

Jogadores Virtuais em Jogos de Papéis

Diana F. Adamatti*[‡]

Jaime S. Sichman*[†]

Helder Coelho⁺

*Laboratório de Técnicas Inteligentes

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Brasil

+ Laboratório de Modelação de Agentes

Departamento de Informática da Universidade de Lisboa - Portugal

Abstract

This paper proposes the insertion of Virtual Players in GMABS (Games and Multi-Agent-Based Simulation) methodology, to support the negotiation process in conflict resolution. This methodology uses Multi-Agent-Based Simulation (MABS) and Role-Playing Games (RPG) techniques in integrated way.

First, a generic architecture for virtual players in GMABS is defined and after, a prototype to this architecture is implemented.

Keywords: Role-Playing Games, Multi-Agent-Based Simulation, Making-decision in players.

Authors' contact:

*{diana.adamatti,jaime.sichman}@poli.usp.br

+ hcoelho@di.fc.ul.pt

1. Introdução

Jogos de Papéis (Role-Playing Games - RPG) consistem em um tipo de jogo onde os jogadores "interpretam" uma personagem, criada dentro de um determinado cenário (ambiente). As personagens respeitam um sistema de regras, que serve para organizar suas ações, determinando os limites do que pode ou não ser feito [Klimick, 2003]. RPG é uma técnica muito utilizada em treinamento, pois pode colocar os jogadores frente a situações de tomada de decisão sem consequências reais. Em especial, grandes empresas têm utilizado RPG em cursos devido ao fator lúdico envolvido nos jogos, o que faz com que o treinamento e/ou aprendizagem de determinado assunto seja facilitado.

Já os chamados Sistemas Multiagentes (SMA) estudam o comportamento de um conjunto de agentes autônomos com diferentes características, evoluindo em um ambiente comum. Estes agentes interagem uns com os outros, podendo ter como objetivo realizar suas tarefas de modo cooperativo, compartilhando informações, evitando conflitos e coordenando a execução de atividades [Álvares e Sichman, 1997].

Adicionalmente, a utilização da simulação como elemento auxiliar na tomada de decisões humanas é muito eficaz, pois seu emprego permite o exame de detalhes específicos com grande precisão. Da integração das tecnologias de sistemas multiagentes e de simulação surgiu a área de Simulação Baseada em Multiagentes (*Multi-Agent-Based Simulation* - MABS),

que é especialmente útil em domínios onde a interdisciplinaridade se faz presente [Gilbert e Troitzsch, 1999].

A utilização de MABS e RPG (de forma isolada ou integrada) tem sido utilizada em diversos trabalhos [Barreteau *et al.*, 2001] [DAquino *et al.*, 2003], e pode trazer resultados interessantes, pois une a capacidade dinâmica de MABS com a capacidade de discussão e aprendizado das técnicas de RPG. Neste artigo, a utilização integrada das técnicas de RPG e MABS será denominada **Games and Multi-Agent-Based Simulation - (GMABS)**.

Quando um RPG é realizado, este necessita de um certo número de jogadores para ser executado. Os jogadores podem estar em locais diferentes (se o jogo é realizado via Web, por exemplo) e/ou atuar em tempos diferentes (se for realizado de forma assíncrona). Contudo, em certas ocasiões, um jogo não pode ser realizado, pois não há o número mínimo de jogadores para realização do mesmo. Desta maneira, seria muito útil a existência de *Jogadores Virtuais*, que possam substituir os jogadores reais sem danos ao jogo. Entende-se por danos ao jogo, uma situação na qual outros jogadores reais conseguem identificar facilmente quais foram as decisões dos jogadores virtuais, ou seja, as decisões tomadas pelos jogadores virtuais não são verossímeis.

Este artigo tem por objetivo apresentar uma arquitetura genérica desenvolvida para a metodologia GMABS, onde Jogadores Virtuais podem ser habilitados. Estes Jogadores Virtuais serão implementados utilizando a tecnologia de agentes, visando um comportamento não-trivial dos mesmos, ou seja, que a tomada de decisão destes jogadores esteja próxima do raciocínio humano.

O artigo está dividido em 6 seções. A seção 2 apresenta o funcionamento da metodologia GMABS. A seção 3 apresenta a arquitetura genérica proposta, onde Jogadores Virtuais são inseridos a metodologia GMABS. Na seção 4 é apresentado um RPG para o domínio de gerenciamento de recursos naturais, o *JogoMan*, que utiliza a metodologia GMABS. A seção 5 mostra como foi implementada a arquitetura genérica proposta na seção 3 para o contexto do *JogoMan* e na seção 6 apresentam-se as conclusões obtidas até o momento, bem como os trabalhos futuros a realizar.

[‡] Financiada pelo CNPq, processo no. 141851/2004-0.

[†] Parcialmente financiado pelo CNPq, processos no. 482019/2004-2 e 304605/2004-2.

2. Metodologia GMABS

Neste artigo, a metodologia de integração das técnicas de RPG e MABS é denominada *GMABS (Games and Multi-Agent-Based Simulation)*. O funcionamento desta metodologia segue a sequência de passos apresentada na Figura 1:

1. Os jogadores recebem todas as informações sobre o jogo (regras e cenário inicial). São definidos os papéis que cada jogador irá desempenhar. Suponha-se um jogo onde existam os papéis de industrial e ecologista, e cujo objetivo é verificar a qualidade das águas de uma determinada região. Cada jogador primeiramente saberá quais as regras que cada papel pode executar, que benefícios e/ou prejuízos suas ações podem causar à qualidade da água, bem como onde estão fisicamente localizados no jogo e o que possuem inicialmente (dinheiro, terras, etc.). Para o caso do papel do industrial, pode ser definido qual é o tamanho, local, lucratividade, quantidade de poluição, etc., de sua(s) empresa(s);
2. De posse de todas as informações necessárias para iniciar as negociações, os jogadores trocam informações e realizam a tomada de decisão (de acordo com as regras inicialmente estabelecidas) para os papéis escolhidos. Normalmente, a duração deste passo é definida no início do jogo (por exemplo, 10 minutos). Em alguns casos, é necessário um tempo maior para este passo, dependendo da quantidade de jogadores, dificuldade das regras do jogo, etc. Por exemplo, o industrial pode decidir aumentar a sua produção, vender propriedades, etc.;
3. Os jogadores informam ao simulador multiagentes quais foram suas ações escolhidas;
4. Os dados são computados pelo simulador (processamento das ações): estas ações irão modificar o cenário inicial. As propriedades do ambiente são modificadas, o que implica na modificação de dados de cada papel. Por exemplo,

se o jogador que representa o industrial resolve instalar uma nova indústria no cenário, o jogador que representa o ecologista perceberá a mudança no índice de poluição das águas. Este passo é o final do primeiro turno de jogo;

5. O simulador retorna o novo cenário, após as alterações realizadas pelas ações escolhidas pelos jogadores (um novo turno é iniciado, retornando-se ao passo 2).

Esta sequência de passos poderá ser repetida diversas vezes, dependendo dos objetivos do jogo. Normalmente, o primeiro turno de simulação é mais longo (tempo de duração), pois os jogadores estão conhecendo melhor as regras e como manipular os recursos que o jogo oferece. Os turnos seguintes são mais curtos, pois os jogadores já têm um objetivo e definiram as estratégias para conquistá-lo. Independente do número de rodadas, ao final, sempre é realizada uma discussão (*debriefing*) sobre as escolhas feitas por cada jogador, com o objetivo de entender melhor a problemática e possíveis soluções apresentadas [Dorn,1989] [Egenfeldt-Nielsen,2004].

3. RPG Semi-Automático

O RPG é um jogo que se baseia na idéia que cada jogador assumirá um papel e tomará decisões a partir das regras estabelecidas pelo jogo. Entretanto, um fator muito importante no RPG é o aspecto socializante, a partir da interação dos jogadores, fazendo com que os mesmos aprendam uns com os outros. Desta maneira, quando se pensa na inserção de jogadores virtuais em um RPG, deve haver uma preocupação com a interação entre estes novos jogadores artificiais e os jogadores reais.

A motivação inicial para desenvolvimento de Jogadores Virtuais foi a falta do número mínimo de jogadores reais em RPGs anteriormente realizados. Contudo, percebeu-se que os jogadores virtuais, além de substituírem jogadores reais pelo fato da falta dos mesmos, poderiam também ser inseridos

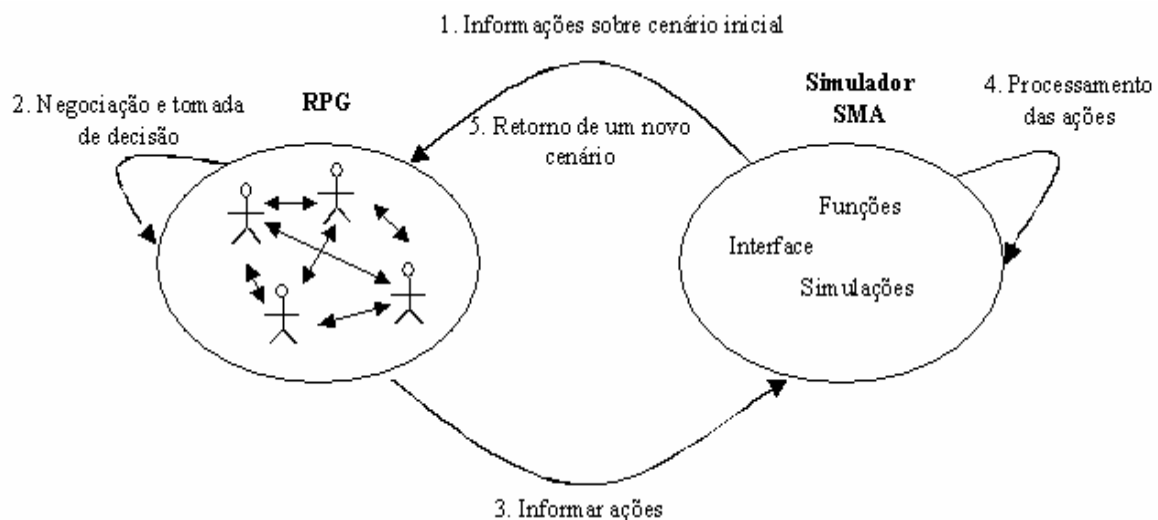


Figura 1: Funcionamento da Metodologia GMABS.

propositadamente para apresentar novas visões de jogo aos jogadores reais. Ou seja, os jogadores virtuais podem auxiliar os jogadores reais no processo de aprendizagem do domínio e da problemática abordada pelo RPG.

Assim, o desenvolvimento de um RPG Semi-Automático, onde Jogadores Reais e Jogadores Virtuais coexistem em um mesmo jogo, tem dois principais objetivos: i) substituir jogadores reais, caso não haja o número mínimo para o início do jogo; ii) inserir propositadamente alguns jogadores virtuais com o intuito de apresentar novas situações de tomada de decisão aos jogadores reais, de forma que estes jogadores tenham uma visão mais ampla do jogo.

Para a integração de Jogadores Reais e Jogadores Virtuais, no contexto da metodologia GMABS, propõem-se uma arquitetura genérica, apresentada na Figura 2.

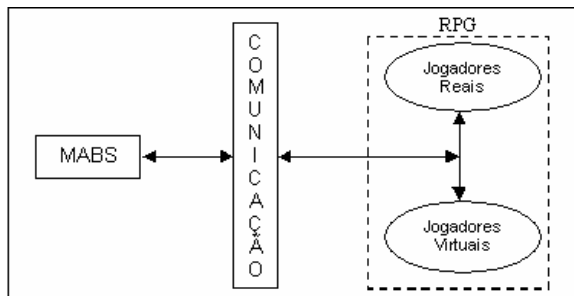


Figura 2: Arquitetura Genérica para GMABS com Jogadores Virtuais.

Na Figura 2, são apresentados 3 elementos: MABS, Comunicação e RPG. O primeiro elemento (MABS) refere-se a uma ferramenta de simulação baseada em sistemas multiagentes. O segundo elemento (Comunicação) refere-se a um *middleware* de comunicação entres os dois outros elementos (MABS e RPG). Para obter-se um RPG semi-automático, o terceiro elemento (RPG) é subdividido em duas partes: Jogadores Reais e Jogadores Virtuais (diferentemente do RPG apresentado na Figura 1). O segundo elemento (Comunicação) também deve dar suporte à comunicação entre os jogadores reais e/ou virtuais.

Com a definição da arquitetura desta maneira, espera-se ter independência de domínio e de ferramenta, ou seja, que a metodologia GMABS possa ser implementada para qualquer área de conhecimento e ferramenta de simulação multiagente existente. Os requisitos para que haja comunicação entre as ferramentas de MABS e o RPG são os seguintes:

- A ferramenta de MABS deve fornecer, em algum formato (por exemplo, ASCII), os dados informativos do sistema, como a situação atual do cenário e dos jogadores;
- A camada de comunicação deve possuir o conhecimento padrão sobre o domínio, ou seja, deve receber as informações do MABS e repassá-

las de forma integral e uniforme para os jogadores reais e virtuais. Também deve retornar as ações escolhidas pelos jogadores ao MABS, a fim de executá-las no simulador;

- Os jogadores virtuais devem receber as informações da camada de comunicação e serem capazes de manipulá-las, e se necessário comunicar-se com os outros jogadores (reais e/ou virtuais), a fim de obter novas informações sobre o cenário e/ou jogadores que julgar importantes;
- Os jogadores reais devem receber as informações de comunicação de modo uniforme, sem distinção do emissor (jogadores reais ou virtuais).

Esta arquitetura foi implementada no contexto do RPG JogoMan, descrito a seguir.

4. RPG em Gerenciamento de Recursos Naturais

No contexto do Projeto Negowat¹, foi desenvolvido um protótipo chamado **JogoMan** (Jogo dos Mananciais), cujo domínio do problema é o gerenciamento de recursos naturais, mais especificamente a problemática dos recursos hídricos, e tal protótipo foi implementado seguindo a metodologia GMABS.

Este jogo é uma simplificação da realidade, e envolve problemas de gerenciamento de água e de solo em 3 diferentes cidades e o gerenciamento da pressão urbana sobre esta região. O nome, "Jogo dos Mananciais", deve-se ao fato que as regiões de captação de água são chamadas áreas de mananciais. No caso do projeto Negowat, a região de estudo é a Região Metropolitana de São Paulo, que tem grande parte de sua área sobre a região dos Mananciais do Estado de São Paulo.

A implementação do protótipo foi realizada no simulador Cormas [Cormas, 2006], que é uma ferramenta de MABS desenvolvida para utilização nas áreas de gestão de recursos naturais.

O objetivo específico deste jogo é determinar a qualidade e a quantidade de água na bacia peri-urbana existente. Esta bacia é comum para as 3 cidades implementadas no jogo.

O espaço do jogo é bidimensional (uma matriz), dividida em parcelas (lotes) e estas parcelas possuem um uso do solo (por exemplo agricultura ou floresta) e um proprietário.

Os jogadores podem alterar o uso do solo, colocar infra-estrutura (como escolas, rede de água tratada ou esgoto) ou vender/comprar novas parcelas. Existem 4

¹ Facilitating Negotiations Over Land and Water Conflicts in Latin American Peri-Urban Upstream Catchments: Combining Multi-Agent Modelling with Role-Playing Games. Finaciado pela Comissão Europeia Proc. N. ICA4-CT-2002-10061 e FAPESP Proc. N. 2002/09817-5.

tipos de jogadores, cada um com diferentes objetivos e ações possíveis no jogo:

1. **Prefeitos:** cada cidade tem uma atividade principal diferente: urbana, agrícola ou de áreas preservadas (floresta). Desta maneira, cada prefeito tem objetivos diferentes. Por exemplo, se a cidade C é uma área preservada, o jogador que assumir o papel de prefeito de C deve persistir no objetivo de manter o município preservado. Os prefeitos podem aumentar o número de infra-estrutura nas cidades, como redes de água potável ou construção de escolas e/ou hospitais. Por exemplo, durante o jogo, no processo de negociação (RPG), os proprietários particulares deveriam pedir, ou até mesmo exigir, que os prefeitos implementem a infra-estrutura em suas cidades, visto que os proprietários pagam impostos;
2. **Administrador da Companhia de Água (ÁguaPura):** a companhia de água é uma empresa pública e pode implantar rede de água potável e de saneamento em qualquer área dos três municípios. Além disso, controlar os preços destas tarifas;
3. **Proprietários Particulares:** cada um dos 9 proprietários possui 5 áreas (5 parcelas do espaço), com diferentes usos do solo, como floresta ou agricultura não-irrigada. Para cada tipo de uso do solo, há diferentes valores de manutenção (impostos) e retorno financeiro. Cada área pode ser vendida ou pode ter seu uso do solo modificado;
4. **Representante dos Sem Teto:** este jogador tem uma função especial no jogo, pois é responsável pela alocação de um número determinado de novas famílias em cada ciclo de simulação. Estas novas famílias chegam a região (o que caracteriza a pressão urbana) e podem ser alocadas em loteamentos (com infra-estrutura) ou em favelas (sem infra-estrutura). Dependendo da maneira que estas famílias forem alocadas, a qualidade e/ou quantidade de água da região é alterada.

Cada jogador escolhe suas ações individualmente. Contudo, este deve saber que suas ações podem influenciar todos os jogadores, pois a qualidade da água depende do uso do solo. Por exemplo, se um dos prefeitos decide reduzir os impostos para que os proprietários particulares preservem suas áreas (florestas), vários proprietários particulares podem decidir manter suas áreas com florestas ou investir em reflorestamento. Essa ação beneficia a qualidade e a quantidade da água. Se um proprietário particular decidir construir uma indústria, visando um maior retorno financeiro, sua ação poderá prejudicar a qualidade das águas.

Foram realizados uma série de jogos com este protótipo, que nos ajudaram a entender melhor o domínio do problema e tornar o jogo mais realista. As etapas para estruturação, implementação e testes realizados no JogoMan podem ser encontrados em [Adamatti *et al.*, 2005].

5. RPG Semi-Autônomo no JogoMan

Para implementar a arquitetura proposta na Figura 2, onde a metodologia GMABS inclui Jogadores Virtuais, foram escolhidas ferramentas que atendessem os requisitos estabelecidos na seção 3. Para os três elementos (MABS, Comunicação e RPG) as ferramentas escolhidas foram as seguintes, conforme mostra a Figura 3:

- **Ferramenta MABS:** o simulador CORMAS foi utilizado na implementação do protótipo do JogoMan e assim, pode-se reaproveitar todas as funcionalidades já implementadas para o JogoMan. O CORMAS também possui funções específicas para retorno de dados em diferentes formatos, como ASCII, um dos pré-requisitos definidos.
- **RPG:**
 - o **Jogadores Virtuais:** escolheu-se a arquitetura BDI (*Beliefs, Desires and Intentions*) para tomada de decisão, pois esta arquitetura possui uma lógica definida a partir da linguagem *AgentSpeak(L)* [Rao1996] e um interpretador chamado Jason [Bordini e Hübner, 2004]. Este interpretador permite que cada passo da lógica desenvolvida possa ser visualizado e analisado individualmente, e permite que haja comunicação entre os jogadores virtuais e o ambiente, ou seja, com os outros jogadores virtuais e/ou reais e com o simulador MABS (ver na Figura 4 um exemplo de jogador virtual implementado em Jason).
 - o **Jogadores Reais:** para cada jogador, um Applet Java foi implementado, onde estes jogadores podem escolher suas ações e também realizar troca de informações com os outros jogadores (reais e/ou virtuais) via *chat* (ver Figura 5 a interface de um jogador real).
- **Camada de Comunicação:** para realizar a comunicação entre todos os jogadores (virtuais e/ou reais) escolheu-se a plataforma SACI (*Simple Agent Communication Infrastructure*) [Hübner e Sichman, 2000], que realiza comunicação a partir da linguagem KQML (*Knowledge Query and Manipulation Language*) [Labrou e Finin, 1997]. Como linguagem de comunicação entre os elementos MABS e RPG, escolheu-se SOAP (*Simple Object Access Protocol*) [SOAP, 2005]. Tal escolha se justifica pelo fato do simulador CORMAS ser implementado em SmallTalk e o interpretador Jason em Java, sendo que tanto SmallTalk quanto Java possuem APIs para SOAP.

JogoMan - Escolha Jogador - Mozilla Firefox

File Edit View Go Bookmarks Tools Help

Nome do Jogador : aguapura_ap Número da Rodada: 2 Dinheiro: 47520.0 Lotes: Urban(1) Urban(2) Favela(3) IrrigatedAgriculture(4)

Confirma Ações da Rodada

Compra e Aluguel de Lotes

Ação	Lote	Preço	Do Jogador	Parcelas
Escolher Acao	1	0	prefeito_a	1
Escolher Acao	1	0	prefeito_a	1
Escolher Acao	1	0	prefeito_a	1
Escolher Acao	1	0	prefeito_a	1
Escolher Acao	1	0	prefeito_a	1

Modificação de Uso do Solo

Lote	Novo Uso do Solo
1	Escolher Uso
1	Escolher Uso
1	Escolher Uso
1	Escolher Uso
1	Escolher Uso

Colocar Infra-Estrutura

Lote	Tipo
1	Escolher Inf...
1	Escolher Inf...
1	Escolher Inf...
1	Escolher Inf...
1	Escolher Inf...

Modificar Imposto

Uso	Novo Valor
Escolher Uso	0
Escolher Uso	0

Transferir Dinheiro

Para Quem	Valor
prefeito_a	0
prefeito_a	0

Comunicação com outros jogadores

Jogadores: prefeito_a, prefeito_b, prefeito_c, proprietario_1, proprietario_2, proprietario_3, proprietario_4, proprietario_5, proprietario_6, proprietario_7, proprietario_8

Tipo Mensagem: Lote: 1 Valor: 0 Justificativa da Ação: **Envia MSG**

Mensagens recebidas: Mensagens Enviadas:

Tempo Restante de Negociação (aproximadamente 15 minutos) - Não esqueça de confirmar suas ações no Botão "Confir..."

7%

MAPA **Custos e Ganhos** **Regras do Jogo**

Figura 5: Interface dos Jogadores Reais (Applets Java).

O questionário pós-jogo verificará se o jogo atingiu os objetivos propostos, bem como se a negociação e do aprendizado ocorreram de maneira similar aos realizados face-a-face, nos jogos de mesa. Também verificará se os jogadores virtuais foram verossímeis aos "olhos" dos jogadores reais (Aspectos 2 e 3 citados acima).

Segundo [Dennis e Valacich, 2001], o uso de questionários auxilia de forma direta na identificação dos usuários e da percepção dos mesmos em relação ao sistema que está sendo testado.

Uma pergunta muito importante no questionário pós-jogo é: "Este jogo pode ter tido a inclusão de alguns jogadores sintéticos (não humanos). Você percebeu se algum dos jogadores teve comportamento não humano? Qual?".

Essa pergunta ajudará na verificação do Aspecto 1 citado acima).

5.2 Perfis Comportamentais

Quando os testes com o protótipo JogoMan foram realizados (apresentado na seção 4), em cada rodada do jogo, cada jogador, independente do papel que estava jogando, preencheu uma ficha de dados, com as ações que seu papel executaria em cada rodada do jogo. Todas essas fichas foram tabuladas e analisadas, para verificar possíveis estratégias existentes, a partir de seqüências de ações que se repetiam em diferentes jogos. Isso confirma que existe a formação autônoma

de estratégias de jogo para cada tipo de jogador, a partir das regras pré-definidas do jogo.

Foi percebido que as estratégias encontradas para cada tipo de jogador (Proprietários Particulares, Prefeitos, AguaPura e Sem Teto) possuíam diferentes interesses, algumas com maior preocupação econômica, outras com maior preocupação ambiental, e ainda outras com maior preocupação social. A partir do interesse de cada estratégia, ou seja, seus objetivos, foram definidos perfis comportamentais para os jogadores.

Os perfis comportamentais definidos para cada jogador, bem como, os objetivos, as estratégias e as variáveis a serem analisadas de cada perfil, são apresentados a seguir.

Proprietário Particular

- **Perfil Comportamental: Interesse Econômico**
Objetivo: Todas as suas ações visam retorno financeiro (lucro). Suas ações não levam em conta a situação de poluição do reservatório, nem os índices sociais dos municípios.

Estratégias:

- Se tiver áreas próximas as áreas urbanas, trocar do uso do solo para Loteamento, para comercialização junto ao Representante dos SemTeto. Isto porque o Representante dos SemTeto sempre dá preferência por áreas próximas as áreas urbanas.
- Tenta vender áreas com Loteamento ao Representante dos SemTeto. O valor de oferta

mínimo é o retorno do investimento realizado (implantação do Loteamento);

- o Se uso do solo atual não for Floresta, trocar de uso do solo para Agricultura e/ou Agricultura Irrigada, por ser um uso do solo que o investimento é baixo e tem retorno rápido, comparado aos outros usos do solo, como Indústria;
- o Se o uso do solo atual for Floresta, trocar para Plantação, visando o ganho de supressão do corte das árvores. Depois, utilizar a estratégia anterior, transformando em Agricultura/Agricultura Irrigada;

Variáveis: poupança;

- **Perfil Comportamental: Interesse Ambientalista**

Objetivo: Todas as suas ações procuram melhorar a situação ambiental da região. Há uma preocupação muito grande com a situação de poluição do reservatório.

Estratégias:

- o Se tiver áreas próximas as áreas urbanas, permutar (trocar) com prefeitos e/ou proprietários particulares por áreas com Floresta mais afastadas do perímetro urbano;
- o Se tiver áreas com florestas, não realiza a mudança de uso do solo, nem vende a nenhum outro jogador.

Variáveis: índice de poluição individual gerado e índice de poluição global.

Administrador da Companhia de Água – AGUAPURA

- **Perfil Comportamental: Interesse Racional**

Objetivo: Todas as suas ações procuram melhorar a rede de Água e Esgoto de forma racional e lucrativa financeiramente. Tenta otimizar as áreas de colocação de infra-estruturas, bem como receber algum retorno financeiro dos Prefeitos pela prestação deste serviço.

Estratégias:

- o Colocar infra-estrutura de Esgoto apenas em áreas onde já houver infra-estrutura de Água;
- o Colocar qualquer infra-estrutura (Água ou Esgoto) primeiro em áreas onde o Representante dos SemTeto comprou ou invadiu;
- o Negociar com Prefeitos para colocar infra-estruturas de Água e Esgoto e pedir Transferência de Dinheiro, visando lucro sobre o custo mínimo da infra-estrutura;
- o Colocar infra-estruturas de Água e Esgoto até chegar à Estação de Água (ETA) e à Estação de Esgoto (ETE). É importante salientar que, se o Esgoto for coletado, mas não for tratado (não houver ligação com a ETE), os índices de poluição global não são muito reduzidos.

Variáveis: índice de poluição global, custo do tratamento da água potável, poupança, percentual de famílias conectadas a rede de água e percentual de famílias conectadas a rede de esgoto;

- **Perfil Comportamental: Interesse Protetor-Ambientalista**

Objetivo: Todas as suas ações procuram melhorar a situação ambiental da região, colocando infra-estruturas de Água e Esgoto em áreas onde pessoas estejam morando e fazendo a ligação com a Estação de Tratamento de Água (ETA) e com a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Há uma preocupação muito grande com a situação de poluição do reservatório, e tenta comprar todas as áreas próximas do mesmo para preservação.

Estratégias:

- o Procurar comprar áreas próximas ao reservatório com o intuito de preservar a região e evitar grandes danos a poluição do mesmo.
- o Colocar infra-estrutura de Esgoto apenas em áreas onde já houver infra-estrutura de Água;
- o Colocar qualquer infra-estrutura (Água ou Esgoto) primeiro em áreas onde o Representante dos SemTeto comprou ou invadiu;
- o Colocar infra-estruturas de Água e Esgoto até chegar a ETA e ETE.

Variáveis: índice de poluição global, custo do tratamento da água potável, percentual de famílias conectadas a rede de água e percentual de famílias conectadas a rede de esgoto;

Prefeitos

- **Perfil Comportamental: Interesse Social**

Objetivo: Todas as suas ações procuram melhorar a qualidade de vida dos habitantes do município, e tenta diminuir a quantidade de pessoas morando em situação precária (favelas).

Estratégias:

- o Colocar infra-estruturas de Escolas, Polícia e Hospitais apenas em áreas urbanas e/ou com pessoas morando (áreas urbanas ou favelas);
- o Comprar áreas de proprietários particulares (tentam comprar pelos menores preços) próximos a áreas urbanas para revender ao Representante dos SemTeto. Pode ser realizada a venda ou a doação para o Representante, para reduzir o número de famílias "Faveladas" em seu município;
- o Colocar infra-estruturas de Água e Esgoto em áreas com pessoas morando, ou urbano ou favela.

Variáveis: índice social de desenvolvimento, número de pessoas moram em favelas, percentual de famílias conectadas a rede de água e percentual de famílias conectadas a rede de esgoto, percentual de desemprego, percentual de serviços urbanos (escolas, postos de saúde e postos de polícia);

- **Perfil Comportamental: Interesse Ambientalista**

Objetivo: Todas as suas ações procuram melhorar a situação ambiental da região. Há uma preocupação muito grande com a situação de poluição do

reservatório, e o efeito das mudanças de uso do solo mais poluentes, bem como com a colocação de infra-estruturas de Água e Esgoto.

Estratégias:

- Quando já um número muito grande de áreas com uso do solo agrícola (Agricultura ou Agricultura Irrigada), mudar o imposto para esse tipo de solo para maior;
- Reduzir imposto sobre áreas com Florestas, com intuito de aumentar o número de proprietários que deixam suas áreas com este uso do solo;
- Colocar infra-estruturas de Água e Esgoto em áreas com pessoas morando, ou urbano ou favela.

Variáveis: índice social de desenvolvimento, percentual de famílias conectadas a rede de água e percentual de famílias conectadas a rede de esgoto, índice de poluição global;

- **Perfil Comportamental: Interesse Econômico**

Objetivo: Todas as ações têm preocupação com a qualidade de vida dos habitantes do município, porém, só executa as ações se tiver dinheiro em caixa para isso.

Estratégias: Segue as estratégias do Perfil "Interesse Social", porém só executa as atividades se tiver dinheiro na poupança. Não fica com saldo negativo nunca.

Variáveis: poupança, índice social de desenvolvimento, percentual de famílias conectadas a rede de água e percentual de famílias conectadas a rede de esgoto, índice de poluição global;

Representante dos SemTeto

- **Perfil Comportamental: Interesse Econômico**

Objetivo: Todas as suas ações visam retorno financeiro (lucro). Suas ações não levam em conta a situação de poluição do reservatório, nem os índices sociais dos municípios.

Estratégias:

- Tentar comprar áreas por preços baixos (a partir de um limiar), independente da região ou das infra-estruturas da área. Se não for possível comprar, invadir áreas próximas as regiões urbanas;
- Alocar máximo de famílias em um mesmo lote, já comprado ou invadido. Por exemplo, se a capacidade máxima do lote é de 400 famílias, coloca 200 em uma rodada e mais 200 na próxima rodada.

Variáveis: poupança, número de pessoas que moram em favelas;

- **Perfil Comportamental: Interesse Social**

Objetivo: Todas as suas ações procuram alojar os moradores sem teto em áreas com melhor situação (localização próxima as áreas urbanas e infra-estruturas).

Estratégias:

- Negociar com Prefeitos compra ou doação de áreas;
- Comprar áreas próximas a região urbana, de preferência com uso do solo Loteamento, para que as famílias alocadas estejam em áreas com melhor situação. Se não conseguir comprar os lotes, invade;
- Alocar o máximo de famílias em um mesmo lote, já comprado ou invadido. Por exemplo, se a capacidade máxima do lote é de 400 famílias, coloca 200 em uma rodada e mais 200 na próxima rodada.

Variáveis: número de pessoas que moram em favelas, índice social de desenvolvimento, percentual de famílias conectadas a rede de água e percentual de famílias conectadas a rede de esgoto e percentual de serviços urbanos (escolas, postos de saúde e postos de polícia);

5.3 Primeiros Testes

Os primeiros testes foram realizados apenas com jogadores virtuais para a arquitetura proposta na Figura 2.

Estes testes tiveram como objetivo verificar se os objetivos e estratégias de cada perfil comportamental apresentado na seção 5.2 foram definidos e implementados na linguagem *AgentSpeak(L)* em Jason de forma correta.

O cenário escolhido continha 14 jogadores, sendo 9 proprietários particulares, 3 prefeitos, 1 administrador da Companhia de Água (ÁguaPura) e 1 representante dos Sem Teto. Por exemplo, para o papel de proprietário particular, definiram-se dois perfis comportamentais: um com interesse ambiental e outro com interesse econômico. Assim, todas as ações de um jogador virtual com perfil com interesse ambiental serão voltadas para a melhoria da qualidade e quantidade de água de seu município. Já o perfil com interesse econômico visa à busca do lucro individual do jogador, sem preocupação com a situação ambiental.

Como são 9 proprietários particulares, foram instanciados 5 jogadores com perfil comportamental com interesse econômico e 4 jogadores com perfil comportamental com interesse ambiental.

Estes dois perfis são exatamente opostos, e se a variável poupança de todos os proprietários particulares for analisada, ver-se-á que há uma diferença grande entre esta variável em perfis comportamentais diferentes. A Tabela 1 apresenta os valores encontrados para esta variável para estes jogadores quando estes jogaram por 10 rodadas o RPG. O valor inicial da poupança de todos os jogadores era igual, de \$ 1.000,00.

Tabela 1: Valores das poupanças para os proprietários particulares após 10 rodadas.

Jogador	Valor Inicial	Valor Final
Perfil Econômico 1	1.000	3.250
Perfil Econômico 2	1.000	2.720
Perfil Econômico 3	1.000	5.230
Perfil Econômico 4	1.000	7.510
Perfil Econômico 5	1.000	4.280
Perfil Ambiental 1	1.000	-5.320
Perfil Ambiental 2	1.000	2.100
Perfil Ambiental 3	1.000	3.215
Perfil Ambiental 4	1.000	1.740

Como este tipo de teste, conseguiu-se “calibrar” os perfis comportamentais definidos para todos os tipos de papéis, de forma a termos um comportamento constante de um tipo de jogador virtual para um determinado papel no RPG. Importante salientar que um dos proprietários particulares com perfil comportamental com interesse ambiental teve sua poupança, após 10 rodadas, com valor negativo. Isso é possível, pois não foi feita nenhuma restrição ao limite da poupança.

6. Conclusões e Futuros Trabalhos

A metodologia GMABS é utilizada com ferramenta de apoio à negociação visando a resolução de conflitos em diversos domínios, como na gestão de recursos naturais, pois une a capacidade dinâmica de MABS com a capacidade de discussão e aprendizado das técnicas de RPG [Barreteau *et al.*, 2003].

Até o momento, uma arquitetura para inserção de Jogadores Virtuais para a metodologia GMABS foi definida e um novo protótipo para o domínio do JogoMan com este tipo de jogadores foi implementado. Todo este processo de definição da arquitetura, bem como da escolha das ferramentas e implementação do protótipo foi muito árduo, visto que envolveu diferentes técnicas e linguagens de programação. Além disso, como desejava-se que este protótipo estivesse acessível via Web, foi necessário pensar em ferramentas e protocolos para atender este pré-requisito.

Relacionado aos testes com este protótipo, apenas foram testados os perfis comportamentais, com o intuito de validar os objetivos e estratégias definidas para os mesmos.

O próximo passo é a realização de testes onde jogadores virtuais e reais estarão inseridos, e aplicação dos questionários aos jogadores reais para avaliar os aspectos citados na seção 5.1. Estes testes serão realizados nos próximos meses, e então ter-se-á resultados mais concretos para avaliar a inserção de jogadores virtuais em RPG.

Um trabalho futuro, que poderá melhorar a tomada de decisão dos jogadores virtuais, é o desenvolvimento de uma base de conhecimento dinâmica, onde os jogadores aprendem novos planos (ou no caso da arquitetura BDI, tenham novos Desejos e novas Intenções). A implementação atual é estática, ou seja, não há incremento de novas estratégias durante o jogo. Contudo, jogadores reais, durante o jogo, vão aprendendo e incrementando suas tomadas de decisão, e implementar uma base de conhecimento dinâmica nos jogadores virtuais tornaria sua tomada de decisão mais realista.

7. Referências

- ADAMATTI, D.F., SICHMAN, J.S., BOMMEL, P., DUCROT, R., RABAK, C. E CAMARGO, M.E.S.A., 2005. JogoMan: A prototype using multi-agent-based simulation and role-playing games in water management. In: FERRAND, N. (Ed.). *Join Conference on Multi-Agent Modeling for Environmental Management. CABM-HEMA-SMAGET*. Bourg-Saint-Maurice, Les Arcs, France: [s.n.], 2005.
- ALVARES, L. O. C. E SICHMAN, J. S., 1997. Introdução aos sistemas multiagentes. In *Jornada de Atualização em Informática*, pages 1–37, Brasília - UnB, 1997.
- BARRETEAU, O., BOUSQUET, F., E ATTONATY, L., 2001. Role-playing games for opening the black box of multi-agent systems: method and lessons of its application to Senegal River Valley irrigated systems', *JASSS*, 4(2), (March 2001). <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/4/2/5.html>.
- BARRETEAU, O., LE PAGE, C., E P. D'AQUINO, P., 2003. Role-playing games, models and negotiation', *JASSS*, 6(2), (March 2003). <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/10.html>.
- BORDINI, R. E HUBNER, J., 2004. *JASON: A Java-based Agentspeak interpreter used with Saci for multi-agent distribution over the Net* [online]. Disponível em: <http://jason.sourceforge.net/>. Acessado em Dezembro de 2004.
- CORMAS, 2006. *Natural resources and multi-agent simulations* [online]. Disponível em: <http://cormas.cirad.fr>. Acessado em Agosto de 2006.
- D'AQUINO, P., LE PAGE, C., BOUSQUET, F E BAH, A., 2003. Using selfdesigned role-playing games and a multi-agent systems to empower a local decision-making process for land use management: The selfcormas experiment in Senegal', *JASSS*, 6(3), (June 2003). <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/3/5.html>.
- DENNIS, A. R., VALACICH, J. V., 2001. Conducting research in information system. *Communications of the Association for Information Systems*, v. 7, n. 5, p. 2 (24),2001.
- DORN, D. S., 1989. Simulation games: One more tool on the pedagogical shelf", *Teaching Sociology*, 17(1), 1–18, (January 1989).
- EGENFELDT-NIELSEN, S., 2004. *Review of the research on educational usage of games*. [online] Disponível em: <http://itu.dk/people/sen/public.htm>. Acessado em Dezembro de 2004.

- GILBERT, N. E. TROITZSCH, K. G., 1999. *Simulation for the Social Scientist*, Buckingham and Philadelphia: Open University Press, 1999.
- HUBNER, J. F. E. SICHMAN, J. S., 2000. SACI: Uma ferramenta para implementação e monitoração da comunicação entre agentes, in *IBERAMIA/ SBIA 2000, Open Discussion Track*, eds., M.C. Monard and J. S. Sichman, pp. 47–56, Atibaia - São Paulo - Brasil, (2000).
- KLIMICK, C., 2003. *Construção de Personagem & Aquisição de Linguagem: O Desafio do RPG no INES*, Master's thesis, Programa de Pós-graduação do Departamento de Artes e Design - PUC, Rio de Janeiro, 2003.
- LABROU, Y. E. FININ, T., 1997. A proposal for a new KQML specification, *Technical Report TR CS-97-03*, Computer Science and Electrical Engineering Department, UMBC, Baltimore, (1997).
- RAO, S. A., 1996. AgentSpeak (L): BDI agents speak out in a logical computable language, in *Seventh Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World (MAAMAW'96)*, eds., Walter Van de Velde and John Perram, pp. 42–55, London, (January 1996). Eindhoven - The Netherlands, Lecture Notes in Artificial Intelligence - Springer-Verlag.
- SOAP, 2005 . *W3c - World Wide Web Consortium - Soap - Simple Object Access Protocol - Specifications*. [online]. Disponível em <http://www.w3.org/tr/soap>. Acessado em Dezembro de 2005.