

## DINÂMICA DE ESPALHAMENTO DE SUICÍDIOS NO BRASIL

Thibor Rafael Ribeiro Bernardon (PIBIC/CNPq), Renio dos Santos Mendes (Orientador), Haroldo Valentim Ribeiro (Co-orientador), e-mail: rsmendes@dfi.uem.br

Universidade Estadual de Maringá/ Centro de Ciências Exatas/ Maringá, PR

### FÍSICA/FÍSICA ESTATÍSTICA E TERMODINÂMICA

**Palavras-chave:** Sistemas Complexos, Física Estatística, Análise de Dados.

#### Resumo:

Neste trabalho utilizamos técnicas de física estatística para estudar o espalhamento de suicídio em mais de cinco mil e quinhentas cidades brasileiras entre os anos de 1980 e 2013. Os padrões espaciais que encontramos são similares àqueles observados para doenças infecciosas e incluem correlação espacial de longo alcance, transições do tipo percolação e fractalidade. Nesse contexto, utilizamos uma analogia com os padrões de doenças infecciosas para encontrar o análogo do epicentro dos casos de suicídios no Brasil.

#### Introdução

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, cerca de 800 mil pessoas cometem suicídio todos os anos ao redor do mundo [1]. No Brasil, o número de lesões autoprovocadas cresceu 209,5% entre os homens e 194,7% entre as mulheres no período entre 2011 e 2016 [2]. Em países desenvolvidos as pesquisas apontam que mais de 90% das pessoas que morrem por suicídio sofrem de transtornos mentais, enquanto em países em desenvolvimento como China e Índia este número está entre 35% e 40%, o que demonstra que este é um problema complexo e multifacetado que necessita de ainda mais estudos [3].

Nosso trabalho busca aplicar técnicas e análises de Física Estatística para caracterizar os padrões espaciais dos casos de suicídios em uma extensa base de dados contendo mais de 5 mil municípios brasileiros ao longo de mais de 30 anos. Nossos resultados indicam que tal como ocorre com obesidade nos EUA [4] e analfabetismo no Brasil [5], os padrões espaciais nos casos de suicídios são marcados por correlações de longo alcance, fractalidade e transições do tipo percolação. Esses mesmos padrões também são observados em doenças infecciosas (como dengue ou gripe) e, portanto, nos permitem fazer uma analogia entre os processos de propagação desse tipo de doença e os casos de suicídios.

## Materiais e métodos

Os dados contendo o número de suicídios nos 5571 municípios brasileiros foram obtidos do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) e a localização espacial (latitude e longitude) dessas localidades foi obtida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE). De posse desses dados, podemos resumir nossa abordagem da seguinte forma. Primeiramente, estimamos a função de correlação espacial entre taxas de suicídios usando

$$C(r) = \frac{\left\langle \left( (i_k - \mu(r))(i_l - \mu(r)) \right) \right\rangle_{d_{kl}=r}}{\sigma^2(r)}$$

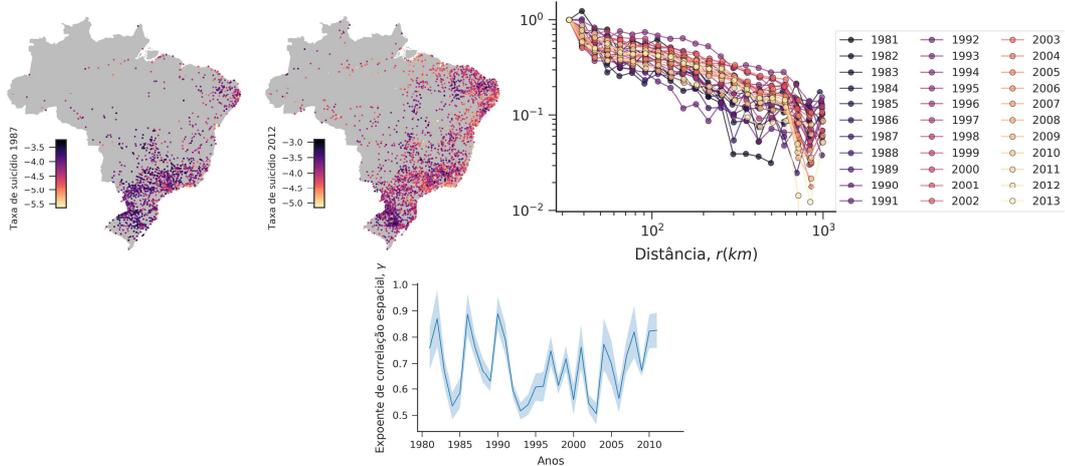
Na qual  $i_k$  ( $i_l$ ) representa o número de casos per capita no município  $k$  ( $l$ ) e  $\mu(r)$  e  $\sigma(r)$  são a média e o desvio padrão de  $i_k$  para municípios separados por  $r$  quilômetros. Valores de  $C(r)$  próximos de 1 indicam alta correlação espacial, enquanto valores nulos indicam ausência de correlação entre as taxas. Ajustamos o comportamento empírico de  $C(r)$  por uma lei de potência com expoente  $\alpha$ . Em seguida, utilizamos o método DBSCAN para encontrar grupos espaciais (*clusters*) de cidades com taxas similares, analisar transições do tipo percolação e calcular as dimensões fractais do maior *cluster* logo antes da transição.

## Resultados e Discussão

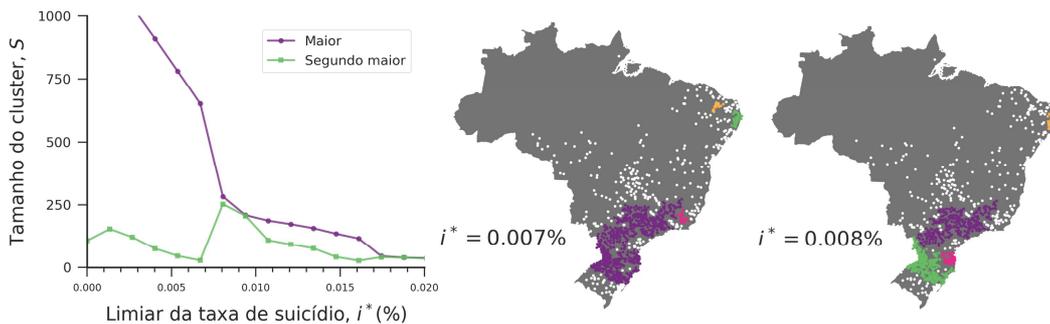
A Figura 1 mostra a distribuição espacial das taxas de suicídios em dois instantes de tempo e também as  $C(r)$  estimadas para cada ano da base de dados. Notamos que o comportamento empírico se aproxima de uma lei de potência. Ainda na Figura 1, reportamos o comportamento do expoente  $\alpha$  da função de correlação ao longo do tempo. Os valores desse expoente ficam em torno de 0,7, o que indica existências fortes correlações espaciais entre as cidades. Em outras palavras, municípios geograficamente próximos tendem a apresentar taxas similares.

A Figura 2 descreve a análise tipo percolação, na qual investigamos o comportamento do maior e segundo maior *cluster* de municípios em função em um limiar de taxa usado para selecionar as cidades. Observamos um comportamento típico de transições tipo percolação, no qual o tamanho do maior *cluster* sofre uma diminuição abrupta, enquanto o segundo maior apresenta um pico. Nessa mesma Figura, ilustramos o que acontece durante essa transição: um grupo de municípios (majoritariamente dos estados de São Paulo e dos estados do Sul do Brasil) se fragmenta em dois.

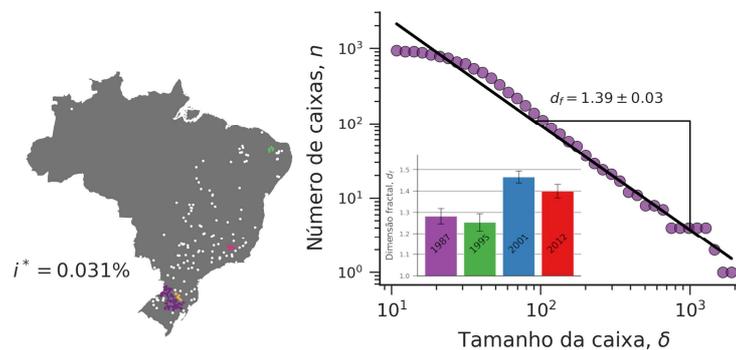
Por fim, na Figura 3, apresentamos a análise da dimensão fractal do maior *cluster* imediatamente antes da transição. A dimensão estimada está ao redor de 1,3, embora exista uma tendência de aumento no tempo. Valores similares foram reportados para obesidade, analfabetismo e doenças infecciosas [4,5].



**Figura 1-** Distribuição espacial dos casos de suicídio no Brasil nos anos de 1987 e 2012 (à esquerda) e função de correlação espacial entre os anos de 1981 e 2013 (à direita). A segunda linha do painel mostra o comportamento do expoente de correlação espacial □ ao longo dos anos.



**Figura 2 -** Tamanho do maior e segundo maior *cluster* em função do limiar da taxa de suicídio para o ano de 1995 (à esquerda). Transição entre os *clusters* do sul e sudeste do Brasil no ano de 1995 (à direita).



**Figura 3 -** Epicentro dos casos no Brasil no ano de 2012 (à esquerda). A imagem principal à direita mostra a dimensão fractal  $d_f$  para o ano de 2012. O *inset* mostra  $d_f$  para os anos de 1987, 1995, 2001 e 2012.

## Conclusões

Neste trabalho, estudamos padrões espaciais de espalhamento de suicídio

em mais de cinco mil e quinhentas cidades brasileiras entre os anos de 1980 e 2013. Os resultados mostram que o suicídio no Brasil apresenta correlações de longo alcance e formação de estruturas de *cluster* parecidas com as encontradas para o analfabetismo no Brasil e obesidade nos EUA, assim como dimensões fractais e transições do tipo percolação próximas das observadas para esses fenômenos.

## Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro.

## Referências

[1] WORLD HEALTH ORGANISATION. **Preventing Suicide: a global imperative.** [https://www.who.int/mental\\_health/suicide-prevention/world\\_report\\_2014/en/](https://www.who.int/mental_health/suicide-prevention/world_report_2014/en/). Acesso em: julho de 2020.

[2] MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Suicídio: saber, agir e prevenir - Boletim Epidemiológico.** <http://www.saude.gov.br/images/pdf/2017/setembro/21/2017-025-Perfil-epidemiologico-das-tentativas-e-obitos-por-suicidio-no-Brasil-e-a-rede-de-atencao-a-saude.pdf>. Acesso em: julho de 2020.

[3] VIJAYAKUMAR, L. **Suicide prevention: the urgent need in developing countries.** *World Psychiatry*, 3, 158–159 (2004).

[4] GALLOS, L. K., BARTTFELD, P., HAVLIN, S., SIGMAN, M. & Makse, H. A. **Collective behavior in the spatial spreading of obesity.** *Scientific Reports*, 2, (2012).

[5] ALVES, L. G., ANDRADE Jr, J. S., HANLEY, Q. S. & RIBEIRO, H. V. **The hidden traits of endemic illiteracy in cities.** *Physica A*, 515, 566-574 (2019).