

Uma aplicação do modelo Hipertômato no desenvolvimento de um ambiente de Ensino-aprendizagem de Neurofisiologia

Maria Aparecida Fernandes Almeida¹, Jorge Muniz Barreto², Eliane Pozzebon³

¹Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas)
Av. Yolando S. Logli, 255 – 35.588.000 – Arcos – MG – Brasil
mafa@pucminas.br

²Dep. de Informática e de Estatística - INE – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Caixa Postal 476 – 88.040.900 – Florianópolis – SC – Brasil
barreto@inf.ufsc.br

³Dep. de Ciências Exatas e Tecnologia – Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC)
Av. Castelo Branco, 170 – 88.509.900 – Lages – SC – Brasil
eliane@inf.ufsc.br

Resumo. Este trabalho descreve a aplicação do modelo Hipertômato na concepção de um ambiente de Ensino-aprendizagem, para apoio didático via WWW, de conceitos introdutórios de Neurofisiologia. O modelo Hipertômato é um método formal, sugerido por Almeida [Almeida 2002] para especificação de Programas Educacionais Hipermídia, unificando as Teorias das Categorias e Autômatos. O protótipo, aqui apresentado, foi modelado, implementado e posteriormente testado por alunos da Universidade do Planalto Catarinense. Os resultados obtidos indicaram que a modelagem Hipertômato, pela sua facilidade de aplicação e independência no domínio de aplicação, confere uma maior flexibilidade na concepção de ambientes de Ensino-aprendizagem.

Palavras Chave: Hipertômato, Ensino-aprendizagem, Neurofisiologia.

1. Introdução

No desenvolvimento de sistemas hipertextos, nota-se uma grande preocupação com os recursos que a ferramenta de autoria oferece do que com a concepção do sistema.

A navegação é um problema prático de sistemas hipertextos. A colocação de recursos atrativos tais como sons, filmes, animações certamente colaboram com o processo de Ensino-aprendizagem, mas esses recursos devem ser

mediados por uma concepção bem feita e coerente.

No caso de programas educacionais, deve ser dado também importância ao projeto destes sistemas. Um projeto mal feito pode destruir todo o esforço na aplicação de paradigmas educacionais e de enriquecimento da mídia.

Um hipertexto especificado corretamente, em princípio, permite a seu usuário ir e voltar para qualquer posição anterior. Isto quer dizer que todos os estados do hipertexto devem ser então

alcançáveis [Pagano e Barreto 1991] a partir de outros estados.

Este trabalho apresenta um exemplo da aplicação de uma ferramenta formal no desenvolvimento de um ambiente de Ensino de Neurofisiologia. A ferramenta de modelagem escolhida foi o modelo Hipertômato desenvolvido por Almeida [Almeida 2002].

A modelagem Hipertômato enfatiza a importância dos aspectos construtivos, através da utilização de métodos formais, no desenvolvimento de programas educacionais.

Os Hipertômatos são sistemas hipertexto/hipermídia modelados como autômatos que se utilizam da Teoria das Categorias. Adicionalmente, a modelagem Hipertômato inclui no desenvolvimento de um programa educacional o conceito de ciclo de vida.

O conceito de ciclo de vida é a base da Engenharia de Programas [Von Staa 1983]. A Engenharia de Programas passou por várias fases. Inicialmente, nos anos 50, 60 e 70, a preocupação era com a correção lógica de programas. Já nos anos 60, chegou-se a conclusão que fazer um programa realístico correto era um problema tão complexo que se tornava impossível. A Engenharia de Programas voltou-se, então, para a abordagem construtiva de programas, ou seja, delineamento de passos sucessivos para se evitar erros de semântica.

Os primeiros métodos de especificação formal foram introduzidos por Jackson [Cameron 1976], desenvolvidos para construção correta de programas em COBOL. Ao método de Jackson seguiram-se uma série de métodos formais de linguagens de especificação que, por serem sintáticas, ofereciam uma maneira precisa e sistemática de construção de programas, evitando-se de erros [Cameron 1976], [Finlay 1993], [Martins e Moura 1989], [Martins 1989].

Ainda nos 60, a IBM de Viena cria o projeto VDM ("Viena Development Method"), que foi o método de desenvolvimento do compilador da linguagem PL-1 [Martins 1989]. Nesse projeto, foi desenvolvida uma série de ferramentas formais, que posteriormente foram generalizadas com a utilização de estruturas algébricas (grupos, anéis, corpos, etc.), surgindo então a VDL ("Viena Development Language").

Diversas linguagens de especificação formal foram inspiradas no VDM. Dentre elas destacam-se: a VDM-SL ("Vienna Development Method Specification Language") [Middelburg

1993], a RSL ("Rigorous Approach to Industrial Software Engineering Specification Language") [Raise 1992], a VVSL ("VIP VDM Specification") [Middelburg 1992] e a VDM++ (VDM orientada a objetos) [Durr e Katwijk 1992].

A Teoria das Categorias [Arbib 1975], [Trnková 1975] foi introduzida como linguagem de especificação de programas no final dos anos 60. Atualmente, existe uma corrente da Engenharia de Programas, muito mais rica do que a VDM e a VDL, que são os métodos formais [Lambek et al 1975] e neles se inclui a Teoria das Categorias.

A potencialidade categórica não é única. É aquela que mais seja conveniente desde que satisfaça as condições para ser uma categoria.

A Teoria das Categorias serve para simplificar o raciocínio unificando teorias através de funtores, podendo assim traduzir resultados de um domínio para o outro. Esta Teoria não oferece nenhuma ferramenta de cálculo a mais das que já existem mas oferece de maneira resumida de teorias, a compreensão de fatos e uma linguagem muito potente de unir conceitos.

2. Modelo Hipertômato na Engenharia de Programas Educacionais

Esta seção apresenta o modelo teórico de um Sistema Hipermídia como Autômato (denominado Hipertômato) com a unificação com a Teoria das Categorias.

Na construção de um sistema formal deve-se concentrar atenção na forma com que se trabalha para se evitar ambigüidades que impedem seu uso para este propósito. Portanto, para se evitar ambigüidades utiliza-se uma linguagem constituída por um conjunto bem definido de símbolos e de regras de derivação, permitindo construir novos objetos a partir daqueles que se dispõe. Assim, um sistema formal é um par constituído por objetos e regras de derivação:

$\langle \Phi, D \rangle$

Os Sistemas Formais geram categorias, cujos elementos são os da teoria definida pelo sistema formal e os morfismos são as regras de derivação.

Cada um dos elementos do alfabeto de um Sistema Formal é um objeto de uma categoria, bem como todos os objetos são gerados pela utilização das regras de inferência ou dedução nos objetos da categoria.

2.1. Teoria das Categorias

O conceito de categoria nasceu da necessidade de formalizar o contexto de um discurso. Em um discurso tem-se essencialmente os objetos de que se fala e as ligações entre estes objetos. Podem existir ainda ligações que fazem com que objetos diferentes pertençam à mesma categoria.

As Categorias podem ser:

- Reais: as que existem no mundo real e podem ser representadas por categorias abstratas. Elas podem ainda ser consideradas interpretações de categorias abstratas. Por exemplo, Categoria dos artigos sobre esportes: Os objetos são os artigos. As ligações são pares de esportes.
- Abstratas: entidades matemáticas, podendo ter várias interpretações. Por exemplo, Categoria dos Conjuntos (“Set”), Categoria dos Conjuntos Parcialmente Ordenados (“Poset”), Categoria dos Autômatos, Categoria dos Conjuntos Nebulosos, Categoria dos Espaços topológicos, etc.

Definição 2.1: Categoria é o par (Ob, Mor) onde Ob são os objetos da categoria e Mor são os morfismos satisfazendo a:

- Morfismos se referem a pares de objetos; assim existe $Mor(Ob_1, Ob_2)$;
- Uma Composição de morfismos é um morfismo;
- A Composição de morfismos é associativa;
- Existir o morfismo identidade.

A Figura 1 mostra a representação dos objetos Ob_1, Ob_2, Ob_3 e os morfismos Mor_{11} (morfismo identidade que associa o objeto a ele mesmo), Mor_{12} , (associa o objeto Ob_1 a Ob_2), Mor_{13} (associa o objeto Ob_1 ao Ob_3) e Mor_{23} (associa o Ob_2 a Ob_3) numa Categoria.

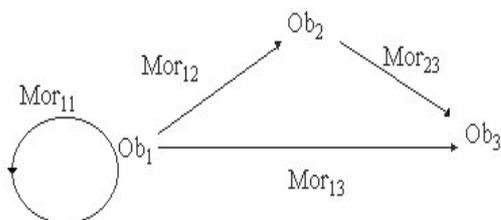


Figura 1: Representação dos objetos e morfismos numa Categoria

A correspondência de objetos de um domínio em outro é produzida pelo morfismo, que preserva as características definidas em ambos.

Para caracterizar uma categoria precisa-se identificar objetos e morfismos.

2.2. Mudança de uma categoria a outra

A mudança de contexto, ou seja mudança de categoria, pode ser feita com um Funtor. Esse Funtor associa uma categoria a outra ou uma categoria a ela mesma. Por exemplo, para a ligação da Categoria dos Conjuntos com a Categoria dos Autômatos utiliza-se um Funtor.

Definição 2.2: Funtor é o objeto matemático que dadas duas categorias associa objetos a objetos e morfismos a morfismos, e que satisfaz os seguintes condições:

- Existência do funtor identidade que associa uma categoria a ela mesma.
- Os Funtores podem ser compostos dando novos Funtores.
- Os Funtores se compõem de modo associativo.

Nota-se que funtor e morfismos são duas coisas bem distintas, morfismo associa objetos de uma categoria e um funtor associa duas categorias.

Os funtores podem ser monomórficos, epimórficos e isomórficos [Trnková 1975].

3. Implementação de Hipertômato em ambientes de Ensino-aprendizagem

3.1. Hipermídia

Hipermídia é definida como uma apresentação dinâmica e não linear de informações, que utiliza o conceito de multimídia para enriquecer a forma de apresentação. Através da hipermídia o usuário pode mover-se livremente através da informação, escolhendo a ordem em que deseja acessá-las [Jonassen e Wang 1993].

Conforme Angeloni [Angeloni et al 2000], algumas das razões para a utilização de modelos e hipermídia no desenvolvimento deste trabalho são:

- a) O uso de modelos que permitem ao aluno realizar os mais diversos experimentos, permitindo que aprenda explorando e realizando as suas próprias experimentações. Deve-se, no entanto, levar em conta que o modelo representa uma simplificação do sistema real, não contendo, então, toda a complexidade do experimento real;

- b) O uso da hipermídia pode proporcionar uma interface que facilita a aprendizagem e a interação entre usuário e sistema. Permitem também o acesso a uma grande quantidade de informações através de textos, gráficos, sons e imagens. Estes recursos são importantes em um software educacional por proporcionar um ambiente motivador e agradável de se aprender.
- c) A união da simulação com a hipermídia proporciona ao aluno um tipo de aprendizado por exploração e descoberta, ou seja, o aluno tem plena liberdade de guiar seu próprio aprendizado, podendo realizar os experimentos que considerar mais interessante.

3.2. Multimídia

A combinação de texto, arte gráfica, som, animação e vídeo transmitidos e manipulados pelo computador podem ser denominada multimídia. A multimídia faz com que as informações fiquem mais atraentes e sejam tratadas de forma mais clara e fácil. O que anteriormente era apenas um texto estático sobre uma tela, tornou-se um texto envolvendo muitas mídias, de leitura não linear.

Desta forma, ela tem sido muito utilizada para prender a atenção de usuários e manter seu interesse durante uma apresentação, usando a combinação de elementos para criar uma combinação visual dinâmica e de maneira mais efetiva (gráficos de alta definição, linguagem natural falada), conforme proposto por Almeida e Barreto e Kreutz [Almeida e Barreto 1999], [Kreutz 2000].

3.3. Hipertexto

Nos documentos tradicionais, as informações são apresentadas sob forma seqüencial, criando, portanto, uma estrutura de acesso linear.

Entende-se por estrutura de acesso linear, o processo de consulta do documento seguindo apenas um contexto, definido explicitamente pelo autor, sob pena de perda de toda a contextualização, caso a consulta seja efetuada de forma diferente da originalmente definida.

É esta estrutura de acesso que define como o documento será consultado e qual contextualização será adquirida.

Em um documento apresentado sob a forma de hipertexto, a informação deixa de ser acessada de forma unicamente seqüencial. Um mesmo documento pode ser contextualizado de

diferentes formas, dependendo dos caminhos que o leitor percorrer.

De acordo com as relações estabelecidas entre os textos, têm-se diferentes contextualizações, cada uma adequada à realidade de um leitor.

3.4. Hipertexto como Autômato

Um modelo formal de hipertexto ou de hipermídia (o computador gerencia vários meios para apresentar a informação, sendo assim justificando o porque das implementações de hipertexto são as vezes denominadas de hipermídia), o qual pode ser fundamentado na Teoria de Autômatos [Pagano e Barreto 1991], [Almeida e Barreto 1999], incorporando não somente os aspectos declarativos do sistema (i.e., o diagrama de transição), mas também aspectos dinâmicos (a evolução no tempo do autômato em resposta a qualquer seqüência de entrada de dados).

Um autômato pode ser considerado como uma particularização de um sistema dinâmico, que varia com o tempo. Em um sistema dinâmico descreve-se um sistema como se estivesse descrevendo o mecanismo de como ele trabalha (internamente), especificando como o conjunto dos estados varia com o tempo. Tal descrição é suficiente para gerar uma definição comportamental [Almeida e Barreto, 2000a].

Conforme Pagano [Pagano e Barreto 1991], um sistema computacional, denominado hipertexto, pode ser convenientemente definido como autômato. Almeida [Almeida e Barreto 1999] fez a extensão deste modelo para um sistema hipermídia, utilizando no Ensino via rede de computadores.

3.5. Categorias de Hipertômatos

Na Categoria dos Autômatos [Adámek 1975], [Trnková 1975], os objetos são Autômatos e os morfismos podem ser escolhidos dentre as coisas que permitem associá-los. Pode-se identificar percursos como candidatos a morfismos quando atenderem as seguintes condições:

- Existir o Percurso Identidade - Dado um percurso, existe um percurso que retorna a seu ponto de partida;
- Existir o Percurso Composto Associativo - Dados dois percursos pode ser obtido um terceiro pela composição dos dois primeiros ou pela associação de percursos;

Na Categoria dos Estados de um Autômato, os morfismos podem ser a dinâmica do Autômato,

ou seja, a mudança de estados. Assim pelas condições categóricas para que a dinâmica do Autômato seja escolhida como um morfismo deverá:

- Existir a Dinâmica identidade (continuar no mesmo estado);
- Existir a Dinâmica composta associativa (ir de um estado a outro e depois a um terceiro estado ou ir diretamente do primeiro para um terceiro estado);

Em sistemas dedicados ao Ensino, os problemas de navegação podem trazer conseqüências tão desastrosas que o computador deixa, neste caso, de ser uma ferramenta estimulante para tornar algo irritante e difícil de se lidar.

A modelagem Hipertômato, visa identificar, a princípio, alguns problemas cruciais que possam existir na navegação em sistemas hipertexto e/ou hipermídia.

A escolha dos Hipertômatos e de suas categorias dependem do problema a ser tratado. Nota-se então a importância da identificação de morfismos que auxilia na resolução dos problemas de navegação.

Um sistema de ensino hipertexto no qual todos os estados são alcançáveis e observáveis aumenta a eficiência do processo de ensino aprendizagem via computador, principalmente quando se usa sistemas de ensino na Internet.

3.6. A modelagem do sistema

O protótipo para Ensino de Neurofisiologia desenvolvido por Vedana [Vedana, 2001], consiste de quatro blocos funcionais que são: Apresentação; Célula Biológica; Neurônio; Sistema Nervoso. Inicialmente foi definida a estrutura do bloco de apresentação que consiste de duas molduras: uma contendo a tela principal do protótipo e outra um mapa de navegação. Isto permite ao usuário selecionar o assunto de seu interesse.

Estes blocos podem conter um ou mais nós de informações conectados a outros documentos do mesmo bloco ou a blocos distintos. A Figura 2 mostra o modelo hipertômato deste sistema.

O modelo hipertômato permite a visualização de todos os nós (estados) do sistema e das ligações (transições de estado) que poderão ocorrer quando da navegação do usuário no sistema.

A grande vantagem da concepção do sistema através desta modelagem é a garantia de que todos os estados do ambiente sejam alcançáveis,

ou seja, muitos dos problemas de navegação (perda do usuário no espaço de informações, páginas não encontradas) e que na maioria das vezes dependem dos aspectos construtivos dos sistemas podem ser evitados.

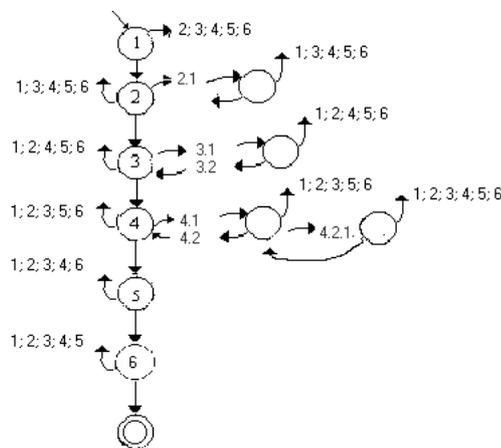


Figura 2 – Grafo de implementação do sistema modelado como hipertômato [Vedana, 2001]

Em relação à Figura 2, tem-se que o usuário inicia a navegação do sistema tipo "espinha dorsal" no nó 1 (estado inicial) onde são realizados a apresentação do mesmo com recursos na Web internos e externos. Em seguida, o mesmo poderá seguir o percurso no nó 2 que contém os tópicos de apresentação da célula biológica. Deste, poderá percorrer o nó 3 que trata o neurônio e em seqüência o nó quatro (sistema nervoso).

Nota-se que os nós possuem retorno e conexões para outros nós (nós de detalhamento). A partir do nó quatro ele poderá percorrer o nó 5 que apresenta o mapa do site. Finalmente o usuário atinge o nó 6 (estado final) e sai do sistema.

A esta modelagem segue-se a implementação com a ferramenta de autoria levando em consideração os paradigmas educacionais. Mais detalhes sobre os paradigmas educacionais podem ser obtidos em [Vedana 2001].

4. Implementação do ambiente

4.1 Descrição do conteúdo

O protótipo implementado exhibe a teoria a respeito da anatomia e fisiologia do sistema nervoso, bem como imagens, animações e vídeo que representam os tópicos estudados. A tela inicial do documento está representada na Figura 3.

O protótipo foi desenvolvido em editoração na linguagem HTML (Hypertext Markup Language) e enriquecido com algumas animações desenvolvidas no editor de imagens.



Figura 3 - Tela inicial do protótipo de Neurofisiologia

O conteúdo apresentado está dividido em nodos, sendo que cada um deles apresenta de forma bem definida o assunto a ser estudado. Isto possibilita que os mesmos sejam alterados e modificados com facilidade dependendo do estilo e necessidade de cada professor.

As partes principais do sistema são apresentadas através dos seguintes tópicos:

- **Célula Biológica:** Este tópico apresenta ao aluno informações a respeito da constituição, funcionamento e classificação das células.
- **Organelas:** Esta parte do sistema possui uma ligação com outro nodo que descreve as organelas que se encontram mergulhadas no citoplasma da célula. Este contém ilustrações e animação representando as estruturas estudadas.
- **Neurônio:** Esta seção apresenta as principais partes do neurônio e suas funções.

Impulso Nervoso: Explica através de textos e ilustrações como um neurônio que se encontra no estado de potencial de repouso sofre um potencial de ação.

- **Sinapse:** Através de texto, ilustração e animação o leitor poderá entender como os impulsos nervosos são transmitidos de um neurônio ao outro.
- **Sistema Nervoso:** Nesta parte do sistema, inicialmente faz-se uma introdução à respeito do sistema nervoso demonstrando através de ilustração a sua estrutura.

A Figura 4 mostra o exemplo de uma página mostrando o neurônio.

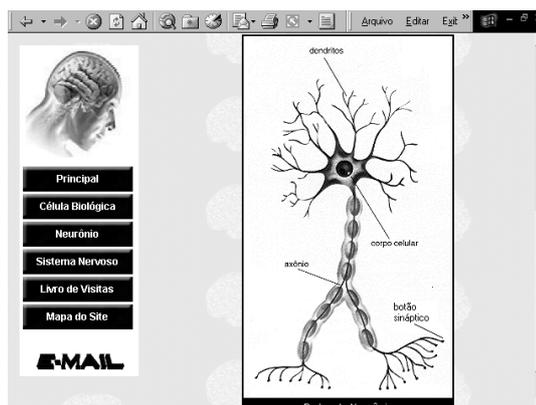


Figura 4: Exemplo de uma página mostrando o neurônio.

Por motivos didáticos este sistema foi dividido em dois tópicos:

- **Sistema nervoso central:** Detalha o funcionamento destacando suas principais partes.
- **Sistema nervoso periférico:** Explica como as mensagens são transmitidas de uma parte a outra do indivíduo e quais os elementos que compõem este sistema. Este tópico possui uma ligação bidirecional para outro nodo: sistema nervoso autônomo, que descreve o funcionamento involuntário do sistema nervoso sobre os vários órgãos do corpo.
- **Mapa do Site:** A partir do mapa do site o usuário tem a possibilidade do usuário visualizar todos os elementos que compõem o protótipo de forma estruturada.

4.2. Testes e resultados

Para a observação do comportamento funcional, se todos os estados do sistema implementado eram observáveis e alcançáveis foram realizados diversos testes.

A fase de testes foi de suma importância na elaboração do protótipo por possibilitar a verificação de erros antes que o mesmo fosse utilizado por usuários finais (estudantes).

Os testes foram efetuados com a colaboração de cerca 120 alunos dos cursos de Bacharelado em Informática e de Ciências Biológicas da Universidade do Planalto Catarinense (UNIPLAC).

Foi aplicado um questionário sobre a utilização do ambiente para usuários com idade de 18 a 25 anos, sem conhecimento prévio sobre o assunto. Pode-se perceber, através desta avaliação, que o ambiente de ensino pode ser bastante interessante

como ferramenta de estudo nas aulas que abordam assuntos de Neurofisiologia.

Os testes revelaram que o protótipo não possuía problemas funcionais, visto que em 95 % das respostas todas as páginas acessadas foram exibidas corretamente e de forma rápida. Quanto aos aspectos visuais, os resultados também foram favoráveis e demonstraram que a utilização de técnicas multimídia poderá tornar os ambientes de aprendizagem mais interessantes segundo o que foi obtido em 55 % das respostas dos usuários.

Com relação aos textos, figuras e animações o teste demonstrou que o protótipo os apresenta de forma clara. Os participantes (cerca de 44%) do teste sugeriram que para trabalhos futuros seria interessante a inclusão de exercícios e testes no protótipo de forma a fornecer os resultados do desempenho do aluno.

5. Conclusão

No desenvolvimento de um ambiente Hipermídia para Ensino-aprendizagem via rede, além dos aspectos psico-pedagógicos, da interface com o usuário, o programa necessita de especificação correta e precisa. Um ambiente de Ensino especificado corretamente tem grandes chances de funcionar com sucesso.

A implementação realizada demonstra a potencialidade das ferramentas formais na Engenharia de Programas Educacionais. É necessário, então, se ter uma teoria com um vocabulário que permita trabalhar abstratamente com objetos.

A Teoria das Categorias possibilita, que o modelo categórico de Hipertômato seja uma ferramenta útil na especificação de programas com intuito de Ensino-aprendizagem.

A flexibilidade desta modelagem formal é que qualquer estratégia pedagógica pode ser escolhida para o Ensino de um determinado domínio do conhecimento.

Os sistemas hipertexto/hipermídia representaram um grande passo no desenvolvimento dos computadores na Educação. O poder de acesso a informação oferecido por tais sistemas favoreceu projeto de ambientes de Ensino-aprendizagem.

A hipermídia promoveu flexibilidade e aumentou o potencial destes sistemas. A rede mundial de computadores possibilitou um alto grau de interatividade.

A modelagem de um sistema hipermídia como autômato incluiu características dinâmicas necessárias aos ambientes de Ensino via rede. Nota-se então a necessidade de especificação formal e precisa destes sistemas. É necessário então uma Teoria capaz de oferecer um vocabulário que permita trabalhar abstratamente com objetos.

A Teoria das Categorias possibilita então que os modelos de hipermídia como autômato (Hipertômato) definidos como uma categoria sejam uma ferramenta interessante para especificação de programas educacionais como proposto por Almeida [Almeida 2002].

O uso dos computadores no ensino da área médica influencia os métodos didáticos de tal forma que o aluno toma conhecimento das informações e aprende a aplicar estes conhecimentos. Apresenta, além disso, características essenciais ao processo de aprendizagem, como prender a atenção do aluno, testar o aluno para verificar se ele entendeu os conceitos apresentados, além do aluno poder rever quantas vezes quiser um conceito mal compreendido.

Na concepção de ambientes computacionais destinados aos processos de ensino-aprendizagem deve ser dada uma certa atenção também aos aspectos construtivos. A existência de morfismos não monomórficos podem conduzir a erros de navegação.

A modelagem Hipertômato utilizada no desenvolvimento de um protótipo de ambiente para Ensino-aprendizagem de Neurofisiologia, garantiu que todos os estados do ambiente fossem alcançáveis. Isto evita problemas como a perda do usuário no espaço de informações ou a ocorrência de páginas que não possam ser encontradas.

As perspectivas futuras deste trabalho referem-se à utilização de métodos formais categóricos para desenvolvimento de programas de Ensino de um modo geral.

6. Referências

ADÁMEK, J. (1975) "Automata and Categories: finiteness against minimality", *Mathematical Foundations of Computer Science*, Lecture Notes in Computer Science, p.160-166, Springer-Verlag.

ALMEIDA, M. A. F. & BARRETO, J. M. (1999) "Formação continuada por Simulação em Ambiente Virtual usando

Redes de Computadores, *Pesquisa Naval - Suplemento Especial da Revista Marítima Brasileira*, n.12, cap. XX, p. 271-287, Rio de Janeiro, Outubro.

- ALMEIDA, M. A. F., BARRETO, J. M. (2000a) "Modelagem de um Sistema Hipermídia como Autômato para Ensino de Inteligência Artificial", In: *Anais do Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação SBC 2000 - VI WIE - Workshop de Informática na Escola*, v.1, p. 95, Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUC-PR, Curitiba, julho.
- ALMEIDA, M. A. F. (2002) *Hipertômatos na Computação aplicada à Educação*, Tese de Doutorado (Departamento de Informática e de Estatística, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 186p.
- ANGELONI, M. N. M.; KREUTZ, L. S.; BARRETO, J. M. (2000) "Hypermedia and Simulation to Teach Cardiac Physiology." In: *Chicago 2000 - World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Navy Pier, Chicago, IL, 23 a 28 julho.
- ARBIB, M. A. & Manes, E. (1975) *Arrows, Structures, and Functions - The Categorical Imperative*, New York: Academic Press, Inc.
- CAMERON, John R. (1976) *Tutorial: JSP & JSD: The Jackson Approach to Software Development*, Silver Spring: IEEE Computer Society.
- DURR, E. H. & KATWIJK, J (1992) "VDM++ - A Formal Specification Language for Object-oriented Designs", *Computer Systems and Software Engineering Proceedings of CompEuro'92*, p. 214-219, IEEE Computer Society Press.
- FINLAY, Janet. (1993) *Software Personalization*, New York: Van Nostrand Reinhold, p. 1240-1241.
- JONASSEN, D.H., WANG, S. (1993) "The Physics Tutor: Integrating Hypertext and Expert Systems", *Journal of Educational Technology Systems*, Vol. 22(1), pp. 19-28.
- KREUTZ, L (2000) *Modelo Computacional para Ensino de Fisiologia Cardiovascular*, Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação, Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação, UFSC, Setembro.
- LAMBEK, J. ; SCOTT, P.J; GARLING, D. J. H. & WALTERS, P. (1986) *Introduction to higher order categorical logic*, Cambridge Studies in Advanced Mathematics 7, Cambridge: Cambridge University Press.
- MARTINS, Raul C. B. & MOURA, Arnaldo (1989) "Desenvolvimento Sistemático de Sistemas Corretos: A Abordagem Denotacional", Campinas, *VI Escola de Computação*.
- MARTINS, Raul C. B., (1989) *Lógica de Primeira Ordem e Desenvolvimento de Softwares*, IBM Brasil - Centro Científico do Rio de Janeiro, Relatório Técnico CCR-081, Rio de Janeiro, Outubro.
- MIDDELBURG, C. A. (1993) *Logic and Specification*, Chapman and Hall, Computer Science: Research and Practice 1.
- MIDDELBURG, C. A. (1992) *VVSL Specification of a Transaction-oriented Access Handler, Specifications of Database Systems*, Workshops in Computer Series, Springer-Verlag, 1992.
- PAGANO, R. & BARRETO, J. M. (1991) "Hypertext Information Technology in Medical Education", *Proceedings of 6th Mediterranean Electrotechnical Conference - IEEE-MELECON'91*, vol. 2, p. 1577-1580, Yugoslavia, May.
- PAGANO, R. & BARRETO, J. M. (1991) "Hypermedia Supporting a Psychodramatic Experience: a case study", *Proceedings of 8th ICTE'91 - The Eighth International Conference on Technology and Education*, vol. 2, p. 85-87, Toronto, May.
- The RAISE Language Group(1992) *The RAISE Specification Language*, Prentice Hall BCS Practitioner Series.
- VON STAA, A. (1983) *Engenharia de Programas*, Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos Científicos Editora S. A., 1983.
- TRNKOVÁ, V. (1975) "Automata and Categories", *Mathematical Foundations of Compute Science*, Lecture Notes in Computer Science, p. 138-152, Springer-Verlag.
- VEDANA, S.B. (2001) "Ambiente Computacional para Ensino de

Neurofisiologia baseado no modelo hipertômato”, Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC, dezembro.