

## Indução de Modelos de Riscos de Sismos com Técnicas de Algoritmos Genéticos.

Yuri Cossich Lavinas<sup>1</sup>, Marcelo Ladeira, Claus Aranha<sup>3</sup>.

1. Estudante de IC do Departamento de Ciência da Computação, Universidade de Brasília, UnB;yclavinas@gmail.com

2. Professor Doutor do Departamento de Ciência da Computação, Universidade de Brasília, UnB; mladeira@unb.br

3. Professor Doutor da Universidade de Tsukuba, Japão, caranha@cs.tsukuba.ac.jp

Palavras Chave: *Terremotos, Sismos, Algoritmos Genéticos*

### Introdução

Prever terremotos é uma tarefa complexa. A dificuldade em entender suas variáveis e a inexistência de modelos matemáticos capazes de descrever completamente seus mecanismos e como estimá-los são alguns dos fatores que colaboram com essa complexidade. Essa pesquisa visa desenvolver métodos estatísticos de riscos de terremotos fundamentados em uma aplicação de Algoritmos Genéticos (GA). Neste contexto, o método é definido por um vetor de terremotos relativos a intervalo específico de localização e tempo, povoado com dados históricos disponibilizados pela Japan Meteorological Agency. Modelos de risco gerados por este método são analisados pelos seus valores de log-likelihood, como sugerido no Regional Earthquake Likelihood Model (RELM). O método é comparado com modelos gerados pela aplicação do algoritmo Relative Intensity (RI) e um modelo gerado a partir de dados aleatórios. Essa pesquisa foi realizada em cooperação com o Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Tsukuba.

todos os cenários, foram comparados via teste t de Student. Como esperado, o modelo aleatório apresenta resultados piores do que os resultados do GAModel. Em geral, foi possível observar que os modelos GAModel possuem valores de log-likelihood estatisticamente melhores ou iguais que os valores do modelo RI.

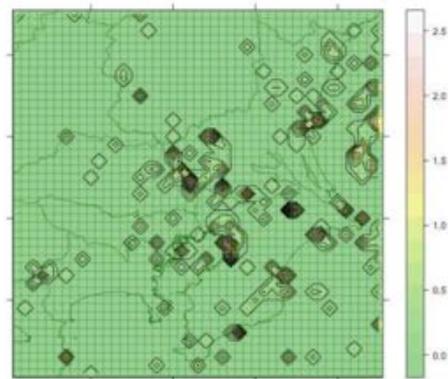


Figura 1. Modelo gerado pelo GAModel para o ano de 2010, região de Kanto, Japão.

### Resultados e Discussão

Os modelos de riscos gerados por GA foram avaliados com a metodologia de testes proposta pelo Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability (CSEP). Para padronizar as comparações, testes dos métodos foram realizados com dados de terremotos da mesma área do Japão. A área, denominada Kanto, foi definida como um grid 45x45 células (bins em inglês), correspondendo à região entre as coordenadas 34.8-37.05 Norte, 138.8-141.05 Oeste. A base de dados foi dividida pelos anos. Os cenários são regiões espaço/tempo. Para cada método, em cada cenário, foram gerados modelos de previsão de riscos de terremotos. O modelo proposto pode apresentar estados indeterminados. Através do Power Test, foi estimado o número de repetições suficientes para comparar, via teste t de Student, as médias dos valores dos testes dos modelos. As simulações foram realizadas com o framework de Algoritmos Genéticos DEAP (Distributed Evolutionary Algorithms in Python).

Um modelo de risco consiste em uma distribuição do número de terremotos esperados em uma região geográfica. Os resultados obtidos visam analisar se os modelos do método proposto, GAModel, possuem performance competitiva em valores de log-likelihood quando comparados com os modelos do método do RI e com um modelo gerado a partir de dados aleatórios. Os valores de log-likelihood de cada um dos modelos, para

### Conclusões

Os resultados obtidos indicam que a abordagem baseada em Algoritmos Genéticos é competitiva com o método RI e que o método GAModel, desenvolvido durante o projeto, apesar de precisar de aperfeiçoamentos, tem potencial para colaborar com estudos de previsão de riscos de terremotos. Os cenários estudados foram baseados na divisão dos dados históricos em região/tempo, sem considerar a magnitude dos terremotos. Como trabalho futuro propõe-se pesquisar a hibridização de modelos de riscos de terremotos com técnicas de GA que considerem a magnitude e conhecimento geofísico sobre sismos. Esse modelo híbrido deverá utilizar a modelagem sísmica Epidemic-type Aftershock Sequence (ETAS) para inferir a magnitude. A abordagem ETAS utiliza equações sísmicas, como a fórmula de Omori-Utsu que é uma relação empírica temporal entre ocorrências de terremotos e magnitudes.