

## UM MODELO PARA A SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS EM UM AMBIENTE MULTIAGENTE

**LUERCE, Inessa<sup>1</sup>; DIAS, Marlon<sup>1</sup>; RIBEIRO, Murian<sup>2</sup>; AGUIAR, Marilton<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – Graduação em Ciência da Computação, CDTEC;

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – PPGC, CDTEC, marilton@inf.ufpel.edu.br

### 1 INTRODUÇÃO

De acordo com (MILLINGTON, 2006), “a Inteligência Artificial (IA) trata sobre computadores que são capazes de executar tarefas *pensantes*, que humanos e animais são capazes de executar”. Neste âmbito, computadores já resolvem diversos problemas, tais como: cálculos aritméticos, reconhecimento de padrões, ordenação e pesquisa de dados, etc.

O estudo sobre o gerenciamento de recursos naturais busca melhores formas de administrar terras, águas, plantas e animais, baseado em qualidade de vida das pessoas no presente e nas gerações futuras. Essa área ganhou maior visibilidade com a noção de desenvolvimento sustentável, que é um princípio de como os governos veem e compreendem o mundo. O gerenciamento dos recursos naturais foca especificamente no entendimento técnico-científico de recursos e ecologia e como estes podem dar suporte à vida animal (HOLZMAN, 2009).

Segundo relatório da Autoridade Florestal Nacional (AFN) (NACIONAL, 2011), durante o período de 1º de janeiro a 31 de outubro de 2011, foram registrados 25.318 casos de incêndio em Portugal, totalizando 70.193 hectares de área queimada, entre povoamentos e matas. A Tabela 1 mostra alguns dados mais detalhados dos incêndios ocorridos em Portugal, baseado no relatório da AFN. Compreende-se, para Tabela 1 pequenos incêndios como áreas menores que um (1) hectare. Para mensurar alguns números no Brasil, entre os dias 1º e 2 de Setembro de 2010 foram registrados quase 2000 focos de incêndio no Brasil.

Anos	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Incêndios Florestais	6093	6518	5313	4870	8147	3481	2286	2391	5828	3942
Pequenos Incêndios	18022	20019	20831	16290	27350	16809	12204	11564	20172	17921
Total	24115	26537	26144	21160	35497	20290	14490	13955	26000	21863

Tabela 1. Número de ocorrências por ano e totais anuais entre 2001 e 2010 (NACIONAL, 2011).

Florestas têm sido cada vez mais reconhecidas como um espaço importante para a manutenção dos recursos naturais e qualidade de vida no planeta. Quase um terço da superfície terrestre está coberta por florestas. As florestas tem uma grande relevância do ponto de vista ambiental, econômico e social (OLIVEIRA, 2005).

Ambientalmente, as florestas abrigam uma enorme biodiversidade e são de grande relevância para o equilíbrio ecológico. Além disso, têm um papel notório na proteção dos solos contra a erosão e na regularização dos ciclos hidrológicos. Do ponto de vista econômico, as florestas tem relevância na produção de: celulose,

papel, carvão vegetal, entre outros tipos de madeira. O Brasil é o maior produtor mundial da celulose de fibra curta e carvão vegetal, com uma produção total de celulose em 2010 de 14,1 milhões de toneladas (OLIVEIRA, 2005). Há, também, a importância social. A qualidade do espaço físico que as zonas florestais proporcionam é um fator de motivação para a prática de esportes e atividades de recreio e lazer, bem como um catalisador para o turismo (OLIVEIRA, 2005).

A origem de um foco de incêndio, independente da causa, não obriga a considerar que o fogo irá propagar-se, pois, existem vários fatores para decidirem essa evolução, tais como: relevo, vegetação em volta, condições meteorológicas. Os motivos que desencadeiam o início de um incêndio podem ser os mais diversos, sendo compreendida a sua origem em dois principais grupos: causados pelo homem e causas naturais. As causas naturais, muitas vezes, podem até servir para manutenção do equilíbrio de ecossistemas. Entretanto, grande parte dos incêndios provém da ação humana. Com isso, torna-se importante existir medidas de controle de incêndios, bem como, deve-se também, ser feita a conscientização da população para evitar acidentes que podem acabar gerando desastres.

A dispersão de incêndio é um fenômeno que merece receber atenção. Não apenas por sua importância econômica e social, deve-se atentar a ele também por conta de sua complexidade, dificuldade de modelagem e poder computacional exigido para a simulação (DUNN; MILNE, 2004). Além disso, é importante considerar todos os impactos ambientais relacionados aos incêndios, tais como: ameaça à fauna e flora local, comprometimento do equilíbrio ecológico e ainda, sua relação com o efeito estufa. Deve-se considerar, também, os elevados números de ocorrência de incêndios. Pensando em tudo isso, torna-se necessário estudar e entender o processo de dispersão para tentar prever as possíveis consequências e tentar combatê-las. Com isso, a simulação aparece como uma boa opção, visto que as observações de campo sofrem muitas dificuldades.

## **2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)**

Atualmente, a modelagem baseada em agentes tem recebido bastante atenção, pois trata-se de uma ferramenta eficiente em lidar com sistemas de alta complexidade, além de permitir a multidisciplinaridade. Sistemas Multiagentes (SMA) tratam do comportamento de um conjunto de agentes, independente e com diferentes características, evoluindo em um ambiente comum. Esses agentes interagem entre si, e buscam executar suas tarefas de forma cooperativa, compartilhando informações, evitando conflitos e coordenando a execução das atividades (GILBERT; TROITZSCH, 2000). Assim, o uso de simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão é bastante eficiente, pois é possível verificar detalhes com maior precisão. Cada agente é distinto e age por conta própria. O conjunto de características individuais permite que a resposta de um agente não seja necessariamente a mesma de outro. Eles podem se mover e perceber o ambiente, assim como procurar e perceber os objetos ao seu redor, podendo interagir com eles e com os outros agentes.

O objetivo deste trabalho é apresentar um modelo desenvolvido para simulação de incêndios florestais. Foi definido o NetLogo como ambiente de simulação. Este é um ambiente de modelagem baseada em agentes, desenvolvido para a simulação de fenômenos naturais. Foi criado por Uri Wilensky (em 1999) da Northwestern University, escrito em Java e é *Freeware*.

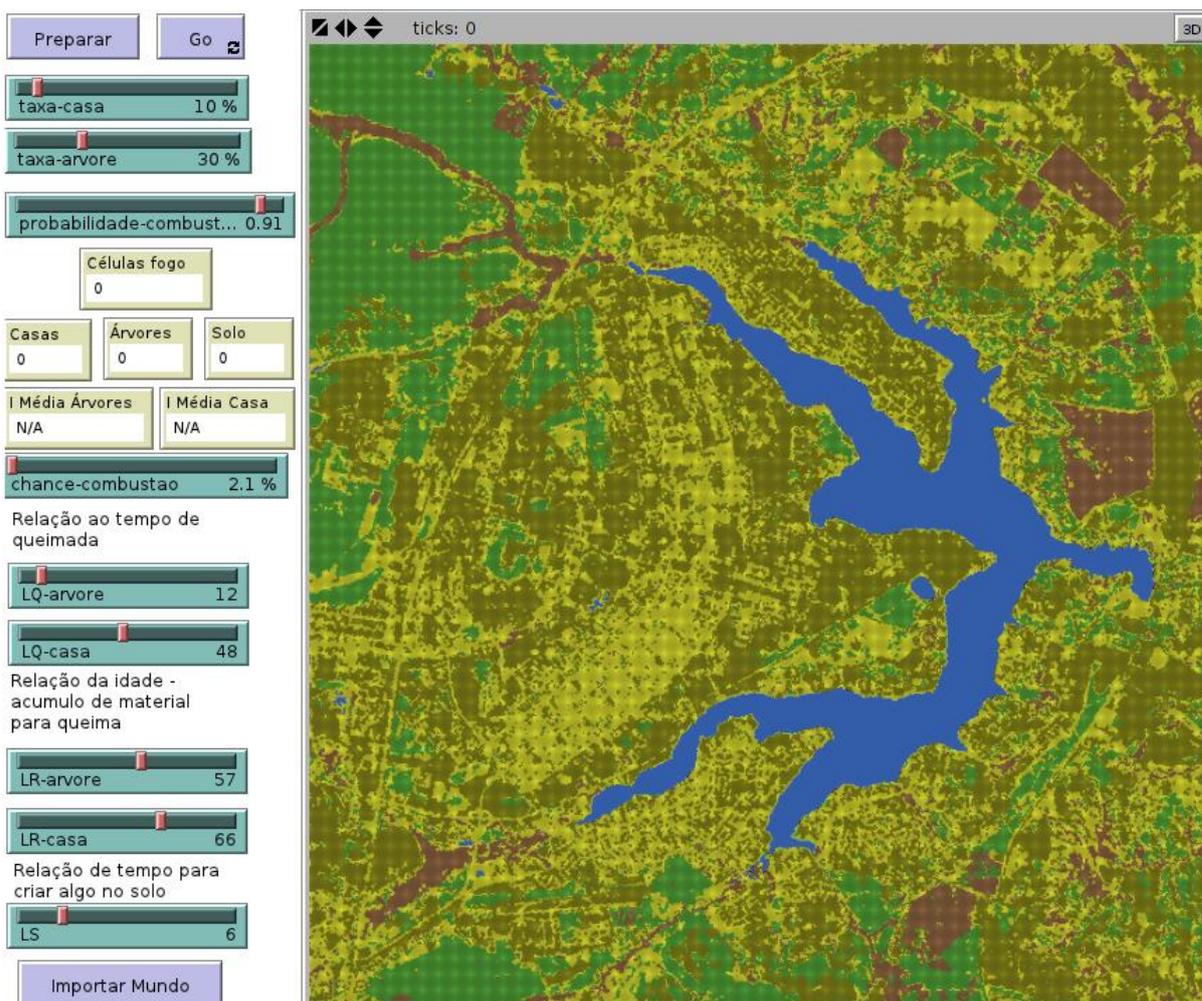


Figura 1. Visão inicial do ambiente da simulação

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No modelo desenvolvido existem três possíveis agentes: árvore, casa ou solo. Árvores e casa tem certa chance de pegar fogo, enquanto o solo pode virar árvore ou casa. A geração do cenário do modelo é de forma aleatória, em cada ponto do plano há uma chance do campo virar árvore ou casa, onde essa taxa é informada ao modelo. A cada agente foi dado os seguintes atributos: i) *Idade*: este atributo define a idade do agente e é aplicável às árvores e casas. A idade do agente influencia na chance de pegar fogo, pois, quando mais velho ele for maior será o material orgânico gerado entorno dele, facilitando a combustão. Quando um agente estiver pegando fogo, a idade servirá para contar o tempo em que ele permanecerá ardendo em chamas; ii) *Tipo*: define se o agente é árvore (0), casa (1) ou solo (2); iii) *Status*: atributo das árvores e casas, e define se o agente está queimando (1) ou não (0).

Após a geração do ambiente o modelo começa a evoluir baseado nas seguintes regras: i) *Árvore e Casa*: uma árvore ou casa possui certa chance de pegar fogo. Essa chance é baseada na idade do agente, quando mais velho ele for maior a chance dele pegar fogo, e dos vizinhos com fogo; ii) *Solo*: um agente solo pode virar árvore ou casa, entretanto ele permanece como solo por um dado tempo, definido pelo usuário. Se houver mais árvores que casas ao redor do solo, ele torna-se árvore; se houver mais casas, torna-se casa. Caso o número de árvores e casas

for igual, o agente escolhe em qual se tornar, atrás de um sorteio. Cada nova árvore ou casa criada começa com idade em 1; iii) *Fogo*: um agente que está pegando fogo continua pegando fogo por um tempo, determinado pelo usuário do modelo. Assim que atingir o tempo limite, o agente volta a ser solo podendo, assim, virar árvore ou casa em uma futura interação; iv) *Autocombustão*: além das regras citadas acima, em casa interação do modelo há a chance de um determinado agente entrar em combustão espontaneamente. Essa probabilidade é dado com base na idade do agente e a idade máxima do tipo do agente, a idade máxima e a probabilidade são informadas pelo usuário. Essa característica serve para modelar a chance que uma árvore ou casa possa a vir pegar fogo de forma natural (influência do ambiente) ou gerado por alguém.

A possibilidade de o usuário poder interferir com valores no modelo visa gerar diferentes ambientes para rodar a simulação, pois diferentes florestas possuem diferentes características e, assim, um modelo mais flexível.

#### 4 CONCLUSÃO

Esta é uma pesquisa exploratória da modelagem da dispersão de incêndios com o uso de sistemas multiagentes e busca-se entender o comportamento de diferentes incêndios em diferentes ambientes. Como trabalhos futuros, pretende-se realizar o estudo em um ambiente mais real e, para obter tal resultado, visa-se integrar informações disponíveis em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), assim, o ambiente é gerado pela coleta de dados de uma floresta existente, executa-se o modelo, e pretende-se, também, mostrar essa simulação no Google Earth, com o intuito de tornar mais fácil a sua visualização do resultado do modelo.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPERGS pelo auxílio (PRONEX, 10/0049-7).

#### 5 REFERÊNCIAS

- DUNN, A and MILNE, G. Modelling wildfire dynamics via interacting automata. **Cellular Automata**, Springer, p. 395 – 404, 2004.
- GILBERT , G. and TROITZSCH, K. Simulation for the Social Scientist. **J. Artificial Societies and Social Simulation**, Open University Press, v. 3, n. 3, 2000.
- HOLZMAN, B. A. (2009). Natural resource management. (notas de aula).
- MILLINGTON, I. **Artificial Intelligence for Games (The Morgan Kaufmann Series in Interactive 3D Technology)**. San Francisco, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2006.
- NACIONAL, A. F. (2011). Relatório provisório de incêndios florestais. Portugal.
- OLIVEIRA, M. **Propagação do fogo e dinâmicas florestais**. 2004. Dissertação em Estatística Aplicada e Modelação - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Setembro de 2005.
- RODRIGUES, A. and FILHO, W. **Considerações sobre prevenção e combate aos incêndios florestais no Estado do Rio de Janeiro**. 2007. Monografia - Instituto De Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.