

PULGÕES E JOANINHAS: POSSÍVEIS DIÁLOGOS INTERDISCIPLINARES

APHIDS AND LADY BEETLES: POSSIBLE INTERDISCIPLINARY DIALOGUES

Fernando Teles ¹, Maria de Fátima Aranha de Queiroz e Melo ¹, Erivelton Geraldo Nepomuceno ²

¹Laboratório de Pesquisa e Intervenção Psicossocial – LAPIP, Departamento das Psicologias, UFSJ, MG

²Laboratório de Sistemas e Sinais – LBSIS, Departamento de Engenharia Elétrica, UFSJ, MG

Resumo

Trata-se de um estudo embrionário em que, associando-se os conhecimentos da Psicologia Social e da Etologia, busca-se fazer o entendimento de como ocorre o movimento de elementos de duas populações, de presas e predadores, na realização de ações que envolvem a sua sobrevivência. Haverá grande diferença se houver a associação dos elementos na formação de grupos com vistas ao atingimento mais rápido de objetivos comuns? Tem-se como objetivo transpor as fronteiras disciplinares para tomar de empréstimo, mutuamente, experiências que nos possibilitarão a busca de respostas com relação a como se formam ou como se desfazem redes de elementos heterogêneos e em que medida essas associações concorrem para produzir determinados resultados. Os desdobramentos para a Psicologia Social são inúmeros, possibilitando-nos uma reflexão sobre fenômenos como o altruísmo, as guerras, entre outros. Utilizamos, como metodologia de trabalho, as simulações feitas com animação virtual em computador dos movimentos de pulgões e joaninhas, prevendo dois cenários: 1. Em que os elementos se deslocavam aleatoriamente; 2. Em que os elementos se associavam em busca de um objetivo comum. Os resultados são apresentados em forma de gráficos em que se pode perceber a evolução do número de presas e predadores ao longo do tempo. Como resultados das simulações feitas, podemos dizer que, nos dois momentos, vários fatores concorrem para uma causalidade em rede que demanda mais discussões. Temos a intenção, ao tomar de empréstimo conhecimentos de outras áreas disciplinares, de poder enriquecer a formulação de questões e controvérsias nas nossas áreas de estudo.

Palavras-chaves: simulação computacional, causalidade em redes, dinâmica de populações.

Abstract

This is an embryonic research, in which, through the association of knowledge from Social Psychology and Ethology, it is aimed to understand the movement of elements of two populations, preys and predators, as they get into action to survive. Will there be a considerable difference if these elements organize in groups in order to quickly fulfill common goals? Overcoming disciplinary boundaries has been established as a purpose to borrow, mutually from different disciplines, experiences that shall allow us to pursue the answers related to how nets of heterogeneous elements are formed and dissolved, and how those associations compete to produce certain results. Extensions to Social Psychology are countless, which allow us to think about phenomena such as altruism, wars etc. The research methodology chosen consists of simulations made with computer virtual animations of movements of aphids and lady beetles, in two scenarios: 1. In which elements could move at random; 2. In which elements associate in search for a common goal. Results are presented in graphics showing the evolution of the number of prey and predators over time. According

to what the simulations indicate, it is possible to say that, in both scenarios, several factors compete for a net causation demanding more discussions. By borrowing knowledge from other disciplinary areas, we intend to empower the formulation of inquiries and controversies in our own disciplinary fields.

Palavras-chaves: computer simulation, net causation, population dynamics.

Introdução

Desde o escândalo que abalou os anos 60 em que a nova-iorquina Kitty Genovese foi brutalmente assassinada sem que nenhuma das testemunhas se mobilizasse para prestar-lhe socorro, as pesquisas em Psicologia Social, que tinham a solidariedade como foco privilegiado, passaram a se preocupar com o problema do altruísmo, abordando o problema pela via negativa: Por que em certas circunstâncias não somos altruístas? O que inibe o comportamento de ajuda ao outro? O que o mobiliza e em que situações? Na mesma época, tal como a Psicologia Social, a Etologia também se deixa influenciar por tais questões e este tipo de experiência entre os animais passa a despertar o interesse de pesquisadores. O episódio aqui narrado e as questões suscitadas nos são trazidos por Despret (1996), psicóloga que se dedica a estudar as questões da Psicologia Social tomando de empréstimo as pesquisas realizadas em Etologia. A autora defende o interesse dos psicólogos pela Etologia, pois se trata de um campo em que nos permitimos à redescoberta do que pode ser o humano.

O estudo dos animais empresta-nos questões para buscar elos de continuidade e descontinuidade entre homens e animais, para pensar diferenças entre culturas e para entender as estratégias de sobrevivência não no sentido estrito – de manter-se vivo e garantir a propagação da espécie – mas no seu sentido mais amplo da manutenção das redes que dão suporte e que garantem os efeitos das práticas de cada uma das entidades viventes.

As pesquisas em Etologia também têm trazido aos pesquisadores a possibilidade de verificar a estabilidade ou abandono de comportamentos na vida dos animais, mostrando-nos como os eventos estão suscetíveis à influência de variáveis diversas que, uma vez introduzidas no cenário de experimentação, produzem efeitos que farão a diferença no quadro do fenômeno. Despret (*ibidem*) defende a pesquisa em Etologia como uma prática de transformações mútuas em que os comportamentos de homens e animais são suscetíveis a mudanças, negociáveis sempre que as circunstâncias permitirem ou exigirem. Assim, a introdução de variáveis num determinado cenário pode deflagrar modificações não previstas a partir de uma situação inicial.

Parte-se do princípio de que as questões relacionadas ao altruísmo podem ser verificadas entre os animais, nas suas estratégias de associação, quando destas podem depender as suas formas de melhor sobreviver às adversidades. Pensemos numa população de presas e predadores em um cenário determinado composto de algumas variáveis cujo comportamento podemos prever. Mesmo não tendo esta composição disponível na vida real, podemos obtê-la virtualmente. É nessa idéia que se baseia este trabalho.

Foi dos computadores e dos laboratórios de simulação, produto dos jogos evolucionários, que surge um instrumento computacional que tem permitido a construção de fatos, a partir de um enfoque epidemiológico, tornando o laboratório um lugar de experimentação virtual que dubla a realidade a partir de uma lógica matemática mais ou menos fidedigna, se levarmos em conta como reagem as variáveis colocadas em jogo. Tem nos permitido também conhecer a interferência da adição de cada nova variável no evento em questão, ajudando-nos a entender seu peso em relação ao contexto como um todo. Trata-se de uma outra ferramenta de entendimento e previsão do curso de uma dada ação em que podemos verificar quais os resultados dos comportamentos de associação entre duas populações, de presas e predadores.

Segundo Despret (ibidem) foi esse procedimento que, surpreendentemente, proporcionou aos etologistas a chance de mostrar e demonstrar que, em certas circunstâncias, a seleção natural pode favorecer um sistema de altruísmo recíproco, mantendo-o de maneira estável na população: o fenômeno do altruísmo pode, a partir de então, ser visto como estratégia estável do ponto de vista da evolução. Este argumento passou a ser conhecido como a teoria da reciprocidade e pareceu encontrar confirmação no mundo real das observações feitas por cientistas no mundo virtual que o computador havia criado: eram as estratégias baseadas na reciprocidade que permitiam que a solidariedade se mantivesse.

No nosso dispositivo experimental, por acréscimo a esse modelo, a questão básica envolvendo o fenômeno do altruísmo era saber se a eficácia da ação das duas populações aumentava no caso de os elementos se associarem em função de um objetivo comum ligado à sobrevivência: as estratégias de ataque para os predadores.

MacLennan (1991) formaliza esta abordagem etológica em conjunto com as simulações computacionais ao propor o uso da etologia sintética. O avanço é laureado pelas possibilidades de manipulação e controle das diversas variáveis envolvidas numa dada situação de interesse. Se o pesquisador é capaz de criar o mundo que analisa, então terá liberdade para investigá-lo nas mais diferentes condições.

A junção de áreas tão distintas do saber que este projeto suscita, acompanha a mudança de paradigma levada a efeito pelo pensamento sistêmico. Ao rompermos, portanto, com a concepção linear e tradicional do conhecimento, procuramos compreender nosso objeto de estudo como algo que surge e só se manifesta como um ponto numa rede maior de elementos (Klein, 2004).

Esta visão traz consigo não só o ingrediente necessário para que a interdisciplinaridade aconteça, mas também acolhe o caráter multifacetado das propriedades de nosso objeto naquilo que ele apresenta de mais particular. Afinal, ao lançarmos luz às condições implicadas na associação ou fragmentação de elementos, aceitamos o convite à integração promovido pela Teoria da Complexidade.

Entre as diversas metáforas e ilustrações que se têm utilizado para compreender e aplicar as proposições desse corpo teórico, acreditamos que esse estudo se situe em uma fronteira não mais rígida entre os efeitos surtidos sobre as ciências humanas e a nova direção tomada pela Inteligência Artificial (IA).

Se é notável que as ciências sociais têm adotado cada vez mais as simulações artificiais como um ponto de partida (Goldspink, 2002; Frank, 2005), esta tendência é, entre outras coisas, também decorrente da nova posição assumida pela IA frente à abordagem complexa ou sistêmica dos fenômenos. A superação que se tem reivindicado do modelo representacionista da IA dá lugar à inteligência coletiva que emerge na interação de um conjunto de elementos, ou agentes interdependentes (Goldspink, 2000). E é esse *insight* que tem produzido os efeitos mais frutíferos na direção plural que muitas áreas do conhecimento vêm assumindo. As teorias das organizações, por exemplo, já podem lançar mão de *softwares* criados especificamente para prever e analisar a dinâmica relacional entre as várias esferas do cotidiano de uma empresa. Até para a conhecida obra de Peter Senge, *A Quinta Disciplina*, já se propõe um modelo para simulação computacional (Silva, 2005).

O que se pretende aqui é percorrer caminhos ainda não trilhados e levantar mais questionamentos do que propriamente ir à busca de respostas, utilizando para isso, a versatilidade instrumental que as linguagens computacionais fornecem. A posição epistemológica que as Ciências Humanas adotam, entretanto, deve recorrer a uma nova visão de mundo para conceber a entrada em cena das simulações artificiais como um arranjo possível a sustentar investigações científicas.

E sobre os pilares erguidos pela Teoria da Complexidade, este trabalho busca aproximações com a teoria ator-rede para pensarmos que o efeito das variáveis em determinado cenário pode obedecer a lógicas dispares e nem sempre previsíveis. O fato de

lançarmos mão das simulações em computador pode nos ajudar a disparar algumas configurações iniciais de resultados, sem, no entanto, encerrar o leque de efeitos que outras entidades podem provocar na situação dada. Pela TAR (Teoria Ator Rede), o que nos interessa é realizar o seguimento desses efeitos ao longo de um processo em que cada variável, pela troca de propriedades com o campo em que se desenvolve a ação, terá um papel a jogar e um produto a ser observado.

Metodologia

A partir das considerações propostas que incluem a abordagem do fenômeno social da cooperação sob uma perspectiva etológica; a proposição de variáveis manipuláveis e dinâmicas para interação; a concepção polidimensional do objeto de estudo aqui analisado; a abertura epistemológica para o caráter emergente da causalidade em redes e para a absorção das simulações artificiais como uma ferramenta aliada; foi desenvolvido um simulador no *software Macromedia® Flash MX®*. As possibilidades de tratamento visual deste aplicativo se mostraram adequadas à principal necessidade deste projeto de pesquisa: criar uma simulação artificial que, mediante a manipulação de variáveis, pudesse servir de base para a análise qualitativa da dinâmica presa-predador, em dois enfoques distintos: uma simulação com comunicação entre os predadores e outra sem comunicação.

Deve-se destacar ainda que o ambiente de desenvolvimento do *software Macromedia Flash MX* possibilitou a criação de uma interface visual qualitativamente diferente dos demais programas simuladores de sistemas dinâmicos. O cenário e os agentes foram criados sob uma preocupação estética singular, a fim de proporcionar impacto visual e facilitar a compreensão daquele que a utiliza. Os elementos gráficos foram, portanto, projetados em moldes simples e calcados na representação mais popular dos personagens escolhidos, neste caso, a joaninha e o pulgão. Inspirando-se no estilo que se populariza com os desenhos animados, os detalhes que uma representação anatômica de cada uma das espécies, por exemplo, talvez exigisse, foram substituídos por contornos fortes e cores expressivas, numa tentativa de destacar, nas formas, apenas o que caracteriza cada população de indivíduos.

O comportamento natural desses insetos também não esteve em foco. Com o intuito apenas de eleger dois personagens que atuassem sob as regras mais gerais do que se conhece sobre a relação presa-predador, os hábitos específicos de caça, reprodução, alimentação etc, não foram considerados como variáveis importantes a nortear a causalidade em rede investigada.

O interesse esteve, então, voltado para o estabelecimento das condições necessárias para que a interação entre os indivíduos ocorresse e, desta interação, se pudesse observar eventuais padrões emergentes em meio à complexidade do sistema. Temos, nestas considerações básicas, os requisitos mínimos para um experimento em Vida Artificial, operando sob o que se conhece sobre a modelagem de sistemas multi-agente.

Com vistas a tornar o ambiente de simulação o mais manipulável possível, o desenvolvimento procurou identificar e manter configurável as variáveis de maior importância, a saber: x_{pd} : a quantidade inicial de predadores; x_{ps} : a quantidade inicial de presas; n_{pd} : a taxa de natalidade do predador; n_{ps} : a taxa de natalidade da presa; t_{pd} : o tempo de vida do predador; t_{ps} : o tempo de vida da presa; d : a probabilidade, em porcentagem, da possibilidade de deslocamento dos indivíduos, compartilhada pelas duas espécies; r : a probabilidade de rotação dos indivíduos, compartilhada pelas duas espécies; o v : tempo de vida adicional para o predador quando este conseguir atacar uma presa; l : o limite de presas a serem capturadas pelo predador para que este possa procriar; m : o tempo de memorização, do predador, da localização de uma presa; e z : o valor aleatório a ser adicionado à taxa de reprodução no momento da procriação.

O controle exercido por essas variáveis, conforme indicado, se difere em cada espécie. Embora os dois tipos de indivíduo compartilhem o valor estabelecido para as variáveis relacionadas à probabilidade de movimentação, as demais dizem respeito ao papel que cada espécie desempenha para atender aos fins requeridos pela dinâmica presa-predador.

As dimensões espaciais do *palco* (para utilizar a terminologia do ambiente de desenvolvimento do *Macromedia® Flash MX®*) ou, dito de outra forma, do espaço onde ocorre o encontro das duas populações, foram mantidas constantes, perfazendo uma área 786 vezes maior que um predador. Entretanto, a movimentação dos agentes no espaço disponível ocorre de modo semelhante ao que seria num toróide. Se um indivíduo ultrapassar uma das quatro fronteiras da tela, este é imediatamente posicionado no lado oposto da mesma, não havendo bordas laterais. Em perspectiva bidimensional, não existem obstáculos ou outras espécies, além das que interessam para a realização do encontro presa-predador (**Figura 1**).

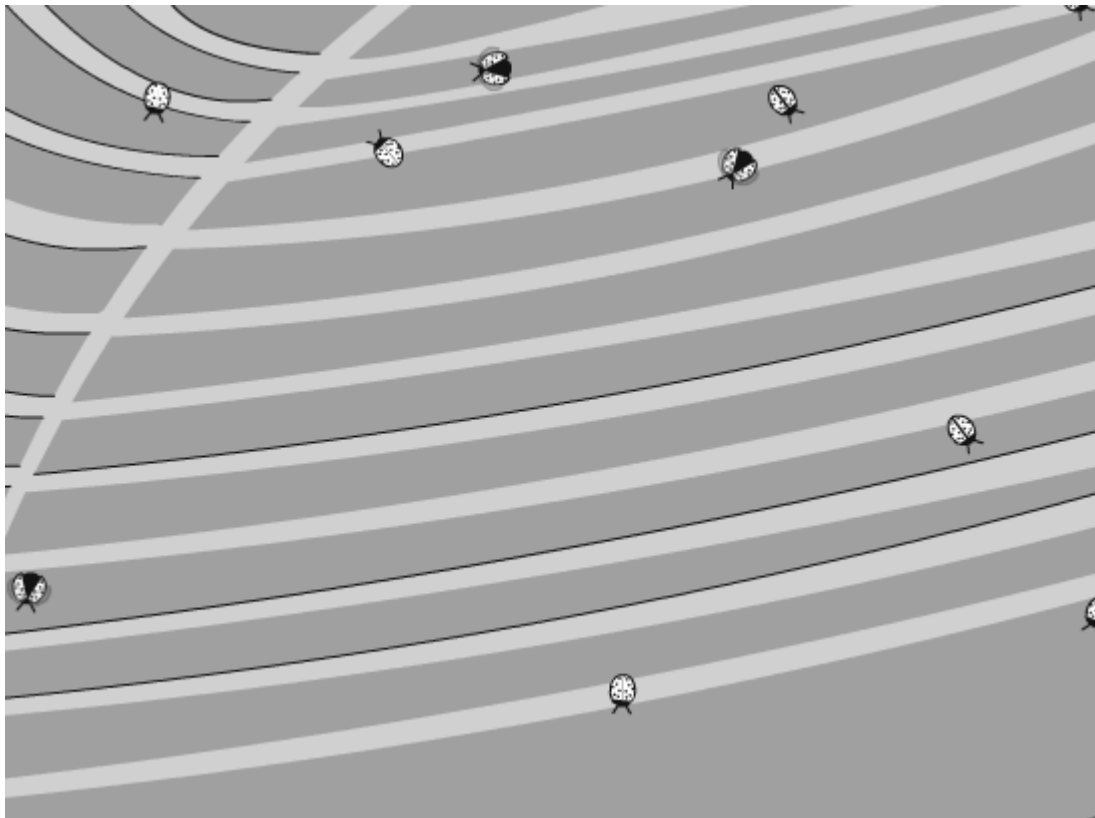


Figura 1 – Ambiente de simulação com joaninhas (predadores) em movimento aleatório.

O predador, projetado para comunicar-se com outros predadores e para caçar, possui raio de visão num ângulo de quarenta e cinco graus e capacidade para atacar qualquer presa que se posicionar neste campo, que se estende, a sua frente, em um raio que corresponde a seis vezes o seu comprimento. Além disso, também é equipado com a capacidade de comunicar-se com outros predadores num raio que corresponde a oito vezes o seu comprimento. O comunicador é acionado a qualquer momento em que um predador enxergar uma presa. Ele contém as coordenadas do indivíduo localizado a serem transmitidas para os predadores vizinhos.

A criação dos indivíduos contou com o estabelecimento de regras simples de movimentação. As regras que incidem sobre o movimento do predador, de modo geral, atuam no sentido de fornecer aleatoriedade e capacidade de caça e predação diante da percepção de uma presa. Ao ser instanciado, o predador poderá se mover em rotação no sentido horário ou anti-horário; deslocar-se em linha reta; ou permanecer parado por alguns instantes. No caso de encontro com uma presa, a probabilidade de rotação e deslocamento é ajustada para zero e o predador elimina o indivíduo daquela população. Uma vez que o objetivo da caça é atingido, o predador volta a ser submetido às contingências aleatórias de

movimentação anteriores, quando a probabilidade de ocorrer deslocamento ou rotação é novamente restabelecida para um valor acima de zero.

A capacidade de movimentação aleatória das presas é regida pelas mesmas regras estabelecidas pelo predador. No entanto, não caçam e não são equipadas com comunicador. O único movimento característico dessa população se refere à capacidade do indivíduo de percorrer uma trajetória curva, em movimento de esquiva, quando um predador ultrapassa os limites de seu raio de visão. As dimensões deste raio, todavia, é menor do que aquele dos predadores.

O indivíduo de qualquer espécie é automaticamente removido da simulação quando este atingir o tempo máximo de vida definido inicialmente com o valor ajustado para esta variável, ou no caso da presa, quando sofrer ataque. O predador, entretanto, poderá ter acréscimo no tempo de vida se a variável *tempo de vida adicional*(v) tiver sido atribuída com um valor maior que zero quando capturar uma presa.

As possibilidades de reprodução dos indivíduos obedecem a regras simples e arbitrárias. O predador e a presa só poderão procriar a partir da metade de seu tempo de vida. No caso do predador, este, só poderá servir de intermédio para o surgimento de novos agentes se o valor atribuído à variável *limite de presas a serem capturadas para procriar*(I) for igual ao número de capturas que já tiver efetuado. Neste caso, há a possibilidade de que a ocorrência ou não de predação determine a reprodução. Às presas não se atribuiu nenhuma dependência do tipo ao considerar-se, em princípio, disponibilidade abundante de alimento, não havendo concorrência entre elas.

Quando o mecanismo reprodutor de qualquer espécie é executado, ocorre uma distribuição espacial aleatória de indivíduos no ambiente de simulação. Além disso, ele opera no sentido de tornar aleatório o valor atribuído às variáveis *taxa de natalidade do predador*(n_{pd}) e *taxa de natalidade da presa*(n_{ps}). Assim, sempre que a reprodução acontecer, poderão surgir mais ou menos indivíduos do que foi previamente definido nas referidas variáveis.

A fim de facilitar a análise do observador/usuário da simulação, a flutuação do número de indivíduos das duas populações estudadas pode ser visualizada em um monitoramento gráfico anexo. Nela pode-se acompanhar os momentos de pico e queda da quantidade de agentes de cada espécie e a taxa de ataque dos predadores no decorrer do tempo. A leitura dos dados é atualizada a cada segundo e dispõe o valor de cada variável em curvas de evolução temporal.

Após a finalização da etapa que abrange a construção do *software* simulador, a fase seguinte consistiu de análise minuciosa das simulações no ambiente computacional produzido. Para tanto, foram realizadas simulações em diversas configurações. Variando-se o número inicial de indivíduos de cada população, sua taxa de natalidade e, no caso do predador, as condições para a procriação.

Resultados

O *software* criado permitiu que experimentos fossem realizados em dois cenários diferentes, diante dos objetivos deste estudo: 1. Em que os elementos se deslocavam aleatoriamente; 2. Em que os elementos se associavam em busca de um objetivo comum. Nas duas ocasiões foram variados os valores para os parâmetros x_{pd} (número inicial de predadores); x_{ps} (número inicial de presas); n_{pd} (taxa de natalidade do predador); n_{ps} (taxa de natalidade da presa); l (limite de capturas para a procriação dos predadores); t_{pd} (tempo de vida do predador); t_{ps} (tempo de vida da presa); v (tempo de vida adicional do predador para quando este atacar uma presa).

No primeiro momento, em que não houve comunicação entre os predadores, foram realizadas simulações com condições iniciais configuradas conforme a ordem seguinte (1.1 a 1.4).

$$1.1) x_{pd} = 3; x_{ps} = 5; n_{pd} = 1; n_{ps} = 2; l = 1; t_{pd} = 250; t_{ps} = 260; v = 2;$$

$$1.2) x_{pd} = 2; x_{ps} = 2; n_{pd} = 1; n_{ps} = 2; l = 1; t_{pd} = 250; t_{ps} = 260; v = 0;$$

$$1.3) x_{pd} = 2; x_{ps} = 4; n_{pd} = 1; n_{ps} = 2; l = 2; t_{pd} = 200; t_{ps} = 260; v = 2;$$

$$1.4) x_{pd} = 4; x_{ps} = 6; n_{pd} = 1; n_{ps} = 1; l = 1; t_{pd} = 100; t_{ps} = 180; v = 0$$

A seguir são exibidas figuras expositivas do monitoramento gráfico realizado em cada simulação. Os pontos vermelhos correspondem ao número de predadores e os pontos verdes ao número presas.

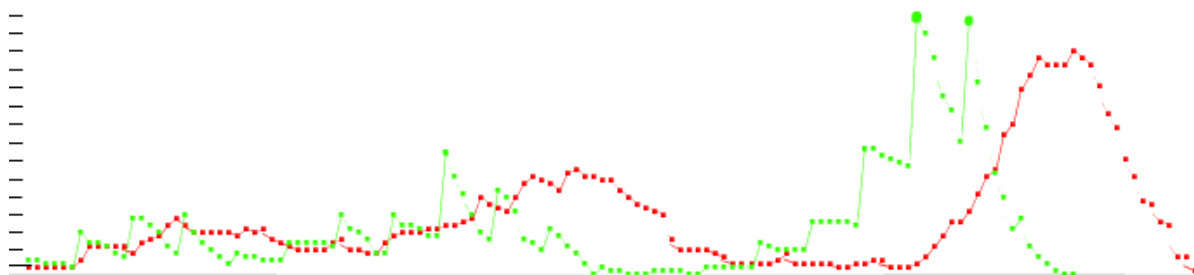


Figura 3 – Evolução temporal do número de presas e predadores como resultado das condições iniciais descritas no item 1.1.

De acordo com a **Figura 3**, podemos observar um período de adaptação inicial entre as duas populações, marcado por uma oscilação mais nítida para o número de indivíduos da população de presas. Posteriormente, os picos mais altos registrados para a flutuação na dos número de indivíduos da duas populações sugerem momentos de revezamento da maior distribuição de indivíduos entre os grupos.

A maior taxa de natalidade(n_{ps}) atribuída às presas parece ter sido um valor importante para que essa população atingisse variações mais altas na quantidade de indivíduos do que a população de predadores.

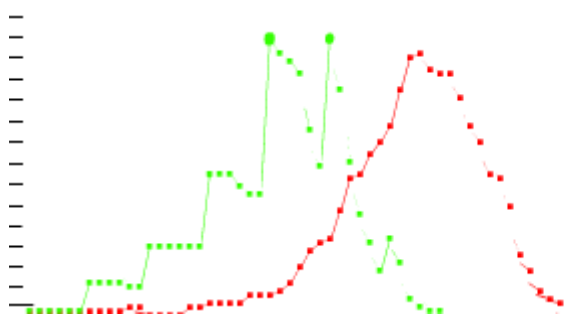


Figura 4 – Evolução temporal do número de presas e predadores como resultado das condições iniciais descritas no item 1.2.

A **Figura 4** mostra o quanto a precipitação no alto crescimento da população de presas influenciou o mesmo efeito na população de predadores. Em meio a um certo nível de estocasticidade do sistema podemos perceber tentativas fracassadas da população de presas em aumentar seu número de indivíduos.

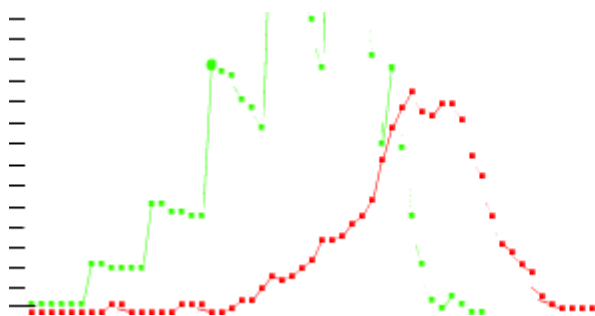


Figura 5 – Evolução temporal do número de presas e predadores como resultado das condições iniciais descritas no item 1.3.

A **Figura 5** mostra que uma explosão inicial na população de presas não foi suficiente para manter sua perpetuação por um período considerável de tempo. O número inicial de indivíduos dessa população(x_{ps}) parece ter propiciado o alto crescimento em face

das variáveis que controlavam a manutenção da taxa de crescimento da população de predadores, a saber, o limite de capturas para a procriação(l), o tempo de vida adicional para quando os predadores capturassem uma presa(v) e sua taxa de natalidade (n_{pd}).

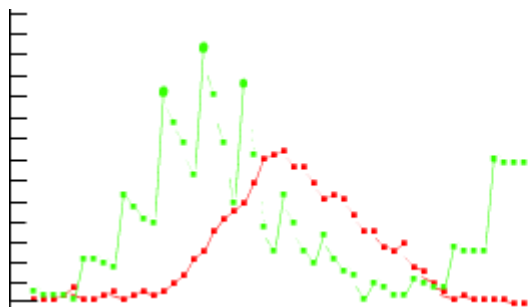


Figura 6 – Evolução temporal do número de presas e predadores como resultado das condições iniciais descritas no item 1.4.

Na **Figura 6** temos uma precipitação do crescimento da população de presas que, diante dos parâmetros que configuram suas condições iniciais frente àquelas da população de predadores, parece ter garantido sua sobrevivência por mais tempo.

O segundo momento, que contou com a possibilidade de comunicação entre os predadores, simulou a mesma seqüência de configurações para que uma comparação qualitativa fosse possível. As condições iniciais são descritas a seguir (2.1 a 2.4).

$$2.1) x_{pd} = 3; x_{ps} = 5; n_{pd} = 1; n_{ps} = 2; l = 1; t_{pd} = 250; t_{ps} = 260; v = 2;$$

$$2.2) x_{pd} = 2; x_{ps} = 2; n_{pd} = 1; n_{ps} = 2; l = 1; t_{pd} = 250; t_{ps} = 260; v = 0;$$

$$2.3) x_{pd} = 2; x_{ps} = 4; n_{pd} = 1; n_{ps} = 2; l = 2; t_{pd} = 200; t_{ps} = 260; v = 2;$$

$$2.4) x_{pd} = 4; x_{ps} = 6; n_{pd} = 1; n_{ps} = 1; l = 1; t_{pd} = 100; t_{ps} = 180; v = 0$$

A seguir são exibidas figuras expositivas do monitoramento gráfico realizado em cada simulação. Os pontos vermelhos correspondem ao número de predadores e os pontos verdes ao número presas.

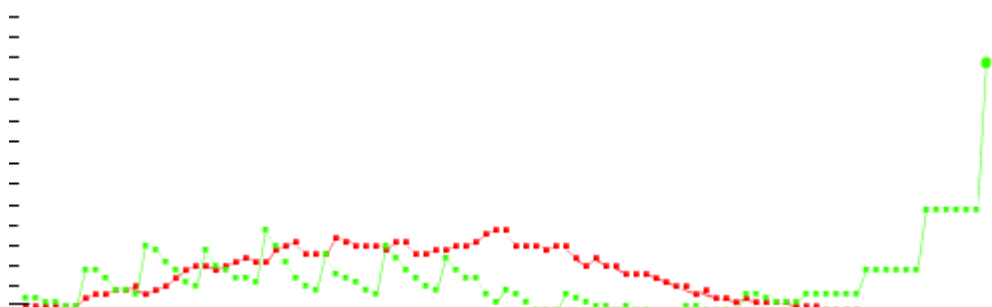


Figura 7 – Evolução temporal do número de presas e predadores como resultado das condições iniciais descritas no item 2.1.

A **Figura 7** revela um padrão mais uniforme na convivência das duas populações. Enquanto os predadores sofreram uma transição menos variável na flutuação de seu número de indivíduos, as presas oscilaram até que sua taxa de crescimento explodisse com a extinção da outra espécie. Em comparação com a **Figura 3**, quando as mesmas condições foram simuladas sem comunicação entre as presas, a **Figura 7** revela que a comunicação pode ter sido eficaz para que a população de predadores não sofresse aumento abrupto ou queda repentina, aproximando-se de um certo equilíbrio.

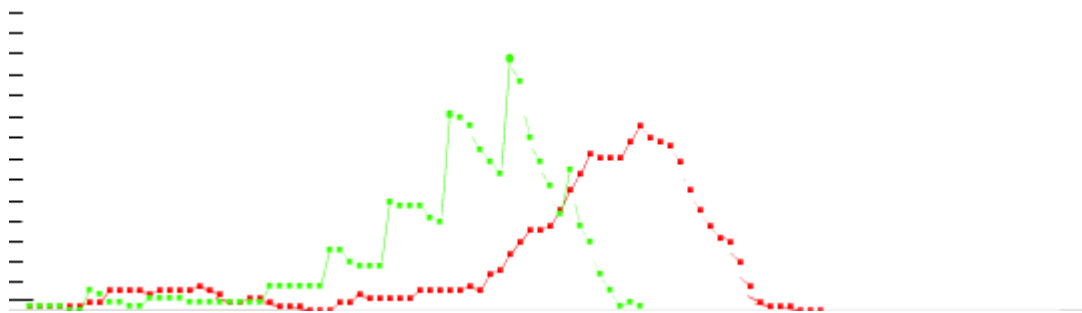


Figura 8 – Evolução temporal do número de presas e predadores como resultado das condições iniciais descritas no item 2.2.

A **Figura 8** nos mostra que a tendência ao equilíbrio também esteve presente no momento inicial que os parâmetros configurados produziram durante a simulação. O mesmo não foi observado durante no item na **Figura 4**, quando não havia comunicação para as mesmas condições simuladas. Entretanto, novamente, observamos um pico mais alto para a população de presas.

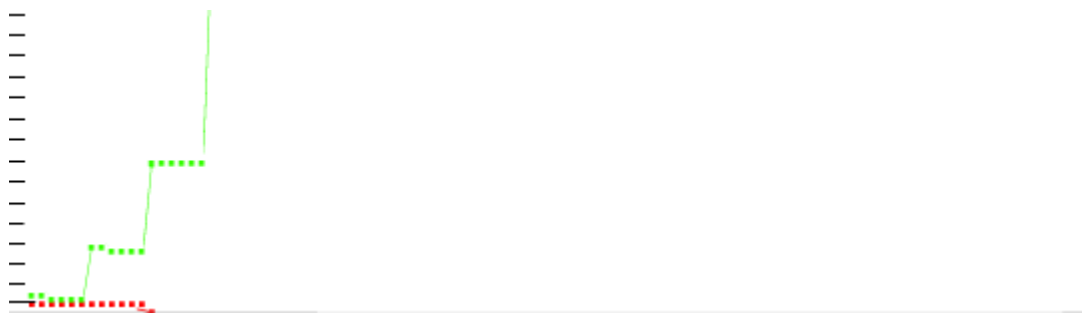


Figura 9 – Evolução temporal do número de presas e predadores como resultado das condições iniciais descritas no item 2.3.

A **Figura 9** mostra uma precipitação na extinção dos predadores. Os parâmetros configurados dificultaram o crescimento dessa população. Entretanto, a **Figura 5**, que exhibe

os efeitos dos mesmos parâmetros durante a simulação sem comunicação entre os predadores revela uma igual tendência de crescimento acelerado no número de indivíduos da população de presas. A estocasticidade de tais configurações, durante o experimento exposto na **Figura 5**, foi mais eficiente em manter viva a população de presas. Em face da baixa quantidade inicial de elementos (x_{pd}) em relação a de presas (x_{ps}) e do limite mais alto para a captura de indivíduos (I), os predadores não puderam formar e se apoiar sobre uma rede de comunicação mais ou menos estável para a sobrevivência durante um período considerável de tempo.

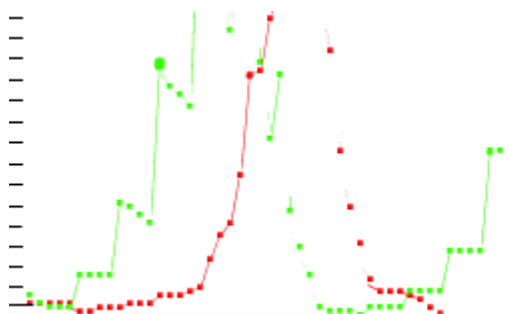


Figura 10 – Evolução temporal do número de presas e predadores como resultado das condições iniciais descritas no item 2.4.

Conforme mostra a **Figura 10** as condições iniciais de indivíduos das duas espécies parece ter sido exageradamente alta se analisarmos o aumento abrupto das duas populações já nos primeiros instantes da simulação. A taxa de crescimento e a perpetuação da espécie predada, em face da extinção de seus predadores, também estiveram presentes quando as mesmas condições competiram na produção de resultados para o que foi observado na **Figura 6**. As variáveis em jogo parecem ter desempenhado um papel mais determinante do que a comunicação, produzindo efeitos semelhantes nos dois momentos simulados.

Análise e conclusões

Os resultados demonstram que até nas mais simples possibilidades que um elemento dispõe para afetar um outro, poderíamos encontrar respostas para o que ocorre numa rede mais ampla de ligações diferentes. O que é digno de nota é o fato de que a causalidade em rede observada nas simulações computacionais realizadas parece apresentar pontos de concordância, ainda que rudimentares, com a organização de eventos reais.

Vale ressaltar aqui o equilíbrio mais ou menos estável que algumas possibilidades de interação propiciaram, ora mantidas pelo acaso, ora pela comunicação entre os elementos de uma das populações. Todavia, a emergência desse fenômeno só foi possível em conjunto

com as diversas causalidades simultâneas levadas a efeito pela interação das variáveis manipuladas.

Se os predadores, ao compartilharem a visão de uma presa, estavam sendo, por isso, cooperativos, isso só foi possível mediante àquelas configurações que corresponderam à necessidade de uma ação em conjunto. Em consequência, momentos de compartilhamento da abundância de alimento entre os indivíduos e relativa garantia de sobrevivência e reprodução da espécie se tornaram possíveis. Inversamente, o mesmo pôde ser analisado naquelas situações em que, em menor número e com quantidade razoável de alimento, os predadores falharam em reproduzir indivíduos suficientes para que sua espécie continuasse e o número de indivíduos da população de presas se mantivesse em equilíbrio.

Deflagradas pela Psicologia Social, as condições para se refletir acerca do altruísmo entre os humanos, dentro de uma abordagem calcada na reciprocidade, podem se nutrir dos exemplos encontrados nos estudos etológicos e particularmente nas estratégias em que, ao invés de uma ação isolada, os grupos estabelecem laços no que poderíamos entender como um estado embrionário de uma inteligência coletiva.

A proposição de um modelo artificial para se pensar a dinâmica real de grupos em situação de cooperação ainda carece de muitos questionamentos importantes. O modelo discutido aqui não conta com toda a complexidade das condições reais encontradas na realidade. Os requisitos para uma maior validade clamam pela introdução de mais variáveis com cruzamento de vários cursos de ação em cadeia. Entretanto, a ferramenta que apresentamos pode nos fornecer um panorama mais geral e mais grosseiro - mas nem por isso sem utilidade prática – como ponto do qual partir para problematizar as questões que levantamos no início deste texto.

No entanto, vale ressaltar também que a validade das simulações computacionais ainda apresenta questões e discussões infinitas (Frank, 2005). Entre elas se encontra a primeira pergunta que um pesquisador tradicional talvez se fizesse: como pode uma simulação representar a realidade com certa confiança? A resposta a esta indagação poderá ser prontamente dada pelas ciências naturais, demonstrando o quanto uma análise quantitativa é possível diante de dados empíricos manipuláveis. Mas o mesmo ainda é amplamente discutido pelas ciências sociais e afins.

O simulador criado, enquanto uma ferramenta aliada para a compreensão dos sistemas dinâmicos ou, até mesmo como um mecanismo didático para seu estudo, se mostra como um recurso interessante para os investigadores que iniciam suas pesquisas em sistemas complexos. Embora, quesitos ligados à forma ou a aparência de simuladores nem sempre são

considerados como itens pertinentes por alguns programadores, ressaltamos sua eficácia em combinar elementos e cores produzindo uma interface gráfica peculiar sem extrapolar os limites que definem a utilidade do *software*.

E, se a utilidade computacional dessa simulação fosse seu único papel desempenhado, perderíamos de vista a função pedagógica que ela poderia representar. Estas observações partem de princípios que as discussões que envolvem a democratização do conhecimento e a inclusão digital talvez pudessem contribuir de maneira mais rica e efetiva. Mas, se considerarmos essa simulação como um produto emergente do encontro de diferentes áreas do conhecimento, seria um contra-senso mantê-la acessível somente aos olhos de um único público ou nicho de pesquisa. Logo, embora ela apresente limitações e seja ainda um pequeno passo em direção a essa premissa fundamental, acreditamos que é válido um argumento que advoga a favor do homem em sua relação com a máquina.

Referências

DESPRET, Vinciane. (1996) *Naissance d'une théorie éthologique. La danse du cratérope ecaillé*. Paris: Les empecheurs de penser en rond.

FRANK, Ulrich and Troitzsch, Klaus G. (2005). '*Epistemological Perspectives on Simulation*'. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 8(4). Disponível em <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/4/7.html> [18 mai 2006]

GOLDSPINK, C. (2002). *Methodological Implications Of Complex Systems Approaches to Sociality: Simulation as a foundation for knowledge*. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 5, no. 1. Disponível em <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/5/1/3.html> [10 out 2006]

GOLDSPINK, C. (2000) '*Modelling social systems as complex: Towards a social simulation meta-model*', *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* vol. 3, no. 2. Disponível em <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/3/2/1.html> [25 abr 2006]

KLEIN, Thompson J. (2004). "*Interdisciplinarity and Complexity: An Evolving Relationship*" *E:CO* 6(1-2): 2-10.

LOULA, Angelo Conrado. (2004) *Comunicação Simbólica entre Criaturas Artificiais: um experimento em Vida Artificial*. Campinas, SP:[s.n.].

MACLENNAN, B. (1991) *Synthetic Ethology: An Approach to the Study of Communication*. In: Langton, C., et.al. (ed.) *Artificial Life II*. Addison-Wesley Pub. Co. Redwood City, Ca. p.631-658

SENGE, Peter M. (2005). *A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende*. 20. ed rev. e amp. Rio de Janeiro: Best Seller, 443 p

SILVA, Lourival Paulino da (2005). *'A Formal Model for the Fifth Discipline'*. Journal of Artificial Societies and Social Simulation 8(3). Disponível em <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/8/3/6.html> [12 mai 2006]

ZEGGELINK, Evelien P.H.; ELSAS , Henk de Vos and Donald (2000). *Reciprocal altruism and group formation: The degree of segmentation of reciprocal altruists who prefer 'old-helping-partners'*. Journal of Artificial Societies and Social Simulation vol. 3, no. 3. Disponível em <http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/3/3/1.html> [20 out 2006]