

## Um estudo voltado a Modelos Ambientais envolvendo Sistemas Multiagentes e/ou Jogos de Papéis

Bruna S. Leitzke<sup>1</sup>, Diana F. Adamatti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional (PPGMC)  
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)  
Rio Grande – RS – Brazil

brunaleitzke@hotmail.com, dianaada@gmail.com

**Abstract.** *For the management of natural resources to be carried out in a responsible way, one must think of tools that help in decision making and analyze the interactions among the agents involved in the problem. Based on Artificial Intelligence, as a way to simulate future situations related to the management of natural resources, the Multiagent Systems and the Role-Playing Games, are techniques that can be used. In this paper, some recent papers, which address these techniques in the context of Ambiental Models, are explored in order to better understand their use together for future applications in the area.*

**Resumo.** *Para que a gestão dos recursos naturais seja feita de maneira responsável, deve-se pensar em ferramentas que auxiliem na tomada de decisão e analisem as interações entre os agentes envolvidos no problema. Baseados na Inteligência Artificial, como uma forma de simular situações futuras relacionadas à gestão de recursos naturais, os Sistemas Multiagentes e os Jogos de Papéis são técnicas que podem ser utilizadas. Neste trabalho, alguns artigos recentes, que abordam essas técnicas no contexto de Modelos Ambientais, são explorados, com o intuito de um melhor entendimento sobre seu uso em conjunto, visando futuras aplicações na área.*

### 1. Introdução

Uma das preocupações em pesquisas relacionadas à gestão dos ecossistemas é a forma de promover o crescimento social e econômico sem afetar o equilíbrio ambiental. Alternativas para resolver esse problema são dadas por métodos relacionados a Inteligência Artificial (IA), que pode produzir resultados que respondem as questões percebidas com base no conhecimento armazenado [Ponte et al. 2016].

Algumas técnicas vem sendo estudadas para resolver os problemas que envolvem Modelos Ambientais (MA), como os Sistemas Multiagente (SMA) e os Jogos de Papéis (*Role-Playing Games* - RPGs). De forma geral, essas ferramentas podem ser aplicadas em situações com vários agentes envolvidos que participam de um espaço de gerenciamento de negociação – que é um espaço onde grupos discutem formas de organizar e planejar ações, levando em conta a tomada de decisão conjunta.

Um dos objetivos de estudar as técnicas de SMA, ou ainda, a Simulação Baseada em Multiagente (*Multi-Agent-Based Simulation* (MABS)), é dado pela possibilidade de criar novas ferramentas, como RPGs. Com isso, se torna viável construir sociedades virtuais sem trazer consequências efetivas para a vida real [Bousquet et al. 2002]. Nesse

sentido, este artigo visa apresentar trabalhos relacionados ao tema, de forma a explorar pesquisas atuais que envolvem Modelos Ambientais e as técnicas de SMA e/ou RPGs. Particularmente, alguns artigos voltados para a gestão de recursos naturais serão mencionados, para um melhor entendimento sobre o assunto, dando suporte para estudos futuros.

## 2. Trabalhos Relacionados

A gestão dos ecossistemas visa o cumprimento de funções sociais e ambientais, necessitando assim da participação cidadã no processo de planejamento e transformação. Para isso, deve-se considerar a colaboração de diferentes organizações envolvidas, formando uma rede estruturada e apoiada por mecanismos e ferramentas que possibilitam o desenvolvimento de ações mais justas, incluindo questões ambientais produtivas e econômicas [Dos Santos et al. 2016]. Além disso, a preservação dos ecossistemas também deve ser estudada com o intuito de analisar possíveis cenários, determinando a melhor forma de gerir esses espaços para gerações futuras [Dupont et al. 2016].

Algumas pesquisas recentes utilizam técnicas como forma de auxiliar em MA. Na Tabela 1 estão alguns desses artigos e as técnicas utilizadas.

**Tabela 1. Alguns artigos que relacionam MA com técnicas de SMA e/ou RPG.**

Identificação	Referência	Método(s) utilizado(s)
1	[Ghazi et al. 2018]	SMA
2	[Dos Santos et al. 2016]	SMA
3	[Dupont et al. 2016]	SMA
4	[Li et al. 2017]	SMA
5	[Ponte et al. 2016]	SMA
6	[Yang et al. 2018]	SMA
7	[Han et al. 2018]	SMA
8	[Shelton et al. 2018]	SMA e RPG
9	[Perrotton et al. 2017]	SMA e RPG
10	[Page et al. 2016]	SMA e RPG

As ideias principais dos trabalhos que abordam apenas as técnicas de SMA serão resumidas a seguir. SMA servem como uma ferramenta importante para simular e analisar sistemas complexos, onde o principal objetivo é dividir o sistema em agentes, simulando a tomada de decisão no nível micro para chegar em soluções comuns no nível macro [Li et al. 2017]. E eles podem ser classificados de acordo com [Ghazi et al. 2018]:

- O mecanismo de tomada de decisão;
- O uso ou não de dados reais;
- O objetivo da simulação e;
- A representação do espaço e do tempo.

Utilizando um modelo de dispersão e um modelo de previsão, [Ghazi et al. 2018] criaram uma ferramenta de MABS que modelava a população de controladores de fonte de emissão como uma rede de agentes, a partir de um jogo. E, como estudo de caso, escolheram a região de Annaba (nordeste da Argélia), por possuir siderúrgicas. Assim, chegaram em uma ferramenta de tomada de decisão que pode auxiliar as agências de controle de poluição do ar.

O estudo de [Dos Santos et al. 2016] apresentou uma análise sobre a realidade atual do experimento SJVG (*San Jerónimo Vegetable Garden*), que é um exemplo de um ecossistema urbano localizado em Sevilha, Espanha. Para isso, o SMA foi concebido como um sistema de agente multi-dimensional tipo BDI, analisando crenças, desejos e intenções dos agentes do problema. Para isso, foi utilizada a estrutura JaCaMo (Jason, CArTAgO e MOISE +), que cobre alguns dos níveis de abstrações que são necessários para o desenvolvimento de SMA sofisticados.

No trabalho de [Dupont et al. 2016], foi utilizada uma modelagem baseada em SMA para resolver o problema da gestão de conservação de habitats e espécies do projeto Natura 2000<sup>1</sup>, onde o local escolhido foi na península de Crozon, no oeste de Britany (França). Para a modelagem foi necessário realizar três etapas principais. A primeira foi a modelagem conceitual, utilizando a bordagem ComMod (*The Companion Modelling approach*), que visa compreender os sistemas complexos através de SMA. Depois foi desenvolvido e validado um protótipo do *software*, implementado na plataforma Cormas. E por último, o modelo foi validado a partir de simulações.

[Li et al. 2017] analisaram os sistemas de alocação e fluxo do nexo<sup>2</sup> de água, energia e alimento (*Water-Energy-Food* - WEF). Os autores utilizaram três agentes para modelar esse problema: agente doméstico, agente da empresa e agente governamental, e foram estabelecidas as regras e padrões de consumo para esses agentes. Para simular o Sistema Multiagente, foi utilizado o modelo do consumo humano do NetLogo, e então foi explorada a relação entre o comportamento de agentes no nível micro e o modelo macro derivado da interação entre centenas de indivíduos independentes, que consequentemente gerou um padrão de consumo entrelaçado.

A água é um elemento indispensável para a população em geral. Mas, infelizmente, o gerenciamento desse recurso ainda é precário em muitos lugares. Para gerir adequadamente a distribuição da água, diferentes organizações devem se reunir e pensar em planos de gestão que satisfaçam as necessidades de todos os envolvidos. Quando esse gerenciamento não ocorre de forma justa, ou simplesmente não existe, podem ocorrer situações graves, como desperdício em excesso ou escassez de água.

Com o uso de um Sistema de Apoio à Decisão Inteligente, a pesquisa de [Ponte et al. 2016] foi realizada para auxiliar um problema de Gerenciamento de Demanda de Água. Um sistema foi projetado a partir da estrutura da rede de abastecimento de água de Gijón, Espanha, e de um conjunto de seis diferentes agentes. A simulação foi realizada a partir de dados da cidade de Gijón, um modelo de distribuição de demanda de água, e parâmetros aleatórios para introduzir diferentes fontes de incerteza. Com isso, os autores observaram a redução de custos, relacionado ao armazenamento e bombeamento de água de emergência, a partir do sistema implementado.

O gerenciamento de recursos hídricos pode ser voltado aos efeitos causados por inundações. No trabalho de [Yang et al. 2018] foi possível observar o comportamento de indivíduos em diferentes cenários através de um SMA. As famílias individuais foram

---

<sup>1</sup>[http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm)

<sup>2</sup>A palavra nexo foi traduzida da palavra *nexus* em inglês, a qual é apresentada no texto original *Water-energy-food nexus in urban sustainable development an agent-based model*. Ela pode ser entendida como a união de dois ou mais elementos.

consideradas como os agentes do problema, e um estudo de caso foi realizado na bacia hidrográfica urbanizada no rio Ng Tung, no norte de Hong Kong. Um modelo de escoamento superficial foi utilizado, simulando as inundações, e foi reamostrado e importado para a plataforma de modelagem NetLogo. Assim, com as respostas geradas, os autores constataram que a falta de recurso econômico, o tempo de espera, e as informações de aviso mostraram ser fatores importantes no risco de danos causados por enchentes.

Ainda neste contexto, para propor um esquema ideal de alocação de recursos hídricos, [Han et al. 2018] desenvolveram um modelo de otimização em dois níveis. E a teoria dos jogos cooperativos pôde ser utilizada como uma alternativa para auxiliar na organização e classificação das tomadas de decisão dos atores dentro do sistema. Uma forma de validar o modelo foi utilizar, como um estudo de caso, a bacia do rio Hanjiang, localizado na China, onde os resultados mostraram melhorias no sistema.

O RPG é uma ferramenta que permite que jogadores e observadores aprendam e reflitam sobre respostas de um sistema [Page et al. 2016]. Dessa forma, os participantes são submetidos a problemas semelhantes aos da vida real, onde devem chegar em soluções por meio da tomada de decisão [Adamatti et al. 2009]. Essa técnica pode ser utilizada para auxiliar na modelagem de sistemas socioambientais, assim eles são construídos a partir das respostas dos atores a situações apresentadas no jogo. O intuito é que ao longo de várias sessões, as partes interessadas analisem os problemas apresentados e tomem decisões de forma cooperativa, o que consequentemente gera respostas mais coerentes a todos os envolvidos [Étienne 2010].

[Shelton et al. 2018] relataram os resultados de uma experiência do uso de um RPG como ferramenta de validação de um SMA, na cidade do México. O projeto de modelagem chamado A Dinâmica da Adaptação Multi-Escalar em Megacidades foi desenvolvido para facilitar a modelagem participativa em problemas de vulnerabilidade crônica à escassez de água e inundações. Os agentes considerados foram as autoridades de abastecimento de água da cidade e bairros vulneráveis. Os autores criaram um modelo de decisão inicial para os residentes, em forma de jogo de tabuleiro. E criaram um modelo usando o *software* de análise de decisão multicritério *Super Decisions* v. 1.6.0<sup>3</sup>. Então, o jogo foi apresentado aos residentes, gerando discussões que induziram ele a ser uma ferramenta autônoma para aprendizagem e pesquisa.

Já no trabalho de [Perrotton et al. 2017] foi relatada a experiência inicial de um projeto que visava criar uma arena, onde comunidades locais e gerentes de áreas protegidas conseguissem se reunir, discutir, negociar e produzir planos de manejo eficazes em aldeias no oeste do Zimbábue, África. Essas aldeias são vizinhas ao Parque Nacional de Hwange e a Floresta de Sikumi, onde ambas são áreas protegidas. Para o estudo, foi adotada a abordagem ComMod. Assim, os autores conseguiram projetar uma versão protótipo em forma de um jogo de RPG. Esse modelo simulava interações entre atividades agrícolas, pastoreio de animais e vida selvagem em uma paisagem virtual. Com isso, os atores puderam validar a ferramenta, propondo ideias e discutindo sobre melhorias, chegando a uma versão do jogo mais realista, e que foi chamada de Kulayinjana.

O problema de gerenciamento de ecossistemas também pôde ser abordado no trabalho de [Page et al. 2016], com o intuito de desenvolver um RPG, chamado ReHab, e

---

<sup>3</sup><https://www.superdecisions.com/>

que foi implementado na plataforma Cormas e no NetLogo. Utilizando a abordagem ComMod, o jogo tratava da harmonização entre regeneração de biomassa, e o habitat de reprodução de aves migratórias protegidas. Assim, foram organizadas sessões de RPG para explorar a eficácia e os desafios da comunicação na melhoria da gestão. E foi constatado que o cenário de não comunicação entre os agentes permitiu a identificação das estratégias individuais. Enquanto que, com a comunicação entre eles, houve a possibilidade do uso de estratégias coletivas ou o surgimento de conflitos, onde os acordos foram discutidos e propostos pelos jogadores.

### 3. Considerações finais

Os artigos abordaram técnicas utilizadas para resolver problemas envolvendo o gerenciamento de recursos naturais, apresentando a metodologia e resultados. E ainda, alguns relataram as experiências obtidas com a aplicação dessas ferramentas.

Para resolver os MA os autores utilizaram SMA, empregando os devidos agentes dos problemas e simulando os sistemas. Para validar os métodos, na maioria dos trabalhos, houve o estudo de caso, gerando resultados mais próximos da realidade. Além disso, em muitos casos, cenários futuros foram projetados e analisados a partir das simulações. O que mostra que com o uso de SMA é viável construir um planejamento da gestão de recursos de maneira mais organizada, levando em conta os problemas e a tomada de decisão participativa.

Nos trabalhos que abordaram o desenvolvimento e aplicação de jogos como forma de auxiliar na construção e modelagem dos problemas, os resultados obtiveram um acréscimo significativo na análise dos modelos. As ferramentas apresentaram uma representação próxima da realidade, que permitia aos participantes reproduzir as práticas reais e melhorar a compreensão dos sistemas.

As pesquisas apresentadas neste artigo demonstraram que o gerenciamento de recursos deve ser organizado e planejado de forma participativa, com o intuito de gerar simulações mais reais para os problemas. Com base nisso, pode-se concluir que as técnicas apresentadas de SMA e RPG são ferramentas que facilitam a tomada de decisão entre os atores envolvidos no gerenciamento dessas áreas. Os MAs podem ser simulados com base na tomada de decisão conjunta, pensando em todas as partes que estão inseridas em um determinada situação. Assim, em muitos casos, pode-se projetar situações futuras, onde os agentes são induzidos a agir coletivamente para garantir boas soluções para os sistemas.

### 4. Agradecimentos

As autoras agradecem ao Programa de apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – Pró-Recursos Hídricos Chamada Nº 16/2017, pelo auxílio financeiro no desenvolvimento desta pesquisa.

### Referências

Adamatti, D. F., Sichman, J. S., and Coelho, H. (2009). An analysis of the insertion of virtual players in gams methodology using the vip-jogoman prototype. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 12(3):7.

- Bousquet, F., Barreteau, O., d'Aquino, P., Etienne, M., Boissau, S., Aubert, S., Le Page, C., Babin, D., and Castella, J.-C. (2002). Multi-agent systems and role games: Collective learning processes for ecosystem management. *Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches*, pages 248–285.
- Dos Santos, F. P., Adamatti, D., Rodrigues, H., Dimuro, G., Jerez, E. D. M., Dimuro, G., et al. (2016). A multiagent-based tool for the simulation of social production and management of urban ecosystems: a case study on san jerónimo vegetable garden-seville, spain. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 19(3):1–12.
- Dupont, H., Gourmelon, F., Rouan, M., Le Viol, I., and Kerbirou, C. (2016). The contribution of agent-based simulations to conservation management on a natura 2000 site. *Journal of environmental management*, 168:27–35.
- Ghazi, S., Dugdale, J., and Khadir, T. (2018). A multi-agent based approach for simulating the impact of human behaviours on air pollution. *Informatica*, 42(2).
- Han, Q., Tan, G., Fu, X., Mei, Y., and Yang, Z. (2018). Water resource optimal allocation based on multi-agent game theory of hanjiang river basin. *Water*, 10(9):1184.
- Li, G., Wang, Y., Huang, D., and Yang, H. (2017). Water-energy-food nexus in urban sustainable development: an agent-based model. *International Journal of Crowd Science*, 1(2):121–132.
- Page, C. L., Dray, A., Perez, P., and Garcia, C. (2016). Exploring how knowledge and communication influence natural resources management with rehab. *Simulation & Gaming*, 47(2):257–284.
- Perrotton, A., de Garine-Wichatitsky, M., Valls-Fox, H., and Le Page, C. (2017). My cattle and your park: codesigning a role-playing game with rural communities to promote multistakeholder dialogue at the edge of protected areas. *Ecology and Society*, 22(1).
- Ponte, B., De la Fuente, D., Parreño, J., and Pino, R. (2016). Intelligent decision support system for real-time water demand management. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 9(1):168–183.
- Shelton, R. E., Baeza, A., Janssen, M. A., and Eakin, H. (2018). Managing household socio-hydrological risk in mexico city: A game to communicate and validate computational modeling with stakeholders. *Journal of environmental management*, 227:200–208.
- Yang, L. E., Scheffran, J., Süsner, D., Dawson, R., and Chen, Y. D. (2018). Assessment of flood losses with household responses: Agent-based simulation in an urban catchment area. *Environmental Modeling & Assessment*, pages 1–20.
- Étienne, M. (2010). *La modélisation d'accompagnement: une démarche participative en appui au développement durable*. Éditions QUAE.