

# Avaliação de um jogo inteligente no processo de aprendizagem

Alexandre de Oliveira Zamberlam,  
Claudia Camerini Correa Perez, Rodrigo Rafael Villarreal Goulart

Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas – Centro Universitário Feevale  
RS-239, 2755 – Novo Hamburgo – CEP 93352-000 – Novo Hamburgo – RS – Brazil

{alexz, claudiaperez, rodrigo}@feevale.br

**Abstract.** *This article describes a methodology for games evaluation on ecology learning, and its capacity to get good results. The project, the methodology and the experiment results with students of the preliminary-instruction are presented, as well as the technology used to build the game.*

**Resumo.** *Este artigo descreve a metodologia desenvolvida para avaliação do uso de um jogo eletrônico no ensino de ecologia e sua capacidade de prover resultados satisfatórios no processo de ensino-aprendizagem. O projeto, a metodologia e os resultados do experimento com estudantes do ensino fundamental são apresentados, assim como a tecnologia empregada na construção do jogo.*

## 1. Introdução

Há alguns anos, a teoria de agentes cognitivos vem sendo utilizada em diversas aplicações computacionais do cotidiano como, por exemplo, em Sistemas Tutores Inteligentes, jogos eletrônicos, sistemas de monitoração de tráfego em redes de computadores, entre outras. Essa teoria, em geral, denota entidades mais sofisticadas, capazes de realizar tarefas complexas, já que possuem, de alguma maneira, representação explícita de seu conhecimento e objetivos.

Dentre as arquiteturas existentes de agentes cognitivos, há as baseadas em estados mentais, que adotam uma perspectiva de inspiração psicológica para definir a estrutura dos agentes, os quais são entidades cujo estado é constituído de componentes mentais, tais como crenças, desejos, capacidades, escolhas e compromissos. Dentro das arquiteturas baseadas em estados mentais, encontra-se a abordagem BDI (*Belief, Desire and Intention*), que segundo Wooldridge (2000), um dos principais pesquisadores na área, é considerada um modelo consolidado. A idéia básica dessa abordagem é descrever o processamento interno de um agente utilizando um conjunto elementar de estados mentais como crença, desejo e intenção, e definir uma estrutura de controle através da qual o agente seleciona racionalmente o curso de suas ações.

Assim, a partir desse contexto descrito, o projeto AS-MCOE – AgentSpeak(L) MCOE – tem como finalidade desenvolver um estudo sobre a utilização da abordagem BDI em um jogo educacional, a fim de avaliar o processo de desenvolvimento e aplicação do mesmo com alunos do ensino fundamental. O tema do jogo, proposto originalmente por Lúcia Giraffa (1999), é a ecologia e baseia-se na interação entre um

personagem, comandado pelo aluno, e a cadeia alimentar de um lago, composta por personagens artificiais inteligentes (agentes BDI). O objetivo é manter o equilíbrio da cadeia por meio de “poderes” ou ferramentas que o personagem possui, e as dificuldades relacionadas ao jogo e/ou ao conteúdo são avaliadas por um tutor artificial que envia mensagens com dicas e explicações ao aluno.

Contudo, neste trabalho, a modelagem utilizada por Giraffa e proposta por Michael Móra (2000), foi substituída pela de Rao (1996), cuja linguagem – a AgentSpeak(L) – foi implementada por Hübner (2004). Esses novos recursos viabilizaram a reimplementação dos experimentos realizados por Giraffa e a sua posterior avaliação, relatada neste artigo. Além disso, novos recursos foram utilizados para o desenvolvimento do jogo: a linguagem Java e a *engine* para jogos GTGE (*Golden T Game Engine*).

Enfim, para um melhor entendimento do apresentado, este artigo está dividido em 6 seções. A seguinte discorre sobre a evolução do conjunto de pesquisas relacionadas ao projeto MCOE, com a finalidade de contextualizar o atual estudo. Na seção 3, as ferramentas de operacionalização de inferência do comportamento dos agentes no jogo são tratadas, ou seja, é realizado um detalhamento sobre a linguagem de especificação AgentSpeak(L) e o interpretador Jason, bem como a *engine* GTGE, responsável pela jogabilidade/ambiente do jogo. Na seção 4, é apresentada a estrutura e detalhes do jogo. A seção 5 detalha o experimento realizado. Finalmente, na seção 6, são expostas as considerações finais.

## 2. Histórico

AS-MCOE faz parte de um conjunto de pesquisas sobre softwares educacionais inteligentes realizadas nos últimos dez anos. O eixo principal de todas elas é o *Multi Cooperative Environment* - MCOE, proposto em (Giraffa, 1999) que descreve um ambiente composto por um jogo de ecologia e um tutor inteligente.

Essa investigação teve início com o jogo Eco-lógico (1996), que foi um trabalho de conclusão de curso de graduação (Raabe, 1996), construído com a ferramenta ToolBook (ASYMETRIX, 1994), e que trabalhava somente com a apresentação de uma cadeia alimentar, exibindo conceitos e algumas relações. Em 1998, iniciou-se o projeto MCOE, no qual o jogo apresenta ao aluno um ambiente em que aparecem inúmeros problemas. Ao longo de sua interação com o programa, o aluno deve solucioná-los por meio de seu conhecimento prévio e pelo uso de ferramentas que, combinadas, auxiliarão na construção de uma estratégia de ação. O jogo é composto por um lago onde existe um ecossistema equilibrado formado por peixes, plantas e microrganismos, até que a intervenção de poluentes provoquem alterações no seu estado normal. Esses poluentes aparecem de forma aleatória ao longo do jogo e são combatidos através de ferramentas do personagem, escolhidas livremente por cada aluno para resolver o problema da poluição do lago. O jogo foi concebido para alunos que estejam frequentando a 3ª e 4ª séries do ensino fundamental e foi construído em Visual C++ e com o pacote de APIs DirectX (Giraffa, 1999). Já o tutor – construído obedecendo ao paradigma de agentes BDI – especificado e implementado por meio do ambiente X-BDI (Mora, 2000), avalia o relacionamento do jogador com o jogo, auxiliando o aluno com mensagens de ajuda. O trabalho desenvolvido por Giraffa (1999) reservou-se a explorar o ensino da

conscientização ecológica com o auxílio de um “tutor” artificial através de um ambiente que utiliza a metáfora de jogos. O problema abordado e as soluções apresentadas trouxeram desafios a serem trabalhados.

Na fase seguinte, Callegari (1999) apresentou uma proposta (RL-MCOE) de ampliação da arquitetura multiagente reativa existente no ambiente MCOE, por meio de uma técnica de aprendizagem por reforço (*W-Learning*).

Em 2001, foi apresentado o E-MCOE (Goulart, 2002), que introduz um agente mediador no MCOE, acompanhando as trocas de informações entre o jogo e o tutor. Essa funcionalidade também utilizou agentes reativos modelados com a técnica de aprendizagem por reforço proposta por Callegari (1999). No entanto, os agentes aluno e tutor foram codificados de acordo com o modelo BDI de agentes cognitivos. Nesse trabalho, foram levadas em consideração tarefas/processos externos que normalmente eram tratados no módulo tutor. Esses processos permitem distribuir a complexidade da modelagem e supervisão do conjunto de informações entre a interação dos agentes.

Por fim, em 2005 iniciou-se o projeto AS-MCOE que se caracteriza pela investigação científica dos avanços pedagógicos e tecnológicos decorrentes da utilização de técnicas de Inteligência Artificial na educação de crianças, tendo como objetivo avaliar a utilização de tutores inteligentes no ensino de ecologia, dando continuidade ao trabalho desenvolvido no ambiente MCOE. Entretanto, o tutor e os agentes existentes estão sendo implementados por meio da linguagem AgentSpeak(L) e do interpretador Jason. Esses agentes estão inseridos em um jogo, construído através da *Golden T Game Engine* (GTGE).

### 3. AgentSpeak(L), Jason e Engine GTGE

A linguagem proposta por Rao (1996), AgentSpeak(L), é utilizada na construção (programação lógica) de agentes BDI em sistemas que estão permanentemente em execução (*reactive planning systems*), reagindo a eventos que ocorrem no ambiente (Bordini e Vieira, 2003). Um agente AgentSpeak corresponde à especificação de um conjunto de crenças e um conjunto de planos. As informações sobre os desejos (estados futuros a serem atingidos), além das alternativas disponíveis ao agente para ativar as intenções (atingir seus objetivos), estão implicitamente representadas nos planos (Hübner, 2004). Planos são referências às ações básicas de agentes no ambiente, ou seja, um plano determina uma forma de atingir um determinado objetivo.

O interpretador Jason, proposto por Hübner (2004), é um sistema para modelagem e execução de agentes AgentSpeak. Nele é possível descrever planos, crenças e o ambiente em que os agentes estão inseridos. É distribuído na forma de um *plugin* da Ferramenta de Desenvolvimento Integrado (IDE) Jedit, que viabiliza mecanismos para facilitar a configuração, codificação e execução de um sistema multiagente. O Jason pode ser executado em três diferentes modos: (i) “normal”, que executa o sistema de forma contínua; (ii) depuração, que executa o sistema *passo-a-passo*, a cada ciclo de “raciocínio” dos agentes; (iii) integrado a outro sistema, de forma a implementar apenas o raciocínio de agentes inseridos no sistema desenvolvido. Isso viabiliza, por exemplo, a comunicação de agentes com sistemas legados utilizando protocolos de comunicação diferenciados. Segundo Hübner (2004), o interpretador implementa atos de fala (*speech act*) para a comunicação entre agentes por meio do

ambiente SACI (*Simple Agent Communication Infrastructure*), tornando possível a utilização de um sistema multiagente em Jason em redes de computadores. Outra importante característica em relação a outros interpretadores de agentes BDI, é que ele foi implementado na linguagem Java, estando disponível em código aberto (*Open Source*) e distribuído sobre a licença GNU LGPL.

A *engine* GTGE, conforme (Studios, 2006), é uma biblioteca/API de programação multiplataforma para o desenvolvimento de jogos. Escrita na linguagem Java, ela fornece um conjunto de rotinas de alto nível para programação orientada a jogos, a fim de que o programador tenha fácil acesso a recursos de hardware (como placas aceleradoras de vídeo e som) e rotinas básicas de jogos (como detecção de colisões e de comportamento de personagens).

Afinal, todas as três ferramentas descritas pertencem à categoria de software livre, que, segundo a definição criada pela *Free Software Foundation*, é qualquer programa de computador que pode ser usado, copiado, estudado, modificado e redistribuído com algumas restrições.

#### 4. A arquitetura do jogo

O desenvolvimento de um jogo implica a especificação detalhada dos personagens, suas ações e percepções (ambiente), além das leis que regem o ambiente. Nesse caso, as ações e percepções são determinadas pelo papel de cada personagem. Um peixe pode, por exemplo, mover-se e perseguir outros seres que sejam considerados alimento. Um personagem poluidor (que não é “inteligente”) e as ferramentas ou “poderes” do jogador influenciam na saúde da cadeia alimentar. Todos esses fatores determinam o grau de limpeza do lago, representado no jogo por um objeto chamado ecômetro (medidor), que é calculado a partir da média da energia dos seres vivos. Parte dessas heurísticas é mostrada na Tabela 1, de acordo com um estudo realizado por especialistas, relatado em (Giraffa, 1999).

**Tabela 1. Retirada e reposição de energia [Giraffa 1999].**

Personagem vs. Interventor	Retirada			Reposição	
	Lixo urbano	Pesca predatória	Esgoto doméstico	Pescar em área permitida	Devolver peixes em reprodução
Peixe pequeno	-5	-30	-10	+10	+20
Peixe médio	-5	-20	-10	+10	+20
Peixe grande	-5	-10	-10	+10	+15
Plantas	-10	-	-10	+5	+5

O jogo é implementado seguindo as especificações de “jogabilidade”, interface gráfica e ajuda *online* propostos originalmente no projeto MCOE. Apenas o *design* gráfico foi aprimorado com o auxílio de profissionais da área de comunicação que fazem parte da instituição de ensino onde a pesquisa é realizada. A Figura 1 ilustra o protótipo desenvolvido.

Para esse jogo, foram desenvolvidos mecanismos específicos para o tema em questão. O comportamento dos peixes foi modelado e implementado na forma de agentes cuja “área de percepção” influencia as ações a serem tomadas por eles. Por exemplo, um peixe de tamanho “Grande” persegue peixes de tamanho “Médio” quando

ele está com fome e estes estão dentro de sua área de percepção. A avaliação da área de percepção de cada personagem é feita durante a atualização (*update*) de cada quadro da animação. Detalhes da modelagem e da integração entre a *engine* GTGE e o interpretador Jason podem ser encontrados em (Goulart e Zamberlam, 2006).



Figura 1: A interface do protótipo.

O processo de desenvolvimento do jogo segue três etapas: (i) análise e (re)modelagem da arquitetura e do jogo MCOE; (ii) implementação do jogo e do tutor inteligente; (iii) avaliação do jogo e do tutor no ambiente escolar. A primeira etapa da pesquisa já foi realizada e concentrou-se no estudo de questões tecnológicas e operacionais. A segunda etapa foi subdividida na implementação do jogo e tutor. Para avaliar o emprego do tutor na terceira etapa, foi desenvolvido um experimento, detalhado na próxima seção, contendo apenas o jogo.

## 5. Especificação de um modelo de experimento em sala de aula e avaliação dos resultados.

Com a finalidade de avaliar a influência do jogo sem o auxílio de um tutor artificial, um experimento em sala de aula foi planejado e executado no final do ano de 2006.

### 5.1. Estrutura do experimento

O experimento foi realizado nos dias 18 e 21 de dezembro de 2006. A turma escolhida para o estudo foi do terceiro ano do ensino fundamental, composta por quinze alunos. No primeiro encontro, o questionário de pré-análise foi aplicado a todos os alunos. No segundo dia, os alunos foram divididos em dois grupos (A e B). O grupo A (sete alunos) era composto pelos alunos que tiveram pior desempenho na pré-avaliação. Eles brincaram com o jogo desenvolvido e em seguida responderam a um novo questionário. Os alunos do grupo B (oito alunos), que tiveram aproveitamento satisfatório, responderam o novo questionário e então utilizaram o jogo. Esse experimento foi composto pelas seguintes etapas:

1. *Definir o conteúdo a ser avaliado:* com o auxílio dos professores de biologia (e/ou disciplinas correspondentes ou relacionadas), da orientadora pedagógica da escola

e das especificações descritas no trabalho de Giraffa (1999), foi definido o conteúdo de ecologia a ser abordado na avaliação. Como resultado, produziu-se uma lista de categorias de habilidades (Tabela 2) a serem verificadas. Para cada habilidade foram associados alguns conceitos gerais e específicos;

2. *Produzir questões de avaliação*: novamente com auxílio dos professores e da orientadora, baseando-se na Tabela 2, foram criadas as questões para avaliação. Para tanto, foram elaboradas diferentes questões de mesma categoria, a fim de construir mais de um questionário;

3. *Aplicar um questionário (pré-avaliação) na turma antes do uso do jogo*: conforme indicado por Giraffa (1999) e em discussão com os professores de biologia e a orientadora pedagógica, escolheu-se uma turma de alunos do terceiro ano do ensino fundamental. Aplicou-se, então, um questionário baseado na lista de categorias de habilidades e na lista de questões confeccionadas anteriormente, com a intenção de verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre ecologia. Foram utilizadas 10 questões;

**Tabela 2. Habilidades a serem verificadas.**

	Habilidades desejadas	Conceitos Gerais	Conceitos Específicos
A	Relacionar os efeitos de um agente com um grupo de seres de uma cadeia	Agentes poluidores versus. Seres vivos	Jet-ski, lanchas, peixes, microorganismos
B	Relacionar os conhecimentos sobre um recurso natural	Natureza, seres vivos	Peixes, aguapés, plantas, ecossistema
C	Relacionar os efeitos de um agente com um recurso natural	Agentes poluidores versus. Natureza	Esgoto, lago, resíduos, ecossistema
D	Relacionar mecanismos ou atores de combate com os agentes poluidores a serem combatidos	Agentes poluidores versus Personagens jogo; Agentes poluidores versus Natureza	Sujeira, lago, sol, aguapés, seres vivos, plantas, microorganismos, natureza, ecossistema, Mãe-Natureza, prefeito, lixeiras, jet-skis, lanchas, ambiente, empresas, resíduos industriais
E	Expressar os conhecimentos sobre um ser vivo	Seres vivos	Peixes, plantas, aguapés, microorganismos
F	Expressar os conhecimentos sobre uma cadeia alimentar	Seres vivos	Cadeia alimentar, peixes, plantas, microorganismos

4. *Selecionar os alunos dos grupos A e B, a partir do resultado da avaliação do primeiro questionário*: a cada questão, obedecendo à Tabela 2, foi atribuída uma “nota”: (SO) Superou os objetivos; (AO) Atingiu os objetivos; (AP) Atingiu parcialmente os objetivos; (NA) Não atingiu os objetivos; (NR) Não respondeu. Assim, para formar o grupo de A, que irá utilizar o jogo e posteriormente realizar nova avaliação, com a finalidade de verificar se o jogo contribui para o ensino de ecologia, foram adotados os seguintes critérios, de acordo com as “notas” obtidas:

- 4.1. maior quantidade de “Não respondeu – NR”;
- 4.2. seguido da menor quantidade de “Atingiu os objetivos – AO”;
- 4.3. seguido, finalmente, da menor quantidade de “Superou os objetivos – SO”.

5. *Elaborar novo questionário a ser aplicado no grupo A, após o uso do jogo: o novo questionário foi concebido segundo dois critérios:*

5.1. questões do questionário da pré-avaliação (devidamente modificadas) que tiveram a maior quantidade de NR;

5.2. questões de mesma categoria do questionário da pré-avaliação, baseadas na Tabela 2, a fim de completar o número total de questões.

Sendo assim, buscou-se medir habilidades e conceitos trabalhados no jogo construído para esta investigação.

6. *Jogar:* nesta etapa, o jogo foi disponibilizado aos alunos sob condições controladas de tempo (duas horas). Foram coletados dados sobre a interação e informações sobre as dificuldades e qualidades apresentadas pelo jogo, por meio da observação e relato dos alunos durante a atividade.

7. *Reaplicar o novo questionário:* depois de os alunos do grupo de A terem utilizado o software, foi realizada nova avaliação.

## 5.2. Resultados e análise do experimento

No questionário de pré-avaliação das crianças do grupo A (Figura 2), 23% recebeu a “nota” AO; 6,3% foram avaliados com SO; 41,3% não responderam às questões (NR) e 28,6% receberam outras “notas” (AP, NA). A soma das porcentagens de NR com AP e NA, demonstra que 69,8% das crianças não mostraram habilidade ou conhecimento suficiente sobre ecologia (de acordo com o definido na Tabela 2).

Entretanto, após o uso do jogo e a aplicação de novo questionário ao mesmo grupo (Figura 3), foi possível verificar alteração positiva em relação à pré-avaliação. A “nota” AO subiu para 36,5%, ou seja, houve um aumento de 12,7%; SO teve um incremento de 3,2%, alcançando 9,5%. Já o resultado NR alcançou 14,3%, ou seja, ocorreu uma diminuição de 27% de incidência.

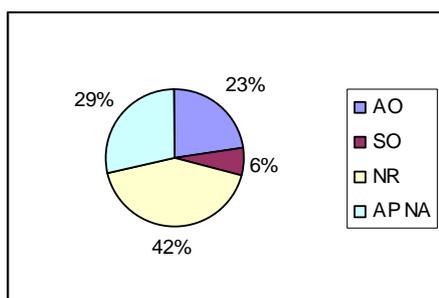


Figura 2: Pré-avaliação do grupo A.

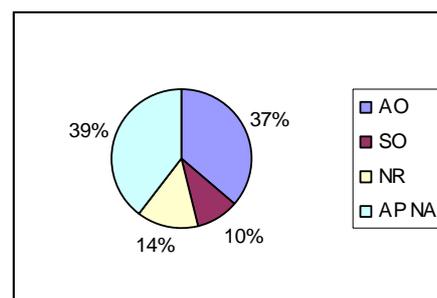


Figura 3: Nova avaliação do grupo A.

## 6. Considerações Finais

Este artigo apresenta os resultados parciais obtidos com a experimentação de um jogo educacional inteligente para o ensino de ecologia. A proposta original inclui o emprego de um tutor artificial no ensino assistido do conteúdo de ecologia, cuja tecnologia foi modificada com propostas recentes. Contudo, foi necessária uma avaliação à parte do jogo, para que a utilização do tutor possa ser avaliada com maior precisão em um futuro experimento.

Com o experimento relatado, o conhecimento dos alunos pôde ser avaliado de forma quantitativa e qualitativa. Os números apresentados, apesar de não serem representativos (quantidade ideal de sujeitos para um experimento com tais características), demonstraram a evolução dos alunos ao responderem as questões aplicadas. A quantidade de alunos que não responderam (NR) reduziu e houve melhora na qualidade das respostas (de AO para SO). Os motivos para tal conclusão são: (i) maior familiaridade com os termos empregados nos questionários e no jogo; (ii) identificação de situações-problema que viabilizaram a contextualização das questões.

Resta, para um novo experimento, avaliar a influência do tutor artificial sobre os alunos que atingiram parcialmente (AP) ou não atingiram os objetivos (NA), e principalmente, sobre os que não souberam responder (NR) às questões apresentadas.

### Referências Bibliográficas

- ASYMETRIX (1994). ToolBook : user manual. Bellevue, WA.
- Bordini, R. H., Vieira, R. (2003). Linguagens de programação orientadas a agentes: uma introdução baseada em AgentSpeak(L). Revista de Informática Teórica e Aplicada, X(1): 7–38.
- Callegari, D. A. (1999). Aplicando aprendizagem por reforço a uma arquitetura multiagente para suporte ao ensino de educação ambiental. Dissertação de Mestrado, PPGCC/PUCRS, Porto Alegre.
- Giraffa, L. M. M. (1999). Uma Arquitetura de tutor utilizando estados mentais. Tese de Doutorado, CPGCC/UFRGS, Porto Alegre.
- Goulart, R. R. V. (2002). Utilizando a tecnologia de agentes na construção de sistemas tutores inteligentes em ambiente inteligente. Dissertação de Mestrado, PUCRS, Porto Alegre.
- Goulart, R. R. V., Zamberlam, A. O. (2006). AS-MCOE: Tutor inteligente modelado em AgentSpeak(L) In: XV Seminário de Computação, 2006, Blumenau. XV Seminário de Computação. Blumenau: FURB.
- Hübner, J., Bordini, R., Vieira, R. (2004). Introdução ao desenvolvimento de sistemas multiagentes com Jason. In XII Escola de Informática da SBC, volume 2, pág. 51–89, Guarapuava. UNICENTRO.
- Móra, M. D. C. (2000). Um modelo formal e executável de agentes BDI. Tese de Doutorado, CPGCC/UFRGS, Porto Alegre.
- Raabe, A. L. A.; JAVINCZIK, A. M. ; GIRAFFA, L. M. M. (1996). Eco-Lógico: Ambiente interativo para suporte ao ensino de educação ambiental.. In: IV Congresso Internacional de Informática e Aprendizagem.
- Rao, A. S. (1996). AgentSpeak(L): BDI agents speak out in a logical computable language. In van Hoe, R., editor, Seventh European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World, Eindhoven, The Netherlands.
- Studios (2006). Golden T Game Engine, <http://www.goldenstudios.or.id/products/GTGE/>; Acesso em 27 Junho de 2006.
- Wooldridge, M. (2000). Reasoning about rational agents. The MIT Press, London.