicos, apresenta os resultados obtidos no âmbito dos projetos Electra e Adaptweb, voltados para a autoria e apresentação adaptativa de disciplinas integrantes de cursos EAD na *Web*. O objetivo é permitir a adequação de táticas e formas de apresentação de conteúdos para alunos de diferentes cursos de graduação e com diferentes estilos de aprendizagem, possibilitando diferentes formas de apresentação de cada conteúdo, de forma adequada a cada curso e às preferências individuais dos alunos participantes. Esta proposta foi validada através de um estudo de caso real, envolvendo a disciplina de Métodos Numéricos da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Esta disciplina é oferecida para três cursos universitários: Matemática, Engenharia e Ciência da Computação. Em cada curso, o professor-autor configura uma seqüência de conceitos, com seus respectivos níveis de profundidade, bem como exemplos, exercícios e materiais complementares apropriados. Os alunos podem utilizar diferentes estilos de aprendizagem através da seleção do modo de navegação e dos estilos de apresentação. Os aspectos de adaptabilidade navegacional incluem navegação em modo tutorial ou livre, oferecendo diferentes alternativas de táticas de ensino. O ambiente completo para autoria e apresentação de cursos encontra-se atualmente disponível na fase de protótipo operacional. Este protótipo está sendo incorporado na plataforma de EAD em software livre da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O ambiente está baseado em um conjunto de componentes que suportam as fases de pré-autoria, adaptação de conteúdo e navegação. A implementação utiliza primordialmente a linguagem de programação PHP, o gerenciador de banco de dados MySQL e a linguagem XML.

Palavras-chave: Educação a distância, cursos a distância na *Web*, sistemas inteligentes na internet.

ABSTRACT

This article, which emphasizes the technical aspects, presents the results obtained within the ambit of Electra and Adaptweb projects, applied to the authorship and the adaptable presentation of the disciplines that compound the courses EAD in the *Web*. The aim is to allow the adequacy of tactics and ways to present the contents to the students from different graduation courses and with different learning styles, enabling different ways of presenting each one of the contents, adjusting it to each course and to the individual preferences of the participating students. This proposal was validated through a real case study, involving the Numeric Methods discipline at the State University of Londrina (UEL). This discipline is offered to

three university courses: Mathematics, Engineering and Computer Science. In each course, the author-professor sets a sequence of concepts, with their respective levels of complexity, as well as with their respective examples, exercises and suitable complementary materials. The students may use different learning styles through the selection of the navigation way and of the presentation styles. The navigational adjustment aspects include navigation in a tutorial or in a free way, offering different alternatives of teaching tactics. The complete environment for the authorship and presentation of courses is available at the present moment at the phase of operational prototype. This prototype is being incorporated to the platform of EAD into some free software from the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS). The environment is based on a set of components that back up the pre-authorship, adaptation of content and navigation phases. The implementation primordially uses the language of PHP programming, the database carrier MySQL and the XML language.

Key-words: long-distance education, long-distance courses on the *Web*, intelligent systems on the internet.

Introdução

A disponibilidade de tecnologias de informação eficientes e de fácil implementação permite enormes possibilidades de desenvolvimento para a Educação a Distância (EAD). Devido a enorme rapidez na evolução da tecnologia a Educação não utiliza completamente as possibilidades existentes. Muitos dos sistemas de ensino disponíveis na *Web* utilizam-se de páginas estáticas, sendo que estes ambientes não aproveitam as grandes possibilidades relacionadas com o processamento inteligente para selecionar e apresentar os conteúdos de aprendizagem. Entre os recursos subutilizados, a adaptação é uma característica chave para melhorar o aproveitamento do ensino na *Web*. A diversidade de preferências e capacitação dos alunos demanda técnicas adaptativas para suportar ambientes de EAD na *Web* (BRUSILOVSKY, 1998). Muitas pesquisas buscam a adaptação dos materiais didáticos aos diferentes estilos de aprendizagem dos alunos (BRUSILOVSKY, 1998; 1999; ROUSSEAU et al., 1999; SOUTO, 2002).

O estudo personalizado constitui-se em uma das promessas mais significativas para a EAD. Este estudo prega a adaptação do contexto de ensino ao aluno específico, ao contrário do ensino tradicional que, a partir

de uma seqüência e método padronizados, transfere ao aluno a responsabilidade de se adaptar. O presente artigo explora um ambiente para a autoria e para o ensino adaptativo baseado na *Web*. Neste contexto, as preferências dos estudantes sobre a apresentação do conteúdo educacional, recursos navegacionais e interfaces são avaliados. Como estudo de caso, estamos trabalhando com um caso desenvolvido sobre uma disciplina de Métodos Numéricos que é aplicado a três diferentes cursos universitários. Cada um destes cursos apresenta o conteúdo de forma adaptada a suas necessidades. De acordo com o programa em que o estudante está inscrito (Matemática, Engenharia ou Ciência da Computação) e das preferências pessoais, diferentes conteúdos são apresentados em formatos adaptados.

O restante deste artigo encontra-se assim organizado: apresentação dos propósitos do projeto e da arquitetura do ambiente resultante; autoria e armazenamento de conteúdo em XML; apresentação do conteúdo adaptado ao modelo do aluno; estudo de caso e resultados alcançados; e, finalmente, conclusões.

O projeto e o ambiente

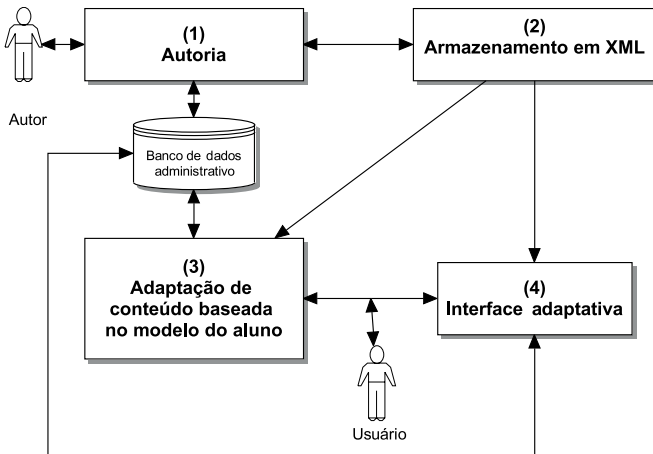
O projeto Adaptweb foi motivado pela necessidade de facilitar a tarefa de autoria de material instrucional para a *Web* por parte dos professores. No ensino superior, é fato que muitas disciplinas são ofertadas para diferentes cursos, porém com diferentes enfoques. Considerando que diversos cursos superiores da área de exatas têm em seu currículo uma disciplina de Métodos Numéricos, e que os interesses dos alunos são diferentes de acordo com a natureza do curso, observou-se a necessidade de uma abordagem diferenciada. Aliado a este fato, diversos recursos da tecnologia educacional estão surgindo, podendo propiciar formas alternativas de aprendizagem. Entretanto, a reciclagem dos professores não acompanha o ritmo do surgimento das inovações tecnológicas. Neste projeto busca-se capacitar os professores para desenvolver o conteúdo de forma adaptável, considerando-se o interesse do público alvo. Como foi proposto um estudo de caso na área de Computação Numérica e Algébrica, busca-se também ampliar e agilizar o processo de reciclagem dos professores da área de Métodos Numéricos.

Os objetivos incluem a modelagem conceitual, o desenvolvimento e a implantação de um curso via *Web* sobre um tópico de Computação Numérica e Algébrica, com ênfase para execução de programas que implementam os métodos. O resultado é um sistema hipermídia adaptativo de EAD para *Web*, no qual o conteúdo educacional e o percurso navegacional podem ser modificados, com a finalidade de melhor suprir as necessidades individuais do aluno.

Os conteúdos educacionais são organizados através de uma estrutura hierárquica de conceitos, onde são estabelecidos critérios de pré-requisitos. Esta estrutura é definida durante a fase de autoria e posteriormente armazenada no formato XML.

Neste contexto, a linguagem XML desempenha um importante papel, visto que um documento XML também possui uma estrutura hierárquica e seu conteúdo é mantido separado do *layout* de apresentação. Desta maneira, com o uso das folhas de estilo XSL (*Extensible StyleSheet Language*) ou da API (*Application Programming Interface*) DOM (*Document Object Model*), torna-se possível acessar e manipular este documento, gerando diferentes apresentações para um mesmo conteúdo.

FIGURA 1 - ARQUITETURA DO ADAPTWEB



Antes de serem apresentados ao aluno, os documentos XML resultantes da etapa de autoria devem passar por um processo de adaptação. A adaptação ocorre em dois níveis: adaptação do conteúdo e da navegação. Quatro características do aluno são consideradas relevantes no processo de adaptação: o curso, o conhecimento já adquirido, as preferências e o ambiente de trabalho.

Para que um Sistema Hipermídia Adaptativo Educacional possa proporcionar diversos aspectos de adaptabilidade é preciso que haja uma separação clara das funções dos componentes envolvidos neste processo (OLIVEIRA; FERNANDES, 2002). Neste sentido, o ambiente Adaptweb foi dividido em quatro componentes, descritos a seguir. Cada componente está fundamentado em uma sistemática de ações que permite o mapeamento consistente entre eles. A arquitetura do ambiente Adaptweb está representada na figura 1. Os componentes são descritos nas próximas duas seções, considerando-se o modo autor (que inclui o componente de autoria e armazenamento em XML do conteúdo estruturado) e o modo aluno (que inclui o componente de adaptação do conteúdo ao modelo do aluno e apresentação adaptada).

Autoria e armazenamento do conteúdo em XML

O componente de autoria consiste na estruturação e organização do conteúdo instrucional a ser disponibilizado para o usuário. Para estruturação do conteúdo, o autor tem como base uma sistemática para pré-autoria e uma ferramenta de autoria. A sistemática de pré-autoria auxilia na organização da estrutura geral da disciplina e na identificação dos arquivos relacionados a esta estrutura. A ferramenta de autoria possibilita a criação da estrutura de conceitos organizada através da sistemática de pré-autoria e associa os arquivos de conceito, exemplos, exercícios e material complementar a cada conceito em uma única estrutura adaptada para os diferentes cursos.

Na pré-autoria o autor organiza e estrutura o conteúdo programático para ser disponibilizado. Para organização do conteúdo durante a fase de pré-autoria, o autor necessita identificar os dados de entrada, que são utilizados na ferramenta de autoria, onde deve possuir para cada conceito, um

arquivo HTML referente ao conceito e outros arquivos associados a este que são classificados como exemplos, exercícios e material complementar.

No componente de Autoria Adaptativa o professor cria a estrutura de conceitos organizada através da sistemática de pré-autoria, adaptadas a diferentes perfis de alunos. Através da ferramenta de autoria, o autor pode criar a estrutura de conteúdo organizado através da sistemática de pré-autoria e associar esta estrutura aos conteúdos referentes a cada conceito.

Durante a manutenção do conceito, o autor deve informar um arquivo de conceito (obrigatoriamente em formato HTML), descrição do conceito, abreviação, palavras-chave, lista de pré-requisitos e também para quais cursos deseja disponibilizar este conceito. Para exemplos, exercícios e material complementar, o autor pode informar uma lista de arquivos, podendo especificar também o público alvo. Para exemplos e exercícios, deve informar a descrição, nível de complexidade (sem classificação, fácil, médio, complexo), e para quais cursos deseja disponibilizar. Para o material complementar deve informar a descrição, para quais cursos deseja disponibilizar o material complementar e o arquivo referente a este material.

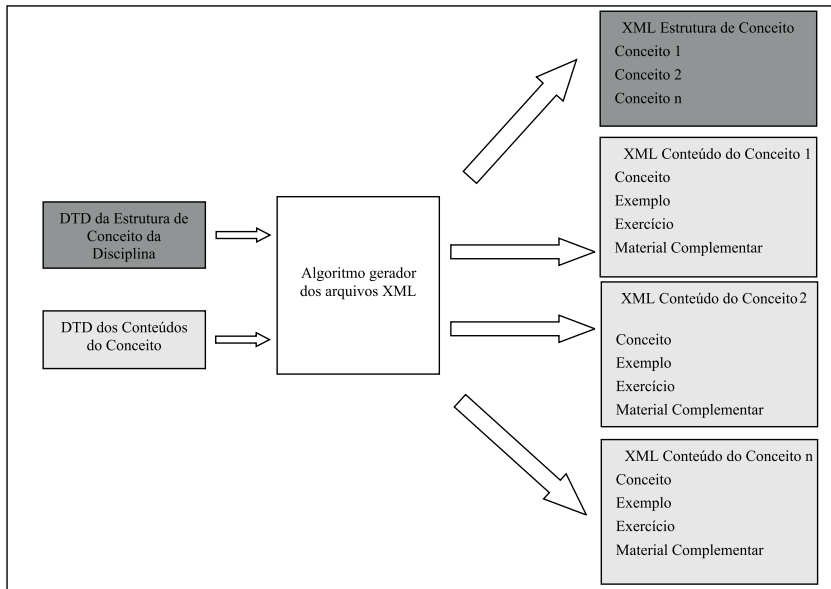
Ao término do processo de autoria, os dados referentes à estrutura do conteúdo da disciplina estão armazenados em uma estrutura de dados matricial em memória contendo o identificador, seus pré-requisitos. A estrutura do conceito contém: *Arquivo principal*, *Curso*, *Exemplos*, *Exercícios* e *Material Complementar*. Esta matriz é a entrada de dados para a etapa de armazenamento em XML, servindo como base para a geração dos arquivos utilizados nas demais fases do ambiente Adaptweb. Detalhes sobre esta estrutura de dados podem ser encontrados em FREITAS (2003).

O componente de armazenamento é responsável pela transformação do material autor, através do componente de autoria, para XML. Também é nesta fase que os dados da autoria são organizados para posterior utilização no ambiente. O resultado da execução do componente de armazenamento é composto pelos arquivos XML.

Para criação destes arquivos XML foram definidas duas DTDs – *Document Type Definition* – (EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE – XML, 2000). Uma delas representa a estrutura de conceitos definida pelo autor, já que na fase de autoria todos os conceitos de uma disciplina devem conter suas devidas informações, tais como: descrição, número, lista de pré-requisitos, palavras-chave relacionadas, entre outros elementos. A outra DTD tem por finalidade descrever os conteúdos armazenados para cada conceito. As DTDs definem os tipos de documentos que foram manipulados durante o processo de disponibilização do conteúdo instrucional. Com base

nestas DTDs um algoritmo (AMARAL, 2002) converte a representação em memória gerada na fase de autoria em arquivos XML (XML, 2000). Como resultado é gerado um arquivo XML para cada disciplina com sua respectiva estrutura de conceitos, definindo as características de cada conceito pertencente a uma disciplina. O conteúdo instrucional é armazenado em outro arquivo XML, dividido em conceitos, exemplos, exercícios e material complementar (ver figura 2).

FIGURA 2 - GERAÇÃO DOS ARQUIVOS XML



Esta organização permite uma estruturação dos dados de forma hierárquica, pois sempre existe um único arquivo XML com a estrutura de conceitos da disciplina e tantos arquivos XML com conteúdo quantos forem os conceitos definidos. Para exemplificar: se o autor inserir dez conceitos na ferramenta de autoria, são criados onze documentos XML, um para armazenar toda a estrutura de conceitos, como um índice, e um arquivo XML para cada um dos dez conceitos. Todo o processo de geração de arquivos XML sempre é validado através de um *analisador sintático* que percorre os documentos. Este *analisador sintático* utiliza o DOM (DOM,

2002) para o processo de validação. Os documentos XML só são gravados no servidor se forem validados pelo *analisador sintático*.

A API DOM foi utilizada como padrão de interface entre os documentos XML e o algoritmo de geração de XML (AMARAL, 2002), pois esta é uma recomendação da W3C e é amplamente utilizada como uma interface neutra de plataforma e linguagem provendo formas de acesso para os programas e *scripts* acessarem e atualizarem dinamicamente os conteúdos, as estruturas e os estilos dos documentos XML (ROY; RAMANUJAN, 2001). O modelo DOM representa um documento XML como uma árvore, cujos nós são elementos, texto etc. O processador XML gera a árvore na memória e a entrega ao *analisador sintático* para compará-la às regras de criação de documento descritas nas DTDs (SELIGMAN, 2001).

Apresentação do Conteúdo Adaptado ao Modelo do Aluno

Os componentes apresentados até o momento estão diretamente relacionados ao processo de autoria do material instrucional, ou seja, como os conteúdos existentes são organizados, estruturados, incluídos e finalmente armazenados. Descreveremos a seguir os componentes de adaptação de conteúdo e de interface adaptativa, responsáveis por adaptar o ambiente ao aprendiz, tanto para recuperar e adaptar o material instrucional, quanto para adaptar sua navegação e apresentação do ambiente de acordo com o modelo do usuário.

O Componente de Adaptação de Conteúdo baseada no Modelo do Aluno é responsável pela seleção e apresentação dos conteúdos instrucionais adaptados ao modelo do aluno que interage no ambiente de ensino do Adaptweb (MARÇAL, 2003). Neste componente, o modelo do aluno representa o curso do aluno e o tipo de conexão utilizada durante a interação. O curso define quais exemplos, exercícios, materiais complementares e conceito teórico são mais indicados para o aluno, enquanto o tipo de conexão de rede determina em quais formatos de mídia estes conteúdos devem ser apresentados.

O modelo do aluno é fundamental no processo de adaptação (GARCIA, 1998). Por esta razão, o Componente de Adaptação de Conteúdo realiza a manutenção do cadastro de alunos e das matrículas efetuadas nas discipli-

nas disponibilizadas, bem como controla a liberação destas matrículas e o processo de *registro* no ambiente de ensino. O perfil tecnológico do ambiente de trabalho do aluno é um outro aspecto importante que deve ser capturado todas as vezes que o mesmo faz o *registro* no ambiente, visto que este aspecto não é estático, mas muda a cada sessão.

Após o *registro* do aluno no ambiente de ensino, os componentes de Adaptação de Conteúdo e de Interface Adaptativa passam a trabalhar de maneira integrada: o primeiro realizando a adaptação na apresentação dos conteúdos e, o segundo, na apresentação adaptada do menu de *apontadores* para navegação.

Os conteúdos instrucionais são armazenados em arquivos HTML e a estrutura em documentos XML, ou seja, os documentos XML armazenam as referências para os arquivos HTML. Por esta razão, durante a navegação, o Componente de Adaptação de Conteúdo realiza dois níveis de adaptação. No primeiro nível, o componente seleciona dos documentos XML as referências para os arquivos de conceito teórico, exemplos, exercícios ou materiais complementares, considerando o curso do aluno como critério. No segundo nível, os arquivos HTML selecionados são apresentados com as mídias apropriadas ao tipo de conexão de rede utilizado na sessão.

Para suportar o processo de adaptação de conteúdo foram definidas duas regras diretivas. A primeira é a especificação do modelo de adaptação de conteúdo proposto para o ambiente, onde o modelo do aluno e as técnicas de adaptação de conteúdo são descritos. A segunda é a definição da arquitetura do Componente de Adaptação de Conteúdo baseada no Modelo do Aluno, resultante do modelo de adaptação proposto. Esta arquitetura proporciona uma separação clara dos componentes envolvidos no processo de adaptação de conteúdo.

Todas as técnicas que promovem adaptabilidade são baseadas nas características do aluno, representadas em seu modelo (BRUSILOVSKY, 1999). Por isso, torna-se fundamental definir quais aspectos do modelo do aluno devem ser utilizados pelo sistema como fonte de adaptação de conteúdo. O curso do aluno está relacionado ao conhecimento prévio e ao objetivo que o aluno possui ao estudar uma determinada disciplina. Por exemplo, um aluno do curso de Matemática que estuda uma disciplina de Linguagem de Programação, não possui o mesmo conhecimento e objetivos de um aluno cursando Ciência da Computação. O curso do aluno determina quais conceitos, exemplos, exercícios e materiais complementares devem ser apresentados.

O tipo de conexão de rede define a largura de banda disponível no ambiente de trabalho do aluno, ou seja, a velocidade de transmissão dos dados (KOBASA, 2001). O tipo de conexão de rede determina os arquivos de mídia que permanecem na apresentação do conteúdo instrucional. Este aspecto é importante para a motivação e satisfação do aluno durante a interação com o ambiente (NIELSEN, 2002). O acesso pode ser realizado através de conexões do tipo *discada*, ou com linhas de alta velocidade do tipo ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) ou por conexão direta à Internet por rede local (KOBASA, 2001; MARÇAL, 2003). Inicialmente foram considerados relevantes dois tipos de conexões, rede discada e conexão de alta velocidade. O tipo *rede discada* determina que alguns arquivos de mídia devem ser omitidos na apresentação do conteúdo instrucional. O tipo *alta velocidade* permite que todas as mídias incluídas no material instrucional sejam apresentadas ao aluno.

Utilizando-se de Variantes de Explicação, o sistema seleciona a variante do conteúdo instrucional mais adequada ao curso do aluno. Para a implementação deste módulo, utiliza-se a técnica de Variantes de Páginas. Nesta técnica, o sistema mantém diferentes versões de páginas contendo exemplos, exercícios e materiais complementares direcionados a cursos específicos, sendo o conceito teórico igual para todos os cursos. Durante o processo de adaptação do conteúdo, seleciona-se as variantes apropriadas ao curso do aluno. Explicações Adicionais são utilizadas na apresentação dos conteúdos instrucionais. Durante a apresentação, são adicionados somente os arquivos de mídia adequados ao tipo de conexão de rede. Cada página de conteúdo inclui texto, imagens, animações e *apontadores* para vídeo e áudio. Para o sistema, um fragmento é um arquivo de mídia referenciado na página HTML. Desta forma, adiciona-se na apresentação, os fragmentos compatíveis com o tipo de conexão de rede usado na sessão.

Arquitetura da Adaptação de Conteúdo

O Componente de Adaptação de Conteúdo baseado no Modelo do Aluno é responsável pela seleção e apresentação de conteúdos instrucionais adequados ao modelo do aluno. Para isso, possui três elementos: o Componente de Construção do Modelo do Aluno, responsável pela captura das informações referentes ao aluno, o Componente de Liberação de Matrícula, utilizado para o controle das matrículas dos alunos e o Componente de

Adaptação de Conteúdo Instrucional, responsável pela seleção e apresentação dos conteúdos instrucionais adequados ao modelo do aluno.

O Componente de Construção do Modelo do Aluno é responsável por disponibilizar recursos que possibilite a construção do modelo do aluno. Este componente é processado durante o início da interação do aluno com o ambiente, ou seja, antes do aluno entrar no ambiente de ensino propriamente dito. Desta forma, o componente realiza o cadastramento dos alunos, permite a solicitação de matrículas, apresenta a relação de disciplinas liberadas para o aluno navegar e identifica a disciplina selecionada para interação, o modo de navegação de sua preferência e o tipo de conexão de rede em que se encontra naquele instante de tempo.

O Componente de Adaptação de Conteúdo Instrucional possui dois elementos principais: o Filtro de Conteúdo e o Filtro das Mídias. O Filtro de Conteúdo é responsável por recuperar os conteúdos instrucionais, considerando a disciplina, o curso, o conceito e o tipo de conteúdo de ensino desejado pelo aluno (conceito teórico, exemplos, exercícios e materiais complementares). Para isso, faz a seleção dos conteúdos a partir de um documento XML, o qual contém a referência para todos os tipos de conteúdos associados a um conceito. No caso do conceito teórico, o Filtro de Conteúdo repassa diretamente o conceito recuperado para o Filtro das Mídias o apresentar. Para os demais tipos, o Filtro apresenta ao aluno uma lista de *apontadores* referentes ao tipo de conteúdo solicitado. Uma vez selecionado um item desta lista, o mesmo também é enviado ao Filtro das Mídias, o qual realiza a apresentação do conteúdo utilizando-se apenas das mídias compatíveis com o tipo de conexão de rede usada na sessão (MARÇAL, 2003).

O Componente de Adaptação de Conteúdo Instrucional comunica-se com o Componente de Interface Adaptativa através de passagem de parâmetros. O aluno solicita os conteúdos através do menu de navegação gerado pelo Componente de Interface Adaptativa e este, por sua vez, passa os parâmetros necessários para que o Componente de Adaptação de Conteúdo Instrucional faça a seleção e a apresentação dos conteúdos adequados.

Interface adaptativa

A interface foi estruturada para fornecer simplicidade e consistência. O Componente de Interface Adaptativa apresenta todos os objetos previstos na fase de autoria, ou seja, os conceitos, os exemplos, os exercícios e

os materiais complementares para cada conceito (GASPARINI, 2003). Além disso, oferece dois modos de navegação: o tutorial e o livre. No modo tutorial, os critérios de pré-requisitos entre os conceitos determinam a navegação do aluno. No modo livre, o aluno pode navegar livremente, acessando qualquer conceito disponível no menu de navegação. No modo tutorial, a adaptação da navegação baseia-se no registro dos componentes visitados: em cada novo acesso de um mesmo aluno, as cores dos *apontadores* do menu de navegação são reestabelecidas, os conceitos cujos pré-requisitos foram visitados são liberados para acesso e as cores dos conceitos visitados, não visitados e o conceito atual são apresentados diferentemente. Para a implementação da adaptabilidade navegacional, o Componente de Interface Adaptativa utiliza os métodos de orientação global, guia direto, desabilitação de *apontadores* e anotação de *apontadores* (BRUSILOVSKY, 1999). O Componente de Interface Adaptativa também acessa os documentos XML, para gerar dinamicamente o menu de *apontadores* de navegação. No modo tutorial são usadas cores diferentes para informar quais conceitos foram visitados, quais não o foram e qual é o atual. Os *apontadores* desabilitados indicam que o aluno ainda não tem o conhecimento necessário para visitá-los.

Existem quatro características do usuário utilizadas para prover a adaptação: a) sua formação (ou curso); b) sua preferência navegacional; c) seu conhecimento e; d) o tipo de conexão de seu ambiente de trabalho. O componente de interface adaptativa utiliza as primeiras três características para adaptar a navegação e a apresentação do ambiente.

A formação está relacionada à área de conhecimento do aluno. Um aluno do curso de física, que queira cursar a disciplina de Métodos Numéricos, não possui a base de conhecimento para estudar o mesmo conteúdo educacional de um aluno estudando Matemática. A adaptabilidade na navegação é um recurso importante especialmente para ambientes educacionais, visto que o aluno ao ser auxiliado pelo sistema na escolha do melhor caminho navegacional não se perde no hiperespaço, além de diminuir sua sobrecarga cognitiva, pois é o sistema que verifica o melhor caminho, e não o usuário, possibilitando, assim, um aceleração em seu processo de aprendizagem (SANTOS; CRESPO; ROCHA, 1996; SANTIBÁÑEZ; FERNANDES, 1998).

Como mencionado anteriormente, a preferência navegacional oferece duas formas de navegação no qual o usuário tem a opção de escolha: o modo tutorial e o modo livre. No modo tutorial são considerados os pré-requisitos definidos pelo autor na fase de autoria; o usuário só pode acessar

um conceito se seus pré-requisitos já foram visitados/conhecidos, ou seja, ele é direcionado pelo professor. No modo livre não são considerados os pré-requisitos definidos pelo autor, podendo o usuário navegar por todo o espaço da disciplina, sem restrições. São utilizadas cores diferentes para indicar quais conceitos foram visitados, quais não foram e qual conceito está sendo visitado no momento (atual). No modo tutorial os *apontadores* desabilitados demonstram que o aluno ainda não tem o conhecimento necessário para visitá-los (pré-requisitos) e no modo livre todos os *apontadores* do menu de navegação ficam disponíveis. As cores utilizadas para a indicação seguem as regras de usabilidade de Nielsen (NIELSEN, 2000), ou seja, foi adotado para *apontadores* que o usuário ainda não viu, a cor azul, e para *apontadores* que o usuário já visitou em roxo.

O conhecimento atual e específico do aluno é a característica mais importante e variável para cada aluno em particular. Isto significa que o sistema deve registrar as mudanças no conhecimento do aluno e atualizar o modelo adequadamente. Na fase de autoria, o autor pode optar por definir conceitos pré-requisitos a outros. Isso significa que o aluno deve ter conhecimento sobre os pré-requisitos de um determinado conceito para poder acessá-lo. Essa característica é armazenada no banco de dados e utilizada para prover a adaptabilidade. Na estrutura hierárquica de conceitos com pré-requisitos, as informações sobre os conceitos que já foram percorridos por um aluno são representadas por um valor binário: sim (visitado) ou não (não visitado). Para isso, o componente de interface adaptativa armazena o registro de navegação do aluno. Se o conceito pré-requisito já foi visitado, então os conceitos que depende deste podem ser liberados para visualização.

Modelo do Usuário

O modelo do aluno no ambiente Adaptweb é um modelo colaborativo, no qual o componente de Interface Adaptativa e o componente de Adaptação de conteúdo baseado no modelo do aluno interagem. O componente de adaptação de conteúdo cadastra o usuário, com seu curso e disciplina, já o componente de Interface Adaptativa é o encarregado de atualizar o modelo de acordo com a aquisição de conhecimento do usuário.

Inicialmente, é gerada uma identificação única na primeira utilização do ambiente. O aluno escolhe a disciplina (por exemplo: a disciplina de Computação Algébrica e Numérica) juntamente com seu curso (por exemplo: os cursos da Matemática, Ciência da Computação ou Engenharia). A

cada interação com o ambiente, ou seja, a cada novo conceito visitado, o componente de Interface Adaptativa armazena um *registro de usuário*, com a identificação do usuário, de seu curso, da disciplina, da tecnologia de comunicação e visualização em uso, do modo de navegação (tutorial ou livre), da data e hora de acesso, se o aluno está trabalhando em um conceito, em um exemplo, exercício ou material complementar, e em qual conceito está atualmente trabalhando.

Técnicas Adaptativas utilizadas

Para adaptar a navegação pela formação do usuário, o componente de interface adaptativa aplica a técnica de remoção de *apontadores*, removendo os *apontadores* de todos os conceitos que o autor não selecionou para um determinado curso. A figura 3 mostra uma remoção de alguns conceitos, verificando o curso do usuário. Os conceitos em negrito são aqueles não disponíveis para o curso A.

FIGURA 3 - EXEMPLIFICAÇÃO DA TÉCNICA DE REMOÇÃO DE APONTADORES

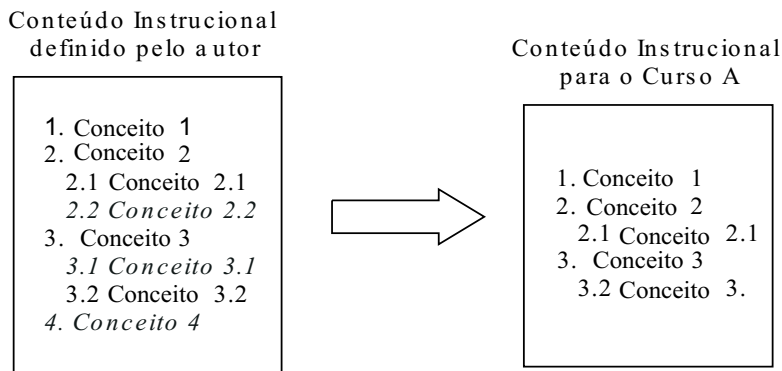
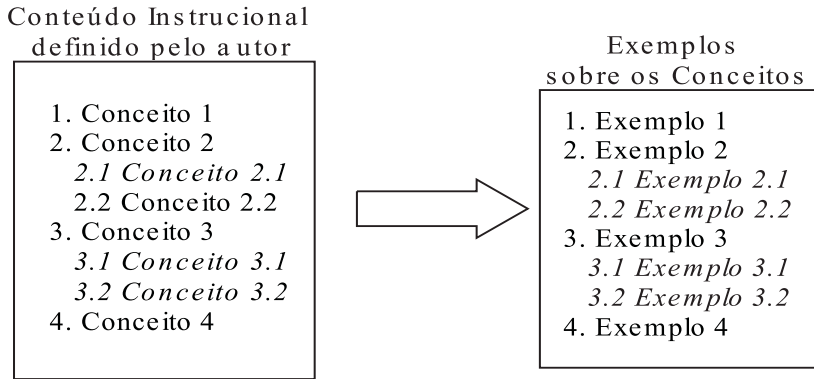


FIGURA 4 - EXEMPLIFICAÇÃO DA TÉCNICA DE ANOTAÇÃO UNIDA COM A DESABILITAÇÃO DE APONTADORES



Utilizou-se a técnica de remoção de *apontadores* para apresentar apenas os conceitos habilitados para cada aluno durante a presente seção. Outra técnica é utilizada para as demais categorias: exemplo, exercício, material complementar. A estrutura da disciplina é baseada em conceitos, e por essa razão, se um conceito não estiver disponível para um aluno, então também não estarão disponíveis os exemplos, exercícios e materiais complementares associados a este conceito. Se um conceito estiver habilitado, os exemplos, exercícios e os materiais complementares podem ou não existir. Se não existirem, é aplicada a técnica de anotação de *apontadores* em conjunto com a técnica de desabilitação de *apontadores* para, apresentando o mesmo menu hierárquico, evidenciar que não existem exemplos, exercícios, ou materiais complementares associados àquele conceito. A figura 4 mostra um exemplo de conceitos. Os conceitos em **negrito** não possuem exemplos, então o menu de exemplos aparecerá com a mesma hierarquia do menu de conceitos, porém, com destaque os tópicos exemplos que não possuem exemplos, mostrando para o usuário que naqueles tópicos não existem exemplos.

Optou-se pela utilização das técnicas de anotação juntamente com a de desabilitação de *apontadores* por dois motivos principais: a consistência da interface e associação entre a estrutura do domínio e o menu. Como o menu de tópicos sempre contém todos os conceitos que o usuário está habilitado a acessar, quando o aluno seleciona a seção de exemplos, a de exercícios ou a de material complementar, o menu vai conter sempre a mesma estrutura conceitual.

Quando o modo de navegação escolhido for o livre, o componente de Interface Adaptativa deve somente verificar quais os conceitos que já foram visitados, ou seja, quais os conceitos que já foram aprendidos. Para esses conceitos, é utilizada a técnica de anotação de *apontadores* mostrando os *apontadores* na cor roxa. Optou-se por essa técnica e por essa cor, com base nas recomendações de Nielsen (NIELSEN, 2000; 2002), onde é indicado que os *apontadores* visitados de uma página devem ser mostrados na cor roxa. Para os conceitos ainda não visitados, optou-se pela anotação azul, que é a cor tradicional de *apontadores* nos navegadores *Web*. O conceito que está sendo visualizado no momento está na cor vermelha, para destaque.

Para adaptar a navegação e a apresentação da interface de acordo com a preferência navegacional do usuário, o componente de interface adaptativa implementa, além das técnicas de adaptação dos *apontadores* descritas sobre o conhecimento, a técnica de página variante.

Quando o usuário escolhe o modo de navegação tutorial, ele está ciente de que deve seguir os pré-requisitos definidos pelo autor. Quando o usuário opta pelo modo de navegação livre, além dos recursos navegacionais oferecidos pelo ambiente no modo tutorial é oferecido o recurso adicional de busca por palavras-chaves e navegação direta. Optou-se por essas duas variações no *layout* para os usuários selecionarem uma interface simplificada, mas que contém todos os recursos para um aluno inexperiente (modo tutorial) e os recursos avançados, para alunos mais maduros que gostam de navegar livremente pelo espaço da disciplina (modo livre).

Estudo de caso

Visando validar a funcionalidade do Ambiente Adaptweb foi realizado um estudo de caso com um tópico da Disciplina de Computação Algébrica e Numérica do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da UEL. Os cursos de Matemática e Engenharia possuem a disciplina de Cálculo Numérico, cujo conteúdo apresenta grande intersecção com o conteúdo da disciplina de Computação Algébrica e Numérica. O tópico selecionado foi *Resolução de Sistemas Lineares*.

O tópico já possuía material desenvolvido para a *Web* (arquivos HTML), porém não obedecia a estrutura prevista pela sistemática de autoria do Adaptweb. Com base nesta sistemática, inicialmente foram identificados, na estrutura hierárquica do tópico, quais conceitos seriam abordados para cada curso. Usando esta mesma estrutura hierárquica, foi derivada a árvore de exemplos, de exercícios e de material complementar para cada um dos cursos. Feito isto, foi necessário reestruturar os arquivos, separando conceitos, exemplos, exercícios e material complementar, bem como elaborar um arquivo HTML para cada conceito abordado. Os nomes dos arquivos foram padronizados. Concluída esta etapa de pré-autoria, deu-se início ao uso do Adaptweb, no papel de professor-autor. Foram cadastrados: o usuário (autor), os cursos, as disciplinas e realizou-se a associação entre Curso/Disciplina. Na etapa de estruturar conceitos, foi detalhada a descrição de cada conceito, bem como os arquivos associados para que se realizasse a carga destes arquivos para o servidor *Web*. A maior dificuldade nesta etapa foi a grande quantidade de arquivos de figuras associadas a cada página *Web*. Após a inclusão dos conceitos, procedimento similar foi realizado para exemplos, exercícios e material complementar. Com relação ao material complementar foram incluídos programas para demonstração de algoritmos numéricos, programas em Maple (tanto para *download* como para visualização do código fonte), filmes com uma sessão de trabalho que explica a execução completa de um método numérico, implementado em Maple, com duas variações de implementação.

Na categoria de aluno, foi possível observar a adaptabilidade do ambiente, identificando estruturas hierárquicas diferenciadas para cada curso. Outro aspecto de adaptação que merece destaque é a disponibilização diferenciada dos apontadores, considerando o modo de navegação selecionado (tutorial ou livre), bem como o estado atual do modelo do aluno (baseado nos conceitos visitados até o momento). Cabe ressaltar que no modo tutorial, onde pré-requisitos devem ser obedecidos, a disponibilização dos apontadores é mantida, independente da máquina de onde o aluno executou suas sessões anteriores. Foi realizada uma apresentação completa, em uma aula, para os alunos regulares do curso de Computação. Atualmente estão sendo realizadas avaliações sobre o ambiente.

Interfaces do sistema

Nesta seção apresentaremos a imagem de algumas telas que retratam a interface do ambiente Adaptweb. A figura 5 apresenta a interface do Adaptweb em seu modo de autoria, na tarefa de estruturação de conteúdo.

FIGURA 5 - INTERFACE DO ADAPTWEB NO MODO ESTRUTURAÇÃO DO CONTEÚDO



A figura 6 apresenta a interface do Adaptweb em seu modo do aluno, onde o modo de navegação escolhido é o modo livre. Observa-se nesta figura, que o aluno interage com a disciplina de Computação Algébrica e Numérica através dos conceitos teóricos (seta 1) e o conceito ativo é o Método de Gauss com Pivoteamento (seta 2). A seta 3 aponta para o conteúdo teórico apresentado pelo Filtro das Mídias.

FIGURA 6 - INTERFACE DO ADAPTWEB PARA ALUNO NO MODO DE NAVEGAÇÃO LIVRE



Finalmente, na figura 7, pode ser vista a interface de apresentação no modo tutorial. Nesta janela, são utilizadas cores diferentes (vermelho e azul) para informar quais conceitos foram visitados, quais não o foram e o atual. Os *apontadores* desabilitados indicam que o aluno ainda não tem o conhecimento necessário para visitá-los.

FIGURA 7 - INTERFACE DO AMBIENTE ADAPTWEB NO MODO TUTORIAL



Conclusão

Há um acordo de que é relevante analisar a forma pela qual os ambientes de ensino a distância na *Web* devam ser aperfeiçoados a fim de adequarem-se às necessidades existentes, assim como superarem as eventuais preocupações resultantes de uma inovação na área educacional. Este artigo descreve um projeto de pesquisa e desenvolvimento tecnológico para estruturação e apresentação adaptativa de cursos baseados na *Web*. Esta adaptação é realizada de acordo com o curso e o perfil de cada aluno em particular. Nosso objetivo é de oferecer um grau de adaptabilidade em um ambiente de ensino na *Web* para permitir a avaliação em condições reais de uso.

A solução proposta é demonstrada com a aplicação do ambiente Adaptweb no desenvolvimento de um curso de Computação Numérica com conteúdos específicos para três cursos universitários: Matemática, Engenharia e Ciência da Computação. No ambiente adaptativo oferecido pelo sistema, os conteúdos são ajustados ao perfil do aluno com diferente complexidade, seqüência de apresentação, exemplos e acesso ao material complementar. É oferecido um ambiente de autoria para a estruturação do cur-

so gerando uma estrutura em XML. O ambiente permite a monitoração dos caminhos de acesso ao material, bem como os tempos envolvidos. Como trabalho futuro será incluído um sistema de monitoração e geração de alertas com o objetivo de analisar os indicadores tempo e desempenho, correlacionando-os com os comportamentos de navegação. A partir dos índices armazenados na base de dados do ambiente de ensino, o sistema de acompanhamento e alerta oferecerá a realimentação para o aluno e professor, sobre a situação do aluno no curso e sobre possíveis problemas com o material instrucional.

REFERÊNCIAS

AMARAL, M. *Organização e armazenamento de conteúdo instrucional no ambiente Adaptweb utilizando XML*. Porto Alegre, 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, UFRGS.

BRUSILOVSKY, P. Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. *Adaptive Hypertext and Hypermedia*, Kluwer Academic Publishers, p. 1-43, 1998.

_____. Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. In: *Künstliche Intelligenz*. Special Issue on Intelligent System and Teleteaching. Disponível em: <<http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~plb/papers/KI-review.html>> Acesso em: 19-25 abr. 1999.

DOCUMENT OBJECT MODEL (DOM). *Level 1 Specification Version 1.0*: October 1, 1998. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/1998/REC-DOM-Level-1-19981001>> Acesso em: 09 jun. 2002.

FREITAS, V. *Autoria adaptativa de Hipermissão Educacional*. Porto Alegre, 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Informática, UFRGS.

GARCIA, L. S. *Aplicações de Sistemas Multi-Agentes a Sistemas de Hipermissão Adaptativa* – uma proposta de ampliação à Ferramenta Gutemberg. Porto Alegre: PPGC da UFRGS, 1998.

GASPARINI, I. *Interface adaptativa no ambiente Adaptweb: navegação e apresentação adaptativa baseada no modelo do usuário*. Porto Alegre, 2003. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Informática, UFRGS.

KOBSA, A. *Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships*. Disponível em: <<http://citeseer.nj.nec.com/kobsa01/personalised.html>> Acesso em: 08 jun. 2002.

MARÇAL, V. *Adaptação de conteúdo baseada no modelo do aluno em um ambiente de ensino adaptativo*. Porto Alegre, 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Informática, UFRGS.

NIELSEN, J. *Designing Web Usability: The Practice of Simplicity*. Indianapolis: New Riders Publishing, 2000.

_____. *Jakob Nielsen Alertbox*. Disponível em: <<http://www.usseit.com/alertbox/990418.html>> Acesso em: 16 dez. 2002.

_____; TAHIR, M. *HomePage: 50 websites desconstruídos*. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

OLIVEIRA, J. M. P.; FERNANDES, C. T. Arquitetura de adaptação em sistemas hipermídia adaptativos educacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, SBIE, METODOLOGIAS, TECNOLOGIAS E APRENDIZAGEM DENTRO DO CENÁRIO DA INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. 12., 2002, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: Unisinos, 2002.

ROUSSEAU, F. et al. (1999) User Adaptable Multimedia Presentations for the WWW. In: THE EIGHTH INTERNATIONAL. WORLD WIDE WEB CONFERENCE – WWW8, 8., Toronto, 11-14 May 1999, Toronto. Disponível em: <<http://drakkar.imag.fr/awww>>

ROY, J.; RAMANUJAN, A. XML Schema Language Taking XML to the Next Level. *Proceeding of the IEEE*, New York, v. 1, p. 37-40, Apr. 2001.

SANTOS, N.; CRESPO, S. da S. P.; ROCHA, A. R. C. *Navegação em documentos hipermídia: estado da arte*. COPPE/Sistemas, fev. 1996. Relatório Técnico ES-373/96. Disponível em: <<http://www.ime.uerj.br/professores/neidenew/Reltec.htm>> Acesso em: jan. 2002.

SANTIBAÑEZ, M. R. F.; FERNADES C. T. Hacia um ambiente de Aprendizagem Hipermídia Adaptativo no WWW. In: CONGRESSO DA REDE IBEROAMERICANA DE INFORMÁTICA EDUCATIVA – RIBIE98, 4., 20-23 out. 1998, Porto Alegre. Disponível em: <<http://www.niece.ufrgs.br/ribie98/TRABALHOS/204.PDF>> Acesso em: out. 2002.

SELIGMAN, L. XML's Impact on Databases and Data Sharing. *Proceeding of the IEEE*, New York, v. 34, n. 6, p. 59-67, June 2001.

SOUTO, M. A. M. et al. Web Adaptive Training System based on Cognitive Student Style. In: IFIP WORLD COMPUTER CONFERENCE, 25-30 Aug. 2002, Montreal. *Proceedings...* Montreal: IFIP, 2002.

EXTENSIBLE MARKUP LANGUAGE – XML. *W3C Recommendation*. 06 October 2000. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/REC-mls>> Acesso em: 09 abr. 2002.

Texto recebido em 25 maio 2003

Texto aprovado em 05 set. 2003