

# Modelo Hospedeiro-Parasitóide Baseado em Sistema Multiagente\*

Érica Nicolao Lunardi<sup>†</sup>, Aline Brocker do Amaral Velho, Igor Kimieciki<sup>†</sup>,  
Fabio Y. Okuyama, Celson R. Canto Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS)  
Câmpus Porto Alegre, RS, Brasil

nicolao.lunardi@gmail.com, aline.brocker@gmail.com,  
igorkimieciki@hotmail.com, fabio.okuyama@poa.ifrs.edu.br,  
celson.silva@poa.ifrs.edu.br

**Abstract.** *Multiagent Systems based simulations allow the investigation of natural facts in ecology. This project aims to implement a computer simulation of the interaction between host insects and its parasitoids, which can be found in scenarios of biological pest control. With this work we aim to replicate the results of CANTO-SILVA (2003) in order to extend it with sensibility tests of simulation parameters. Thus, we believe that this work may contribute to ecology, agriculture and computing research areas.*

**Resumo.** *Simulação Baseada em Sistemas Multiagente possibilitam a investigação de fenômenos naturais da ecologia. Este projeto visa à implementação de uma simulação computacional da interação de insetos hospedeiros e parasitóides, encontrados em cenários de controle biológico de pragas. Neste trabalho pretendemos recriar os resultados obtidos em CANTO-SILVA (2003), para extendê-lo com a realização de testes de sensibilidade para os parâmetros da simulação. Desta forma, acreditamos poder contribuir para as áreas de pesquisa em ecologia, agricultura e ciência da computação.*

## 1. Introdução

Sistemas Multiagentes (SMA) são sistemas compostos de uma coleção de componentes autônomos, com objetivos particulares que se inter-relacionam de acordo com uma organização, interagindo para resolver tarefas. Os SMA formam uma área de pesquisa dentro da Inteligência Artificial Distribuída (IAD) que se preocupa com todos os aspectos relativos a computação distribuída em sistemas de inteligência artificial (Bordini et al, 2001).

Esses sistemas possibilitam incorporar à simulação características individuais dos organismos e características relacionadas à estrutura espacial. Além de permitirem avaliar quais são e como agem os mecanismos que afetam a dinâmica das populações. Este tipo de cenário é bastante propício para aplicação de simulação baseada em agentes, pois temos múltiplos indivíduos agindo autonomamente sobre o ambiente.

Segundo a terminologia dada em [PARRA et al. 2002], o controle biológico clássico é a importação e colonização de parasitóides ou predadores, visando ao controle de pragas exóticas (eventualmente nativas). De maneira geral, as liberações são

---

\* Trabalho parcialmente financiado por FAPERGS.

<sup>†</sup> Bolsista do PIBITI/IFRS/CNPq – Brasil.

realizadas com um pequeno número de insetos, por uma ou mais vezes no local; por isso, o controle biológico é visto como uma medida de controle a longo prazo. E isso se comprova quando, na presente simulação populacional, os parasitóides, que são inseridos em menor número, se multiplicam para combater naturalmente os percevejos, que já habitam o ecossistema. Ecologicamente, esses inimigos naturais atuam no controle biológico de pragas, neste caso do percevejo-cinzentado-do-fumo, sem a utilização de insumos químicos por parte dos agricultores.

Nesta primeira parte do projeto estamos reimplementando a simulação apresentada em CANTO-SILVA (2003). A simulação realizada em 2003 utilizava como base a plataforma SeSam (*Shell for Simulated Agent Systems*) [KLÜGL, 1998]. A modelagem realizada anteriormente na versão 1.0.2 do SeSam, não é mais compatível com as versões correntes do SeSam, o que exigiria adaptações do código anterior. Desta forma, como a equipe não tinha conhecimento da ferramenta, optou-se pelo NetLogo [WILENSKY, 2012] com a qual já havia contato anterior e apresentava as funcionalidades requeridas. O NetLogo apresenta uma interface amigável para a programação do SMA e apresentou uma rápida curva de aprendizado no desenvolvimento da simulação. A nova simulação está sendo implementada utilizando o estudo de campo e a simulação anterior como bases, e a partir dela terá início o processo de validação de dados.

Através da validação será possível verificar a veracidade do resultado alcançado pelas simulações, buscando evitar eventuais erros da simulação antiga e legitimar a nova. Após isso serão realizados os testes de sensibilidade dos parâmetros do modelo. No modelo foram utilizados parâmetros provenientes da literatura, os quais pretendemos testar através das simulações.

## **2. Modelagem da Simulação**

No modelo implementado no NetLogo, a plantação de fumo é representada por uma grade composta por 270 células (intituladas *patches* na linguagem Logo). Cada *patch* representa uma planta de fumo. Além disso, foi adotado um valor representativo da temperatura média diária do sistema baseado em dados meteorológicos obtidos através da pesquisa de campo presente na tese de CANTO-SILVA (2003).

A interação hospedeiro-parasitóide é feita por dois seres: os hospedeiros e os parasitóides. Nela os parasitóides se alimentam de seus hospedeiros até alcançando a maturidade, de forma que o hospedeiro morre no final da interação. No caso específico implementado, o papel de hospedeiro é feito pelo percevejo *Spartocera dentiventris* e o de parasitóide pelo *Gryon gallardoi*.

A quantidade de seres simulados e a data da sua inserção na simulação é fiel ao que foi realizado em campo por CANTO-SILVA (2003). Primeiramente são inseridas dez fêmeas de percevejos adultos no 1º dia da simulação e mais 5 no 16º. Posteriormente, inserem-se os parasitóides, divididos em 3 grupos: 2 parasitóides no 30º dia da simulação, 7 no 49º e 15 no 66º.

### **2.1. Parâmetros do Hospedeiro**

O ciclo de vida do hospedeiro *S. dentiventris* gira em torno de cento e quatorze dias distribuídos em três fases de vida. A primeira fase é a Fase Ovo que dura até quatorze dias, a segunda é a Fase Ninfa que dura até trinta e quatro dias e por fim a Fase Adulta, que dura até sessenta e seis dias. A longevidade do hospedeiro é afetada por taxas de mortalidade que variam de acordo com sua fase.

Em sua fase adulta, a taxa de probabilidade de morte do percevejo será dada em função da sua idade, eles também morrem (são excluídos do sistema) caso sua idade alcance um limite pré estabelecido (66 dias). Para sua fase de ovo, a probabilidade de morte é de 2% ao dia (excluindo-se a chance de parasitismo) e para os percevejos na fase ninfa, ela varia entre 6%, para percevejos colonizadores, e 9% ao dia para os demais gerações do percevejo.

A movimentação dos percevejos varia conforme o sexo: para os machos ela ocorre se a idade for múltipla de 5 e para as fêmeas se for múltipla de 7. Nos dias em que as fêmeas não se movimentam elas ovipositam, a quantidade de ovos ovipositados é calculada também em função da idade e a probabilidade sexual dos ovos é de 50% para macho ou fêmea. A distância percorrida em cada movimento obedece uma matriz de probabilidades elaborada a partir de dados obtidos em literatura. A direção dos movimentos é aleatória.

## 2.2. Parâmetros do Parasitóide

No mundo artificial, são introduzidos vinte e quatro parasitóides fêmeas adultas. Esses agentes, quando adultos, possuem um ciclo de vida curto, que é limitada tanto pela idade (15 dias) quanto pela quantidade de ovos parasitados por ele (68 ovos). Em cada dia de sua vida eles percorrem no máximo 8 passos, estimados de acordo com as distancias em metros registradas em campo.

A movimentação e a oviposição dos parasitóides estão muito ligadas. Isto porque durante a movimentação as fêmeas procuram por plantas que contenham percevejos adultos, pois quanto mais percevejos adultos estiverem em uma planta, mais ovos poderão estar no mesmo. O número de ovos ovipositados por um parasitóide varia conforme a quantidade de ovos e o número de parasitóides concorrentes na planta. Quando um ovo do hospedeiro é ovipositado, ele se transforma em um parasitóide imaturo, e sua probabilidade sexual é de 80% para fêmea.

O parasitóide imaturo apresenta uma taxa de mortalidade fixa de 4% por dia. Nessa fase, seu desenvolvimento é inversamente proporcional à temperatura do ambiente. Caso sobreviva até atingir seu desenvolvimento completo, o parasitóide torna-se adulto.

## 3. Simulação da Interação Populacional

O estudo de populações e suas relações com o meio implica em um trabalho complexo decorrente de todas as regras biológicas intrínsecas ao sistema. Primeiramente deve-se observar o meio em que se encontram os parasitóides e seus hospedeiros nas modelagens. Por exemplo, não é possível dois parasitóides ovipositarem em um mesmo ovo de hospedeiro. Pois regras como o teste de residência, restringirão o acesso de muitos parasitóides e hospedeiros à mesma planta. Além de nos próprios procedimentos conter uma regra que impeça o ato da oviposição por um segundo parasitóide. Desta forma será simulada a oviposição do parasitóide, como se houvesse uma disputa pelo mesmo ovo entre vários parasitóides. Sendo assim, deve-se observar qualquer tipo de perturbação, ou seja, detalhes que possam existir no meio natural para aplicá-los corretamente no modelo.

Posteriormente, deve-se atentar para a dinâmica do sistema que tem como resultante uma interação total entre indivíduos destas populações. As populações são uma mistura complexa e inconstante de genótipos (GIACOMINI, 2007) e por isso da importância em se ter uma modelagem baseada em indivíduos. E através dessa

interação populacional, será possível prever, por exemplo, a dispersão dos hospedeiros na cultura de fumo e quantos parasitóides deveriam ser inseridos naquele meio a fim de controlar a dispersão do hospedeiro. Desta forma, SMA se torna uma ferramenta extremamente útil para auxiliar no planejamento de programas de controle biológico de pragas, a partir do momento que possibilita simular no mundo artificial não só a dinâmica temporal da interação, mas também a sua dispersão no espaço.

#### 4. Considerações

Este trabalho é referente a um projeto de pesquisa ainda em estágios iniciais. Trata da replicação de simulação realizada anteriormente com outra ferramenta. Temos como objetivo dar continuidade e estender o desenvolvimento da simulação. Entre as extensões pretendidas, temos (i) realização de testes de sensibilidade com os parâmetros da simulação; (ii) uso da simulação como ferramenta pedagógica para estudo de interação de populações; (iii) adaptação da simulação para outros cenários de simulação de controle de pragas (*e.g.* soja).

Assim, ao realizarmos a implementação do sistema, validação e extensões, acreditamos que este trabalho contribua para as áreas de pesquisa de ecologia, agricultura e ciência da computação. Pois possibilitará o uso prático da simulação computacional, permitindo uma melhor compreensão do cenário de controle biológico de pragas e seus fenômenos associados.

#### 5. Referências Bibliográficas

- Alvares, L. O.; Sichman, J. S. Introdução aos sistemas multiagentes. In: MEDEIROS, C. M. B. (Ed.). Jornada de Atualização em Informática (JAI'97). Brasília: UnB, 1997. cap. 1, p. 1–38.
- Bordini, R. H.; Vieira, R.; Moreira, A. F. Fundamentos de sistemas multiagentes. In: Ferreira, C. E. (Ed.). Jornada de Atualização em Informática (JAI'01). Fortaleza, Brasil: SBC, 2001. v. 2, cap. 1, p. 3–44.
- Canto-Silva, C. R., 2003. Parâmetros bioecológicos de (Brethes) (Hymenoptera: Scelionidae) e modelagem da dinâmica espaço-temporal da sua interação com *Spartocera dentiventris* (Berg) (Hemiptera: Coreidae) através da simulação de múltiplos agentes. Tese de doutorado, UFRGS, PPGBAN. Porto Alegre, 210p.
- Giacomini, H. C., 2007. Sete motivações teóricas para o uso da modelagem baseada no indivíduo em ecologia. *Acta Amaz.* v. 37 no.3. Manaus.
- Klügl, F. e Puppe, F. The multi-agent simulation environment SeSAm. In: Proceedings of the Workshop “Simulation and Knowledge-based systems”. H. Kleine Büning (Ed.), University Paderborn. 1998.
- Neumann, R. I. Anuário brasileiro do fumo 1998. Porto Alegre. Gazeta Grupo de Comunicações, 1998, 103p.
- Parra, J.R.P.; Botelho, P.S.M.; Corrêa-Ferreira, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar. In: Parra, J.R.P.; Botelho, P.S.M.; Corrêa-Ferreira, B.S.; BENTO, J.M.S. Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p.125-142.
- Wilensky, U., 2012. NetLogo Home Page. Disponível em: <<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>> Acesso em: 15/03/2012.