

Monitoramento navegacional do aluno para descoberta de padrões de preferências de aprendizagem no Moodle

Núbia dos S. Rosa Santana dos Santos¹, Isabela Gasparini^{2,3}, Ana Marilza Pernas^{2,4}, José Palazzo Moreira De Oliveira², José Valdeni De Lima^{1,2}, Marcelo S. Pimenta², Leandro Krug Wives^{1,2}, Mariano Nicolao⁵, Alejandro Fernandez⁶, Rodolfo Miranda de Barros⁷

¹PPGIE-CINTED, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil; ²PPGC-Instituto de Informática, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil; ³Departamento de Ciência da Computação, UDESC, Joinville, SC, Brasil; ⁴Centro de Desenvolvimento Tecnológico – UFPel, Pelotas, RS, Brasil; ⁵Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Canoas, RS, Brasil; ⁶LIFIA, UNLP, La Plata, Prov. Buenos Aires, Argentina; ⁷Departamento de Computação, UEL, Londrina, PR, Brasil

nubia@pgie.ufrgs.br; {igaspardini, ana.pernas, palazzo, valdeni, mpimenta, wives}@inf.ufrgs.br, mariano.nicolao@canoas.ifrs.edu.br, alejandro.fernandez@lifia.info.unlp.edu.ar, rodolfo@uel.br

Resumo

A análise de padrões de comportamento na Web tem por objetivo a descoberta automática ou semi-automática de padrões de acesso gerados por usuários de *sites* Web de tal forma que esta informação possa ser utilizada em sistemas de recomendação ou sistemas voltados à personalização de ensino ou de acesso a conteúdos. No caso da personalização, a adaptação é realizada relacionando-se informações sobre o domínio da aplicação com informações sobre o perfil de navegação dos usuários. Neste contexto, o presente trabalho descreve uma arquitetura para a aquisição automática de perfis de classes de usuários, a partir da captura de eventos gerados por ações de alunos no ambiente virtual de aprendizagem Moodle. Ao final, apresenta-se a metodologia para adaptação do estilo navegacional às preferências do aluno, desde a preparação dos objetos de aprendizagem até a detecção e monitoramento dinâmico dos eventos configurados no ambiente.

Palavras-chaves

Adaptação, objetos de aprendizagem, monitoramento, estilos navegacionais.

1. INTRODUÇÃO

Desenvolvedores Web devem considerar vários desafios na concepção de aplicações Web, tais como: gerenciamento de conteúdo, aspectos de segurança e suporte a navegação. Um desafio primordial é como considerar os aspectos de usabilidade. O sucesso de um sistema interativo é determinado pela satisfação dos usuários e, portanto, é profundamente afetado pela sua facilidade de uso e minimização de eventuais erros de acesso – itens que correspondem a alguns dos critérios de usabilidade na perspectiva dos seus usuários. Conhecendo as sequências de interação previstas para os diferentes grupos de usuários é possível a implementação de ambientes Web de forma mais adaptada às suas características pessoais e não limitada aos mesmos conteúdos e formas de navegação. Desta forma verifica-se a importância da análise dos percursos navegacionais e tipos de informações acessadas pelo usuário em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) como o Moodle, atualmente adotado pelo

Ministério da Educação (MEC) e Universidade Aberta do Brasil (UAB).

A crescente oferta de informação na Web pode ocasionar o problema da sobrecarga cognitiva. E a enorme quantidade de documentos disponíveis, o acesso e a coleta da informação desejada pode se tornar uma tarefa difícil e originar resultados de baixa qualidade. A adaptação de *sites* Web permite minorar este problema, quando os conteúdos ou a estrutura dos *sites* são apresentados de acordo com o perfil de uma classe de usuários. A adaptabilidade pode estar relacionada a diversos aspectos de uma *site* Web, como seu conteúdo ou estrutura. De forma resumida, esta adaptação é realizada a partir do relacionamento de informações sobre o domínio da aplicação com informações sobre o perfil de usuários, empregando conjuntos de regras de adaptação. Este grupo de informações, quando minerado, permite estabelecer padrões de comportamento dos usuários.

A mineração de padrões de comportamento na Web tem por objetivo a descoberta automática ou semi-automática de padrões de acesso gerados por usuários de *sites* Web de tal forma que esta informação possa ser utilizada em sistemas de recomendação ou sistemas voltados à personalização de ensino ou de acesso a conteúdos. Os dados utilizados normalmente são extraídos dos registros de acesso do próprio servidor Web ou então gerados a partir de inclusões específicas de código nas páginas de um *site* Web. Uma das vantagens deste tipo de coleta de dados é permitir a abordagem de mineração de dados como fonte para a geração de modelos dos usuários de determinado *site* Web, dado a facilidade para obtenção dos dados, gerados automaticamente durante o acesso às páginas. Este conjunto de dados precisa de tratamento específico para que possa ser utilizado no processo de mineração, sendo que existem limitações conhecidas no uso destas informações, tais como a dificuldade de tratamento, por serem de natureza não-numérica, e dificuldades resultantes de problemas de comunicação. Em geral, estas situações são tratadas na etapa de pré-processamento dos dados, anterior à etapa de descoberta de padrões.

Este trabalho tem como foco a etapa do pré-processamento dos dados, buscando-se formas de obtenção destes para a posterior geração de agrupamentos e regras de associação, além da mineração de padrões. De forma resumida, a adaptação é realizada

relacionando-se informações sobre o domínio da aplicação com informações sobre o perfil de navegação de usuários. Uma vez analisado o perfil do aluno torna-se possível adequar o sistema de acordo com as informações contidas neste perfil.

Este artigo propõe mecanismos para a descoberta dos padrões navegacionais dos usuários em um curso na web disponibilizado no ambiente Moodle, bem como suas preferências de aprendizagem. A seção 2 apresenta o ambiente Moodle, utilizado nesta pesquisa. A seção 3 destaca a adaptação da navegação, seu conceito e técnicas agregadas. A seção 4 explora os trabalhos correlatos. A seção 5 apresenta a proposta deste trabalho, o monitoramento dos dados navegacionais, detalhando a modelagem dos Objetos de Aprendizagem para o monitoramento, as variáveis e dados observados pela interação do usuário, a obtenção e análise dos dados. A seção 6 apresenta as conclusões e trabalhos futuros.

2. AMBIENTE MOODLE

O Moodle (*Modular Object Oriented Developmental Learning Environment*) é um Sistema *Open Source* de Gerenciamento de Cursos, um AVA utilizado como plataforma oficial para desenvolvimento de cursos totalmente *on-line* e/ou como plataforma para comunicação e troca de material entre professores e alunos [1]. Assim, o Moodle pode ser usado para cursos totalmente à distância, semipresencial ou como ferramenta de comunicação, gerenciamento e organização de conteúdo em cursos presenciais, uma vez que possui diversos recursos e permite comunicação síncrona (interação em tempo real) e assíncrona (interação em momentos distintos) entre os participantes. A plataforma Moodle também tem sido utilizada para diferentes tipos de atividades, tais como formação de grupos de trabalho, desenvolvimento de projetos e treinamento de professores.

Os professores podem desenvolver cursos contendo fóruns, diários, *chats*, questionários, textos *wiki*, objetos de aprendizagem sob o padrão SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*), publicar materiais de quaisquer tipos de arquivos, etc., de acordo com seus objetivos pedagógicos [2].

Apesar de muito utilizado, o ambiente Moodle, mesmo na versão 2.0, apresenta potencial de personalização limitado do ponto de vista metodológico [3]. Segundo Limongelli [3], ele oferece suporte limitado para personalização: em termos de interface com o usuário, é possível personalizar o ambiente através da criação de novos temas e, em termos de funcionalidades, os usuários podem adicionar um número de *plug-ins* disponíveis no *site* oficial do Moodle. Além disso, na forma como é disponibilizado atualmente, ele não permite uma filtragem detalhada do comportamento do aluno, que permita análise e descoberta de padrões. Por isso, neste trabalho é apresentada uma extensão para o ambiente Moodle que possibilite a coleta das ações desempenhadas pelo aluno. A partir desta coleta, será possível ter uma melhor compreensão das particularidades navegacionais de cada aluno para, finalmente, realizar adaptações nos estilos navegacionais disponíveis de forma a se adequarem a preferência dos mesmos.

3. ADAPTAÇÃO DA NAVEGAÇÃO

Atualmente, tanto os pesquisadores da área de IHC (Interação Humano-Computador) e de Informática na Educação reconhecem que a *usabilidade* é um critério de qualidade importante para os

sistemas educacionais (denominados aqui como Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA)) [4]. A usabilidade pode ser definida pela eficiência, eficácia e satisfação pela qual um usuário específico consegue alcançar objetivos específicos em um contexto de uso particular [5].

Como os AVA são normalmente utilizados por uma grande variedade de alunos com diferentes habilidades, formação, preferências e estilos de aprendizagem, uma forma desses sistemas fornecerem usabilidade é serem adaptativos e personalizados adotando diferentes estratégias adaptativas. Sistemas Adaptativos educacionais adaptam dinamicamente o conteúdo, a apresentação, navegação, bem como a assistência oferecida aos usuários, de acordo com o perfil do aluno utilizando técnicas adaptativas. Técnicas adaptativas são exemplos de técnicas centradas no usuário (*user-centered design*) para abordar um leque de problemas de usabilidade encontrados em sistemas convencionais baseados na web, geralmente relacionados a apresentação do conteúdo de forma homogênea e com um único esquema de navegação para todos os alunos, sem focar em um sistema mais adequado para cada aluno. Estes problemas de usabilidade são críticos para o *design* de sistemas educacionais.

Sistemas Adaptativos (SA) são sistemas capazes de executar algum tipo de personalização. O sistema monitora o comportamento do usuário e adapta a apresentação e a navegação de acordo com o monitoramento. A evolução das preferências do usuário e do seu conhecimento pode ser deduzida dos acessos à página. Especialmente em sistemas educacionais, o conhecimento do aluno é a característica mais importante a ser monitorada. Às vezes o sistema necessita utilizar questionários ou testes para ter uma noção mais exata do estado do usuário, mas a maior parte da adaptação é baseada nas ações de navegação do usuário e, possivelmente, também no comportamento de outros usuários [6]. A adaptação pode ser feita modificando-se apresentações e formas de acesso preestabelecidas ou construindo-as com partes de informação [7].

Os SA devem satisfazer três critérios: (i) deve ser um sistema hipermídia, (ii) deve possuir e manter um modelo do usuário, e (iii) deve ser capaz de se adaptar ao usuário utilizando esse modelo [8]. A visão clássica do laço de adaptação do sistema hipermídia ao modelo do usuário é apresentada na Figura 1. O usuário (nos sistemas educacionais – alunos) acessa o sistema e, durante a interação, o sistema deve coletar informações sobre este aluno. Em seguida o sistema inicia dois processos, um no modelo do domínio, que verifica o conteúdo a ser estudado pelo aluno, e outro processo no modelo do usuário/aluno, que analisa as novas descobertas sobre o aluno para identificar atualizações em seu estado. Posteriormente, essas informações são tratadas no mecanismo de adaptação que realiza o efeito da adaptação, mostrando a interface, tanto na sua apresentação quando na sua navegação, de forma adaptada a cada usuário.

A idéia por trás dos SA é oferecer a cada usuário uma interface, uma estrutura e um conteúdo modelado de acordo com suas características específicas, ou seja, nos SA os usuários acessam interfaces cujo estilo, conteúdo, recursos e *links* serão dinamicamente selecionados entre diversas possibilidades, reunidos e apresentados conforme os objetivos, necessidades, preferências, conhecimentos, objetivos, comportamento, etc. desses usuários.

Usuários de sistemas educacionais (especialmente AVA) têm um objetivo prioritário a atingir, que é aprender algo. Dessa forma,

devem poder navegar pelos conteúdos de forma eficiente, tanto no sentido navegacional quanto em termos de alcançar seus objetivos educacionais. Observando que navegar pelo conteúdo envolve os movimentos do aluno visando seus objetivos e informações, uma maneira de tornar essa navegação fácil consiste em estruturar cuidadosamente o conteúdo instrucional a ser aplicado. Vários estudos mostram que o suporte a navegação adaptativa pode aumentar a velocidade de navegação pelo conteúdo e também de aprendizado enquanto a apresentação adaptativa pode melhorar o entendimento do conteúdo instrucional [9].

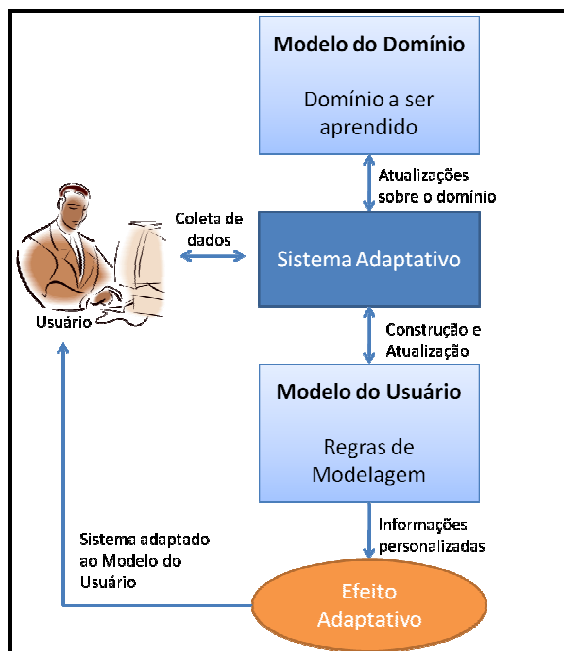


Figura 1: Processo de adaptação nos SA [8].

A adaptação pode ocorrer em dois níveis, os quais são apresentados como duas classes de adaptação chamadas respectivamente de **apresentação adaptativa e suporte de navegação adaptativa (ou simplesmente navegação adaptativa)** [8]. A apresentação adaptativa pode ainda ser subdividida nas adaptações de conteúdo e adaptações de interface. A adaptação da navegação possui diversas técnicas para prover o efeito adaptativo: a orientação direta, a classificação dos links, a ocultação dos links, a remoção dos links, a desabilitação dos links, a anotação, os mapas adaptativos, etc.

4. TRABALHOS CORRELATOS

O ambiente Moodle, talvez por ser um ambiente de código aberto e distribuído por licença GPL (*General Public License*), possui várias iniciativas de extensão e melhorias em suas funcionalidades. Um exemplo de empresa que disponibiliza facilidades para integração de seus serviços com o Moodle é a *Microsoft*, que oferece, gratuitamente, um *plug-in* para integração do *Microsoft Live Messenger* com Moodle [10].

Com relação aos trabalhos de pesquisa, um exemplo de trabalho correlato é o Moodle_LS [3], o qual propõe a integração do Moodle com a ferramenta LS-Plan. Esta ferramenta tem como função realizar o sequenciamento automático do material de ensino, disponibilizado para o aluno, com base em seu

conhecimento e estilo de aprendizagem. Segundo os autores, o LS-Plan adota uma abordagem em três fases: i) a modelagem do aluno de acordo com seus conhecimentos e estilos de aprendizagem; ii) produção de um curso personalizado; e iii) a adaptação do curso ao longo do processo de aprendizagem baseado no progresso do aluno e suas dificuldades. A iniciativa Moodle_LS visa aliar um ambiente já aceito e utilizado à uma ferramenta de personalização, mostrando ser viável a aplicação prática desta. Apesar de este trabalho apresentar um princípio similar ao nosso, ou seja um conteúdo personalizado o qual é mais facilmente assimilado pelo aluno, que, como resultado, se torna mais fortemente motivado, esta proposta não realiza monitoramento do comportamento em tempo de execução do aluno para adaptação da navegação no ambiente, mas sim uma estratégia para sequenciamento da apresentação das atividades de aprendizado de forma personalizada.

Ainda voltado a extensão e melhoria do ambiente educacional Moodle, um exemplo de trabalho correlato é apresentado em [11], onde os autores focam na melhoria de três aspectos tidos como importantes para os alunos: i) a capacidade de incorporar algoritmos de visualização aos materiais textuais fornecidos pelo Moodle; ii) a capacidade de incorporar *slides* das aulas e iii) capacidade de anotação e discussão ao material educacional. Para isso, os autores agregam dois sistemas independentes no ambiente Moodle: o CALMS (*Computing Augmented Learning Management System*), uma extensão que agrega funcionalidades para programação de exercícios, facilidades para compilação e depuração de sistemas, apoio a detecção de plágio, entre outros; e o VizCoSH (*Visualization-based Computer Science Hypertextbook*), que disponibiliza em hipertexto materiais que geralmente possuem formato de livro texto, enriquecendo-os com possibilidade de visualização estática ou dinâmica. O trabalho propõe extensões para melhoria do ambiente Moodle, mas nenhuma delas visa adaptação da navegação de acordo com as particularidades comportamentais do usuário.

Um exemplo mais geral a respeito de monitoramento de dados educacionais no ambiente Moodle é descrito em [12] o qual trata a mineração de dados educacionais como uma atual frente de pesquisa bastante rica, visto que a crescente utilização destes ambientes tem originado grandes bases de dados ricas em conhecimento não minerado. Este trabalho foca na mineração de dados já existentes no Moodle, mostrando as vantagens da mineração para os professores obterem, por exemplo, uma visão geral da utilização do material da disciplina pelo aluno. Ao contrário da nossa proposta, este trabalho não foca no descobrimento de questões específicas, como os valores das variáveis apontadas na seção 5 deste artigo, mas sim na aplicação de mineração em dados previamente conhecidos.

5. MONITORAMENTO DE DADOS NAVEGACIONAIS

A arquitetura apresentada neste trabalho visa analisar mais profundamente os padrões comportamentais dos alunos enquanto navegam na estrutura de objetos educacionais contidos em um ambiente de *e-learning*. Esta análise tem o propósito de adaptar a estrutura de navegação existente a partir das reais necessidades e preferências dos alunos, desde a navegação livre e exploratória, em que o aluno possui vários caminhos a serem explorados e pode selecionar o percurso livremente, até a navegação orientada, aquela onde o professor pode selecionar tópicos com pré-

requisitos nos quais os alunos devem seguir uma orientação e obter conhecimentos básicos antes de aprender novos conceitos.

Os diferentes tipos de navegação permitem a adaptação ao perfil de alunos, ou seja, se um aluno já possui conhecimento acerca do assunto ele pode avançar para o conteúdo seguinte, sem ter a necessidade de acessar o conteúdo que ele já conhece. Da mesma forma, para o aluno que não possui conhecimento acerca de um determinado assunto, o ambiente pode orientá-lo através dos recursos de navegação.

Desta forma, no desenvolvimento da aplicação é feito um registro da interação do aluno com o conteúdo da disciplina oferecida. Neste trabalho, optou-se por uma alternativa criada especificamente para o ambiente Moodle, onde esse registro contínuo é feito internamente ao ambiente, na forma de um *plug-in* de extensão. A arquitetura de funcionamento é apresentada na Figura 2, onde se pode visualizar a comunicação do ambiente Moodle internamente com o *plug-in* modelado. O *plug-in* está relacionado a uma API (*Application Programming Interface*) de monitoramento que, por sua vez, acessa o banco de dados do Moodle. O armazenamento dos dados monitorados é proposto aqui de forma conjunta ao banco de dados gerenciado pelo Moodle.

A API descrita faz uma separação entre a estratégia aplicada para a detecção de eventos e o mecanismo usado para gravá-los. Esta separação permite a posterior aplicação desta em outras arquiteturas, onde os eventos possam ser, por exemplo, armazenados em sistemas externos e combinados a eventos originados em outras fontes (e.g. outros AVAs).

Com relação à disposição do conteúdo nas páginas, segundo [13] o design estrutural pode seguir quatro estruturas:

- Estrutura linear ou seqüencial – o aluno percorre as telas de forma linear, com a possibilidade de avançar para a tela seguinte ou retornar a tela anterior;
- Estrutura hierárquica – também conhecida como estrutura em árvore, consiste numa abordagem do geral para o particular;
- Estrutura em mapa ou rede – nesse modelo todas as telas são conectadas uma às outras e essas conexões não estão restritas a nenhuma regra, o que permite ao aluno escolher o caminho. Os múltiplos *links* podem desorientar o aluno e sobrecarregar por exigir a todo momento uma nova tomada de decisão sobre o caminho a ser percorrido;
- Estrutura rizomática – faz referência ao conceito de rizoma. Os cursos baseados em comunidades virtuais de aprendizagem ou que possuem *blogs* e *wikis* podem ser considerados rizomáticos, na medida em que os pontos estão conectados e a proposta original se expande com as contribuições dos usuários.

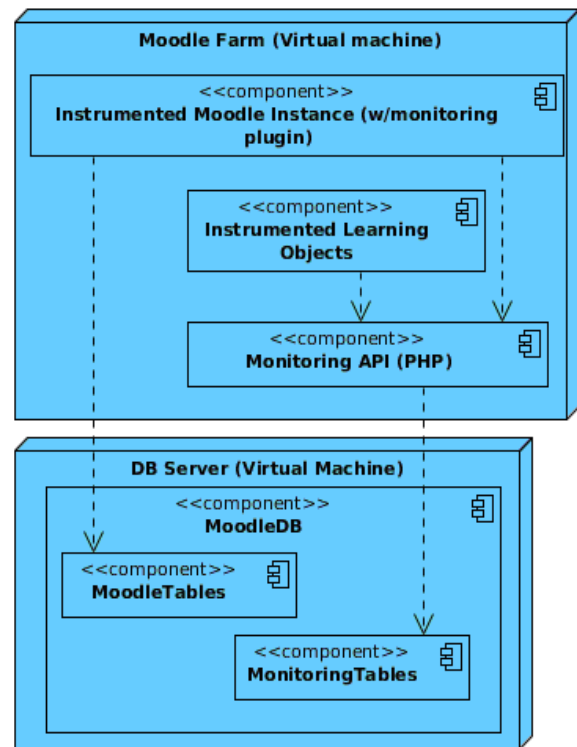


Figura 2: Arquitetura de extensão no ambiente Moodle.

Tendo em vista essas quatro estruturas do *design* das páginas e o registro do usuário pelo sistema, o ambiente proposto pode detectar as estruturas escolhidas pelos alunos, analisar os percursos e as ferramentas utilizadas por eles e, assim, observar qual é o seu estilo de aprendizagem. Desta forma, nas próximas seções são tratadas a forma de organização e estrutura dos Objetos de Aprendizagem (OA) de forma a se adequarem à realização de análise e monitoramento, em seguida, as variáveis chaves para determinação do estilo de navegação e, finalmente, como os valores dessas variáveis são obtidos internamente, na forma de eventos e regras.

5.1 MODELAGEM DE OA PARA MONITORAMENTO

Os Objetos de Aprendizagem podem ser definidos como “qualquer entidade, digital ou não digital, que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado suportado por tecnologias” [14].

Puustjärvi [15] destaca quatro requisitos funcionais comuns em OA. Em primeiro lugar, os OA devem ser utilizáveis em diferentes contextos de ensino, ou seja, devem ser reutilizáveis. Em segundo, os OA devem ser independentes dos meios de entrega e sistema de gerenciamento de aprendizagem, ou seja, devem permitir a interoperabilidade dos sistemas de gerenciamento de aprendizagem. Em terceiro, OA devem ser concebidos de forma a permitir a combinação de outros OA. E, em quarto, os OA devem fornecer metadados apropriados a fim de facilitar a sua busca.

Em relação à classificação, Wiley [16] apud Lerma [17] cita a seguinte classificação dos tipos de OA:

- Fundamental - a forma básica, mais simples de auxiliar na aprendizagem como, por exemplo, uma imagem que descreve um procedimento.
- Combinado fechado - ainda um elemento simples, mas que integra mecanismos mais complexos, a fim de fornecer uma explicação como, por exemplo, uma animação ou vídeo incluindo áudio.
- Combinado aberto - vários objetos simples, presos em elementos de integração. Neste caso, um elemento de integração (e.g. um *site*) inclui a imagem e o vídeo, juntamente com um texto explicativo.
- Gerador de apresentação - a combinação de objetos fornecendo capacidades visual e auditiva avançadas com recursos interativos limitados.
- Gerador de instrução - a combinação de objetos fornecendo avançadas capacidades visuais e auditivas com avançados recursos interativos, permitindo um elevado nível de experiência.

Além das características inerentes aos OA, deve-se ressaltar a necessidade de elaborar os conteúdos dos OA considerando aspectos que influenciam na aprendizagem, como o uso adequado dos recursos multimídia. Portanto, o conteúdo deve seguir princípios da teoria da aprendizagem multimídia [18] sendo alguns deles:

- Princípio da multimídia – aprende-se melhor a partir de palavras e imagens do que apenas palavras.
- Princípio da Contigüidade Temporal – aprende-se melhor quando as palavras e imagens correspondentes são apresentados simultaneamente em vez de sucessivamente.
- Princípio da proximidade espacial – aprende-se melhor quando as palavras e as imagens correspondentes estão próximas do que quando estão distantes e/ou páginas separadas.
- Princípio da modalidade – aprende-se melhor a partir de animação com narração do que animação com texto escrito na tela.
- Princípio da sinalização – aprende-se melhor a partir de uma mensagem multimídia, quando o texto possui sinalização.
- Princípio da redundância – Aprende-se mais profundamente a partir de gráficos e narração do que a partir de gráficos, narração e o texto impresso.

Para elaboração de conteúdo eletrônico, o qual pode ser disponibilizado através de um AVA (e.g. Moodle) em forma de OA, Filatro [13] apresenta alguns aspectos importantes em relação a interface:

- Texto – os textos devem ser sucintos e objetivos. Os textos longos devem ser quebrados em parágrafos breves. Subtítulos e listas devem ser numerados ou conter marcadores. Palavras-chaves devem ser destacadas com recursos de formatação e cores.
- Legibilidade – é o atributo de um texto e resulta da escolha de elementos como tipo, tamanho da letra, o espaçamento, etc. Em materiais impressos, a *serifa* facilita a leitura, mas no design digital torna-se inadequada. Textos em negrito podem ser usados para chamar atenção do leitor, mas devem ser usados com cuidado. Já o *itálico* é usado para expressões

estrangeiras ou tom irônico a uma palavra dentro da frase. As letras minúsculas facilitam a leitura, enquanto as maiúsculas reduzem a velocidade de leitura, sendo mais utilizadas para dar ênfase. Este princípio também é seguido na usabilidade de sistemas web, e deve ser tratado em conteúdos educacionais como uma forma de melhorar a qualidade do ensino.

- Cores - As cores também podem ser usadas para destacar uma palavra, mas devem ser usados com cuidado e de forma explícita para não confundir com *links*. O sublinhado deve ser reservado para *hyperlinks*. Além disso, os princípios de *webdesign* devem ser seguidos, as cores para *links* devem ser distintas do restante do texto, e se possível, nas cores padrão (azul para *links* ativos e não clicados, roxo ou púrpura para *links* ativos e já clicados) [19].
- Ícones e botões - devem ser incluídos na interface apenas quando facilitarem a comunicação.
- Imagens – deve-se atentar para o peso e a resolução da imagem.

Considerando as características intrínsecas dos OA assim como os princípios de aprendizagem multimídia e os aspectos inerentes a interface de conteúdo eletrônico, o OA poderá ser acessado por diferentes dispositivos e seus elementos estarão organizados de forma a diminuir a sobrecarga cognitiva e permitir a reusabilidade.

Um OA pode utilizar diferentes recursos que atendam aos diferentes perfis de alunos. Alguns alunos preferem ouvir a ler o conteúdo, então o OA pode oferecer recursos multimodais e seguir o pressuposto do canal dual - uso de canais distintos (visual e verbal) para o processamento de informação [20]. Este princípio também auxilia a acessibilidade, provendo acesso a pessoas com algum tipo de necessidade especial.

A tecnologia utilizada para desenvolvimento de OA deve possibilitar o acesso individual a cada elemento que compõe o OA de forma a permitir a reusabilidade e a monitoramento dos eventos relacionados a cada elemento. Neste caso, as linguagens HTML (*HyperText Markup Language*) e *Javascript* são alternativas para criação de OA e integração de seus elementos (textos, imagens, vídeos, etc.).

Portanto, para a modelagem de um OA pode-se utilizar princípios e critérios apresentados nesta seção, possibilitando a construção de OA capazes de facilitar o monitoramento do perfil e dos estilos de aprendizagem dos alunos.

5.2 VARIÁVEIS E DADOS PARA OBSERVAÇÃO

Com relação aos dados a serem monitorados, são analisadas todas as informações que podem influenciar na descoberta do estilo navegacional apresentado pelo aluno. Começando em um nível mais alto de abstração, as variáveis a serem observadas para caracterização do estilo navegacional do aluno, neste trabalho, são as seguintes:

- **Percentual** - Frequência relativa (acessos) aos tipos de páginas disponibilizadas;
- **Latência** - tempo de resposta entre a apresentação do estímulo e o início da interação;

- **Velocidade** – distância percorrida por unidade de tempo, isto é, cálculo médio entre os acessos às páginas e tempo médio despendido em cada uma delas;
- **Duração** – período de tempo despendido na interação com as páginas escolhidas;
- **Extensão** – um intervalo de distância ou quantas vezes interagiu com as páginas escolhidas;
- **Intensidade** – magnitude (caracterizado por um número absoluto, positivo ou negativo) de interações com determinado tipo de página.

As variáveis descritas acima são produtos de uma análise dos dados brutos, obtidos no ambiente, com intuito de descobrir o estilo navegacional do aluno. Obviamente, os dados realmente monitorados devem ser específicos para derivação destas variáveis apontadas. No caso do ambiente Moodle, atualmente é possível a coleta dos seguintes dados: dados de identificação do aluno (nome, idade); nota na tarefa executada; número de tentativas realizadas; tempo transcorrido no exercício (tempo como um todo, isto é, caso seja uma lista de exercícios, tempo para a lista completa); *status* no desenvolvimento (abandono ou completo); classificação.

Como os dados listados acima são produtos de uma análise geral do desenvolvimento do aluno com intuito de classificar seu andamento ao final do desenvolvimento da tarefa, dados obtidos pela ação do aluno durante este desenvolvimento não são colhidos, tais como: troca de páginas no decorrer do processo; quais OA foram acessados durante a tarefa; se o aluno retornou às páginas; como foi seu andamento (o que acessou primeiramente, quando, quanto tempo permaneceu usando o recurso); histórico de acesso das páginas; entre outros.

Dessa forma, as variáveis apresentadas acima, são detalhadas em relação aos dados que são armazenados para determinação de cada uma delas:

- Percentual e Intensidade – necessário armazenar a identificação de todas as páginas analisadas pelo aluno durante uma sessão. Esta identificação está ligada ao tipo de página acessada, como um metadado de um OA. Essa frequência relativa de acesso as páginas de mesmo tipo é calculada e armazenada após o término de cada sessão.
- Latência – para este cálculo, deve-se armazenar o instante de tempo (*timestamp*) em que o aluno é colocado frente ao estímulo e o momento específico em que ele opta pelo acesso ao recurso.
- Velocidade e Duração – as duas variáveis podem ser calculadas conhecendo-se os momentos de entrada e saída das páginas.
- Extensão – número de vezes em que o aluno acessa algum dos recursos disponibilizados na página ou que acessa e encerra a página escolhida.

A próxima sessão (5.3) detalha como estes dados brutos são obtidos no decorrer do tempo no ambiente Moodle.

5.3 ANÁLISE DE DADOS

Conforme apresentado na seção 4, a solução proposta neste trabalho consta da criação de um *plug-in* que estenda as possibilidades de monitoramento do ambiente Moodle. Nesta

extensão, o ambiente continua com sua funcionalidade normal, mas é feito um armazenamento intensivo dos eventos ocorridos no ambiente e armazenamento destes em tabelas criadas especificamente para isso, presentes no próprio banco de dados do Moodle.

Com relação à obtenção dos dados, as variáveis a serem observadas constam na verdade de todos os eventos ocorridos no ambiente educacional, produto direto da ação do aluno. Eventos são responsáveis por armazenar e tratar todas as mudanças ocorridas em qualquer situação que esteja ocorrendo no momento [21]. Em McCarthy [22] conceitos relativos a evento e ações são definidos de forma relacionada, onde o autor especifica dois tipos de eventos: eventos internos, relativos a axiomas que determinam as condições para a ocorrência de um evento; e eventos externos, os quais resultam diretamente de ações. Para McCarthy, todos os eventos são descritos e resultam de axiomas formais, mas eventos externos envolvem axiomas de ação (efeito), i.e., eventos que terão efeito na ocorrência de um resultado r de um evento e (uma ação).

Aqui trata-se, basicamente, de eventos externos, isto é, eventos que resultam de ações diretas, desempenhadas pelos alunos. De forma simples, eventos são definidos pela ocorrência ou não de determinadas ações no ambiente. Existem ações diretas, isoladas, e ações indiretas, que devem ser analisadas em conjunto por possuírem significados mais expressivos no desenvolvimento da tarefa do aluno.

Para facilitar a compreensão, a Tabela 1 apresenta alguns exemplos de eventos significativos no monitoramento descrito no trabalho. Na Tabela 1 são descritos: o evento em si; sua possível causa e efeito no sistema (quais dados são armazenados na ocorrência do evento).

Tabela 1: Exemplos de eventos detectados no sistema.

Evento	Causa	Dados armazenados
Entrada foi detectada (início de sessão do usuário)	Início de atividade	id-aluno, timestamp, id-curso, id-disciplina
Tarefa foi iniciada	Aluno inicia uma tarefa de aprendizagem	id-aluno, timestamp, id-curso, id-recurso
Tarefa foi finalizada	Aluno completou as atividades ligadas à tarefa	id-aluno, timestamp, id-curso, duração, status
Recurso textual foi lido	Aluno acessa um texto para leitura	id-aluno, timestamp, id-curso, id-recurso, porcentagem, duração
Recurso de imagem foi lido	Aluno acessa uma imagem para leitura	id-aluno, timestamp, id-curso, id-recurso, duração
Recurso sonoro foi acionado	Aluno acessa um som	id-aluno, timestamp, id-curso, id-recurso, duração
Recurso de vídeo foi lido	Aluno acessa um vídeo para visualização	id-aluno, timestamp, id-curso, id-recurso, duração
OA foi acessado na mesma atividade	Aluno acessa outro OA de mesmo tipo – caminhamento na mesma hierarquia	id-aluno, timestamp, id-curso, id-novoOA

	na estrutura de objetos	
OA foi acessado em outra atividade	Aluno acessa outro OA, mas hierarquicamente diferente (ou nível superior ou inferior) na estrutura de objetos	id-aluno, timestamp, id-curso, id-novoOA

6. CONCLUSÃO

Uma das mais promissoras estratégias para promover a usabilidade de sistemas interativos baseados na Web é que estes sistemas sejam adaptativos e personalizados, pois precisam ser utilizados por uma grande variedade de usuários com diferentes habilidades, estilos cognitivos e perfis de comportamento. Para alcançar este objetivo de adaptabilidade, é necessário identificar, representar e manter atualizado um modelo de perfil de usuário e utilizá-lo na interação com estes usuários para adaptar o conteúdo, as formas de navegação e apresentação dos sistemas ao perfil destes, de acordo com as suas intenções e tarefas. Analisar a interação do usuário através de seu percurso navegacional e pelos eventos iniciados por ele pode auxiliar neste processo e orientá-lo na aprendizagem.

Além disso, a forma como os elementos são distribuídos em um OA podem facilitar ou dificultar a aprendizagem. Por isso, são apontadas, na seção de modelagem, algumas orientações para elaboração de conteúdos educacionais considerando teorias cognitivas e princípios para construção de material multimídia, inclusive para evitar a sobrecarga cognitiva.

Este trabalho tem como objetivo implantar mecanismos para a descoberta de padrões navegacionais e preferências de aprendizagem dos usuários no ambiente Moodle. Para isso, é proposta uma arquitetura de monitoramento de dados navegacionais e modelagem dos objetos de aprendizagem, buscando as variáveis a serem observadas e como estas são obtidas e analisadas.

Como trabalho futuro, pretende-se estender este mecanismo de forma que ele seja naturalmente integrável a outros ambientes, possivelmente através do uso de *web services*, para a comunicação dos dados. Esta integração implica na habilidade de armazenar eventos vindos de múltiplas fontes. Ainda, requer a existência de uma ontologia de eventos extensível, holística e consistente com os últimos desenvolvimentos da web semântica.

6. AGRADECIMENTOS

A pesquisa apresentada é parcialmente financiada pelo Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia – CNPq e pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

7. REFERÊNCIAS

- [1] Moodle, *Moodle*, Disponível em <http://moodle.org/about/> Acesso em: 10 de fev. 2011
- [2] Alves, L., Brito, M. (2005). O Ambiente Moodle como Apoio ao Ensino Presencial, *Congresso ABED*, <http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/085tcc3.pdf>
- [3] Limongelli, C., Sciarrone, F., Vaste, G. (2011). Personalized e-learning in Moodle: the Moodle_LS System, *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, v.7, n.1, English Edition, 49-58. ISSN:1826-6223, e-ISSN:1971-8829
- [4] Gasparini, I, Pimenta, M. S., Palazzo M. de Oliveira, J., Karczinski, A. (2010). Usability in an Adaptive e-learning environment: Lessons from AdaptWeb. *IEEE Learning Technology Newsletter*, v. 2, p. 13-16.
- [5] ISO 9241-11. (1998). *Ergonomics requirements for office with visual display terminals (VDTs)*.
- [6] De Bra, P. (1999). Design Issues in Adaptive Web-SiteDevelopment. In: *Workshop on Adaptive Systems and User Modeling on the WWW*, Canada. *Proceedings...*
- [7] Koch, N. P. (2001). *Software Engineering for Adaptive Hypermedia Systems – Reference Model, Modeling Techniques and Development Process*. PhD. Thesis. Ludwig-Maximilians-Universität München.
- [8] Brusilovsky, P. (1996). Methods and techniques of adaptive hypermedia. *User Modeling and User Adapted Interaction*, v.6, n. 2-3, p. 87-129. Special Issue on adaptive hypertext and hypermedia.
- [9] Maybury, M, Brusilovsky, P. (2002). From Adaptive Hypermedia to the Adaptive Web. *Communications of the ACM*, New York, v. 45, n. 5, p. 31-33.
- [10] Microsoft Education Labs. *Microsoft Live Services Plug-in for Moodle*, Disponível em: <<http://www.educationlabs.com/pages/default.aspx>>. Acesso em: 14 Mar. 2011.
- [11] Rössling, G., Kothe, A. (2009). Extending moodle to better support computing education, In *Proceedings of the 14th annual ACM SIGCSE Conference on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE '09)*, Paris, France, p. 146-150.
- [12] Romero, C., Ventura, S., García, E. (2008). *Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial*, *Computers & Education*, doi:10.1016/j.compedu.2007.05.016.
- [13] Filatro, A., (2008). *Design instrucional na prática*, São Paulo: Pearson Education do Brasil.
- [14] IEEE, L.T.S.C. (2002), *IEEE Standard for learning object metadata*, Disponível em:< <http://ltsc.ieee.org/wg12/index.html>> Acesso em: 28 Set. 2010.
- [15] Puustjärvi, J. (2007). Syntax and semantics of learning objects metadata, In: Harman, K & Koohang, A. 2007. *Learning objects: standards, metadata, repositories, and LCMS*, Santa Rosa, California: Informing Science Press (pp. 41-61)
- [16] Wiley, D.A. (2000). *Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor and a taxonomy*, In D.A. Wiley (Ed.), *The instructional use of learning objects: online version*. <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>
- [17] Lerma, C.F. (2007). *Creating Learning Objects*, In: Harman, K & Koohang, A. *Learning objects: applications, implications, Future Directions*, Santa Rosa, California: Informing Science Press (pp.379-399)

- [18] Mayer, R. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press. 2 ed.
- [19] Nielsen, J. (2000). *Designing Web Usability – The practice of simplicity*. New Riders Publishing, Indianapolis.
- [20] Mayer, R. E. (2005). *Introduction to Multimedia Learning*. In: Mayer, R. E. (Ed.). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press, pp.1-18.
- [21] Bouzeghoub, A., Do, K. N., Lecocq, C. (2007). A Situation-Based Delivery of Learning Resources in Pervasive Learning. In *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- [22] Mccarthy, J. (2002). Actions and Other Events in Situation Calculus. In *Proceedings of the 8th International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, Morgan Kaufmann Publishers, p. 615-628.