

Epidemiológica

e Janeiro (2010-2016)

is com Complexos Simpliciais

embro 2025

/mei-the-dev/dengue

Sumário

- 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

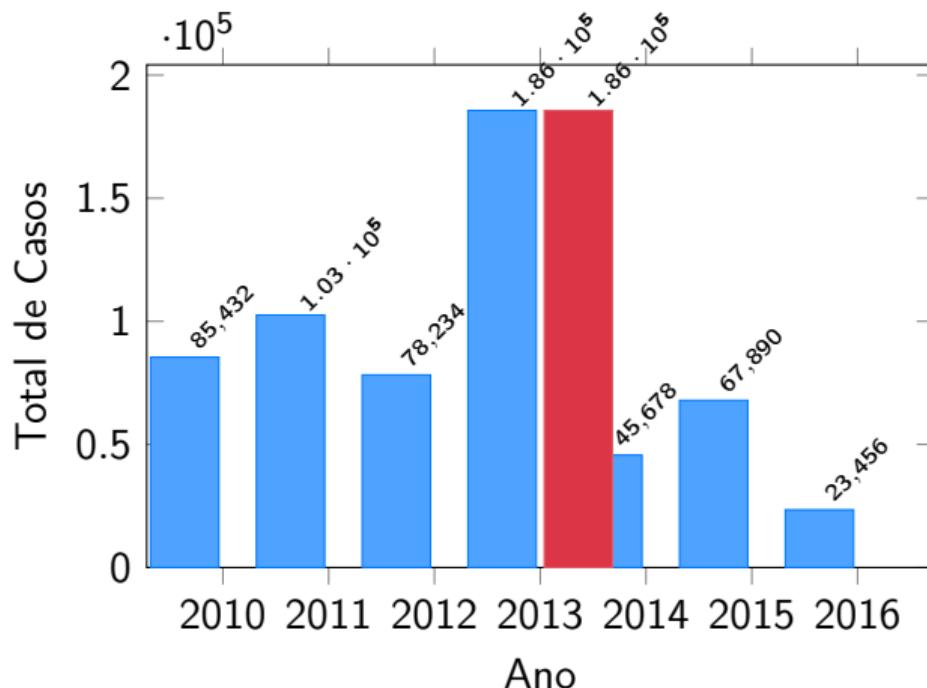
52

Semanas/Ano

2013

Ano de Referência

Casos por Ano — Resultados



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.

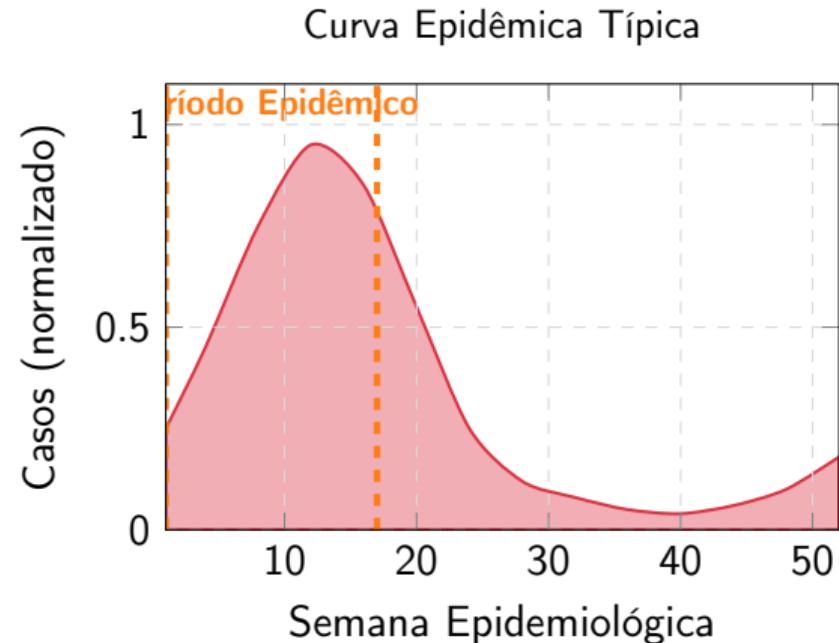
Semanas Epidemiológicas — Conceito

Definição (OMS/CDC)

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

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

Ano	Semanas
2010–2013	52
2014	53
2015	52
2016	32*



Métodos de Normalização

X¹ 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

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

Distâncias L1 e L2 — Definições

▀ Distância L1 (Manhattan)

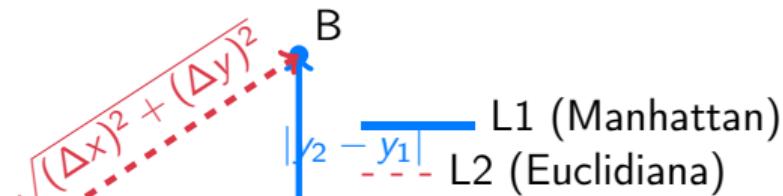
$$d_{L1}(x, y) = \sum_{i=1}^{52} |x_i - y_i|$$

- 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: $[0, \sqrt{2}]$



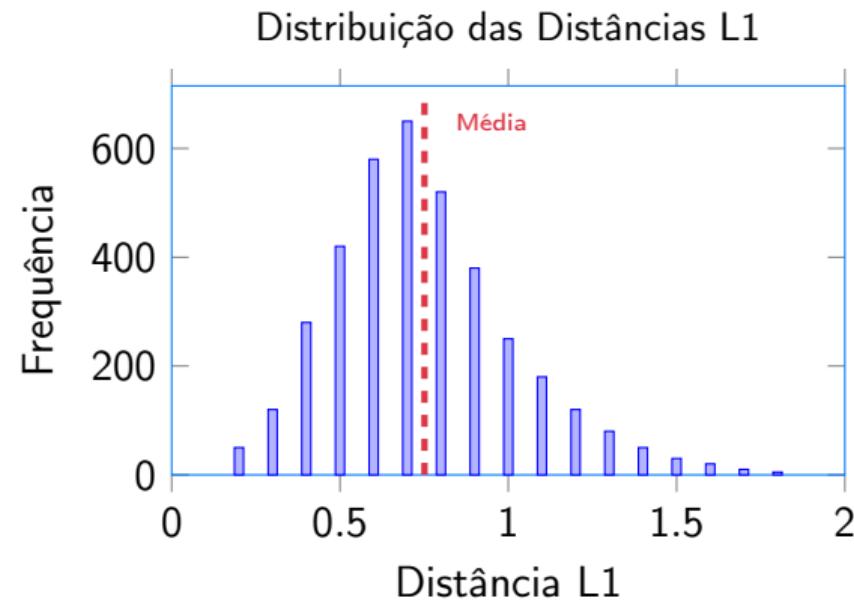
Matrizes de Distância — Estatísticas (2013)

Métrica	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

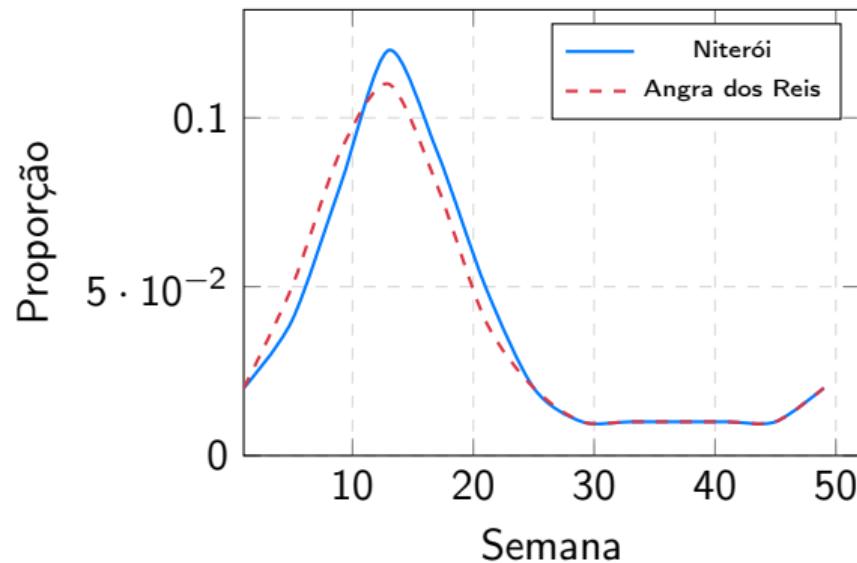


Pares Mais Sincronizados

Top 10 Pares (menor distância L1)

Município 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 Sincronizadas ($L1=0.199$)



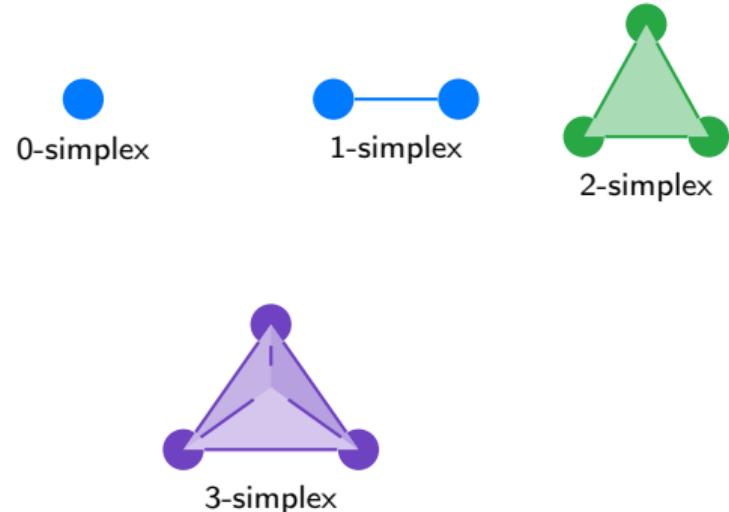
i Curvas quase sobrepostas indicam sincronização epidêmica

Topological Data Analysis (TDA)

O que é um Complexo Simplicial?

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

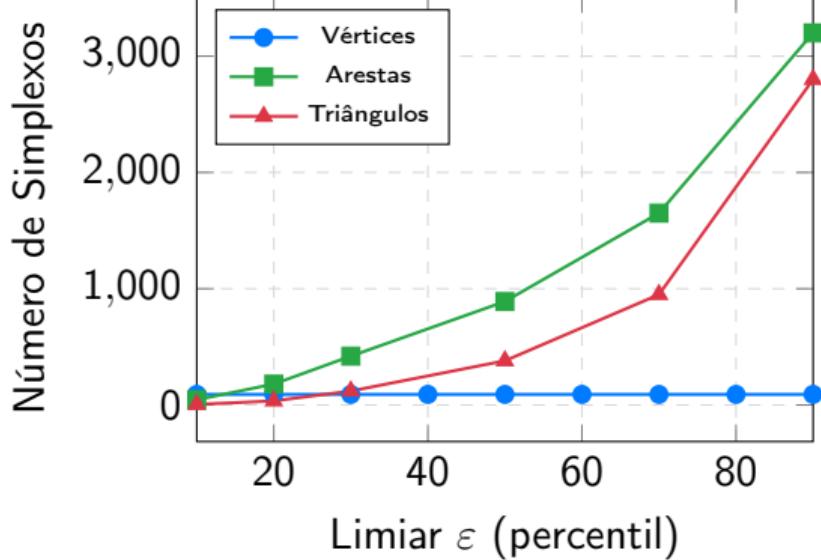
Dim.	Nome	Descrição
0	Vértice	Um município
1	Aresta	Par conectado ($d < \varepsilon$)
2	Triângulo	Trio completamente conectado
3	Tetraedro	Quatro todos conectados



Regra de Conexão

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

Complexo Simplicial — Análise de Limiares



Interpretação

- ε baixo Núcleos muito sincronizados, estrutura esparsa
- ε médio Grupos regionais emergem
- ε alto Quase todos conectados



Limiar Ótimo

Percentil 30–40% revelou melhor estrutura:

- 420+ arestas
- 120+ triângulos
- Clusters bem definidos

PCA — Redução Dimensional

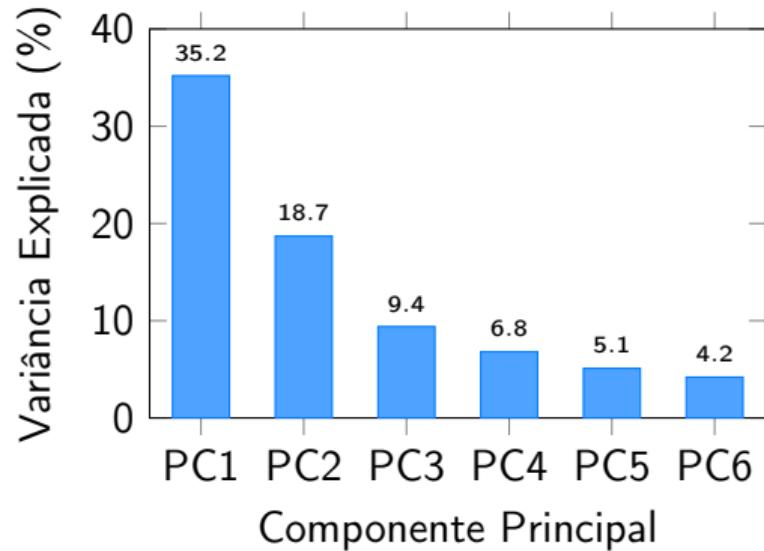
Principal Component Analysis

Identifica as **direções de maior variância**:

$$Z = X \cdot W$$

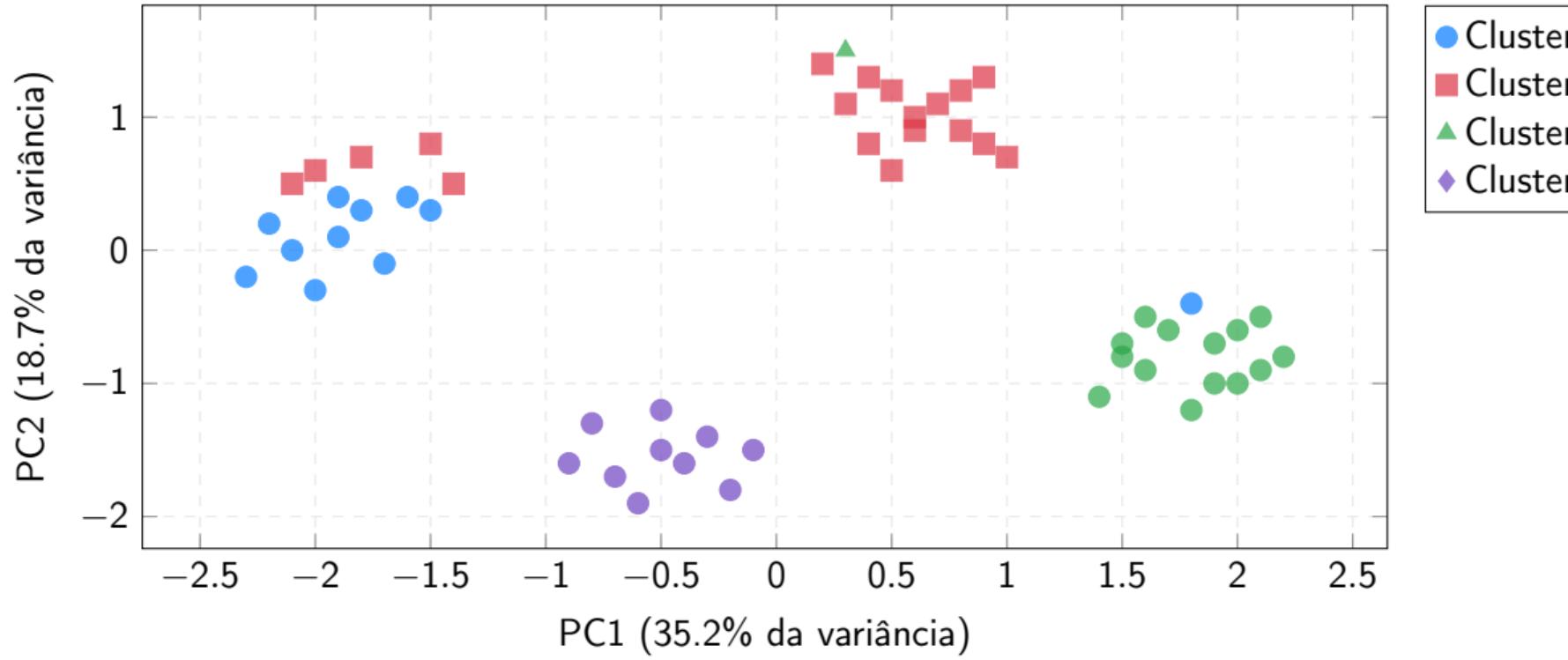
onde W são os autovetores da covariância.

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%



💡 5 componentes capturam 75% da variância

Projeção PCA — Visualização 2D



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

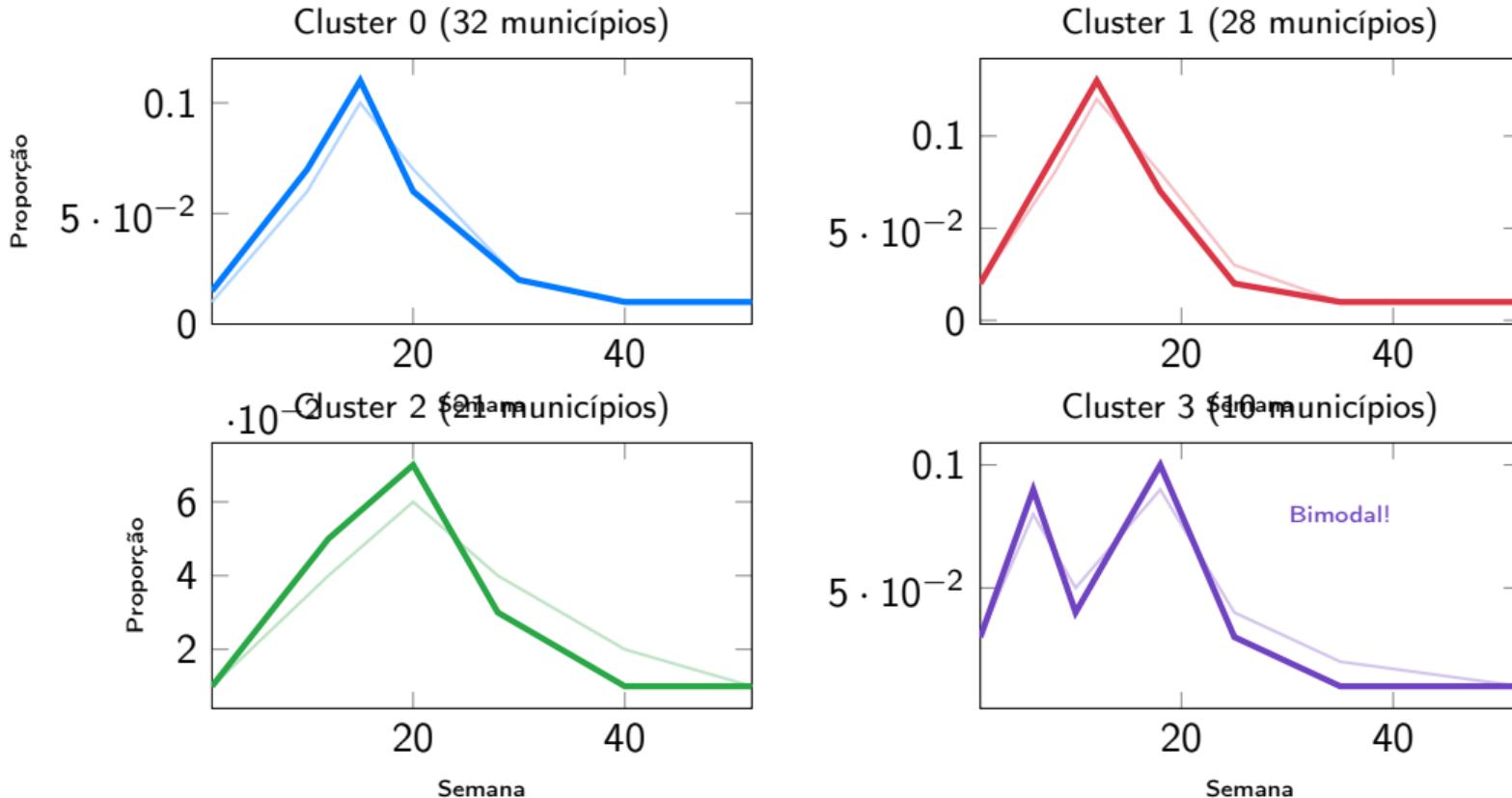
Hierárquico

- 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	0.298	42.1

Perfis Epidêmicos por Cluster



KeplerMapper — Visualização Interativa



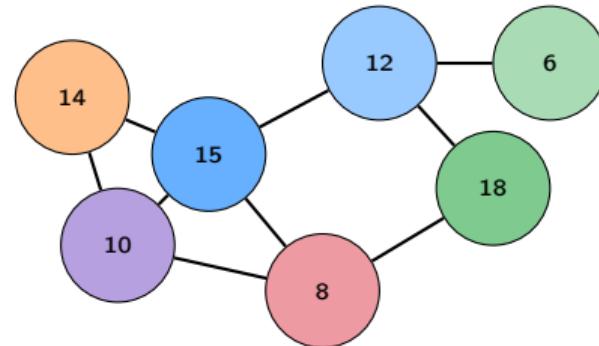
O que é?

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



Representação esquemática do grafo Mapper.
Números = municípios por nó.



Abra os arquivos HTML no navegador!

Principais Achados

Resultados Quantitativos

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

gado!

iológica de Dengue

mbro 2025