

UMA PROPOSTA DE UM AGENTE PEDAGÓGICO PARA PLANEJAMENTO INSTRUTIVO

BRUNO QUEIROZ, FABIANO DORÇA, CARLOS LOPES, MÁRCIA FERNANDES
Faculdade de Computação – Universidade Federal de Uberlândia.
Av. João Naves de Ávila, 2160 – 38400-902 – Uberlândia/MG – Brasil.
Email: brunoqueiroz@bol.com.br, {fabianodor, crlopes, marcia}@ufu.br

Resumo. Neste artigo nós propomos um agente pedagógico para um sistema educacional baseado na Web. Nós usamos técnicas de planejamento, que devem apresentar características tais como inteligência e adaptabilidade, para a geração automática do currículo. Isto quer dizer, características que permitam a adaptação de um dado curso a diferentes tipos de alunos e que, em função da evolução da aprendizagem de cada aluno, seja capaz de replanejar o curso inicialmente proposto a fim de que a relação ensino - aprendizagem ocorra de maneira efetiva para cada aluno especificamente. Finalmente, um algoritmo de planejamento para a geração do currículo é descrito.

PALAVRAS-CHAVE

Planejamento Instrutivo, Agente Pedagógico, Sequenciamento de Currículo, Inteligência Artificial.

1. Introdução

Atualmente, há vários sistemas educacionais baseados na Web, como por exemplo ELM-ART II [1] e CALAT [2], que foram propostos para fornecer ao estudante um aprendizado individualizado. Para tanto, faz-se necessário o uso de uma técnica que seja capaz de gerar dinamicamente o currículo, em função do conhecimento do estudante num determinado momento. Uma técnica capaz de atender a estas exigências é chamada de **Planejamento Instrutivo**. Sistemas baseados em planejamento instrutivo são dirigidos por metas instrutivas que são dinamicamente geradas. O sistema planeja, globalmente ou localmente, os eventos de aprendizado, além de fazer um monitoramento da execução do plano, e constatando uma falha no processo

de aprendizado, é capaz de fazer um replanejamento, a fim de remediar a falha encontrada.

Neste artigo, será apresentada uma proposta de um agente pedagógico que terá como objetivo gerar automaticamente o currículo, utilizando técnicas de planejamento instrutivo. Este agente estará inserido em um ambiente multiagente [3], e por isso, interagirá com outros agentes presentes neste ambiente. Na segunda seção, será definida a geração automática de currículos. A terceira seção descreverá a nossa proposta de agente pedagógico que implementa o planejamento instrutivo e na quarta seção, será apresentada a conclusão incluindo aspectos sobre a implementação do sistema.

2. Geração Automática de Currículos

Educação à distância baseada na Web é atualmente uma área de pesquisa e desenvolvimento em franca expansão. Os benefícios deste tipo de educação incluem independência da sala de aula e independência de plataforma. Além disto, um curso, proposto dentro deste contexto, pode ser usado para atingir uma quantidade expressiva de alunos, contribuindo para a democratização do conhecimento. Um aspecto importante neste tipo de educação é a ausência de uma assistência personalizada e inteligente, como normalmente ocorre no ensino presencial. Um outro aspecto a ser observado é que estudantes neste tipo de curso podem apresentar perfis bastante diferenciados. Em virtude disto, um desafio em pesquisa é o desenvolvimento de aplicações educacionais avançadas, apoiadas na Web e que ofereçam alguma característica de inteligência e adaptabilidade, considerando os aspectos mencionados anteriormente.

Logo após o surgimento da Web, grupos de pesquisadores têm implementado diferentes tipos de

sistemas adaptativos e inteligentes para educação à distância apoiada na Web. Historicamente, todos os sistemas de educação inteligentes têm raízes em duas áreas: Sistemas Tutores Inteligentes e Sistemas de Hipermídia Adaptativos. Este trabalho está centrado em sistemas tutores inteligentes e por isso, a arquitetura do software é constituída dos seguintes módulos: modelo do estudante, módulo pedagógico, módulo do domínio do conhecimento, modelo do especialista e módulo de comunicação [4].

O problema do sequenciamento de currículo, tarefa esta associada ao módulo pedagógico, consiste em fornecer ao aprendiz uma forma personalizada de apresentação do conteúdo e tarefas de aprendizado (exemplos, questões, problemas, etc.) que melhor se adequem a sua capacidade. Embora o sequenciamento de currículos seja uma questão antiga, pouca atenção tem sido dada a ela. A pesquisa é devotada principalmente à tecnologia de suporte a resolução de problemas [5].

Uma solução para este problema pode ser obtida através de Planejamento, técnica de Inteligência Artificial empregada na geração de seqüências de ações ou planos que transformam um estado inicial em um estado final, com o objetivo de satisfazer um conjunto de objetivos. São métodos que decompõem o problema original em sub-partes apropriadas. Tais métodos registram e tratam as interações entre as sub-partes, podendo, se necessário, refazer a seqüência de ações [6]. Assim, em nosso trabalho, será desenvolvido um algoritmo, baseado em técnicas de Planejamento, especialmente Planejamento Instrutivo, para a geração automática do currículo do estudante.

Planejamento Instrutivo consiste no processo de gerar, aplicar e monitorar planos que devem definir o conteúdo a ser apresentado ao estudante, e ao mesmo tempo deve possibilitar ao estudante adquirir conhecimento necessário, permitindo assim ao estudante aprender o conteúdo passado para ele. Planejadores instrutivos devem ser capazes de lidar com conhecimentos

incertos, instáveis e incompletos [4].

O planejamento instrutivo pode ser dividido em duas partes [4]:

- Planejamento de Conteúdo: utiliza conhecimentos sobre o estudante, sobre o domínio e sobre pedagogia para selecionar a meta instrutiva que conterá o conteúdo instrutivo apropriado ao estudante. O conhecimento do domínio e as regras de planejamento pedagógico produzem um plano de conteúdo que, se cumprido com sucesso pelo planejador de apresentação, fornecerá ao estudante o material didático necessário para aprender um determinado assunto.
- Planejamento de Apresentação: O sistema essencialmente inicia com o conteúdo fornecido pelo planejador de conteúdo e concentra-se em determinar o que deve ser apresentado. Isto pode ser feito transformando o conteúdo já selecionado em material personalizado que deve ser apresentado ao estudante. O planejador verifica as preferências de aprendizado do estudante para escolher o material didático mais adequado. Também decide a seqüência de apresentação de explicações, listas, problemas, explorações.

A Figura 1 mostra o agente pedagógico e outros componentes que são descritos a seguir:

- Modelo do estudante: Contém o estado atual do conhecimento do estudante e também todas as suas preferências de aprendizado.
- Base de conhecimento: Contém o conteúdo que deve ser apresentado ao estudante.

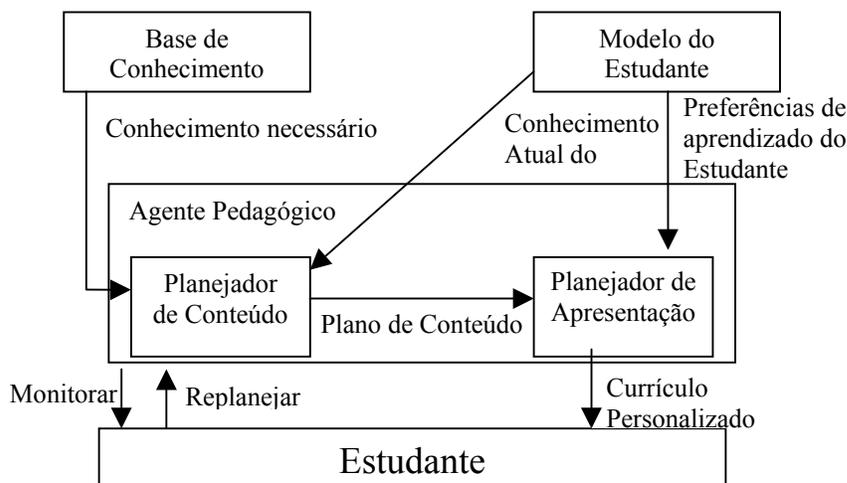


Figura 1: Arquitetura de um agente pedagógico.

3. Geração Automática de Currículos em Sistemas de Educação à Distância

Nesta seção, serão vistos e analisados alguns sistemas para educação à distância via Web que abordam e propõem solução para o problema de sequenciamento de currículo.

Um destes sistemas, o sistema CALAT [2], utiliza técnicas de sequenciamento passivo para gerar currículo individualizado. O sequenciamento passivo tem início quando o estudante ainda não é capaz de resolver um determinado problema ou responder uma questão corretamente. Sua meta é oferecer um conjunto de material didático que permita superar esta dificuldade [5].

O sistema CALAT utiliza lógica pedagógica para definir o nível do conhecimento de um estudante, tornando possível ao sistema apresentar páginas do curso individualizadas. Além do modelo do estudante, que é utilizado para descoberta do nível de conhecimento do estudante, também utiliza um agente especialista, responsável por criar metas de aprendizado estruturadas em árvores e associá-las às páginas. A seqüência do curso é gerada utilizando um subsistema especial, em que o curso é criado simplesmente definindo as dependências entre metas de aprendizagem e a associação entre as metas de aprendizagem e as páginas do curso.

Um tipo de página de curso disponível utiliza uma máquina de transição de estado (State Transition Machine-STM), que pode ser definida como uma coleção de estados, de evento da entrada que provoca as transições do estado, e de ações da saída que ocorrem quando determinada transição de estado ocorre. O STM também é responsável em monitorar a ação do estudante. Cada evento de entrada gerado pela ação do estudante é comparado com uma ação permissível. Quando o estado final é alcançado, o resultado é relatado ao sistema que julga se o estudante alcançou a meta de aprendizagem associada com a página [2].

Um outro sistema que utiliza técnicas adaptativas para auxiliar o aprendizado do estudante é o ELM-ART II [1] que é uma versão aprimorada do ELM-ART[7]. Ele trabalha com duas técnicas adaptativas que agem sobre o menu de tópicos do curso, estas técnicas são: anotações adaptativas e ordenação adaptativa.

As *anotações adaptativas* são responsáveis por fornecer dicas visuais (ícones, fontes, cores) ao estudante, a fim de mostrar o estado do seu conhecimento sobre o conteúdo. O ELM-ART II usa o modelo do estudante e a base de conhecimento para distinguir os diversos estados educacionais para cada página de material. Eles permitem indicar ao estudante o tipo e o estado educacional do conhecimento. A *ordenação adaptativa* é responsável por

ordenar os conteúdos de acordo com o conhecimento do estudante contido no modelo do estudante.

A representação da base de conhecimento feita pelo ELM-ART II utiliza uma rede conceitual que representa todas as unidades que devem ser aprendidas e seus relacionamentos. Estas unidades estão organizadas hierarquicamente em termos de lições, seções, subseções e páginas terminais. As páginas terminais podem conter novos conceitos ou problemas a serem resolvidos. Para cada interação feita no ELM-ART, atualiza-se o modelo do estudante. Por exemplo, se o estudante resolve um problema proposto em uma página terminal, é feita uma atualização no modelo do estudante, marcando este conhecimento e todos os seus pré-requisitos como aprendidos. Utilizando-se das duas técnicas adaptativas, o sistema indica ao estudante os conceitos que devem ser aprendidos e também gera uma seqüência otimizada para os conceitos.

Wasson [4] propõe um planejador de conteúdo que implementa técnicas de planejamento instrutivo. Este planejador, denominado PEPE, é responsável por gerar um plano de conteúdo que é composto por operadores, limitadores e conceitos. Um operador sugere uma razão para incluir um conceito no plano. Por exemplo, o operador *ênfatizar*, que significa “ênfatizar um determinado conceito”. Um limitador mostra a habilidade que o estudante deve ter para trabalhar com um conceito. Existem três tipos de limitadores: conhecer, analisar e sintetizar. Um conceito corresponde a um assunto que será apresentado ao estudante. Este planejador é dividido em três etapas: geração da meta, construção do plano e o monitoramento de sua execução. Há um conjunto de regras para cada uma destas etapas, além de um conjunto de regras que servem para gerenciar todo o processo. O detalhamento de cada uma destas etapas será apresentado a seguir.

Na etapa de geração da meta, aplicam-se as regras de geração da meta a uma pilha de metas, que foi construída em função do modelo do estudante. O resultado desta etapa é uma meta, denominada meta atual. A etapa de geração do plano consiste em aplicar as regras de geração do plano à meta atual. Estas regras indicam o tipo do operador e sub-conceitos necessários para satisfação da meta. Após estas etapas, tem-se a etapa de monitoramento, que controla a execução do plano. Caso ocorra algum erro de aprendizado, regras para correção deste erro são utilizadas, podendo até mesmo haver um replanejamento da meta. Caso contrário, o plano é finalizado com sucesso, e assim, retorna-se à primeira etapa até que se tenha a pilha de metas vazia.

O processo de geração automática de currículo do sistema ABITS [8] pode ser dividido em três etapas. Na primeira, constrói-se uma lista (**LG**) contendo metas de aprendizagem. A segunda etapa consiste em obter todos os conceitos necessários para alcançar as metas em **LG**,

gerando assim, a lista de conceitos **C**. Em seguida, na terceira etapa, a lista **C** é transformada em uma lista **LO** que contém os objetos de aprendizagem que satisfazem as preferências do estudante. Ainda nesta etapa, a lista **LO** é ordenada: se o conceito c_1 requer o conceito c_2 então algum objeto de aprendizagem que explique c_1 será colocado no currículo depois de um objeto de aprendizagem que explique c_2 . Finalizando esta etapa, a lista **LO** é transformada em um currículo pela adição de testes e marcos. Os testes são simples objetos de aprendizagem, como por exemplo, formulários de avaliação. Os marcos são colocados depois de cada bloco de teste e ao final do currículo para que o sistema atualize o modelo do estudante.

4. Nossa proposta para o agente pedagógico

Um sistema de educação à distância que utilize técnicas de planejamento instrutivo para geração automática de currículo, tem como principais componentes uma base de conhecimentos e uma modelagem do estudante. Nossa abordagem, incluindo os componentes mencionados acima, é baseada no sistema ABITS [8], que propõe estender o tradicional sistema de gerenciamento de curso com um conjunto de funções inteligentes que permitem a modelagem do estudante e a geração automática do currículo.

4.1 Base de Conhecimento

Em nosso sistema, a base de conhecimento é dividida em duas partes:

- Base de Material Didático: contém todo tipo de objeto que pode ser apresentado na Web.
- Base Metadata: contém as informações necessárias para indexar os materiais didáticos, atribuindo-lhes significados e relacionando as dependências entre eles.

A base Metadata utiliza o padrão IEEE (IEEE LTSC Learning Object Metadata (LOM)) standard. Neste padrão, um objeto de aprendizagem é definido como alguma entidade, digital ou não, que pode ser usada para o aprendizado, educação ou treinamento. Um objeto de aprendizagem Metadata define o conjunto mínimo de propriedades necessárias para permitir o gerenciamento, a localização e a avaliação destes objetos [9].

Os relacionamentos e a interdependência entre os objetos serão representados em um grafo conceitual. Este pode ser visto como uma estrutura de conceitos e relacionamentos conceituais, onde todas as arestas estabelecem um relacionamento conceitual r a algum

conceito c . São utilizados três tipos de relacionamento: pré-requisitos, sub-conceitos e relacionamentos gerais.

4.2 Modelagem do Estudante

O modelo do estudante contém todas as informações que são utilizadas na individualização do conteúdo e também na forma como este será apresentado ao estudante.

Será utilizado conjuntos Fuzzy [10] para representar o conhecimento e as preferências do estudante. Para cada conceito existente no modelo do estudante, há um número fuzzy para indicar o grau de conhecimento deste conceito. Um conceito nunca visto tem valor 0 (zero), mas à medida que o estudante se familiariza com o conceito, o valor é incrementado até atingir o valor 1(um), que significa conhecimento pleno sobre o conceito. A mesma idéia é utilizada para as preferências de aprendizado do estudante.

O agente pedagógico é responsável por gerar dinamicamente o currículo. De início o agente recebe as metas de aprendizado, que são o conjunto de conceitos que devem ser aprendidos para o sucesso de um curso específico. Tais conceitos se encontram representados na base de conhecimento. Com estas metas de aprendizado o agente é responsável em gerar o currículo, que é uma lista ordenada de objetos de aprendizado que devem ser usados para fornecer ao estudante todo o conhecimento necessário para completar o curso.

Quando um novo estudante se inscreve em um curso, um modelo do estudante é gerado, nele estará contido o conhecimento do estudante, as preferências de aprendizado do estudante e a pilha de metas que o estudante deve aprender para concluir o curso. Cada curso tem uma pilha de metas correspondente, e cada meta significa um conceito geral a ser alcançado, são como capítulos de um curso. Além desta lista, há um outro campo chamado *meta atual* que conterà o conceito que está sendo trabalhado no momento.

O funcionamento do planejador segue os passos abaixo:

1. Toda vez que o estudante inicia o curso, a partir do modelo do estudante, o agente pedagógico constrói uma pilha de metas e seleciona uma meta a ser satisfeita, a *meta atual*.
2. Se a *meta atual* não está associada a nenhum conceito a ser resolvido, o agente inicia a fase de **seleção da meta**.
3. Se a pilha de metas estiver vazia, significa que o estudante resolveu todas as metas e adquiriu o conhecimento, e com isto este algoritmo se finaliza.

4. Mas, se a pilha não estiver vazia, serão aplicadas as **regras de seleção de meta** que verificam se a próxima meta contida na pilha pode ser resolvida. Isto é feito consultando as dependências da meta no grafo conceitual. Se ela pode ser resolvida, será retirada da pilha de metas e colocada na *meta atual*. Caso contrário, as regras de seleção de meta seleciona uma submeta, que é pré-requisito da meta, e a coloca como *meta atual*.
5. O agente pedagógico, utilizando o conhecimento do estudante, a base de conhecimento, a *meta atual* e as **regras de geração de plano**, constrói um plano que satisfaz a *meta atual*. Este plano contém uma seqüência de conceitos a serem aprendidos.
6. Com o plano obtido no passo 5, o agente montará outro plano, que conterá objetos de aprendizado. Cada objeto de aprendizado atende a um conceito do plano e as preferências do estudante. A seleção do objeto de aprendizado é direcionada pelas **regras de geração da lista de objetos**.
7. Com o plano contendo os objetos de aprendizado, o agente os apresenta ao estudante, iniciando simultaneamente a fase de monitoramento, que é regida pelas **regras de monitoramento**. Nesta fase, o agente verifica se o estudante está tendo dificuldade no aprendizado. Em caso afirmativo, atualiza-se o modelo do estudante, decrementando o grau de conhecimento do conceito envolvido, e retorna ao passo 5. Mas, em caso negativo, atualiza-se o modelo do estudante, incrementando o grau de conhecimento do estudante sobre este conceito e desassociando-o da *meta atual*. Desta forma, a *meta atual* não fica mais relacionada a um determinado conceito. Retorna-se então ao passo 2 para selecionar uma nova meta a ser aprendida.

Para coordenar todo este processo, o agente pedagógico utiliza tabelas de regras, que foram inspiradas nas regras apresentadas por Wasson [4], na modelagem do estudante e na base de conhecimento propostos no sistema ABITS [8].

As regras para a seleção da meta, que são utilizadas no passo 4, são responsáveis por percorrer o grafo conceitual, verificando qual conceito deve ser aprendido pelo estudante. Já as regras de produção de plano, utilizadas no passo 5, são responsáveis pela seleção da melhor seqüência de conceitos a serem aprendidos pelo estudante para resolver e que satisfazem a *meta atual*. Um outro conjunto denominado regras de geração da lista de objetos, que não existe na proposta apresentada por Wason [4], é responsável pela seleção dos melhores objetos de aprendizagem para atender a um determinado conceito. Esta escolha é feita consultando as preferências de aprendizado do estudante que estão contidas no modelo do estudante. As regras de monitoramento,

utilizadas no passo 7, são responsáveis por monitorar a execução do plano, verificando as possíveis dificuldades do estudante em assimilar um determinado conceito. Caso necessário estas regras geram um replanejamento, para uma seleção adequada de conceitos.

5. Conclusão

Neste artigo definimos o sequenciamento de currículo e mostramos alguns sistemas que utilizam este recurso. Apresentamos a definição de planejamento instrutivo, que é uma técnica de Inteligência Artificial para implementar este sequenciamento, aspecto fundamental na construção de sistemas individualizados. Finalmente, descrevemos um agente pedagógico que implementa técnicas de planejamento instrutivo para ser utilizado em um sistema de educação à distância baseada na Web. Este agente gera um currículo individualizado e também o adapta ao estudante quando necessário.

A implementação desta proposta fará de um software para educação à distância com características inovadoras no que diz respeito à adaptação do curso aos estudantes, aos métodos de ensino/aprendizagem e à avaliação do ensino, que ainda não se encontram efetivamente presentes nos ambientes até então desenvolvidos. Esta implementação tem como base os trabalhos de Wason [4] e Capuano [8], pois une as regras apresentadas no primeiro com a proposta apresentada no segundo, acrescida de novas regras para a seleção dos objetos mais adequados às preferências de aprendizado dos estudantes.

Agradecimentos

Este trabalho contou com o apoio da empresa Cripta Software Ltda (www.cripta.com.br).

Referências

- [1] WEBER, G. and SPECHT, M.: User modeling and adaptive navigation support in WWW-based tutoring systems. *Proceedings of User Modeling '97*. 1997. 289-300.
- [2] NAKABAYASHI, K., MARUYAMA, M., KOIKE, Y., KATO, Y.: Architecture of an Intelligent Tutoring System on the WWW. *In 8th World Conference of the AIED Society*, 1997.
- [3] DORÇA, F., QUEIROZ, B., FERNANDES, M. A., LOPES, C. R. Um Sistema Inteligente Multiagente para Educação à Distância. *A ser apresentado no XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação*. 2002.

[4] WASSON, B.: **Determining the Focus of Instruction: Content Planning for Intelligent** . PhD Dissertation, Research Report 90-5, Department of Computer Science , University of Saskatchewan, Canada, 1990.

[5] BRUSILOVSKY, P. et al.: Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. *Künstliche Intelligenz, Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching*. 1999.

[6] RUSSEL, S., NORVIG, P.: **Artificial Intelligence, A Modern Approach**, New Jersey: Prentice Hall Series in Artificial Intelligence, 1995.

[7] BRUSILOVSKY, P., SCHWARZ, E., & WEBER, G.: "ELM-ART: An intelligent tutoring system on World Wide Web". In Frasson, C., Gauthier, G., & Lesgold, A. (Ed.), *Intelligent Tutoring Systems (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 1086)*. Berlin: Springer Verlag. 1996. 261-269.

[8] CAPUANO, N. et al.: ABITS: An Agent Based Intelligent Tutoring System for Distance Learning, *Proceedings of the International Workshop on Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems*. Montreal, Canada. 2000.

[9] HODGINS, W. et al.: Learning Object Metadata, working draft document 2,5. *IEEE Learning Technology Standards Committee (LSTC)*, <http://ltsc.ieee.org/w12>. 1999.

[10] DUBOIS, D., PRADE, H.: "Fuzzy Sets and Systems – Theory and Applications". Academic Press, New York. 1980.