

Teoria das Evidências Aplicada na Inteligência de um Jogo Educacional do Tipo RPG

JOSÉ CAVALCANTI DE MOURA NETTO, LILIANE DOS SANTOS MACHADO
Departamento de Informática, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB
liliane@di.ufpb.br

RONEI MARCOS DE MORAES
Departamento de Estatística, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB
ronei@de.ufpb.br

INTRODUÇÃO

Os jogos eletrônicos podem ser definidos como ferramenta de entretenimento para diversas faixas etárias, mas com um olhar científico, tais jogos são adotados como sistemas computacionais [VAL95] com características multidisciplinares. Em geral, os jogos atuais contêm um enredo, gráficos artísticos realistas ou não, efeitos sonoros de qualidade, opção de utilização em rede e um sistema inteligente que configura os níveis de dificuldade do jogo, dentre outros. O termo Sistema Inteligente (SI) contém tanto a Inteligência Artificial (IA) clássica, utilizada em lógica de predicados e Sistemas Especialistas, quanto a inteligência computacional utilizada em sistemas probabilistas, nebulosos, redes neurais e sistemas evolutivos [TAT03]. Para o desenvolvimento de jogos eletrônicos, é necessário antes de tudo um planejamento, onde as principais fases são: produção do roteiro, preparação e produção da arte gráfica, escolha do tipo de inteligência adequada, de uma linguagem de programação e ferramentas de desenvolvimento [BAT00]. O roteiro é uma das peças mais importantes para o sucesso de um jogo eletrônico, visto que a concepção, história e trama se encontram nesta fase [CRA03], evidenciando a necessidade da inteligência e seus pontos de atuação.

Os Jogos Educacionais (JEs) são uma vertente dos jogos eletrônicos nos quais a idéia de aprendizado sobrepõe a de entretenimento. Diversas formas deste aprendizado podem ser concretizadas, principalmente para crianças [GRU00]. Os JEs enriquecem a formação de habilidades do jogador, como: adquirir estratégias de resolução de problemas, estimular o raciocínio e formação e fixação de conceitos. JEs, assim como qualquer jogo, permitem o entendimento e conhecimento de regras, proporcionando ao jogador uma facilidade de interpretação de problemas do cotidiano. Desse modo, atuam como catalizadores para o processo de resgatar o interesse do estudante, melhorando seu aprendizado, pois o aluno, cansado de tentar e não alcançar o desejado na escola, acaba ficando insatisfeito e pode bloquear os avanços do seu aprendizado [TAR04].

Existem diversos tipos de jogos, dentre eles os de estratégia, jogos em primeira pessoa de ação e aventura e jogos multi-usuário, onde vários jogadores compartilham um mesmo jogo. Em jogos do tipo RPG (*Role Playing Game*) o jogador interage socialmente com outros personagens, o que proporciona um desenvolvimento psicológico nas diversas áreas cognitivas [BIT03]. Catalizando este processo, os jogos educacionais computadorizados promovem o conteúdo escolar de forma atraente ao aluno [JES99]. Porém, o desafio é transformar esta ferramenta de ensino em algo atrativo para o jogador, fazendo com que o aluno possa ter consciência que está aprendendo enquanto joga [BAR98][TAR04].

Uma vez alcançado o patamar onde o equilíbrio atratividade-aprendizado é satisfatório, o *software* construído torna-se um jogo realmente educacional que consegue manter a concentração do jogador e ensiná-lo ao mesmo tempo. Uma das técnicas utilizadas para tornar um jogo educacional atrativo é promover um certo grau de competitividade. A adição de uma inteligência ao jogo faz com que o mesmo torne-se mais desafiador, intrigante e dinâmico. O uso desta inteligência deve ser bem equilibrado para não tornar o jogo difícil e desmotivador para o aluno, além de tornar-se difícil de ser processado por computadores de pequeno porte. Em JEs esta inteligência promove muito mais que dificuldades, ela auxilia o jogador a tomar decisões e pode ensinar certos conceitos ao aluno [AND03], podendo também servir como um instrutor para o aluno.

Dentre vários modelos de SI adotados em jogos de estratégia, esportes, corrida, aventura, RPG, etc. estes devem agir nos jogos educacionais para o auxílio a determinadas disciplinas. Assim, eles podem ser implementados utilizando diversas abordagens, como modelos Probabilistas, modelos *Fuzzy* ou modelos Híbridos. Neste trabalho foi adotado o Modelo Probabilista para o desenvolvimento de um jogo educacional do tipo RPG (*Role Playing Game*) para o auxílio do ensino de conteúdos de geografia para alunos de 4ª e 5ª séries do ensino fundamental, usando computadores com poder de processamento médio-baixo para uma possível transição de plataforma para celulares, sendo levado em consideração as tecnologias utilizadas para fazer esta transição e implementação em Realidade Virtual (RV).

Jogos do tipo RPG fazem com que os jogadores criem e/ou atuem sobre personagens, manipulando suas ações e reações, o que acarreta a interação do personagem com o cenário onde regras são colocadas, alcançando o objetivo de proporcionar um ambiente com regras interativas e inteligentes para o auxílio do ensino geográfico ao jogador. Estas regras podem ser variadas em cada situação de acordo com a escolha que o usuário faz durante o jogo, desenvolvendo a criatividade do jogador. Quando praticado em grupo sobre supervisão de algum professor, desenvolve-se a socialização, cooperação e interatividade. Durante o jogo deste tipo, o usuário é que toma as decisões e acaba assumindo um caráter crítico. Devido a estas potencialidades esta abordagem foi utilizada no desenvolvimento do jogo. O SI incorporado neste jogo foi responsável por tratar os níveis de dificuldade, assim como monitorar o comportamento do jogador diante do uso dos conceitos geográficos passados e assimilados. Ele também foi utilizado para reforçar conceitos e perguntas em diferentes níveis de dificuldade, de acordo com a capacidade do jogador observada durante o jogo. O SI também auxilia o jogador para que este não se perca no cenário, desmotivando-o ou tornando o jogo monótono. A RV foi utilizada para tornar o jogo mais atrativo, pois o aluno pode vivenciar e movimentar-se em um ambiente em três dimensões.

SISTEMAS INTELIGENTES BASEADOS EM CRENÇAS

A Teoria de Dempster-Shafer

A base da Teoria de Dempster-Shafer ou Teoria das Evidências, é a distribuição de crenças que por sua vez usa uma estrutura de discernimento, denotada por Ω , definida por um conjunto exaustivo de eventos mutuamente exclusivos. Existem três funções importantes nesta teoria [KLI98]: a primeira, chamada *massa de probabilidade*, a *Crença* e a *Plausibilidade*, denotadas respectivamente por m , Cr e Pl . A massa de probabilidade de um subconjunto $A \subset \Omega$, é uma primitiva da Teoria das Evidências e define um mapeamento da família de todos subconjuntos de Ω , denotado por $F(\Omega)$ sobre o intervalo real $[0,1]$, onde $m(\emptyset) = 0$ e $\sum_{A \subseteq \Omega} m(A) = 1$. Ela expressa a totalidade da evidência disponível sobre os elementos do subconjunto A , mas não de seus subconjuntos. Por exemplo, se $B \not\subset A$, $m(B)$ deve ser expresso por uma função massa de probabilidade específica para esse subconjunto. Quando $m(A) > 0$, o subconjunto A é considerado um elemento focal. Se o elemento focal A contém somente um elemento, então a massa de probabilidade reduz-se a distribuição de probabilidade clássica.

A partir da função massa de probabilidade, os valores superior e inferior de um intervalo podem ser definidos, onde está contida a verdadeira probabilidade do subconjunto em questão. Esses valores são medidas contínuas e não aditivas, denominadas Crença e Plausibilidade. A função de Crença do subconjunto A é definida como a soma de todas as massas de probabilidade dos seus subconjuntos próprios B , com $B \subseteq A$: $Cr(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B)$. A função de Plausibilidade do subconjunto A é definida como a soma de todas as massas de probabilidade dos seus subconjuntos próprios B , ou seja, $B \cap A \neq \emptyset$: $Pl(A) = \sum_{B \mid B \cap A \neq \emptyset} m(B)$. Essas medidas guardam entre si uma relação: $Pl(A) = 1 - Cr(\sim A)$, onde $\sim A$ denota o subconjunto complementar clássico do subconjunto A .

Sistemas Inteligentes

Um SI baseado em crenças aborda uma lógica onde o conhecimento é definido com um grau de crença associado a uma sentença, o qual define o quão correta esta sentença pode ser considerada [CAV06]. Para um melhor entendimento, sejam as seguintes classes [SEN88]:

FIGURA-PLANA = {NAO-POLIGONAL, CONVEXA}

NAO-POLIGONAL = {ANEL, CIRCULO}

CONVEXA = {CIRCULO, QUADRADO, TRIANGULO}

Uma função massa de probabilidade m sobre $F(\Omega)$ é dada por:

$$m(A) = 0.2; m(C) = 0.3; m(CQT) = 0.4; m(\Omega) = 1 \quad e$$

$m(\emptyset) = m(Q) = m(R) = m(AC) = m(CQ) = m(CT) = m(AQ) = m(AQ) = m(AT) = m(QT) = m(ACQ) = m(ACT) = m(AQT) = 0$, onde A corresponde à classe {ANEL}, C à classe {CIRCULO}, CQ à classe {CIRCULO, QUADRADO} e assim por diante (note que Ω corresponde à classe {ACQT}). Então:

$$Cr(A) = m(A) = 0,2; \quad Cr(C) = m(C) = 0,3$$

$$Cr(CQT) = m(C) + m(Q) + m(T) + m(CQ) + m(CT) + m(QT) + m(CQT) = 0,7$$

$$Cr(ACQT) = Cr(\Omega) = 1$$

A Plausibilidade de CQT é dado por:

$CQT = CONVEXA = \{CIRCULO, QUADRADO, TRIANGULO\}$; $\sim CQT = \Omega - \{CIRCULO, QUADRADO, TRIANGULO\} = \{ANEL\} = A$ e portanto: $Pl(CQT) = 1 - Cr(A) = 1 - 0,2 = 0,8$

Os intervalos de Crença são determinados por um especialista que auxilia na implementação do SI e são então testados por premissas que possuem um fator de crença definido pelo contexto da aplicação, se o fator de crença de um contexto satisfaz um intervalo de crença de uma determinada regra é executada uma ação para esta regra. Assim, tomando-se o exemplo: $I(CQT) = [0,7; 0,8]$, ou seja acredita-se na classe convexa com um fator não menor que 0,7 e não maior do que 0,8.

Uma forma de representar as decisões é a utilização de regras de decisão, apresentadas em um par AÇÃO-CONDIÇÃO. Além das regras utilizadas em Sistemas Inteligentes, é comum encontrar um determinado valor de crença nas premissas destas regras. Este valor de crença determina o quão certa aquela premissa pode ser. Por exemplo, a premissa SE CHOVER, pode ter uma crença de valor 0,7. Em algumas abordagens esta crença pode encontrar-se em um intervalo determinado intervalo de crença. Este intervalo determina um valor mínimo para que a premissa seja verdadeira e um valor máximo. Em “SE CHOVER [0,5, 0,8] ENTÃO VAI_MOLHAR_A_TERRA”, acredita-se que se esta premissa existir em um contexto, ela deve ter um valor de crença pertencente a este intervalo para que a decisão VAI_MOLHAR_A_TERRA seja tomada. Caso o fato avaliado seja SE CHOVER (0,4), a decisão VAI_MOLHAR_A_TERRA não será executada, pois não é verdade suficiente que de fato vai chover.

O JOGO EDUCACIONAL PARA ENSINO DE GEOGRAFIA

O jogo implementado é um jogo de RPG do tipo Caça ao Tesouro para o ensino de Geografia voltado a alunos de 4ª e 5ª séries do ensino fundamental. Jogos do tipo RPG são geralmente desenvolvidos em terceira pessoa, onde o jogador pode ver seu personagem a frente de sua câmera de visualização. O conteúdo educacional tratado pelo jogo aborda conceitos de maior prioridade de ensino, chamados conceitos primários. Os conceitos são [DOL73]:

- Diferenciação: o indivíduo deve ser capaz de poder diferenciar visualmente, objetos que o cercam.
- Densidade: medida de concentração de determinado objeto por unidade de área.
- Intensidade: medida de concentração de determinado fenômeno por unidade de tempo.
- Distribuição: modo de avaliação crítico que deve ser desenvolvido pelo indivíduo em relação ao meio que lhe cerca.

O jogo aborda os conceitos primários de densidade, intensidade, diferenciação e distribuição em sua primeira versão, além de outros conceitos da geografia como arbusto, rio, pontos cardeais, lago, lagoa e montanha.

Para a produção do jogo, a exibição dos gráficos, o status do jogador, textos, imagens, etc., foi adotada a ferramenta Panda3D [PAN06] utilizando-se a linguagem de *script* Python. O SI foi implementado em C++ e divide-se em dois: o sistema inteligente principal (SIP) e o sub-sistema inteligente de monitoramento (SIM). O SIM é capaz de monitorar o jogador e verificar os conceitos utilizados no decorrer do jogo, armazenados em uma lista que contém os eventos do mapa. O SIM é responsável por informar um conjunto de dados ao Sistema Inteligente que servirão para montar a estrutura que será comparada com as regras do jogo. Inicialmente, cria-se quatro estruturas de dados que receberão os valores de dois vértices de um quadrilátero que contém o eventos de cada local. Depois, cria-se uma estrutura de dado que é composta pelas quatro estruturas anteriores, contendo as diferentes regiões do mapa: Planície, Pântano, Campo e Floresta. Deste modo obtém-se uma lista com os eventos do cenário e as regiões que contém estes eventos. No SIP, todas as funções do SI são tratadas e gerenciadas e nele são realizadas as inferências lógicas necessárias para o funcionamento do jogo e o monitoramento dos conceitos, tendo o SIM como sub-sistema. O SIP inclui as regras do sistema, na qual a estrutura de regras é armazenada, e o Motor de Inferência, o qual é responsável pela forma inferencial a ser aplicada sobre as regras. O SIP é o responsável pelo tratamento da incerteza de determinadas ações do usuário e pelas ações que o jogo tomará para dificultar ou facilitar o caminho do aluno até o fim do jogo.

O jogador recebe uma pista sobre o evento a ser encontrado na região do jogo. Essa pista sempre utilizará uma direção dada por um ponto cardinal e algum outro conceito primário. Se o jogador gastou menos tempo que o previsto para chegar ao evento, duas condições são possíveis: a) o jogador não utilizou o conceito necessário ou b) ele usou, porém não foi capaz de encontrá-lo. Então, o SI pode gerar uma questão sobre um dos conceitos para inferir a Crença sobre seu conhecimento. Em outra situação, o tempo utilizado pode estar muito acima do esperado e o jogador não encontrou o evento. Neste caso, o sistema pode fazer uso de uma questão buscando compreender a situação e enviar pistas complementares para o jogador. Caso o jogador esgote as pistas complementares, o SI pode manipular o mapa do jogo (com ações previamente estabelecidas) de modo que o

jogador termine o jogo com os conceitos necessários apresentados. Por exemplo: caso o jogador necessite entender o que é um arbusto e ele passa por todas as dicas do jogo (sobre arbusto) e não encontra o arbusto (ou não interage com ele) o SI poderá adicionar um arbusto em algum outro ponto do mapa (pré-estabelecido) para que o jogador possa chegar até ele. Tal fato vale também para pontos de controle do mapa, como pontes quebradas, passagens obstruídas, etc.

Utilizando regras baseadas em Crenças, é necessária a definição do intervalo de Crenças que atuam sobre uma determinada regra. Neste caso as Crenças devem ser calculadas a partir da interação do usuário com os conceitos assimilados no jogo. A Crença na avaliação será dada por:

$$(A \text{ AND } (B \text{ OR } C) \text{ AND } D \dots) \text{ -- Fator de Crença } \Rightarrow \text{ CONCLUSÃO (com valor de Crença calculado)}$$

onde A, B, C e D são os conceitos vistos durante o jogo como (A = rio), (B = montanha), etc. e “Fator de Crença” é um valor calculado com base na Crença que o SI inferiu a partir de ações do jogador sobre aqueles conceitos. Por exemplo, quando o jogo atribui um Fator de Crença em determinada premissa, de acordo com a posição do jogador em relação ao centro de um determinado evento, o cálculo é feito da seguinte maneira:

$$Y_Temp = \text{abs}[(y - y_0)/(y/7)]$$

$$X_Temp = \text{abs}[(x_0 - x)/50]$$

$$Cr = 0.35 + (Y_Temp + X_Temp)$$

$$Pl = 0.8 - 0.5 * (Y_Temp + X_Temp)$$

$$Fc = [1 - (Y_Temp + X_Temp)]$$

onde, (x0, y0) é o centro do evento abordado e (x, y) é a posição atual do jogador; Y_Temp e X_Temp são valores calculados para auxiliar em um dado válido para o se atribuir ao intervalo [Cr, Pl]. Fc é calculado de maneira a encontrar um valor apropriado para a distância entre a posição atual do jogador e o ponto abordado.

A partir destas Crenças pode-se obter a Crença geral sobre a conjunção (AND) dos conceitos primários que servirá para dizer a Crença no aprendizado geral desta aplicação. Em resumo, sempre que um conceito for utilizado pelo jogador, uma pergunta deverá avaliar este conceito. Por exemplo: “Uma floresta tem muitas árvores? (S/N)”; “Quão certo você está sobre isto? [1, 10]”. A partir da conjunção das Crenças do aprendizados destes conceitos (Ex.: Aprendeu_Floresta [0,3] AND Aprendeu_Arbusto [0,14] AND Aprendeu_Rio [0,67]) temos um conjunto de Crenças sobre um conjunto de conceitos que podemos utilizar para saber o resultado da avaliação geral do aluno, logo CONCLUSÃO (aluno aprendeu os conceitos jogando) terá uma Crença calculada sobre os dados obtidos no jogo. Para se calcular o intervalo de Crença no aprendizado utiliza-se a seguinte regra:

$$I(A) = [F * Cr(P), 1 - F * (1 - Pl(P))]$$

onde: $I(A)$ é o intervalo de Crença em A; P é a premissa de uma regra de decisão R; F é o fator de Crença; $Cr(P)$ é a Crença em P; $Pl(P)$ é a plausibilidade em P.

Utiliza-se também o intervalo de Crenças em conjunções e disjunções:

$$I(X \text{ AND } Y) = [\min(Cr(X), Cr(Y)), \min(Pl(X), Pl(Y))]$$

$$I(X \text{ OR } Y) = [\max(Cr(X), Cr(Y)), \max(Pl(X), Pl(Y))]$$

com: $I(X) = [Cr(X), Pl(X)]$ e X é satisfeita $\Leftrightarrow Cr(X) \geq CMIN$ e $Pl(X) \geq PMIN$, onde CMIN e PMIN são valores-limites definidos pelo especialista no jogo.

Resultados

O teste do sistema inteligente concebido foi realizado em um jogo tipo RPG para ensino de geografia, como já mencionado anteriormente. Sucintamente, o enredo do jogo consiste em um extraterrestre (ET) que caiu com a sua nave espacial na Terra e para retornar precisa da ajuda do aluno e de seus conhecimentos geográficos para encontrar alguns pedaços da sua nave que se espalharam por uma região. As informações dadas pelo ET sempre incluem uma orientação em função dos pontos cardeais e um outro conceito geográfico que limite a busca. Por exemplo, a dica pode ser: procurar um localizador ao norte de sua posição em uma densidade de pedras. Assim, para prosseguir no jogo, o aluno deve usar conceitos geográficos aprendidos para encontrar os pedaços da nave e auxiliar o ET a voltar para o seu planeta natal. Para tornar o jogo mais atrativo, o ambiente é visto pelo aluno em três dimensões, oferecendo uma melhor noção de profundidade e localização espacial no jogo.



(a)



(b)

FIGURA 1. DIFERENTES CONCLUSÕES DO SISTEMA INTELIGENTE PARA AÇÕES DIFERENTES DO ALUNO



FIGURA 2. REAVALIAÇÃO DE CONCEITOS ASSIMILADOS PELO ALUNO



FIGURA 3. SISTEMA INTELIGENTE AUXILIANDO O ALUNO A SEGUIR O CAMINHO CORRETO

Dependendo das ações do usuário o Sistema Inteligente é capaz de tomar decisões diferentes. Na Figura 1, o jogador alcançou o objetivo em tempos diferentes. Em (a) o jogador alcançou o objetivo em um tempo determinado ideal e portanto o SI apenas informa a próxima pista. Entretanto o tempo de (b) é menor que o esperado, assim é necessário inferir a certeza que o jogador tem, ou não, do conceito abordado pelo evento através de uma questão.

Alguns eventos estão interligados a conceitos anteriormente assimilados pelo aluno, na Figura 2 o Sistema Inteligente faz uma reavaliação da certeza que o jogador tem em um conceito abordado anteriormente que é pré-requisito para alcançar este novo objetivo. Uma outra questão é colocada para o aluno a fim de reavaliar a Crença.

Quando o aluno encontra-se perdido no cenário, diversas informações podem orientá-lo a seguir o caminho do objetivo principal. Na Figura 3, o SI avaliou que o aluno não está encontrando o objetivo principal e adicionou um objetivo alternativo, com novos conceitos associados, para auxiliá-lo a atingir o objetivo principal.

CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma aplicação da Teoria das Evidências de Dempster-Shafer na construção de um sistema inteligente para um jogo educacional. O sistema inteligente foi utilizado para medir o nível de entendimento dos conceitos utilizados pelo aluno/jogador. Esse sistema inteligente é capaz de modificar o jogo em andamento para incluir eventos de modo a medir com maior precisão o aprendizado do aluno. Um jogo educacional para o aprendizado de conceitos de geografia para alunos da 4ª e 5ª série do ensino fundamental foi implementado para testar o sistema inteligente concebido, com sucesso.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi parcialmente financiado pela FINEP (Convênio 01.06.1172.00) e pelo CNPq (bolsa PIBIC/CNPq/UFPB).

REFERÊNCIAS

- [AND03] ANDRADE, L.; ZAVALETA, J.; VAZ, F.; LIMA, C.; ARAUJO, C.; SOARES, A. - Jogos Inteligentes são Educacionais- - XIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - NCE - IM/UFRJ 2003
- [BAR98] BARBOSA, L.M.S. - Projeto de trabalho: uma forma de atuação psicopedagógica. 2ª.ed. Curitiba: L. M. S. 1998.
- [BAT00] BATTAIOLA, A. L. - Jogos por Computador - Histórico, Relevância Tecnológica e Mercadológica, Tendências e Técnicas de Implementação. Anais da XIX Jornada de Atualização em Informática. Curitiba: SBC, 2000, v.2, 83-122 p.
- [BIT03] BITTENCOURT, J. R.; GIRAFFA, L. M. - Role-Playing Games, Educação e Jogos Computadorizados na Cibercultura I Simpósio de RPG em Educação. Rio de Janeiro: CCEAD/PUC-Rio 2003.
- [CAV06] CAVALHIERI, M. C - Modelo Comportamental Baseado em Crenças e Teoria Bayesiana para Simulações de Vida Artificial com Humanos Virtuais - Dissertação de Mestrado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos - PUC-SP 2006
- [CRA03] CRAWFORD, C. - On Game Design - Editora: New Riders Publishing - United States of America 2003
- [DOL73] DOLFUSS, O. - A Análise Geográfica - Coleção Saber Atual; Editora: Difusão Européia do Livro 1973,
- [GRU00] GRÜBEL, Joceline Mausolff; BEZ, Marta Rosecler - Jogos Educacionais - Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas - Centro Universitário Feevale - RS 239, 2755 - CEP 93.352-000 - Novo Hamburgo - RS - Brasil
- [KLI98] KLIR, G. J.; Wierman, M. J. - Uncertainty-Based Information: Elements of Generalized Information Theory. Heidelberg, Physica-Verlag, 1998.
- [PAN06] PANDA3D – Free 3D Engine. Online: www.panda3d.org – Acesso em: 21/06/06
- [SEN88] SENNE, E. L. F. - Motor de Inferência Para Sistemas Especialistas - Tese de Doutorado em Computação Aplicada - Instituto de Pesquisas Espaciais 1988
- [TAR04] TAROUÇO, L. M. R.; FABRE, M.C. J. M.; ROLAND, L. C.; KONRATH, M. L. - Jogos educacionais. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2004.
- [TAT03] TATAI, V. K. - Técnicas de Sistemas Inteligentes Aplicadas ao Desenvolvimento de Jogos de Computador - Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação, DCA-FEEC-UNICAMP 2003.
- [VAL95] VALENTE, J. A. - Diferentes Usos do Computador na Educação - Núcleo de Informática Aplicada à Educação - NIED/UNICAMP - 1995Bezdek, J. C.; *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. Plenum Press, 1981.