

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Redes Complexas: A dinâmica de eventos sísmicos ao redor do mundo

Lucas Israel Barbieri¹

Pós-Graduação em Ensino e História da Matemática, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ

Douglas Santos Rodrigues Ferreira²

Instituto de Educação do Rio de Janeiro, IFRJ-CPar, Paracambi, RJ

As redes complexas estão em diversos sistemas ao nosso redor e os eventos sísmicos têm sido foco de estudo desta área, pois é possível encontrar relações entre estes e algumas propriedades de redes complexas. Este trabalho busca apresentar estas relações entre os eventos sísmicos ao redor do mundo, além de interpretar alguns sistemas físicos comparando as redes de terremotos com sistemas complexos não-lineares. Ademais, este trabalho propiciará ao leitor um entendimento sobre como funcionam essas correlações entre eventos sísmicos a partir de uma coleta de dados feita no site ANSS de terremotos ao redor do mundo, com magnitude maior ou igual 4,5 no período dos últimos 20 anos, contribuindo com 130 242 dados e utilizando a lei de Gutenberg-Richter para verificação dos mesmos. As análises foram realizadas dividindo-se o globo em células $20 \text{ km} \times 20 \text{ km}$ onde, quando se ocorre um terremoto numa célula, ela se torna um vértice da rede, conectando-se ao próximo vértice e procura-se observar que a conectividade entre elas ao redor do mundo é dada pela lei de potência com decaimento exponencial, dada pela equação (1) onde α e k_c são constantes.

$$P(k) \sim k^{(-\alpha)} e^{(-k/k_c)} \quad (1)$$

Após apresentadas as correlações de conectividade da rede através de sua localização geográfica, utilizam-se os conceitos da mecânica estatística não extensiva para mostrar que a distribuição de probabilidade acumulada (P_{\geq}) para os intervalos em estudo segue uma q-exponencial, onde Δ_i é a variação de distância entre os eventos seguidos, β é um valor positivo e q é o índice entrópico [6]. A função e_q é uma função de distribuição de probabilidade do tipo q-exponencial obtida quando aplicado o princípio da máxima entropia na entropia de Tsallis [5]. Ela é definida conforme a equação (2) a seguir

$$e_q(x) = [1 + (1 - q)x]_+^{1/(1-q)} \quad (2)$$

onde $P_{\geq}(\Delta_i) \sim e_q(-\beta\Delta_i)$.

¹lucas.barbieri@ufrj.br

²douglas.ferreira@ifrj.edu.br

Serão usadas as distâncias Δ_i entre dois terremotos sucessivos e, por conseguinte, realizando o ajuste da distribuição de probabilidade acumulada pelos 130 241 Δ_i 's, percebe-se que o gráfico se dá por uma q-exponencial, indicando que o comportamento não extensivo está presente, tanto no sentido global, complementando os estudos de Abe e Suzuki e Darooneh e Dadashinia, em que se foi realizando em regiões menores, como Califórnia, Japão ou Irã [3, 4], quanto no sentido temporal, e complementando os estudos de Ferreira et al. [5] sobre a variação do tempo (*calm time*) entre os terremotos ao redor do mundo.

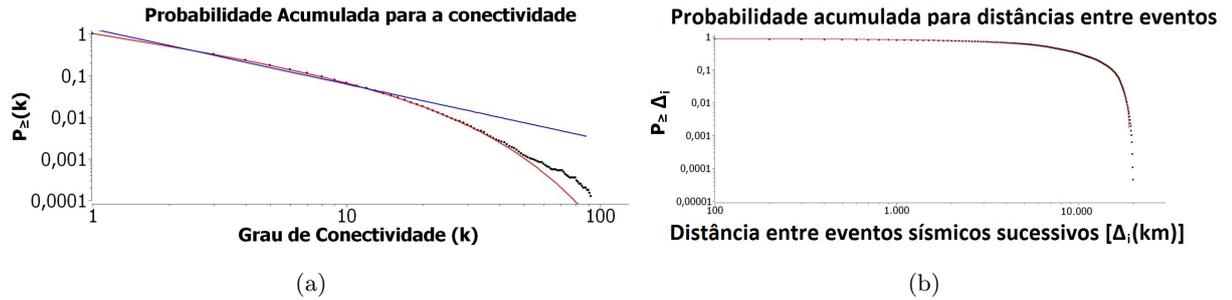


Figura 1: Em (a), temos a lei de potência linear em azul, entretanto ela não se encaixa bem por causa do envelhecimento de um vértice ou por sua capacidade limitada [5]. Em vermelho observamos a Lei de Potência com decaimento exponencial com os parâmetros $\alpha = 0,932$ e $k_c = 15,13$, enquanto em (b) uma q-exponencial com os parâmetros $q = 0,27 \cdot 10^{-11}$ e $\beta = -7,15 \cdot 10^{-05}$

Uma vez que os números encontrados acima dialogam com os valores procurados na literatura, observamos a existência da correlatividade entre os eventos sísmicos ao redor do mundo [1–5].

Referências

- [1] S. Abe and N. Suzuki, Law for the distance between successive earthquakes, *Journal of Geophysical Research*, Volume 108, B2, 2003. doi: 10.1029/2002JB002220.
- [2] S. Abe and N. Suzuki, Small-world structure of earthquake network, *Physica A*, Volume 337, Issues 1–2, 357-362, 2004. ISSN 0378-4371.
- [3] S. Abe and N. Suzuki, Scale-free statistics of time interval between successive earthquakes, *Physica A*, Volume 350, Issues 2–4, 588-596, 2005. ISSN 0378-4371.
- [4] A. H. Darooneh and C. Dadashinia, Analysis of the spatial and temporal distributions between successive earthquakes, *Physica A*, Volume 387, Issue 14, 3647-3654, 2008. ISSN 0378-4371.
- [5] D. S. R. Ferreira, A. R. R. Papa and R. Menezes, Small world picture of worldwide seismic events, *Physica A*, Volume 408, 170-180, 2014. ISSN 0378-4371
- [6] C. Tsallis, *Introduction to nonextensive statistical mechanics: approaching a complex world*. Springer Science & Business Media, Rio de Janeiro, 2009.