

# Epidemiológica

e Janeiro (2010-2016)

is com Complexos Simpliciais

mbro 2025

/mei-the-dev/dengue



# Análise Epidemiológica

Dengue no Rio de Janeiro (2010-2016)

Topological Data Analysis com Complexos Simpliciais

Novembro 2025



[github.com/mei-the-dev/dengue](https://github.com/mei-the-dev/dengue)

- 1 Introdução e Dados
- 2 Semanas Epidemiológicas
- 3 Normalização dos Dados
- 4 Matrizes de Distância
- 5 Complexos Simpliciais
- 6 Análise de Componentes Principais
- 7 Clusterização
- 8 KeplerMapper

# Visão Geral do Projeto

## Fonte dos Dados

- **Arquivo:**  
Dengue\_Brasil\_2010-2016\_RJ.xlsx
- **Período:** 7 anos (2010–2016)
- **Região:** Estado do Rio de Janeiro
- **Municípios:** 91 analisados
- **Granularidade:** Semana epidemiológica

## Números-Chave

91

Municípios

52

Semanas/Ano

2013

Ano de Referência

## Objetivo

Analisar a dinâmica da dengue no RJ usando métodos de Topological Data Analysis (TDA)

output/tarefa1\_curvas\_por\_ano.pdf

### Achados Principais

- **2013**: Maior surto epidêmico
- Picos: janeiro a abril
- Padrão sazonal consistente
- 2016: dados incompletos (32 sem.)

### Seleção

Ano **2013** escolhido como referência por ter dados completos e maior dinâmica epidêmica.



## Definição (OMS/CDC)

A **semana epidemiológica (SE)** é a unidade de tempo padrão para vigilância:

- SE 1 inicia no primeiro domingo  $\geq 1^{\text{o}}$  janeiro
- Maioria dos anos: **52 semanas**
- Anos bissextos especiais: **53 semanas**

Ano	Semanas
2010–2013	52
2014	<b>53</b>
2015	52
2016	32*

output/tarefa1\_curva\_epidemica\_tipica.

Curva epidêmica típica (normalizada).

## Taxa de Incidência

$$\text{Taxa} = \frac{\text{Casos}}{\text{Pop.}} \times 100.000$$

**Objetivo:** Comparar intensidade entre municípios de diferentes tamanhos.

Usa dados do Censo 2010 (IBGE)

## Área Unitária

$$\tilde{x}_i = \frac{x_i}{\sum_{j=1}^{52} x_j}$$

**Objetivo:** Comparar a *forma* das curvas, independente da magnitude.

Soma de cada série = 1


## Por que normalizar?

A normalização por área unitária permite identificar **municípios com dinâmicas sincronizadas**, mesmo com números absolutos muito diferentes (ex: Rio de Janeiro vs. pequeno município do interior).

# Top Municípios — Taxa de Incidência vs. Casos Absolutos

## % Por Taxa (100.000 hab.)


#	Município	Taxa
1	Aperibé	2,847.3
2	Italva	2,156.8
3	Cambuci	1,923.4
4	Laje do Muriaé	1,845.2
5	Varre-Sai	1,678.9

 Municípios pequenos com alta transmissão

## Por Casos Absolutos

#	Município	Casos
1	Rio de Janeiro	89,234
2	Niterói	12,456
3	São Gonçalo	8,932
4	Duque de Caxias	7,845
5	Nova Iguaçu	6,234

 Grandes centros urbanos

extcolordengueRed  **Insight:** Municípios pequenos podem ter taxas altíssimas com poucos casos absolutos



## Distância L1 (Manhattan)

$$d_{L1}(x, y) = \sum_{i=1}^{52} |x_i - y_i|$$

- Mais **robusta** a outliers
- Soma das diferenças absolutas
- Range:  $[0, 2]$  para séries unitárias

## Distância L2 (Euclidiana)

$$d_{L2}(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{52} (x_i - y_i)^2}$$

- **Penaliza** grandes diferenças
- Sensível a picos isolados
- Range:  $[0, \sqrt{2}]$

oprul extbfMétrica	L1	L2
Dimensão	91 × 91	
Mínima	0.199	0.047
Máxima	1.883	0.805
Média	0.751	0.224
Mediana	0.687	0.197
Desvio Padrão	0.312	0.121

## ✓ Interpretação

Distância **pequena** = curvas similares

Distância **grande** = dinâmicas diferentes

# Distribuição das Distâncias L1 e L2 (2013)

output/tarefa3\_distribuicao\_distancias\_2013.pdf

# Pares Mais Sincronizados — Top 10

oprul extbfMunicípio 1	Município 2	L1
Niterói	Angra dos Reis	0.199
São Gonçalo	Angra dos Reis	0.202
Cabo Frio	Angra dos Reis	0.206
Volta Redonda	Angra dos Reis	0.223
Tanguá	Angra dos Reis	0.230
Pinheiral	Araruama	0.261
Rio de Janeiro	Angra dos Reis	0.270
Barra do Piraí	Angra dos Reis	0.273
Casimiro de Abreu	Angra dos Reis	0.284
Resende	Angra dos Reis	0.301

# Curvas dos Pares Mais Sincronizados

output/tarefa3\_pares\_similares\_2013.pdf

# Topological Data Analysis (TDA)

## O que é um Complexo Simplicial?

Estrutura topológica que **generaliza grafos**, capturando relações de ordem superior entre dados.

Dim.	Nome	Descrição
0	Vértice	Um município
1	Aresta	Par conectado ( $d < \varepsilon$ )
2	Triângulo	Trio completamente conectado
3	Tetraedro	Quatro todos conectados

## Regra de Conexão

$$\text{Aresta}(A, B) \iff d_{L1}(A, B) < \varepsilon$$

output/tarefa4\_simplices\_ilustracao

Ilustração dos tipos de simplices (0, 1, 2, 3-simplex).

`output/tarefa4_analise_limiares_2013.pdf`

## Principal Component Analysis

Identifica as **direções de maior variância**:

$$Z = X \cdot W$$

onde  $W$  são os autovetores da covariância.

PC	Var. Exp.	Cumulativa
PC1	35.2%	35.2%
PC2	18.7%	53.9%
PC3	9.4%	63.3%
PC4	6.8%	70.1%
PC5	5.1%	75.2%

output/tarefa5\_pca\_variancia.pdf

Variância explicada por componente principal (PCA).



# Projeção PCA — Visualização 2D

output/kmapper\_pca\_2013.pdf

# Algoritmos de Clusterização

## 🎯 K-Means

- Particiona em  $k$  grupos
- Minimiza variância intra-cluster
- Requer definir  $k$  a priori

**Resultado:** K=4 ótimo

## 🔍 DBSCAN

- Baseado em densidade
- Detecta outliers
- Formas arbitrárias

**Resultado:** 3 clusters + 8 outliers

## 🌳 Hierárquico

- Dendrograma
- Múltiplas resoluções
- Método Ward

**Resultado:** Corte em 4 clusters

Algoritmo	Clusters	Silhouette	Calinski-Harabasz
K-Means	4	0.312	45.8
DBSCAN	3 (+8 outliers)	0.287	38.2
Hierárquico	4	0.208	42.1

# Perfis Epidêmicos por Cluster

`output/tarefa5_clusters_perfis.pdf`

## O que é?

Implementação Python do algoritmo **Mapper** para TDA, gerando visualizações HTML interativas do espaço topológico dos dados.

## Arquivos Gerados

- `kmapper_pca_2013.html`
- `kmapper_tsne_2013.html`
- `kmapper_l2norm_2013.html`
- `kmapper_distancia_2013.html`

`output/tarefa5_kmapper_grafo.pdf`

Representação esquemática do grafo Mapper. Números =

# Principais Achados

## Resultados Quantitativos

- **91 municípios** analisados
- **4 clusters** epidêmicos distintos
- **2013**: maior surto (185k+ casos)
- Silhouette Score: **0.312**
- 5 PCs capturam **75%** da variância

## Insights Qualitativos

- Padrão sazonal **consistente**
- Picos: **janeiro–abril**
- Grupos **sincronizados** identificados
- Triângulos = corredores de transmissão
- Cluster 3: padrão **bimodal** único

## Contribuição Metodológica

Demonstração pioneira do uso de **Topological Data Analysis** para epidemiologia da



## Para Saúde Pública

- 1 Ações **coordenadas** entre municípios do mesmo cluster
- 2 Intensificar controle vetorial **pré-verão** (novembro–dezembro)
- 3 Alocar recursos conforme **perfil epidêmico**
- 4 Monitorar municípios do Cluster 3 (padrão atípico)



## Trabalhos Futuros

- 1 Incluir dados **climáticos** (precipitação, temperatura)
- 2 Análise de **persistência** homológica
- 3 Modelos **preditivos** por cluster
- 4 Expandir para **outros estados**
- 5 Integrar dados de **mobilidade**

# Obrigado!

⚙️ Análise Epidemiológica de Dengue



[github.com/mei-the-dev/dengue](https://github.com/mei-the-dev/dengue)



Python + NumPy + Pandas + Scikit-learn



LaTeX Beamer

Novembro 2025