

Uso de Máquina de Moore Adaptativa na Modelagem de Cursos

W. J. Dizeró e J. J. Neto

Resumo — Este trabalho apresenta uma proposta do uso de máquina de Moore adaptativa na elaboração de cursos para software educacionais. Uma máquina de Moore é um autômato finito com saída associadas aos seus estados. Assim, para cada estado pode-se associar o material didático a ser apresentado pela função de saída. Aplicando-se os conceitos de adaptatividade nesse transdutor, é possível elaborar cursos dinâmicos, que se auto-modifiquem com base nas experiências e nível de conhecimento individualizado dos alunos. Para complementar o artigo, um esquema de modelagem de curso baseado em máquina de Moore adaptativa é apresentado.

Palavras chaves — autômato adaptativo com saída; ensino auxiliado por computador; máquina de Moore adaptativa; objetos de aprendizagem; tecnologias adaptativas.

IX. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, inúmeras ferramentas computacionais foram propostas e desenvolvidas para ajudar no ensino nas mais diferentes áreas do conhecimento. É fato que o uso de tecnologias computacionais tem sido importante no auxílio do aprendizado para inúmeras modalidades de ensino, seja quando aplicada à educação infantil ou de nível superior, em programas regulares ou de educação continuada, no ensino presencial ou a distância. É verdade, também, que diversos grupos de pesquisa vêm explorando o uso do computador no ensino e atingindo um significativo grau de sucesso. Porém, as metodologias para o desenvolvimento de tais sistemas costumam empregar processos de desenvolvimento informais e muitas vezes inflexíveis. Processos informais podem levar a criação de sistemas com falhas de projetado, enquanto sistemas inflexíveis podem desmotivar seu uso. Ambas as situações podem ser cruciais no sucesso de um sistema de ensino auxiliado por computador.

Neste contexto, propõe-se um modelo baseado em máquina de Moore adaptativa, com o objetivo de definir formalmente cursos e, ainda, permitir que os cursos possam ser dinâmicos. Assim, enquanto o mecanismo formal do transdutor permite que se especifique o sistema através de uma notação matemática rigorosa, o potencial da tecnologia adaptativa [7,8,11] permite ao aluno uma experiência de aprendizagem individualizada, apresentando o material didático e seu roteiro de estudo adaptado ao nível de conhecimento e preferências.

Assim, a descrição deste artigo envolve, basicamente, a exposição dos conceitos acerca de máquina de Moore adaptativa, além da apresentação de um pequeno exemplo da especificação um curso baseado no modelo proposto. Na seção II é feita uma explanação sobre máquina de Moore, que será usada como o dispositivo subjacente guiado por regras (não adaptativo). A seção III apresenta o modelo de um dispositivo guiado por regras adaptativo, chamado aqui de máquina de Moore adaptativa. A seção IV apresenta alguns conceitos e informações acerca de sistemas de ensino auxiliados por computador. Na seção V, encontra-se um esquema do funcionamento de um curso projetado com base no modelo proposto. Por fim, a seção V traz algumas considerações finais e propostas de trabalhos futuros para enriquecer este artigo. Ao final do texto, encontram-se as referências bibliográficas utilizadas.

X. MÁQUINA DE MOORE (NÃO ADAPTATIVA)

Uma Máquina de Moore [3,4,5] é um autômato finito determinístico modificado, que possui saídas associadas aos estados. Tal máquina possui uma função que gera uma palavra de saída para cada estado da máquina, podendo essa ser uma palavra vazia. É representada por uma héptupla: $M = (\Sigma, Q, \delta, q_0, F, \Delta, \delta S)$, onde:

- Σ é um alfabeto de símbolos de entrada.
- Q é um conjunto de estados possíveis do autômato, o qual é finito.
- δ é a função programa ou de transição $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$
- q_0 é o estado inicial do autômato, tal que q_0 é elemento de Q
- F é um conjunto de estados finais tal que F está contido em Q .
- Δ é um alfabeto de símbolos de saída.
- δS é a função de saída $\delta S: Q \rightarrow \Delta^*$ a qual é uma função total que determina a geração de uma palavra de saída para cada estado.

O processamento de uma Máquina de Moore para uma dada entrada w consiste na sucessiva aplicação da função programa para cada símbolo de w (da esquerda para a direita), até ocorrer uma condição de parada. A palavra vazia como saída da função programa indica que nenhuma gravação é realizada e, portanto, a cabeça da fita de saída não se move. Se todos os estados geram saída vazia, então a Máquina de Moore se comporta como se fosse um autômato finito.

Outro tipo de transdutor é conhecido como máquina de Mealy, que também é um autômato finito modificado,

mas que possui as palavras de saída associadas com as transições entre os estados. Neste tipo de máquina, as palavras de saída dependem do estado atual e do valor das entradas. Essa máquina não será abordada aqui.

XI. MÁQUINA DE MOORE ADAPTATIVA

Uma Máquina de Moore Adaptativa (MMA) é um caso particular de aplicação do conceito de dispositivo guiado por regras adaptativo [7,11], no qual o mecanismo subjacente utilizado é o da Máquina de Moore (descrito na seção anterior). Portanto, uma Máquina de Moore Adaptativa é formalizada com uma dupla MMA = (MM0, CA), em que MM0 é uma Máquina de Moore em sua configuração original e CA = (R,A) representa a camada adaptativa.

Os elementos da camada adaptativa, CA, são definidos:

R - é um conjunto de ações adaptativas, que contém

também o valor nulo ϵ (representando ações que não causam alterações na camada subjacente).

$A : R \rightarrow R^2$ - é uma função que mapeia cada possível regra da camada subjacente em um par ordenado de ações adaptativas. As duas ações adaptativas deste par ordenado devem ser acionadas, respectivamente, antes e depois da execução da regra à qual elas estão associadas. Por isto, elas são também denominadas, respectivamente, ação anterior e ação posterior.

A execução das ações adaptativas induzem uma sequência, $MM_0, MM_1, MM_2, \dots, MM_n$, de transformações da camada subjacente, na qual cada elemento MM_i , $0 \leq i \leq n$ é definido de maneira análoga à MM_0 . Os pares de elementos: Σ_i e δ_i ; e, Δ e δS de MM_i , correspondem aos conjuntos de configurações e regras produzidos pela aplicação da uma ação adaptativa a_i ($i > 0$), sobre MM_{i-1} .

Complementarmente a um autômato adaptativo, uma Máquina de Moore Adaptativa pode adicionar ou remover as saídas associadas a cada estado, além de ter funções adaptativas para adicionar ou remover estados e transições.

XII. COMPUTADORES NA EDUCAÇÃO

A proposta dos métodos de ensino por computador, até poucos anos, vinha sempre sendo voltada para o ensino programado, que propicia um aprendizado por meio de um ambiente elaborado para atender a uma necessidade ou um objetivo bem específico.

Apesar de ter alcançado um notável sucesso, estes métodos de ensino auxiliado por computador ou CAI (Computer Assisted Instruction), como são conhecidos, nem sempre demonstram ser adequados para atender necessidades de aprendizagens mais ricas e complexas, pois limitam-se a comportar-se como meros livros eletrônicos. Tentar formatar o ensino computadorizado nos moldes do tradicional não é só improdutivo, é inviável.

A educação pode ser entendida como um processo de exploração, descoberta, observação e construção do conhecimento. Mas, é importante destacar que cada pessoa prefere aprender de maneira diferente. Algumas

preferem através de recursos visuais, outras através de métodos verbais, algumas preferem explorar, outras deduzir. Ou seja, qualquer ferramenta pedagógica que não considere as diferenças individuais de cada aprendiz está fadada ao fracasso.

Desta forma, os computadores podem contribuir com esta nova demanda de flexibilidade e individualidade, tendo um papel de destaque como meio de ajuda neste novo processo educativo. Ao contrário de outras mídias utilizadas na educação, o computador, tem a característica de processar e manipular a informação que recebe. Ele pode, a partir de uma informação fornecida, transformá-la, traduzi-la, usá-la em cálculos, ordená-la, arrumá-la e mesmo fazer inferências. A flexibilidade pode ser exercida no tempo, no espaço e no conteúdo.

- Flexibilidade temporal significa que o aluno não está mais restrito ao horário da aula, podendo estipular seus próprios horários de acordo com suas conveniências.
- Já a flexibilidade no espaço significa que o aluno decide onde estudar. Se na sala de aula, no laboratório, na biblioteca ou em casa.
- Os conteúdos são flexibilizados, pois eles serão apresentados no ritmo de cada aprendiz, que decidirá a quantidade que será acessada de cada vez e com que profundidade cada tópico será abordado.

Todas estas alternativas significam que o ensino poderá ser adaptado a cada um, levando ao ensino personalizado de forma a atender às diferenças individuais. A idéia é investigar formas que permitam dotar o software educacional com a capacidade de adaptação a cada estudante.

Diferentes formalismos adaptativos poderiam ser utilizados para a modelagem de cursos, como, por exemplo, o uso de ISDL Adaptativo [2]. Contudo, optou-se pela utilização da Máquina de Moore Adaptativa devido a sua simplicidade de uso e alto poder de representação.

XIII. EXEMPLO DE MODELAGEM DE UM CURSO

Primeiramente, é apresentada a estrutura geral do sistema, na qual depois de sua abertura, é apresentado um menu para que o aluno possa escolher o curso que deseja participar. De maneira genérica, o sistema prevê o oferecimento de diferentes cursos. Assim, após a escolha do curso desejado, é realizada uma chamada à submáquina correspondente, passando de "A" e retornando em "B" após a realização do curso. Ao término do curso, retorna-se ao menu de escolha de cursos. As figuras 1 e 2, representam os autômatos desse modelo.

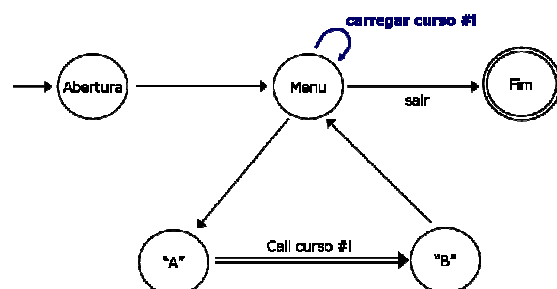


Fig. 1. Autômato do esquema das chamadas aos cursos disponíveis

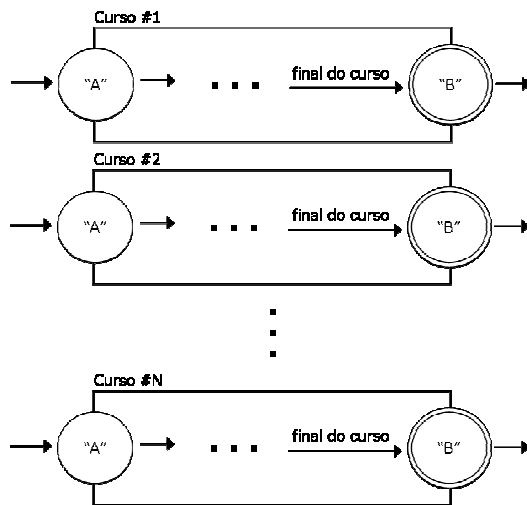


Fig. 2. Representação da chamada aos cursos.

A seguir, será, então, apresentado um exemplo demonstrando como será a representação de cada um dos cursos disponibilizados aos alunos. O exemplo será apresentado através de uma Máquina de Moore (não adaptativa). Posteriormente, serão apontadas as mudanças propostas para tornar o curso mais dinâmico, através do uso da adaptatividade.

A idéia central é elaborar um curso desmembrando-o seu material didático em pequenos blocos chamados de objetos de aprendizagem [10,12]. Assim, o curso pode ser montado com o mesmo material, de diferentes formas, ou ainda, ser modificado dinamicamente.

Cada curso é definido como um autômato [6] e referencia um conjunto de objetos de aprendizagem independentes, tal que o roteiro de estudos do curso permanece separado do material didático. Cada estado representa um tópico de estudo dentro do curso. As transições compõem o roteiro das aulas. A função de saída funciona como a ligação lógica dos estados com os objetos de aprendizagem.

Tomando como exemplo um curso para ensino de algoritmos, usando Máquina de Moore, tem-se:

Alfabeto de entrada: {próxima, exercício, anterior, resumos, saída}

Alfabeto de saída: { A, B, C, D, E, F, G, H, I }

A – Introdução a Algoritmos

B – Definição de Desvio Condicional

C – Exemplo de Desvio Condicional

D – Exercícios sobre Desvio Condicional

E – Definição de Laço de Repetição

F – Exemplo de Laço de Repetição

G – Exercícios sobre Laço de Repetição

H – Conclusões

I – Fim

A figura 3 ilustra uma possível configuração de Máquina de Moore, com suas regras de transição e de saída para a representação de um curso sobre algoritmos.

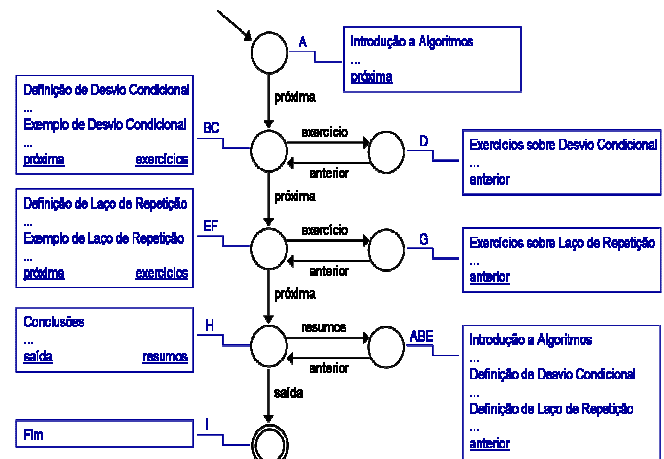


Fig. 3. Curso de Algoritmos representado com Máquina de Moore.

É possível notar que num mesmo estado podem existir mais de um objeto de aprendizagem associado, uma vez que a função de saída pode gerar palavras a partir do fecho de Kleene do alfabeto de símbolos de saída. É possível, também, notar o reuso de objetos de aprendizagem, que podem aparecer por mais de uma vez durante o curso. Da mesma maneira, é também verdade que esse material didático possa ser reaproveitado em outros cursos.

Para a modelagem de um curso estático, o funcionamento de uma Máquina de Moore é suficiente para se conseguir especificar formalmente todo o modelo. Contudo, um enriquecimento nesse tipo de máquina, através da camada adaptativa, permite maior poder de representação, podendo tornar o acompanhamento do curso mais flexível e dinâmico.

Desta forma, um sistema adaptativo tenta antecipar as necessidades e desejos dos alunos a partir de modelos que representam o seu perfil, nível de conhecimento e preferências.

Com base nos modelos de Sistemas Hipermídia Adaptativos [1,9], é proposta a aplicação de ações adaptativas em três níveis:

- Adaptatividade na navegação
- Adaptatividade na apresentação
- Adaptatividade no conteúdo

A adaptatividade na navegação tem por objetivo demonstrar um caminho ideal para que um aluno em particular alcance seus objetivos, evitando que o mesmo se disperse, diante de um amplo conjunto de opções e sintaxe desorientado diante da grande quantidade de material oferecido. A adaptação na navegação é obtida acrescentando-se novas transições no modelo do curso ou, ainda, removendo-se algumas das transições existentes. Uma vez que as transições definem o roteiro de aulas do curso, pode-se manter o mesmo conteúdo programático, porém oferecer sequências alternativas para seguir do curso. De acordo com o perfil de cada aluno, pode-se ofertar um número maior de caminhos a serem seguidos

ou restringir essas possibilidades, tornando o curso mais linear e assim limitar o espaço de busca. As regras adaptativas nesse nível incidem exclusivamente sobre a criação e remoção de transições.

A adaptatividade na apresentação diz respeito à forma como as informações serão exibidas para os alunos, dependendo do perfil de cada aluno. Ou seja, um mesmo conteúdo pode ser apresentado utilizando-se diferentes layouts ou mesmo através de diferentes mídias, conforme as preferências do usuário. Nota-se, também, que o material a ser apresentado ao aluno não está necessariamente pronto e pode ser gerado em tempo real. Essencialmente, a adaptatividade na apresentação implica em se modificar as palavras de saída associadas aos estados.

A adaptatividade no conteúdo refere-se à possibilidade de se substituir um objeto de aprendizagem por outro mais elaborado, ou mesmo mais simplificado, dependendo da situação. Com isso, o curso pode ser atualizado trocando-se as palavras de saída ou até mesmo criando-se novos estados, com tópicos complementares não contidos no curso original.

Uma questão importante a ser pensada diz respeito a onde e como aplicar regras adaptativas. A princípio, essas regras devem ser criadas pelo professor responsável pela elaboração do curso. Contudo, a critério do próprio professor, essas regras podem ser baseadas na própria inteligência coletiva do grupo de alunos participantes.

XIV. CONCLUSÕES

O uso de um modelo baseado em Máquina de Moore Adaptativa para projetar sistemas de ensino assistidos por computador apresenta um grande potencial para se criar ambientes de ensino flexíveis, que se ajustem ao perfil de cada estudante.

Uma das características importantes, que ficou evidenciada na proposta apresentada, é a possibilidade de se criar o material didático de forma independente do autômato. A independência do material didático em relação ao roteiro das aulas permite, por exemplo: reutilização do material instrucional em diversos cursos. Outra característica importante é a possibilidade de se criar, para um mesmo curso, diferentes roteiros de aulas, com enfoques diferenciados, pois um curso pode seu autômato modificado dinamicamente.

Como trabalho futuro, pode-se aplicar o conceito de máquina de Moore adaptativa para a elaboração de provas adaptativas. Monitorar o comportamento de diversos alunos e, através dos conceitos de Inteligência Coletiva, permitir que os materiais didáticos do curso e/ou roteiros de estudos do curso sejam modificados. Expandir o conceito usado para curso, para que o mesmo possa ser aplicado, por exemplo, numa grade curricular completa, e, assim, trabalhar com adaptatividade multi-nível. Criação de uma ferramenta de autoria, que ofereça uma interface gráfica amigável para que o professor possa montar o roteiro do curso, sem a necessidade de ser treinado.

REFERÊNCIAS

- [1] BRUSILOVSKY, P. *Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction.*

- Special issue on adaptive hypertext and hypermedia. Pittsburgh, 1996.
- [2] CAMOLESI, Almir Rogério; JOSÉ NETO, João. Modelagem AMBER-Adp de um ambiente para Gerenciamento de Ensino a Distância. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2002, São Leopoldo. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. São Leopoldo-RS, 2002. v. 1, p. 401-409.
- [3] HARRISON, Michael A.: *Introduction to Formal Language Theory*, Ed. Addison-Wesley; 1ª edição; Califórnia – USA (1978)
- [4] HOPCROFT, J. E., Ullman, J. D.: *Introduction to Automata Theory, Languages and Computation*, Addison-Wesley (1979).
- [5] LEWIS, Harry R. & Papadimitriou, Christos H.: *Elementos de Teoria da Computação*. Ed. Bookman, 2ª edição, (2000)
- [6] MACHADO, Júlio P. et al.; *Autômatos Finitos: um Formalismo para Cursos na Web*; XIII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software 1999, SBES'99, Florianópolis, Brasil.
- [7] NETO, J. J., *Adaptive Rule-Driven Devices - General Formulation and Case Study*. Lecture Notes in Computer Science. Watson, B.W. and Wood, D. (Eds.): *Implementation and Application of Automata 6th International Conference, CIAA 2001*, Vol. 2494, Pretoria, South Africa, July 23-25, Springer-Verlag, 2001, pp. 234-250.
- [8] NETO, J. J., *Contribuições à Metodologia de Construção de Compiladores*, Thesis (Livro Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- [9] PALAZZO, L. A. M. (2002) “Sistemas de Hiperídia Adaptativa”, In Anais do XXII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), Florianópolis.
- [10] PIMENTA, Pedro e BAPTISTA, Ana Alice. Das plataformas de E-learning aos objetos de aprendizagem. In: DIAS, Ana Augusta Silva e GOMES, Maria João. *Elearning para e-formadores*. Minho, TecMinho, 2004, p. 97-109.
- [11] PISTORI, H. *Tecnologia Adaptativa em Engenharia de Computação: Estado da Arte e Aplicações*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo.
- [12] WILEY, D. A. *Connecting learning objects to instructional theory: A definition, a metaphor and a taxonomy*. The Instructional Use of Learning Objects. Wiley, D. (Ed.) 2001. Disponível na URL: <http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. 2001. Acesso em 20/03/2005.

Wagner José Dizeró nasceu em Piracicaba-SP, Brasil, em 29 de Agosto de 1975. Se graduou na Faculdade de Tecnologia de Americana (1996) e defendeu mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (1999). Atualmente, é aluno de doutorado do departamento de Engenharia da Computação e Sistemas Digitais da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Profissionalmente, é Professor no Centro Universitário de Lins a 9 anos, onde também é coordenador dos cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação e Pós-Graduação em Gestão de Sistemas de Informação. Entre seus campos de interesse encontram-se: tecnologias adaptativas, engenharia de software, sistemas para Internet, informática na educação e educação a distância.

João José Neto é graduado em Engenharia de Eletricidade (1971), mestre em Engenharia Elétrica (1975), doutor em Engenharia Elétrica (1980) e livre-docente (1993) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atualmente, é professor associado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e coordena o LTA – Laboratório de Linguagens e Tecnologia Adaptativa do PCS – Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais da EPUSP. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase nos Fundamentos da Engenharia da Computação, atuando principalmente nos seguintes temas: dispositivos adaptativos, tecnologia adaptativa, autômatos adaptativos, e em suas aplicações à Engenharia de Computação, particularmente em sistemas de tomada de decisão adaptativa, análise e processamento de linguagens naturais, construção de compiladores, robótica, ensino assistido por computador, modelagem de sistemas inteligentes, processos de aprendizagem automática e inferências baseadas em tecnologia adaptativa.