

Termites: uma análise da organização de lascas de madeira utilizando simulação baseada em agentes

Carlos Eduardo Quadros, Vágner de Oliveira Gabriel, Alessandro de Lima Bicho, Diana Francisca Adamatti

Centro de Ciências Computacionais - C3 - Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Av. Itália km 8 S/N – CEP 96203-900 - Campus Carreiros - Rio Grande - RS / Brazil
{dianaadamatti, carlos.quadros, dmtbicho}@furg.br,
vdeoliveiragabriel@gmail.com

***Resumo.** O modelo Termites do NetLogo é inspirado pelo comportamento de cupins que recolhem lascas de madeira. A proposta do trabalho apresenta os resultados através de três hipóteses: investigar se a média das lascas de madeira formadas ao final da simulação diminuem ou não com o aumento do número de cupins no ambiente; analisar se existe um ponto de saturação no número de cupins empregados na simulação para a execução da tarefa por completo; e apurar se a média dos tempos de término de recolhimento de todas as lascas diminuem à medida que é aumentado o número de cupins no ambiente.*

1. Introdução

O modelo Termites disponibilizado na Ferramenta NetLogo [WILENSKY 1997] simula a auto-organização de lascas de madeiras feitas por cupins que, dependendo do tempo de simulação, movimentam as mesmas formando apenas uma pilha de lascas de madeira. Os *patches* são pequenos quadrados programáveis que juntos formam o espaço de simulação por onde os agentes percorrem. As lascas de madeira são representadas pelos *patches* do NetLogo que possuem a cor amarela e os que não possuem lascas de madeira são representados pela cor preta (espaços vazios). Os cupins seguem um conjunto de regras simples. Após andar no ambiente de simulação aleatoriamente, quando um cupim encontra uma lasca de madeira ele pega esta lasca, segue andando de forma aleatória até encontrar outra lasca e, ao encontrar outra lasca de madeira, ele procura um local vazio próximo para largar a lasca que havia pegado anteriormente [RESNICK 1997]. No momento que o cupim está procurando lascas ele é representado pela cor branca e quando ele está com alguma lasca ele é representado pela cor laranja.

Este trabalho tem como objetivo principal investigar questões não detalhadas no modelo original, através da implementação de funções que lidam com a parte de mensuração de resultados apresentados ao longo da simulação, e está organizado da seguinte maneira: na seção 2 apresentamos a ferramenta utilizada e a relação da bioinspiração com esta pesquisa. Na seção 3 aprofundamos a explicação sobre o modelo desenvolvido e implementado. Na seção 4 mostramos todos os experimentos realizados na pesquisa e na seção 5 sintetizamos o trabalho de maneira a explicar a proposta, os resultados obtidos e por fim é explanada a possibilidade de outros trabalhos em relação à metodologia apresentada no atual trabalho.

2. Referencial teórico

O comportamento emergente do modelo é a coleção de aparas de madeira em uma única pilha. O comportamento não é expressamente concebido em cada programação do cupim, mas sim o resultado de todo sistema [BJORN 2003]. Exemplos de padrão biológico incluem um cardume de peixes, uma coluna de invasão de formigas, a intermitência síncrona de vaga-lumes, e a arquitetura complexa de um cupinzeiro [CAMAZINE 2001]. Formigas, abelhas ou cupins - todos os insetos sociais mostram capacidades de resolução de problemas coletivos impressionantes. Propriedades associadas com o seu comportamento em grupo como auto-organização, robustez e flexibilidade são vistos como características que, sistemas artificiais para otimização, controle ou execução de tarefa devem exibir [BONABEAU 1999]. Segundo Detanico [DETANICO 2010], o conceito de Biônica ou Biomimética consiste em analisar sistemas naturais e reproduzir seus princípios de solução.

A partir do momento em que buscamos soluções de problemas na natureza, percebemos que inúmeras invenções ditas feitas pelo homem já existem. De acordo com Benyus [BENYUS 2007], nossas vigas e escoras já estão nas folhas do nenúfar e nas hastes do bambu, nossos sistemas de aquecimento central e ar - condicionado são superados pelos 30º centígrados do cupinzeiro, nosso radar mais sofisticado é surdo se comparado ao sistema de captação de frequências do morcego.

3. Materiais e métodos

O NetLogo¹ é um ambiente de modelagem programável para simular fenômenos naturais e sociais. É adequado para modelar sistemas complexos e observar o seu desenvolvimento ao longo do tempo. Através de sua interface podemos programar instruções para milhares de agentes onde cada um executa a sua tarefa de forma independente. O comportamento de cada agente durante a simulação, somado aos demais agentes, gera padrões coletivos comportamentais.

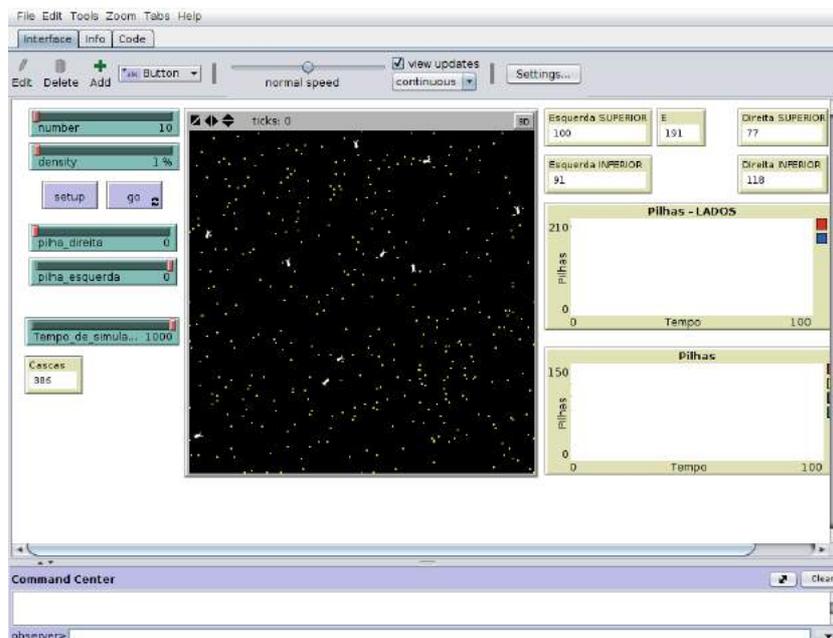


Figura 1: Modelo Termite implementado

1 NetLogo: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>

O modelo “Termites” apresentado na ferramenta de simulação NetLogo é simples, apresenta apenas o controle sobre o número de agentes que irá efetuar a simulação no ambiente e a densidade de lascas de madeira que será distribuída de forma regular e randômica no espaço.

Partindo desse princípio, existem algumas questões que não foram completamente esclarecidas no modelo principal, por exemplo:

1 - Como fica a distribuição, ou como são aglomeradas as pilhas de lascas de madeira com apenas um cupim no ambiente? E com muitos cupins?

2 - Quando há duas pilhas iguais de lascas de madeira em lados opostos, como é formada a movimentação após um certo tempo de simulação? E quando há uma pilha maior que a outra?

De acordo com a Figura 1, além dos controles básicos de densidade de lascas e número de cupins, foi necessário fazer a implementação do tempo de simulação e o controle do número de pilhas que eram formadas no final da simulação. O comportamento emergente da simulação de movimento de lascas de madeira, sem tempo definido, é a formação de apenas uma pilha. Para isso foi colocado um tempo limite de cem mil *ticks* (unidade de medida do NetLogo) e avaliado quantas pilhas eram formadas ao final da simulação. Também foram investigadas, através da divisão do ambiente em quatro espaços de igual proporção, o número de lascas que permaneciam nos mesmos.

Através dessa divisão do ambiente foi possível identificar quantos e quais espaços ficavam sem lascas no final da simulação. Para identificar estes espaços, imaginemos um plano cartesiano em que a divisão é apresentada em quatro quadrantes. No caso da simulação, estes foram nomeados da seguinte forma: Canto Superior Esquerdo, Canto Inferior Esquerdo, Canto Superior Direito e Canto Inferior Direito. Ainda neste ponto, foram analisados em que momento um determinado “Canto” do espaço era zerado, ou seja, não possuía mais nenhuma lasca de madeira. Esta medida é anotada na unidade de *tick* que o cupim carrega a última lasca existente no espaço.

A primeira hipótese considerada para ser analisada era se a média de pilha de lascas de madeira formadas ao final das simulações diminuía com o aumento de força de trabalho (número de cupins). A segunda hipótese a ser testada, caso a primeira se concretizasse em relação à diminuição da média de pilhas ao final da simulação, era descobrir qual o ponto de saturação. Ou seja, descobrir qual o número de cupins necessários para deixar ao final da simulação apenas uma pilha de lascas de madeira. A terceira hipótese concentra-se a partir do ponto de saturação, pois caso isso ocorra, a partir desse momento é sabido que as simulações terminam em apenas uma pilha. Então precisamos saber quando elas terminam e se este número de término diminui à medida que aumentamos o número de cupins no ambiente. Para mensurar essa última hipótese é feito a média de tempo, calculado em *ticks*, entre a soma do término de lascas em cada um dos cantos.

4. Resultados e discussão

A primeira simulação contou apenas com 1 cupim, e para cada simulação foram executadas 5 rodadas para coletar seus resultados. Posteriormente foram acrescentados mais 1 cupim no cenário de simulação até um total de 10 cupins existentes na simulação. Após serem efetuadas todas as simulações foi realizada a coleta dos seus resultados para a análise da organização das lascas de madeira no ambiente de simulação.

No primeiro experimento, conjunto de 10 simulações com tempo limitado, a medida que aumentamos o número de cupins no ambiente a média do número de pilhas de lascas de madeira ao final das simulações diminui. Conforme a Figura 2, o conjunto

de 5 simulações com apenas 1 cupim teve uma média final de número de pilhas de 6,4 e o conjunto de 5 simulações com 10 cupins teve uma média de 1,4 pilhas ao final. De acordo com a Figura 2 podemos notar que o número de pilhas diminui efetivamente à medida que aumentamos a força de trabalho, ou seja, número de cupins no ambiente.

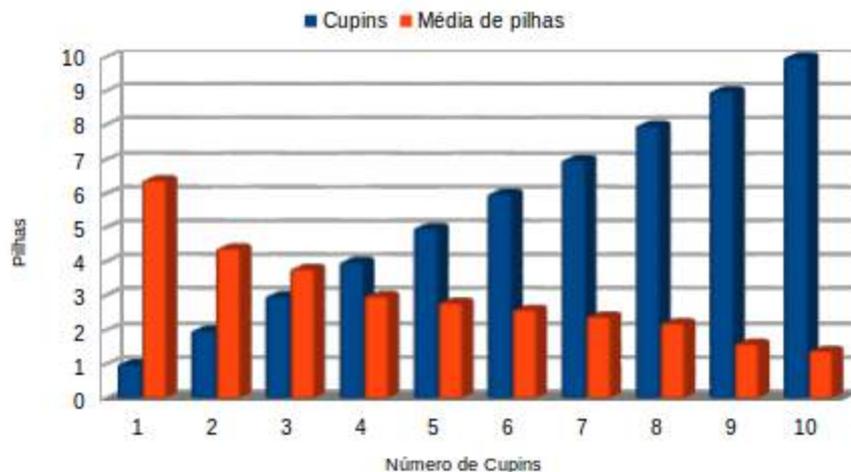


Figura 2: Simulações de 1 até 10 cupins

Como a primeira fase de simulações se consistiu em fazer simulações de 1 até 10 cupins e este número quase alcançou o número desejado de apenas uma pilha no final das simulações, optou-se por seguir pelo incremento de 1 cupim em cada simulação subsequente.

Conforme Figura 3, logo após a simulação contendo 10 cupins, podemos perceber que o ponto de saturação foi encontrado na simulação com 11 cupins, pois tanto esta quanto a simulação com 12 cupins alcançaram a média de uma pilha ao final da simulação. Portanto, para que tenhamos o trabalho feito por completo, ou seja, para que tenhamos apenas uma pilha de lascas de madeira ao final de uma simulação com o tempo de cem mil *ticks* previamente configurado, precisamos de 11 cupins no ambiente.

A terceira e última hipótese proposta foi definida a partir do encontro do ponto de saturação. A partir desse momento foi necessária a investigação de qual momento cada canto ficou com o número de lascas zerado. Com a média de tempo da soma dos cantos finalizados, precisamos verificar se existe ou não relação ao número de cupins no ambiente. O tempo para terminar com as lascas pode ser de um, dois ou três lados.

A primeira análise feita é apresentada na Figura 4. Nesta, podemos observar que não há relação entre a variação do número de cupins no ambiente e a média de momentos em que os cantos foram zerados, ou seja, não possuíam mais nenhuma lasca. Esta amostra apresenta a comparação contando com o número de 1 à 10 cupins no ambiente.

Com 1, 2 e 3 cupins no ambiente nenhum canto foi zerado. Com 4 cupins no ambiente, a média que demorou para zerar os cantos foi de 55973 *ticks*, com 5 foi de 32821 e com 6 foi de 63282. Em relação à esta amostragem, ou seja, com o número de cupins muito próximo, de 1 à 10, fica comprovado que não há relação direta entre o tempo em que demoram para zerar os cantos e o número de agentes.

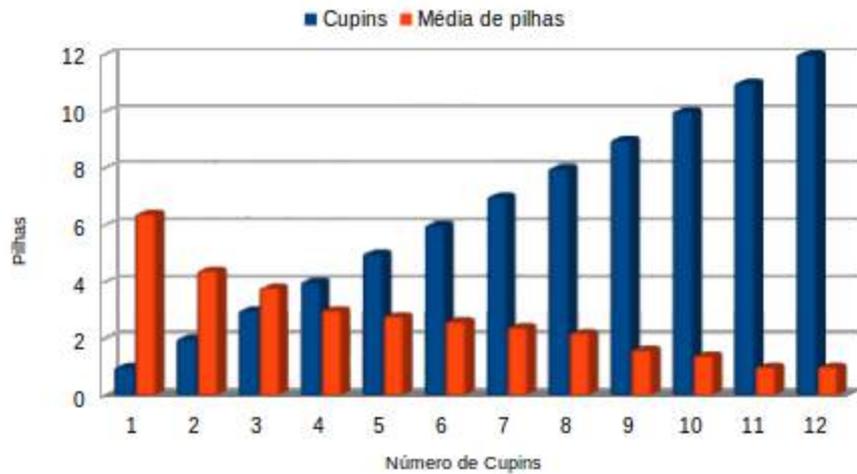


Figura 3: Simulações para comprovar saturação

A última rodada de simulações é apresentada na Figura 5. Com as simulações apresentadas, ou seja, com número de cupins mais distantes (10-20) podemos notar que houve relação direta entre tempo para zerar os cantos e o número de cupins presentes no ambiente. Com 10 cupins no ambiente, a média do tempo em *ticks* para zerar os cantos foi de 60807 *ticks* e com 20 cupins tivemos uma média de 15597 *ticks*. Ou seja, quando dobramos o número de cupins para organizar as lascas no ambiente, o tempo de término de finalização dos cantos diminui 4 vezes.

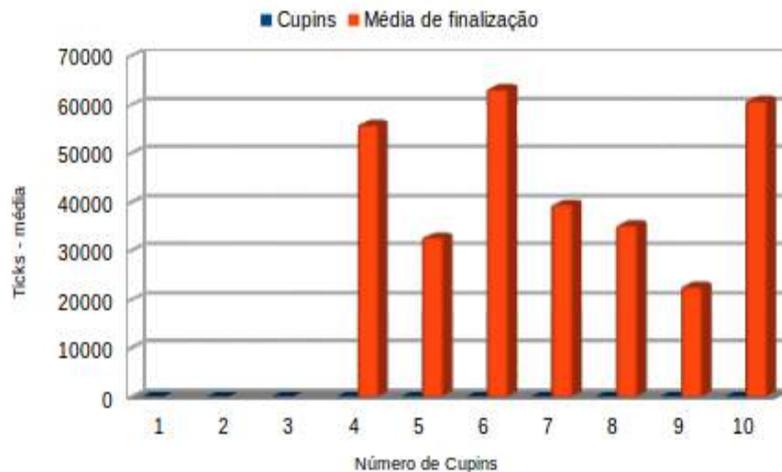


Figura 4: Média de tempo em *ticks* dos cantos de 1 até 10 cupins

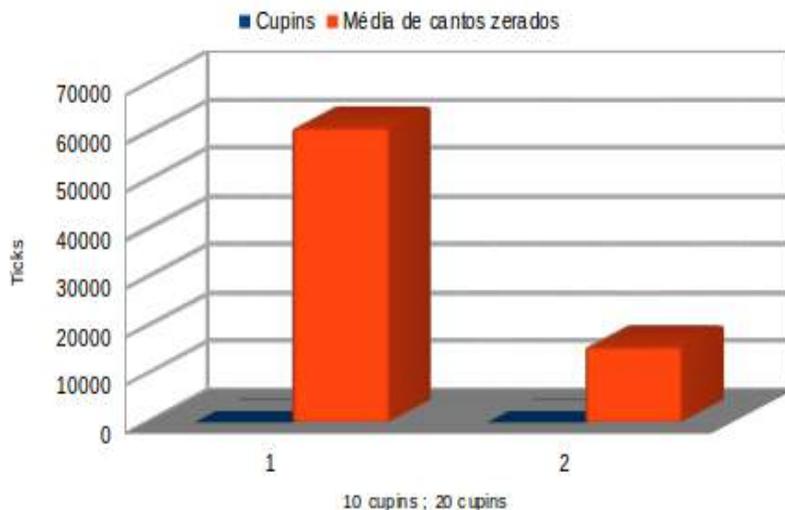


Figura 5: Média de tempo em *ticks* dos cantos zerados com 10 e 20 cupins

5. Considerações finais

Este trabalho apresentou a análise da organização de lascas de madeira no modelo de simulação NetLogo. Foram propostas as seguintes três hipóteses: 1) A primeira hipótese consistia em investigar se a média das lascas de madeira formadas ao final da simulação diminuíam ou não com o aumento do número de cupins no ambiente e esta se confirmou, pois houve a diminuição da média ao passo que era aumentado o número de cupins no ambiente; 2) A segunda hipótese a ser provada dependia diretamente da primeira e também foi comprovada, pois há um ponto de saturação no número de cupins empregados na simulação para a execução da tarefa por completo, ou seja, formar apenas uma pilha ao final da simulação; 3) A terceira hipótese consistia em investigar se a média dos tempos de término de recolhimento de todas as lascas de um canto diminuíam à medida que era aumentado o número de cupins no ambiente.

Referências

- Benyus, J. M. **Biomimética: Inovação inspirada pela natureza**. S. Paulo: Cultrix, 2007.
- Bjorn, A. **Design of simulated human behaviour**. Umeå: UMEÅ UNIVERSITY, 2003.
- Bonabeau, E.; Dorigo, M.; Theraulaz, G. **Swarm intelligence: from natural to artificial systems**. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- Camazine, S. **Self-organization in biological systems**. Princeton University Press, 2003.
- Detanico, F.B.; Teixeira, F.G; Silva, T.K. **A Biomimética como Método Criativo para o Projeto de Produto**. *Design & Tecnologia*, n. 2, 2010. Disponível em: <http://migre.me/uCYTH> Acesso em 01 de agosto de 2016.
- Resnick, M. **Turtles, termites and traffic jams: explorations in massively parallel microworlds**. Cambridge: MIT Press, 1997.
- Wilensky, U. **NetLogo termites model**. Evanston: Northwestern University, 1997.