

Simulação baseada em agentes para a gestão de recursos hídricos *

Julia P. C. Pereira¹, Diana F. Adamatti², Raquel M. Barbosa¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - IFRS
Rua Engenheiro Alfredo Huch, 475 – CEP: 96201-460 – Rio Grande – RS – Brasil

²Centro de Ciências Computacionais (C3)
Universidade Federal do Rio Grande (FURG) – Rio Grande – RS – Brasil

{juliapcp2003, dianaada, raq.mbarbosa}@gmail.com

Abstract. This paper aims to present the study about the participatory management of water resources from simulations developed in the multiagent environment NetLogo. In this way, the work uses the NetLogo to simulate the modeled social situation that comprises active agents such as farmers, businessmen, mayors, councilors, members of NGOs and environmental inspectors in search of the management of their professional interactions in favor of the more efficient use and distribution of the water, with a view to reducing pollution with good practices. The multiagent system presented assumes a fundamental role in solving the proposed problem, providing relevant information and indicators for the study and prevention of the impacts of agriculture on the environment.

Resumo. Este artigo tem como objetivo apresentar o estudo sobre a gestão participativa de recursos hídricos a partir de simulações desenvolvidas no ambiente multiagente NetLogo. Desta maneira, o trabalho utiliza o ambiente para simular a situação social modelada que compreende agentes atuantes como agricultores, empresários, prefeitos, vereadores, membros de ONGs e fiscais ambientais em busca da gestão de suas interações profissionais em prol do uso e distribuição mais eficientes da água, visando a diminuição da poluição com boas práticas. O sistema multiagentes apresentado assume papel fundamental na resolução do problema proposto, provendo informações e indicadores relevantes para o estudo e prevenção dos impactos da agricultura no meio ambiente.

1. Introdução

Atualmente a produção agrícola é um investimento de grande rentabilidade, sendo um dos impulsionadores da economia nacional. Alguns insumos, dentre eles fertilizantes químicos, agrotóxicos e máquinas agrícolas, ajudam na viabilização de plantações de alta produtividade e lucro, bem como de alto impacto ambiental, principalmente referente à poluição das águas de mares, lagos e rios próximos [Dellamatrice and Monteiro 2014].

A poluição exacerbada da água interfere diretamente na saúde das pessoas que a consomem, como mostrado no estudo realizado por [Teixeira et al. 2014], onde provou-se

*  O trabalho Simulação baseada em agentes para a gestão de recursos hídricos de Julia P. C. Pereira, Diana F. Adamatti, Raquel M. Barbosa está licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-Compartilhável 4.0 Internacional. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

que entre os anos de 1999 e 2009 houveram registros de quase 10 mil casos de intoxicação proveniente de agrotóxicos no Nordeste do Brasil. Além dos impactos à saúde humana, a longo prazo, o agrotóxico diminui a produtividade da plantação de alimentos, como houve comprovação por [Bontempo et al. 2016], ao verificar que plantações de cenoura localizadas em áreas onde aplicou-se o herbicida tembotriona 8 meses antes tiveram sua produtividade afetada. Este problema faz necessária a sobredosagem de insumos danosos, promovendo um ciclo de reparação de difícil reversão e sem previsibilidade de impacto a gerações futuras.

Em conformidade com [Millington and Funge 2009], diz-se que a Inteligência Artificial (IA) trata sobre computadores que são capazes de executar tarefas ‘pensantes’, que humanos e animais são capazes de executar. Como uma de suas vertentes, as simulações desenvolvidas em sistemas multiagente (SMA), como a ferramenta NetLogo, possibilitam a atuação de entidades autônomas em um ambiente comum, visualizando seus impactos no universo a partir de seu pertencimento a um grupo de agentes. Os agentes podem trabalhar de forma cooperativa ou antagônica, executando tarefas previamente definidas e interagindo com outros grupos e o universo, produzindo indicadores para avaliação individual e mapeamento de decisões ideais.

Segundo [Drogoul and Ferber 1992], alguns dos objetivos de simulações baseadas em modelos multiagente são testes de hipóteses sobre a emergência de comportamentos no nível macro a partir de interações no nível micro e a construção de teorias que contribuam para o entendimento de fenômenos relacionados a comportamentos. Desta maneira, o presente estudo procura simular diferentes cenários do problema a partir da atuação de diferentes entidades, em busca da obtenção de indicadores e informações pertinentes para o mapeamento da gestão participativa de recursos hídricos na agricultura, solidificando previsões de impacto.

O presente artigo está estruturado conforme descrito a seguir: A Seção 2 apresenta a ferramenta NetLogo, utilizada para o desenvolvimento da simulação. A Seção 3 descreve a modelagem do problema abordado e sua implementação é detalhada na Seção 4. Por fim, a Seção 5 apresenta a conclusão e os próximos passos deste trabalho.

2. NetLogo

O modelo desenvolvido e apresentado neste trabalho para a realização de testes de impactos das relações provenientes da agricultura foram desenvolvidos em linguagem Logo no ambiente integrado multiagente NetLogo [Wilensky et al. 1999]. Por ser um sistema de modelagem programável que possibilita a simulação de fenômenos naturais e sociais, o NetLogo viabiliza interagir com passagem de tempo e impactos que evoluem no mesmo.

Sistemas baseados em agentes como o NetLogo permitem a criação de agentes responsáveis por suas ações, desempenhando suas funções em um ambiente comum, interagindo uns com os outros. Essa funcionalidade foi aproveitada para a criação de papéis dentro do modelo proposto, de maneira que cada entidade do sistema tem um conjunto de funcionalidades na sociedade projetada, desempenhando funções que dependem do desempenho de outro na resolução de um problema em comum, formando uma dependência muito semelhante às relações interpessoais da realidade.

Ao prover ferramentas e interface que tornam a simulação personalizável quanto a número de agentes e outras variáveis, o ambiente permite a compreensão de diversos

cenários e captura de diversos impactos possíveis, buscando a fidedignidade dos fatos ao verificar possíveis mudanças provenientes de números maiores ou menores de determinado agente, bem como a capacidade de simular fenômenos da natureza, variável importante quando nos referimos à simulação ligadas à sociedade se relacionando com o meio ambiente.

3. Modelagem do problema

De acordo com [Dellamatrice and Monteiro 2014], a contaminação da água ocorre principalmente em áreas próximas aos locais de aplicação de insumos químicos de tratamento de solo por deflúvio superficial ou contaminação do lençol freático. Alguns fatores que afetam o transporte para o meio aquático são as propriedades do agente químico em questão e as condições climáticas, como as chuvas. Dessa maneira, o cenário proposto apresenta um ambiente que aborda a agricultura e as relações geradas por ela. Os agentes modelados para resolver o problema da contaminação da água pertencem a três grupos: produtores, fiscalizadores e reguladores.

As relações de integração entre os grupos de agentes foram definidas em [Leitzke et al. 2019] e são apresentadas na Figura 1.

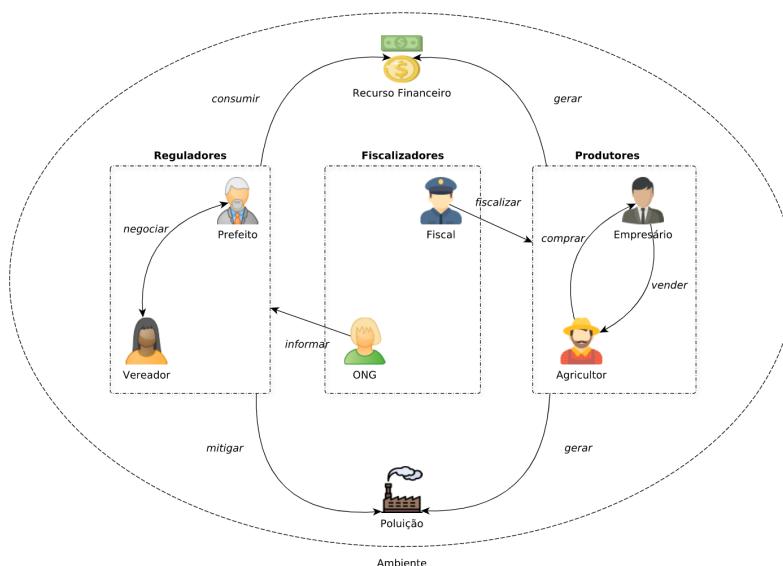


Figura 1. Diagrama de Integração. Fonte: [Leitzke et al. 2019]

No âmbito dos produtores, são especificadas duas identidades distintas, agricultores e empresários. Estes têm o papel de explorar sua área de atuação visando sucesso financeiro, de modo que suas relações entre si e com o meio ambiente envolvem a produção e uso de artefatos auxiliares que aumentam a produtividade e a rentabilidade das plantações, como agrotóxicos, fertilizantes e maquinários, trazendo, assim, uma maior quantidade de movimentação financeira e, consequentemente, de poluição ao ambiente que atuam em conjunto.

Para a fiscalização e punição pelo uso exacerbado de insumos danosos e poluentes provenientes das ações dos agentes produtores, precisa-se da constante vigília vindas de

membros de ONGs e fiscais, importantes para a aplicação de multas e denúncias pela poluição elevada. Por buscar a veracidade dos fatos em relação à realidade, é previsto que possa haver desonestade por parte dos agentes fiscalizadores, levando em consideração seus interesses nas propostas feitas pelos agentes produtores.

Dentro do grupo de reguladores compreendem-se os agentes que utilizam as denúncias e multas dos agentes fiscalizadores para promulgar políticas e leis que reduzem a poluição, os prefeitos e vereadores. Estes estão encarregados de estabelecer quais são os níveis recomendados de poluição, mediando essa taxa sem comprometer as relações de produção, importantes para a renda do cenário o qual gerem, enriquecendo a dualidade de estratégias que pode ser seguida pelo agente.

Estes agentes, de diferentes organizações, são modelados para possibilitar a visualização das interações ideais para uma melhor gestão de insumos para a diminuição da poluição da água no cenário comum de duas cidades. Este cenário é composto de terras denominadas posse de agricultores aleatórios, prefeitura e fábricas, com passagens de rios entre as extensões de terra, que não são da posse de nenhum dos agentes, mas são utilizados por todas as propriedades nas imediações das cidades, tanto para a produção quanto para o descarte de resíduos, refletindo diretamente em todas as entidades.

É previsto que os agricultores possam comprar insumos dos empresários, apaziguando os níveis de produtividade e poluição provenientes do uso do produto, bem como seu preço para adquirir ou não os insumos, inclinando-se ora a produzir mais, ora a poluir menos. Cada empresário oferece um produto dentre agrotóxicos, fertilizantes, sementes, máquinas, podendo haver mais representantes do mesmo produto, mas nunca nenhum.

Planeja-se que os fiscais utilizem-se dos indicadores de poluição para aplicar multas nos mesmos, baseando-se nos indicadores de poluição do consumo e produção destes agentes para verificar a quem aplicar multas baixas, médias ou altas. Ao visualizar que o nível de poluição gerada pelo agente produtor é nula ou baixa, o fiscal pode conceder selos verdes, que fazem com que o imposto pago pelo agente seja 5% mais baixo.

Os prefeitos e vereadores das cidades são responsáveis por tomar medidas de diminuição e prevenção da poluição e aumentar ou diminuir impostos, que são calculados para cada agente produtor em uma porcentagem da produção do mesmo.

O presente trabalho contribui com o domínio ao avaliar as configuração das variáveis e validação de valores projetados no ambiente, analisando o comportamento do sistema e das entidades em diferentes cenários e configurações de parâmetros, enriquecendo a modelagem e o escopo do projeto como um todo.

4. Implementação e testes

A simulação atualmente encontra-se em processo de desenvolvimento, formando rotinas de acordo com as possíveis escolhas modeladas dos agentes, com algumas funcionalidades já implementadas que permitem a retenção de informações parciais sobre a situação a partir de variáveis personalizadas pelo visualizador em cada simulação. Dentro do proposto, taxas de gravidade de poluição variam de 0 a 125, onde 0 é a poluição nula e números entre 115 e 125 representam a poluição mais elevada, causando um caos ambiental.

No primeiro teste configura-se a simulação com 4 empresários num –

empresarios, entidades às quais foram atribuídas rotinas de produção de insumos para venda de maneira aleatória. Esta função gera elevada poluição, devido ao des-carte de resíduos provenientes das indústrias no rio, que se torna mais escuro devido à contaminação. Essa interação chegou ao nível de caos ambiental no tempo correspondente a 364 'ticks' (medidas de tempo do ambiente, relacionadas diretamente com a unidade de tempo dia).

A seguir foram realizados testes com um aumento na quantidade de empresários *num – empresarios*, que possibilitou um aumento de poluição até o nível máximo aos 231 ticks, conforme pode ser visualizado na Figura 2. Percebe-se que o caos ambiental ocorreu em um tempo substancialmente menor do que o apresentado no primeiro teste. Conclui-se, então, que um aumento no número de empresários (representando mais indústrias) gera a necessidade de uma maior produção de insumos, aumentando o índice de poluição em busca da necessidade de haver produtos melhores a serem oferecidos aos agricultores, fenômeno incitado pela concorrência entre as empresas. A tomada de decisão do agricultor na compra dos insumos ofertados pelas empresas é descrita por

$$probabilidadeCompra = \frac{producaoGerada}{poluicaoGerada + preco} \quad (1)$$

onde *probabilidadeCompra* é o valor avaliado pelo agricultor na compra de um insumo, *producaoGerada* é a produtividade gerada ao utilizar o insumo na plantação, bem como *poluicao* corresponde à poluição proveniente da utilização do insumo e *preco* é o preço proposto pelos empresários na compra do produto ofertado.

Projeta-se que um aumento na quantidade de agentes fiscalizadores proporciona ao aumento de empresários estabilize o aumento de poluição em função do tempo.



Figura 2. Simulação configurada com oito empresários.

As implementações seguintes permitirão a visualização do cenário como um todo, ao disponibilizar fiscalizações, produção, vendas e promulgações de leis partindo dos

agentes, visando não atingir o caos ambiental a partir do momento em que cada agente realize sua função.

5. Conclusão e trabalhos futuros

O presente artigo apresentou o desenvolvimento parcial de um trabalho no ambiente multiagente NetLogo, com base na temática da poluição da água a partir das relações provenientes da agricultura, vinculando temáticas sociais, ecológicas e computacionais em busca da obtenção de índices utilizáveis na mudança das gestões participativas que envolvem o bem-estar ambiental nesse meio.

O desenvolvimento encontra-se no estágio da implementação das funções modeladas, muito importantes para entender a temática abordada e as características e impactos de cada agente no universo, de maneira a nortear a simulação para a obtenção de dados da forma mais efetiva e garantindo a abstração de suas interações mais importantes. Dessa maneira, as seguintes etapas configuram-se o término das implementações no sistema integrado NetLogo, bem como a revisão da simulação ao final desta etapa, resultando na obtenção e análise de indicadores a partir do uso da simulação, enriquecedoras no aspecto de contribuição ao projeto descrito em [Leitzke et al. 2019].

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Agência Nacional das Águas (ANA) pelo apoio financeiro via Edital nº 16/2017.

Referências

- Bontempo, A. F., Carneiro, G. D., Guimarães, F. A., Dos Reis, M. R., Silva, D. V., Rocha, B. H., Souza, M. F., and Sediyama, T. (2016). Residual tembotrione and atrazine in carrot. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 51(7):465–468.
- Dellamatrice, P. M. and Monteiro, R. T. (2014). Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(12):1296–1301.
- Drogoul, A. and Ferber, J. (1992). Multi-agent simulation as a tool for modeling societies: Application to social differentiation in ant colonies. In *European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, pages 2–23. Springer.
- Leitzke, B., Farias, G., Melo, M., Gonçalves, M., Born, M., Rodrigues, P., Martins, V., Barbosa, R., Aguiar, M., and Adamatti, D. (2019). Sistema multiagente para gestão de recursos hídricos: Modelagem da bacia do São Gonçalo e da Lagoa Mirim. In *Anais do X Workshop de Computação Aplicada a Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais*, pages 87–96. SBC.
- Millington, I. and Funge, J. (2009). *Artificial intelligence for games*. CRC Press.
- Teixeira, J. R. B., Ferraz, C. E. d. O., Couto Filho, J. C. F., Nery, A. A., and Casotti, C. A. (2014). Intoxicações por agrotóxicos de uso agrícola em estados do nordeste brasileiro, 1999-2009. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 23:497–508.
- Wilensky, U. et al. (1999). Center for connected learning and computer-based modeling. In *NetLogo*. Northwestern University.