

Modelagem de um Sistema Hipermídia como Autômato para Ensino de Inteligência Artificial

Maria Aparecida Fernandes Almeida^{1,2}, mafa@inf.ufsc.br

1 - Instituto Católico de Minas Gerais, aluna da pós-graduação em 2.

Jorge Muniz Barreto², barreto@inf.ufsc.br

2 - Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação – CPGCC-INE,

Caixa Postal 476 – CEP: 88.040.900

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

RESUMO

Este trabalho apresenta um modelo de hipermídia como autômato para a concepção de ambientes de Ensino-Aprendizagem via redes de computadores para apoio ao Ensino de Inteligência Artificial (IA) em Cursos de Graduação e Pós-graduação em Ciência da Computação e áreas afins; presenciais ou não. A temática escolhida é o Ensino de Redes Neurais Artificiais (RNA).

ABSTRACT

This work presents a hypermedia theoretical model as an Automata for the conception of Web-based learning environments for Artificial Intelligence Courses in the Computer Science and kindred areas; witness or not. The thematic chosen was teach the Neural Network concepts.

“**Palavras-chave**”: Hipermídia, autômato, ambientes de Ensino-Aprendizagem, Inteligência Artificial, Redes Neurais Artificiais.

1. Introdução

Hipertexto tem sido modelado, como um grafo [6], como uma rede semântica [14] ou como rede de Petri [15]. Os trabalhos de Pagano [8], [9], [10] [11] e [12] apresentam uma definição teórica de hipertexto como autômato. A maioria das abordagens anteriores não incorporavam todas as características do hipertexto, sendo formalismos de natureza declarativa que não consideram os aspectos dinâmicos do hipertexto. Um modelo formal de hipertexto ou de hipermídia (o computador gerencia vários meios para apresentar a informação), pode ser fundamentado na Teoria dos Autômatos, incorporando não somente os aspectos declarativos do sistema (por exemplo, o diagrama de transição), mas também os aspectos dinâmicos (a evolução no tempo do autômato em resposta a qualquer seqüência de entrada de dados).

Uma extensão do modelo de hipermídia como autômato encontrada nos trabalhos de Pagano [13] foi desenvolvida por Almeida [1],[2],[3],[4] e [5] para utilização em redes de computadores no ensino de RNA. Este sistema objetiva o traçado do modelo intelectual do aluno através da identificação de agrupamentos (“clusters”) de comportamentos dos aprendizes. Através do percurso desenvolvido por usuários pode-se agrupá-los segundo suas preferências na aprendizagem. Por exemplo, um aprendiz que goste mais de dados históricos do que conceitos matemáticos sobre as RNA será identificado pela natureza de seu percurso no ambiente. O traçado do perfil deste aprendiz permite a inclusão de características no sistema que possam facilitar a aprendizagem individualizada, auxiliando assim a construção dos conhecimentos.

2. Conceitos básicos da Teoria dos Autômatos

Um autômato pode ser considerado como uma particularização de um sistema dinâmico. Informalmente, pode-se dizer que o rótulo "dinâmico" tem o mesmo significado de "causal": as entradas passadas influenciam o futuro mas o contrário não é verdadeiro. Ou seja, a noção matemática de sistema dinâmico serve para descrever o fluxo de causa entre o passado e o futuro. 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 [7]. Tal descrição é suficiente para gerar uma definição comportamental.

Definição 2.1: Um *Sistema Dinâmico* é o objeto matemático descrito em como:

$$S_d = \{ T, U, y, Y, L, X, S, d \}$$

onde:

T é o conjunto dos tempos,

y é o conjunto de funções de excitação $y = \{ c : T \rightarrow U \}$,

U é o conjunto dos valores de excitação,

Y é o conjunto dos valores de resposta,

L é o conjunto de funções de resposta $L = \{ l : T \rightarrow Y \}$,

X é o conjunto dos estados,

S é a função de transição de estados $S : T \times T \times y \times X \rightarrow X$,

d é a função de saída $d : T \times X \times U \rightarrow Y$,

Informalmente, a noção de sistema dinâmico corresponde a um sistema funcional temporal cujo estado varia com o tempo dependendo do valor da excitação colocada na entrada do sistema. Assim, todos os sistemas dinâmicos são sistemas temporais e funcionais. As escolhas particulares dos conjuntos envolvidos na definição de sistema dinâmico conduzem a diferentes tipos de sistemas. O sistema tem uma saída que é função do tempo, do estado e do valor da excitação num determinado instante, que é a resposta do sistema dinâmico. Em linguagem corrente os pares excitação/entrada e saída/resposta são considerados sinônimos. Na definição precedente foi feita a distinção para diferenciar as funções L e d

Definição 2.2 Um *Sistema Dinâmico Contínuo no Tempo* (ou sistema contínuo no tempo) é um sistema dinâmico onde:

T é um subconjunto compacto dos números reais,

X, U, Y são subconjuntos de $\mathbb{R}^n, \mathbb{R}^m, \mathbb{R}^p$, espaço real n, m, p - dimensional,

S é um conjunto de funções diferenciáveis em relação a t .

Definição 2.3 Um *Sistema Dinâmico Discreto no Tempo* (ou sistema discreto no tempo) é um sistema dinâmico no qual o conjunto dos tempos é um subconjunto dos inteiros.

Definição 2.4 Um *Sistema Invariante no Tempo* é um sistema dinâmico cuja função de transição S depende de um único elemento de T e a função de saída é independente de T .

É útil tomar como uma primeira aproximação de um sistema real um modelo invariante no tempo ou sistema estacionário. O fato de que a função de transição depende somente de um elemento de \mathbf{T} , significa que o valor do estado não depende do tempo inicial nem do tempo considerado, mas somente do intervalo de tempo entre o tempo inicial e o tempo considerado. A função de saída sendo independente do tempo significa que para qualquer instante, estado e entrada iguais, produz-se a mesma saída. Se este é o caso, para qualquer tempo inicial, somente a duração do experimento é importante para determinar o estado e a saída em qualquer instante.

Um tipo muito usual de sistema dinâmico em Ciência da Computação é a *máquina de estados finitos*. Informalmente, uma máquina de estados finitos é um sistema dinâmico onde o conjunto dos tempos é o conjunto dos inteiros, e a excitação, a resposta e os estados são conjuntos finitos. Neste caso, os valores possíveis da excitação e da resposta são referidos como alfabetos de entrada e saída. Sob estas simplificações, não é essencial indicar explicitamente o conjunto dos tempos \mathbf{T} nem explicitamente introduzir y e L . Por outro lado, é usual declarar explicitamente um estado inicial correspondente ao tempo zero [7].

Definição 2.5: Um autômato (ou máquina) é descrito abstratamente como uma sêxtupla [7]:

$$A_t = \{U, Y, X, x_0, l, h\}$$

onde:

U é um conjunto finito de excitações,

Y é um conjunto finito de respostas,

X é um conjunto de estados ou espaço de estado,

$x_0 \in X$ é o estado inicial,

$l : U \times X \rightarrow X$ é a função de próximo estado ou função de transição,

$h : U \times X \rightarrow Y$ é a função de próxima resposta.

Um autômato é um sistema dinâmico invariante e discreto no tempo. Quando o espaço de estado é um conjunto finito, o autômato é chamado de *autômato finito*. Então, esta sêxtupla formal é interpretada como sendo uma descrição matemática de uma máquina à qual, se no tempo t_0 , estiver no estado x_0 e receber um segmento de entrada u do tempo t_0 ao tempo t estará no tempo t no estado $l(x, u)$ e emitirá a saída $h(x, u)$ [7].

3. Hipertexto como autômato

A introdução de características dinâmicas parece aumentar as possibilidades do hipertexto em ambientes de aprendizagem computadorizados, conforme demonstrados por Pagano [8], [10], [11] e [13].

Um sistema computacional, denominado hipertexto, pode ser convenientemente definido como autômato:

Um hipertexto H_p é descrito abstratamente como a sêxtupla:

$$H_p = \{U, Y, X, x_0, r, c\}$$

onde:

U é o alfabeto finito de entrada,

Y é o alfabeto finito de saída,

X é o espaço de estado finito,

$x_0 \in X_0$ é o estado inicial,
 $r : U \times X \rightarrow R$ é a função de transição de estados,
 $d : U \times X \rightarrow Y$ é a função de saída do próximo estado.

4. Grafo de implementação

Esta seção mostra o grafo de implementação (Fig.1) de um ambiente de apoio ao Ensino de conceitos introdutórios de IA. A temática escolhida é o Ensino de RNA via rede de computadores.

Ao entrar no ambiente um aprendiz, que já domine bem o assunto, poderá ser capaz de, em cerca de 20 a 30 minutos, percorrer todo trajeto (que inicia no nó unidade 1 e termina no nó unidade 8), tipo "espinha dorsal". Neste tempo, ele terá uma visão geral do conteúdo abordado não entrando em detalhes e nem fazendo experimentações. Para percorrê-lo completamente, atingindo todos seus estados, calcula-se que ele deverá dispor de cerca de 10 horas em média, caso o assunto seja totalmente explorado.

O "controle pedagógico" é efetuado por uma seqüência de nós. As funções do sistema resultante não são pré-fixadas e podem ser facilmente adaptadas de acordo com as necessidades de autoria ou de situações de aprendizagem necessárias. As informações de alto nível tais como perguntas, manipulações de erros, comportamento do aprendiz, são ainda objeto de estudo. Quanto ao aspecto geral (que é flexível e dependente do contexto) o ambiente engloba:

- uma breve descrição da ferramenta e seu manuseio com uma súmula dos tópicos abordados;
- uma visão completa do material disponível, incluindo módulos tutoriais e mapa local mostrando sua estrutura;
- uma lista de todas as atividades que podem ser executadas e outros recursos de aprendizado;
- informações especializadas da tecnologia usada, ou seja, como manipular o ambiente;
- formulários de contatos, realimentação e avaliação dos estudantes com comentários para facilitar mudanças.

Quando ao conteúdo para Ensino de RNA, são abordados conceitos sobre a origem e o histórico das RNA, sua inspiração biológica, suas principais características e topologias, algoritmos de aprendizado e aplicações. Além das referências bibliográficas usuais sobre as RNA também foram ressaltadas algumas referências sobre trabalhos na área realizados na UFSC.

A título de simplificação da Figura 1, as linhas pontilhadas mostram os arcos que ligam-se a outros nós (mostrados na ponta das setas). Os nós que possuem a mesma configuração e são funcionalmente iguais também foram omitidos. Por exemplo, os nós 2.2 e 4 foram omitidos porque são funcionalmente iguais ao nó 2. A descrição do grafo é sumarizada a seguir:

- nó apresentação - o nó 1 apresenta o ambiente e oferece informações gerais sobre a autoria, objetivos, navegação, recursos, endereço. O estado inicial $x_0 = 1$. A entrada $u_1 =$ "acionar o nó 1" conduz como saída y_1 que é a apresentação de uma página introdutória sobre o ambiente. E assim, as transições de estado vão ocorrendo de acordo com o manuseio do ambiente pelo aprendiz.

- Nó Mp - nó mapa - oferece um mapa completo do ambiente. Através do nó mapa todos os estados são atingíveis.
- 1, ... 8 - nós unidades. Nestes nós são apresentadas as unidades com os assuntos diversos sobre as RNA. No ambiente desenvolvido, tais unidades possuem ligações a nós de detalhamento, recursos internos e externos, entre outros. Em qualquer destes nós o aprendiz pode atingir nó de unidades e nós subtópicos através do nó mapa.
- 2.1, ..., 7.8 - nós tópicos e subtópicos. Os nós tópicos são uma extensão dos nós unidades. Os nós subtópicos contêm exercícios e ligações para os nós de simulação.
- A, ... , P - nós de detalhamento de tópicos e subtópicos. Caso o aprendiz deseje saber um pouco mais sobre determinado tópico, poderá acessar tais nós que contêm informações adicionais ou mesmo ligações para nós externos na rede com endereços de assunto relacionados na Web. Por exemplo, uma linha de tempo, no nó 2.1, possuirá ligações que levarão aos nós A, ..., P, contendo informações sobre pioneiros no estudo das RNA.
- Dt - nó de detalhamento de unidade. O Dt oferecerá um detalhamento do nó 3. Possui ligação a nós externos da Web. Se o aprendiz quiser saber mais informações sobre as características gerais que não são relevantes ao assunto principal pode acionar o "mouse" para atingir tal nó e retornar através do nó de retorno Re.
- Bb - nó de bibliografia. Os nós de bibliografia oferecem a base bibliográfica utilizada nos assuntos abordados. Nota-se no grafo que estes nós estão ligados a todos os nós unidades 2 a 8.
- Gl - nó glossário. Como em um livro, se o aprendiz quiser saber o significado de alguma palavra poderá acessar o nó Gl e retornar aos nós 2 a 8.
- Lc - nó local. Este nó deverá conter recursos da rede interna, isto é, no servidor, onde podem estar arquivos de dados, listas, acesso ao instrutor, horários de aulas, trabalhos, programas, páginas locais, entre outros.
- Rc - nó recursos. Este nó deve ser ligado a diversos nós, tais como arquivos disponíveis (interna ou externamente), nós para listas de discussões, correio eletrônico, painel de horários, informações do instrutor, que deverão ser incorporados de acordo com as necessidades observadas.
- Mm - nó memória. O objetivo do nó memória é oferecer um mapeamento de nós visitados anteriormente. Uma opção de utilização deste nó pode ser a colocação de marcas semelhantes aos livros, no qual o aprendiz pode deixar o sistema e quando voltar verificar onde estava. Este tipo de nó, assim como o nó mapa, é interessante como guia de navegação.
- Ne - nó externo para a Web. Permite ao aprendiz obter recursos disponíveis na Web com ligações para mecanismos de busca, bibliotecas virtuais, repositórios de artigos, programas acadêmicos e de domínio público (conectores, utilitários, etc.), simuladores, endereços de empresas de programas comerciais e tópicos relacionados.

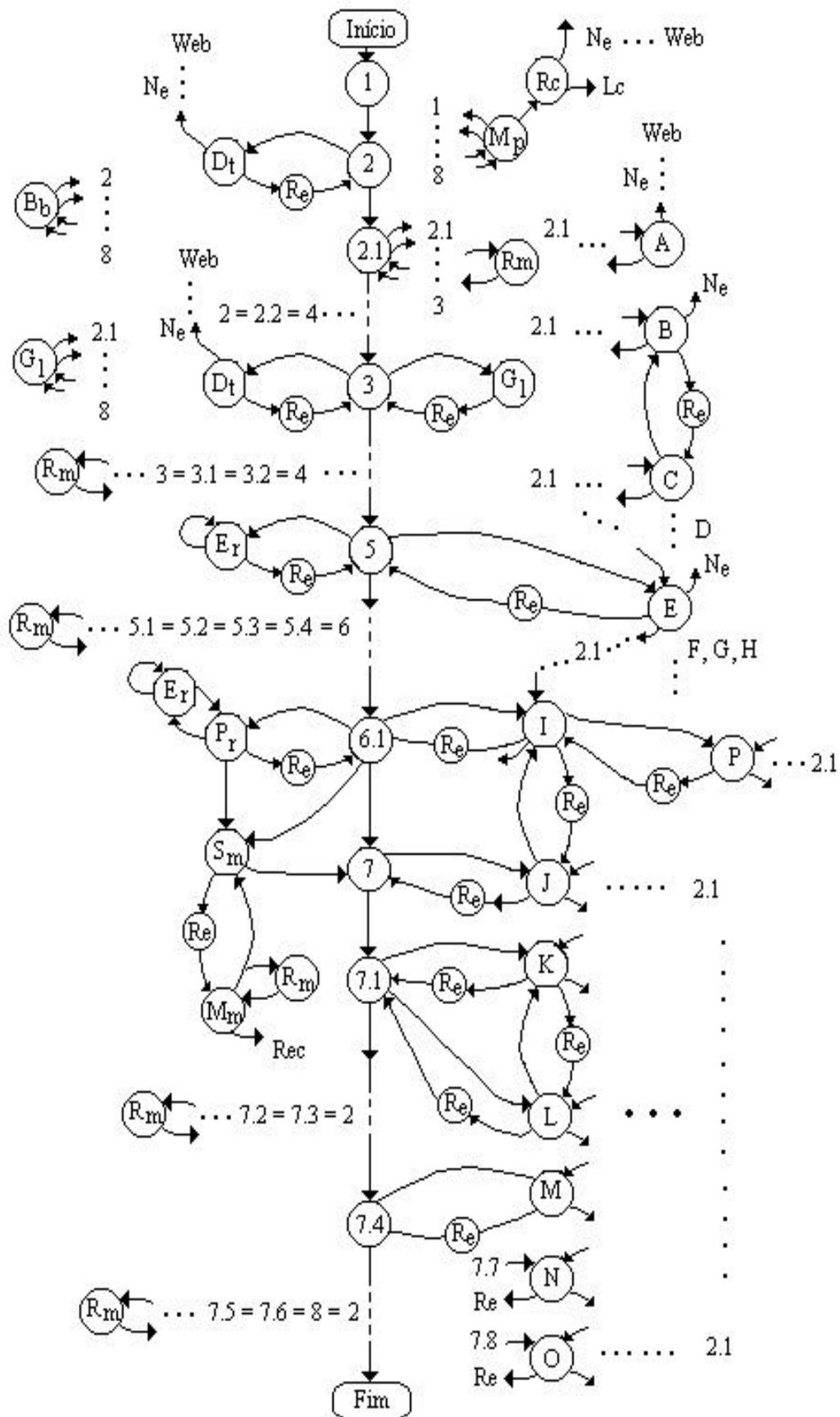


Figura 1 – Grafo de Implementação

- Pr - nó prática. O aprendiz pode praticar e testar seus conhecimentos através de exercícios (que contém nó erro). A prática envolve também a simulação.
- Er - nó erro - Serve para verificação de resposta em exercício. Ao estudar conceitos no nó 5, se o aprendiz não acionar um nó opção de resposta definido no sistema, convencionado como resposta correta será retornado ao nó 5.
- Re - nó retorno simples. O aprendiz retornará ao nó anterior. Não possui memória. São geralmente feitos com ligações do botão de "voltar" ou com o próprio navegador.
- Rm - nó retorno com memória. Armazena os caminhos percorridos e as ações executadas pelo aprendiz. Este tipo de nó oferece uma vantagem em relação ao nó de retorno simples pelo fato de que pode agir como um "marcador de passos".
- Sm - nó simulações. O aprendiz desenvolverá simulações, após atingir o nó Pr ou ir diretamente do nó 6.1, que aborda os principais algoritmos de aprendizado das RNA.

A implementação deste ambiente inicia com a estrutura padrão, incorporando modularização e mecanismos da Programação Orientada a Objetos. A linguagem utilizada nesta primeira parte é a HTML e inclui pequenos roteiros em Java. As experimentações "on-line" ainda estão em fase de desenvolvimento, pois é sabido que é necessário também um estudo sobre quais simulações seriam mais adequadas a este ambiente sem comprometer o desempenho.

5. Conclusão

A utilização do ensino via computador com abordagens da IA pode ser uma forma de diversificar os instrumentos de apoio do ambiente e atendendo às necessidades pedagógicas e tecnológicas em questão. Um ponto central de sistemas de ensino considerados inteligentes para suporte ao aprendizado é sua adaptação às experiências requisitadas pelos estudantes. Vários paradigmas educacionais são atualmente interpretados para desenvolver elementos formais de sistemas baseados em raciocínio e decisão.

A hipermídia permite relacionar os assuntos de muitas maneiras, onde os aprendizes também podem visualizar suas experiências. Existem numerosos problemas nestes sistemas, que, todavia, tem sido reduzidos. Um modelo teórico de hipermídia baseado na Teoria dos Autômatos inclui aspectos dinâmicos nestes sistemas e ampliam suas capacidades facilitando a criação de um ambiente exploratório onde o aprendiz pode construir seu conhecimento.

Um percurso desenvolvido pelo aprendiz pode identificar seu comportamento. Dessa maneira, a extensão deste trabalho em uma turma real pode traçar "clusters" de comportamento associados ao modelo intelectual do aluno. Assim conhecendo-se as preferências dos aprendizes podem ser incorporadas características no sistema que facilitem a aprendizagem e promovam um aprendizado individualizado com a construção dos conhecimentos. Adicionalmente, precisa-se do formalismo do conhecimento teórico para prover uma relação entre as tarefas dos estudantes e dos modelos de simulação, permitindo responder perguntas do tipo "que acontece?".

6. Referências Bibliográficas

- [1] ALMEIDA, Maria A. F. *Aprender, atividade inteligente: e se esta inteligência for parcialmente artificial?*, Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação: Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, setembro, 1999, 102p.
- [2] ALMEIDA, Maria A. F. & BARRETO, Jorge M., "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, ISSN 1414-8595, Rio de Janeiro, outubro, 1999.
- [3] ALMEIDA, Maria A. F. & BARRETO, Jorge M., "Apoio ao ensino de Redes Neurais Artificiais via computador", *XII Congresso Argentino de Bioingenieria - SABI-99*, Universidade de Favaloro, Buenos Aires, Argentina, junho, 1999 (CD-ROM(101/3)).
- [4] ALMEIDA, Maria A. F. ; BARRETO, Jorge M. & SANTOS, Max M.D., "Um ambiente Computacional para Ensino de Redes Neurais Artificiais", *51ª Reunião Anual da SBPC*, PUC-RS, Porto Alegre, julho de 1999. (Área: Computação).
- [5] ALMEIDA, Maria A. F. ; QUINTELLA, Solange ; CORREA, Maria C.O. B. ; SOUZA & Laerte L. "Aprendizado Cooperativo utilizando Construtivismo e Redes de Computadores no Ensino a Distância", *51ª Reunião Anual da SBPC*, PUC-RS, Porto Alegre, julho, 1999. (Área: Ensino Superior).
- [6] ARDOT, J., PUJOLLE, G. & TESTE, A. "Une interface relationnelle de type hypertexte", *Proc. of INFORSDID'89*, p. 223-244, May, 1989.
- [7] BARRETO, Jorge M. *Notas de aulas da disciplina Modelagem e Simulação de Sistemas Físicos e Biológicos*, Mestrado em Engenharia Elétrica - GPEB-UFSC, Florianópolis, 1995.
- [8] PAGANO, Rosane L. & BARRETO, Jorge M. , "Laboratory experiment simulation in electrical engineering education", *Proc. of ESC'89 - 3rd European Simulation Congress*, p. 311-317, Edinburgh, September, 1989.
- [9] PAGANO, Rosane L. & BARRETO, Jorge M., "Psychodrame pédagogique et hypermédia", *Proc. of Sixième Congrès APTLF*, Brussels, May, 1990.
- [10] PAGANO, Rosane L. & BARRETO, Jorge M., "A theoretical model of hipertext", *Proc. of AINN'90 International Conference of Artificial Intelligence Applications and Neural Networks*, Acta Press, M.H. Hanza Edition, p. 10-15, Zurich, 1990.
- [11] PAGANO, Rosane L. & BARRETO, Jorge M., "Hypertext Information Technology in Medical Education", *Proc. of 6th Mediterranean Electrotechnical Conference - IEEE-MELECON'91*, vol. 2, p. 1577-1580, Yugoslavia, May, 1991.
- [12] PAGANO, Rosane L. & BARRETO, Jorge M., "Hypermedia Supporting a Psychodramatic Experience: a case study", *Proc. of 8th ICTE'91 - The Eighth International Conference on Technology and Education*, vol. 2, p. 85-87, Toronto, May, 1991.
- [13] PAGANO, Rosane L. *Computer Simulation as an educational tool*. Tese de Doutorado: Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Católica de Louvain, Bélgica, 1992.
- [14] SOWA, J.F. *Conceptual Structures: Information Processing in Mind and Machine*. New York, USA: Adisson-Wesley Publishing Company Inc., 1984.
- [15] STOTTS, P. "Petri-net-based hypertext: document structure with browsing semantics". *ACM Transactions on Information Systems*, vol.7, n. 1, p.3-29, January, 1989.
- [16]