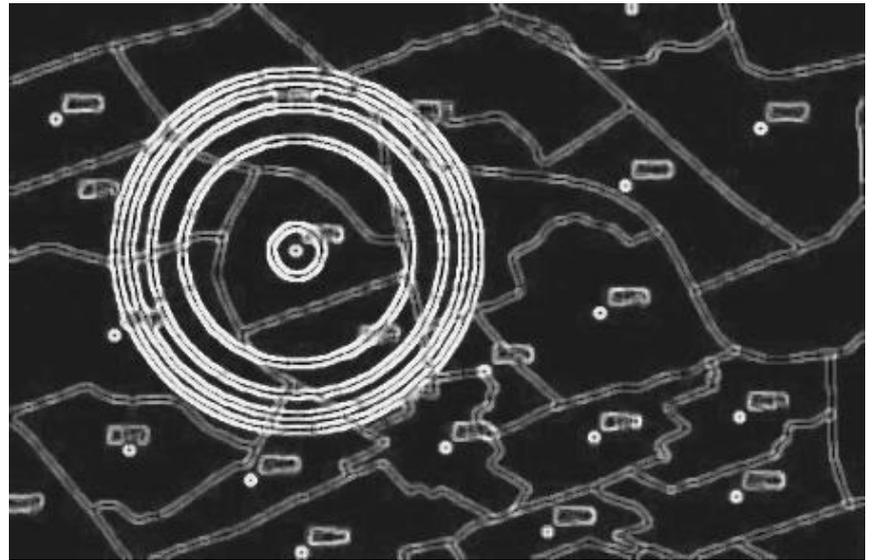


ESTADÍSTICAS DE VARREDURA ESPACIAL (SPATIAL SCAN STATISTIC)

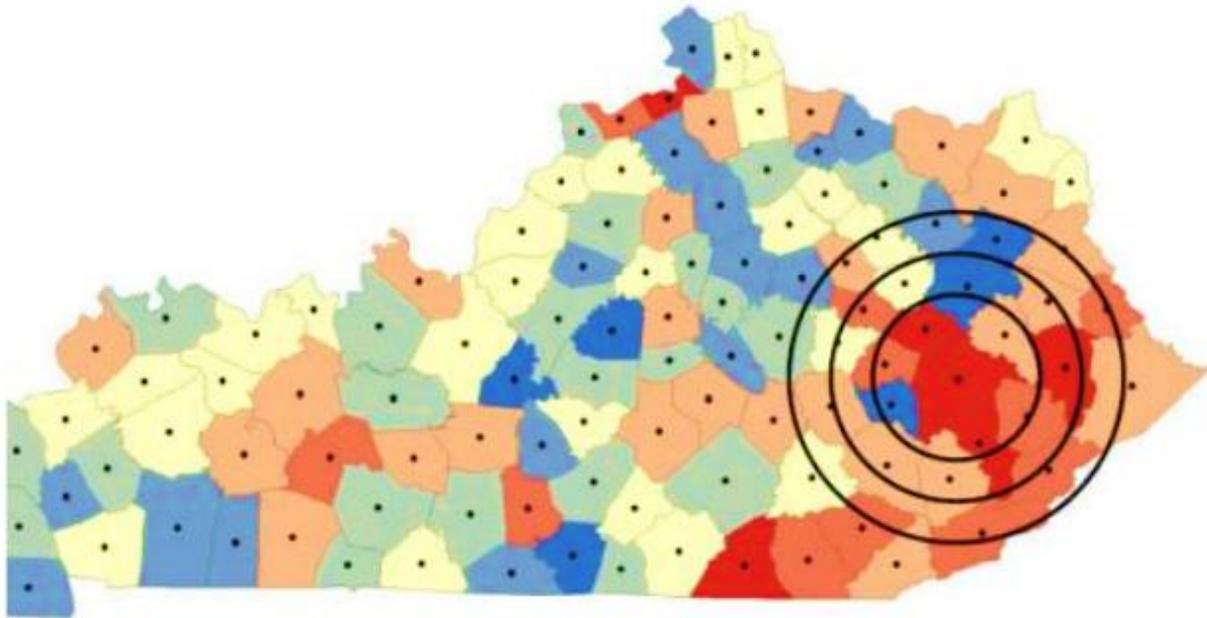


ESTATÍSTICAS DE VARREDURA

- ✓ **Estatísticas de varredura** são usadas para detectar e avaliar **clusters (aglomerados)** de casos em uma **configuração puramente temporal, puramente espacial ou espaço-temporal**.
- ✓ Isso é feito pela **varredura gradual** de uma **janela** ao longo do **tempo e/ou do espaço**, assinalando o número de observações observadas e esperadas no **interior da janela** em cada localidade.

ESTATÍSTICAS DE VARREDURA

Spatial Scan Statistic



For each circle:

- Calculates observed and expected incidence within and outside circle
- P-value obtained from Monte Carlo testing

ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL

- ✓ Detecção de **aglomerados** em um processo pontual **multidimensional**.
- ✓ A área da janela de varredura varia.
- ✓ O processo de base pode ser qualquer processo de **Poisson** ou de **Bernoulli** não homogêneos, com intensidade proporcional a algumas funções conhecidas.

O principal interesse está em se detectar aglomerados não explicados pelos processos de base.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL

Há a necessidade de ajustes para:

- ✓ População que varia no espaço e no tempo;
- ✓ Possíveis confundidores (idade e sexo, por exemplo).

Tipo de teste estatístico:

- ✓ Para o tamanho da janela de varredura fixo → teste relacionado ao número máximo de pontos na janela em qualquer tempo dado.
- ✓ Se o tamanho da janela varia → teste estatístico da razão de verossimilhança (realizado, por exemplo, no **SaTScan**).

ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL

Característica importante do teste espacial de varredura:

- ✓ **Detecta a localização dos aglomerados e permite fazer inferências**, ao contrário de outros métodos de análise de aglomerado que fazem um ou outro (mas não os dois juntos).
- ✓ Quando a **hipótese nula é rejeitada**, pode-se localizar a **área específica do mapa que causa a rejeição**.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™



SaTScan™ v. 9.6 (2018)

(Martin Kulldorff et cols.)

- ✓ É um programa **livre** que analisa dados espaciais, temporais e espaço-temporais, usando **estatísticas de varredura espaciais, temporais e espaço-temporais.**

Download: site <https://www.satscan.org/> - selecionar o link para o download do **SaTScan.**

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™

O SaTScan foi elaborado para:

- a) Realizar a vigilância geográfica de doenças, para detectar **aglomerados espaciais ou espaço-temporais** (retrospectiva ou prospectivamente) e verificar se eles são **estatisticamente significativos**.
- b) Testar se uma doença é **aleatoriamente distribuída** no espaço, ao longo do tempo ou simultaneamente no espaço e no tempo.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™

O SaTScan foi elaborado para:

- c) Avaliar a **significância estatística** de agregados de doenças em vigilância sentinela.
- d) Realizar a vigilância em **tempo real** ou, prospectivamente, em períodos de tempo, para a **detecção precoce de surtos de doenças**.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™

- ✓ **Para todas análises** → dados com coordenadas espaciais de um grupo de localidades (**arquivo de coordenadas**).
- ✓ **Para cada localidade** → os dados devem conter informações acerca do número de casos de cada localidade (**arquivo de casos**).
 - **OBS:** Para análises temporais e espaço-temporais → o número de casos deve ser estratificado pelo tempo, por exemplo: **data do diagnóstico**.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™

Figura 14 - Arquivos de formato ASCII do SaTScan™. (A) Arquivo de Casos (casos.cas). (B) Arquivo de População (populacao.pop). (C) Arquivo de Coordenadas Geográficas (Latitude/Longitude) (coordenadas.geo).

A	B
3550308005213 1 1984/07 20a29	3550308005002 1980 667 13a19
3550308005061 1 1984/09 50a59	3550308005003 1980 1228 13a19
3550308005109 1 1985/06 30a39	3550308005004 1980 1497 13a19
3550308005020 1 1985/07 40a49	3550308005005 1980 1342 13a19
3550308005076 1 1985/07 50a59	3550308005006 1980 1431 13a19
3550308005116 1 1985/07 20a29	3550308005007 1980 1491 13a19
3550308005036 1 1985/08 40a49	3550308005008 1980 1068 13a19
3550308005009 1 1985/10 30a39	3550308005009 1980 611 13a19
3550308005024 1 1985/10 13a19	3550308005010 1980 994 13a19
3550308005027 1 1985/10 20a29	3550308005011 1980 623 13a19

C
3550308005002 -23.55154905 -46.64177271
3550308005003 -23.54162450 -46.64065879
3550308005004 -23.52600683 -46.63682433
3550308005005 -23.54367902 -46.61749193
3550308005006 -23.56433595 -46.61689752
3550308005007 -23.56883515 -46.62938266
3550308005008 -23.56394479 -46.63554554
3550308005009 -23.55623179 -46.65326546
3550308005010 -23.56298634 -46.64376719
3550308005011 -23.55978954 -46.65004389

Fonte: SaTScan™ (versão 9.4.2, 2015) - Formato de arquivos ASCII, após a conversão pelo assistente de importação.

Fonte: Pellini ACG. Tese de Doutorado, 2016.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™

- ✓ Dependendo do tipo de análise → **outras informações** podem ser providenciadas, como idade, gênero, peso, etc. **(covariáveis)**
- ✓ Para o modelo discreto de Poisson → deve-se especificar o **tamanho da população** para cada localidade **(arquivo de população)**, que **pode variar no tempo**.
- ✓ Para o modelo de Bernoulli → é necessário especificar o **número de controles** em cada localidade **(arquivo de controles)**.

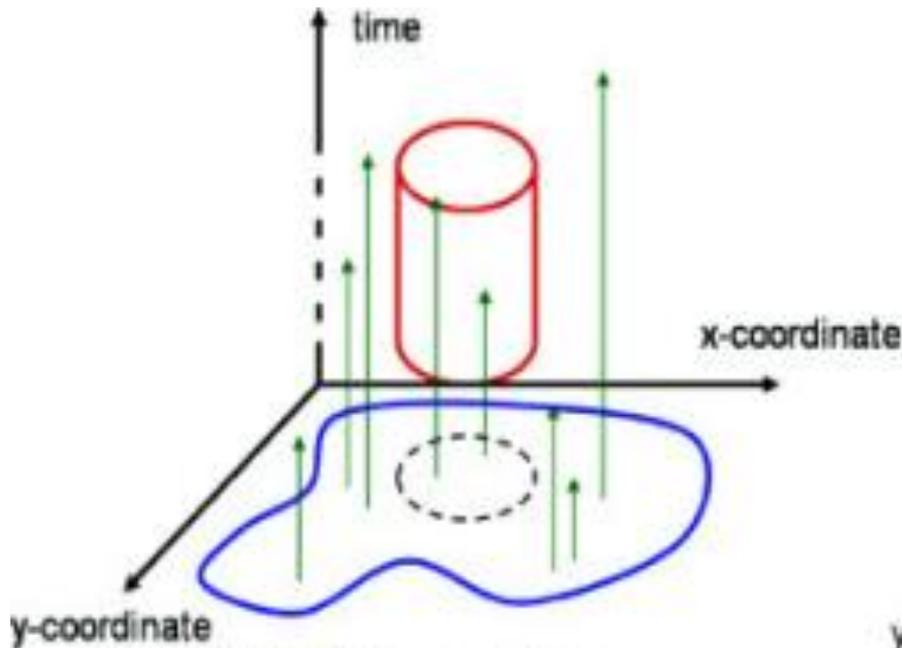
ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™

- ✓ **Estatísticas de varredura** → usadas para detectar e avaliar aglomerados de casos nos cenários: **puramente temporal, puramente espacial ou espaço-temporal.**
 - **OBS:** Nas versões mais novas do SaTScan há também um modelo de **variação espacial nas tendências temporais**, procurando por áreas geográficas com *tendências temporais excepcionalmente altas ou baixas.*
- ✓ Uma **janela** executa, gradualmente, a **varredura** através do tempo e/ou do espaço, registrando o **número de observações observadas e esperadas** dentro da janela em cada localidade.

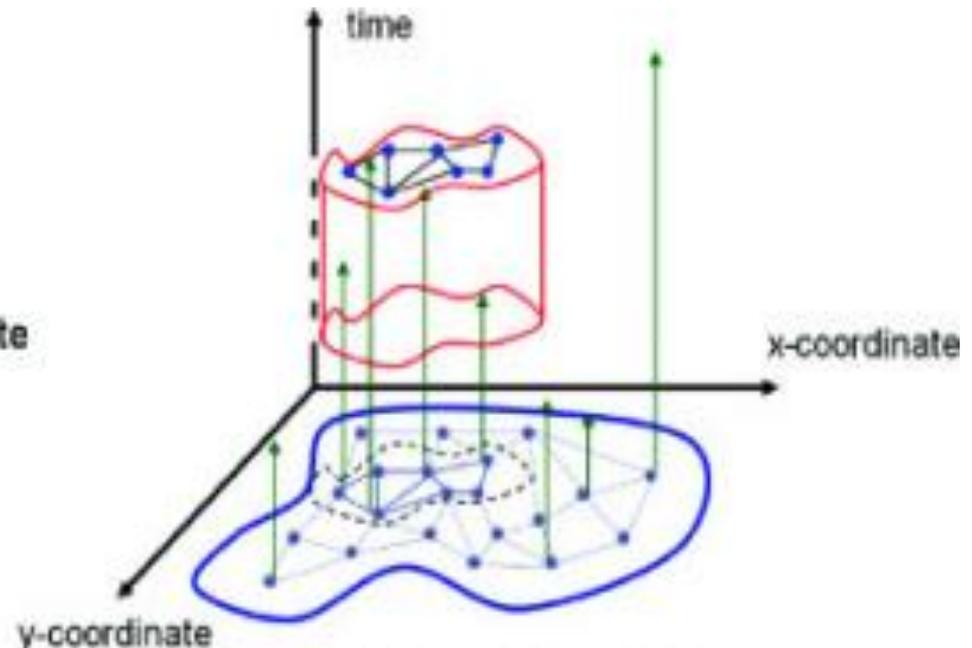
ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™

- ✓ **SaTScan** → a janela de varredura é um **intervalo** (no tempo), um **círculo** ou uma **elipse** (no espaço) ou um **cilindro** com uma **base circular ou elíptica** (no espaço-tempo).
 - **OBS:** *múltiplos tamanhos de janelas diferentes são usados.*
- ✓ A janela com a **máxima verossimilhança** é o aglomerado **mais provável** (o aglomerado menos provável deve ser devido à chance, ao acaso). Um **valor de 'p'** é atribuído ao aglomerado.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO SATSCAN™



(a) cylindrical cluster candidate

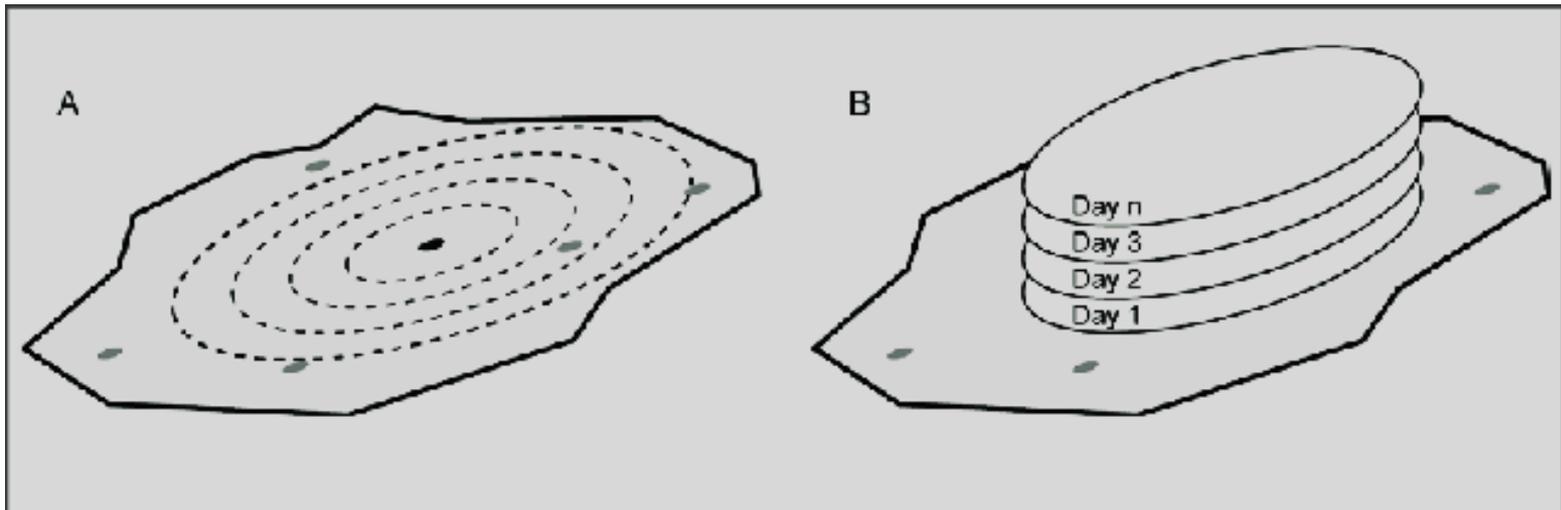


(b) cluster candidate with irregular base

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO ESPAÇO-TEMPO

Fonte: Adaptado de: Costa MA, Kulldorff M - Int J Health Geogr (2014). Maximum linkage space-time permutation scan statistics for disease outbreak detection.

ESTATÍSTICAS DE VARREDURA ESPACIAL, TEMPORAL E ESPAÇO- TEMPORAL.

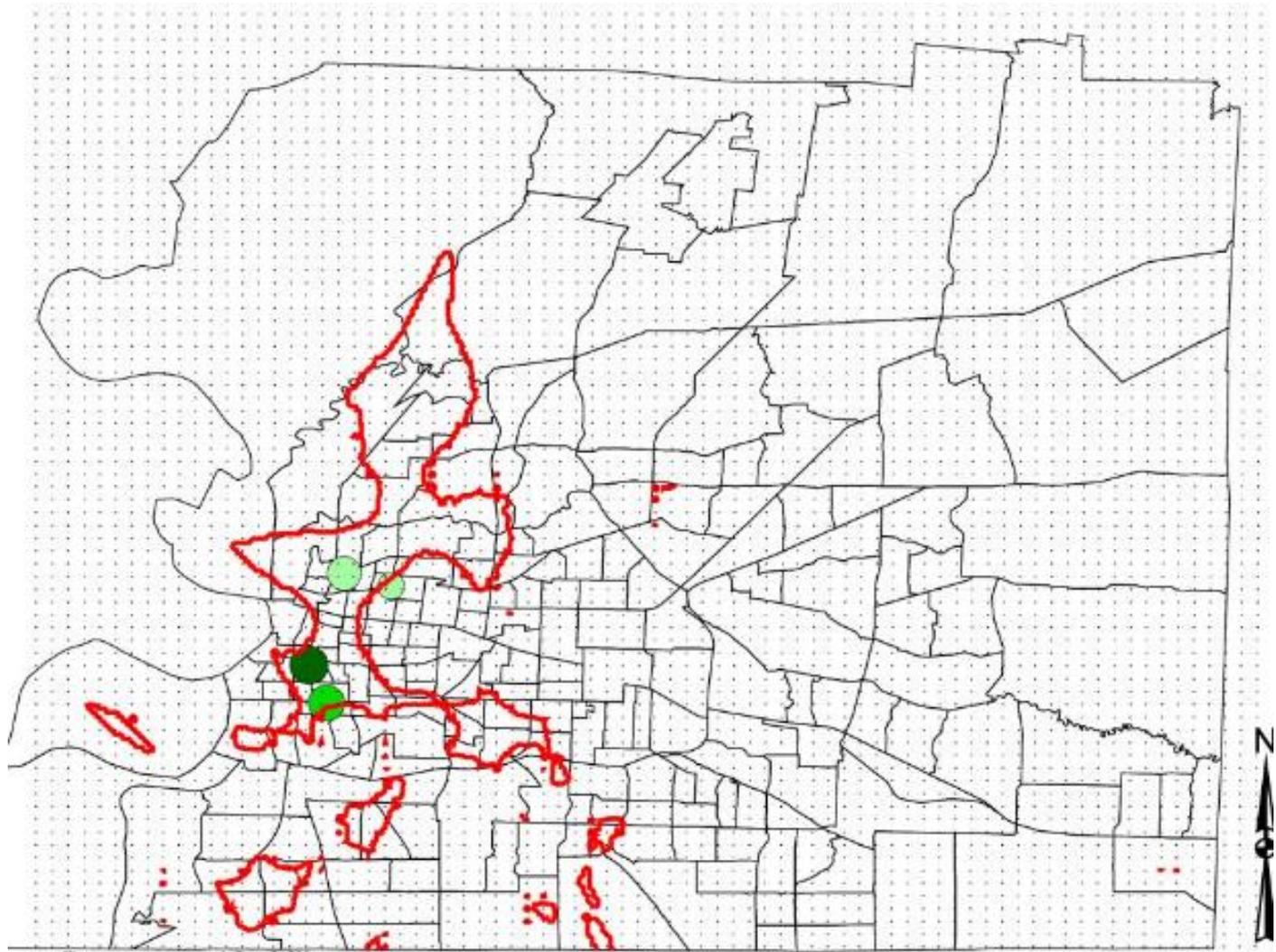


ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL

- ✓ Impõe uma **janela circular** no mapa em cada um dos vários pontos do **'grid'** da região de estudo.
- ✓ Para cada ponto do 'grid', o **raio da janela varia** continuamente em tamanho, de zero até algum **limite superior** especificado pelo usuário.
- ✓ A janela circular é **flexível**, tanto na **localização** quanto no **tamanho**.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL

**GRID
OU
GRADE**



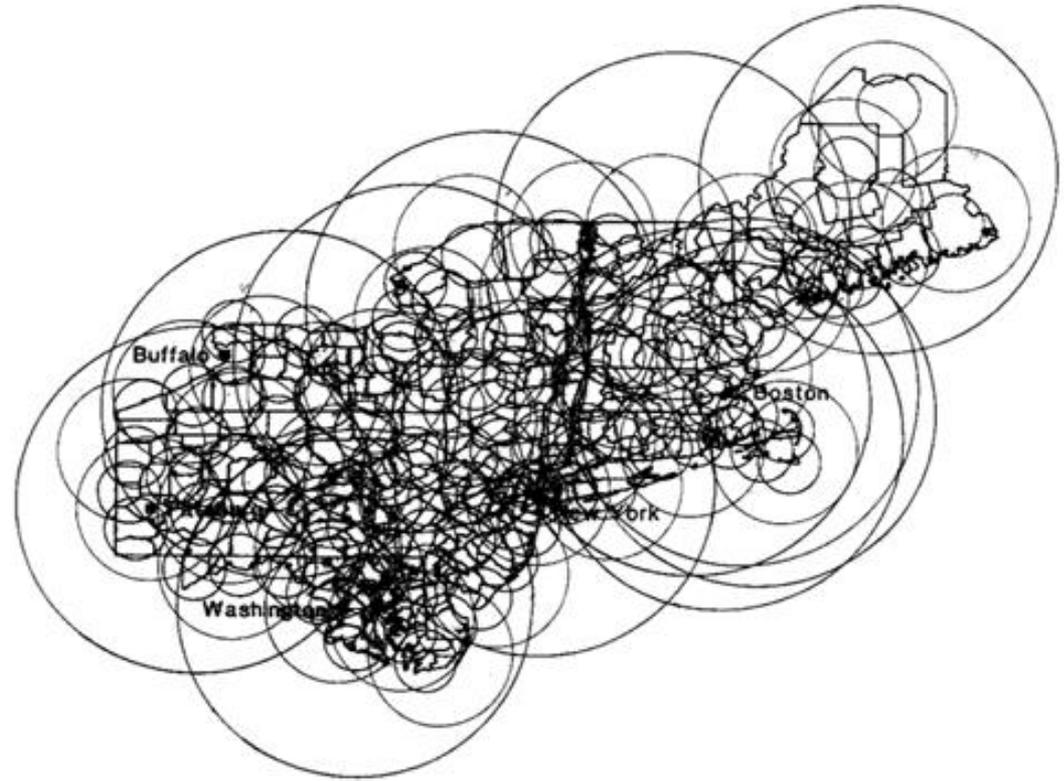
Fonte: (Adaptado de): Ozdenerol E. et al. Comparison of spatial scan statistic and spatial filtering in estimating low birth weight clusters. International Journal of Health Geographics 20054:19

ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL

- ✓ São criados **infinitos círculos geográficos** distintos, com diferentes grupos de localidades de dados vizinhos dentro deles. Cada círculo é um possível **candidato a um aglomerado**.
- ✓ O usuário define o grupo de **pontos de grid** usado através de um arquivo de grid.
- ✓ Se esse arquivo não for especificado, os pontos do **grid** são considerados idênticos às **coordenadas dos IDs das localidades (arquivo de coordenadas)** → assegura que cada localidade de dado seja um **potencial aglomerado** em si.
- ✓ Pode-se usar janela em formato de **cilindro** ou **elipse**.

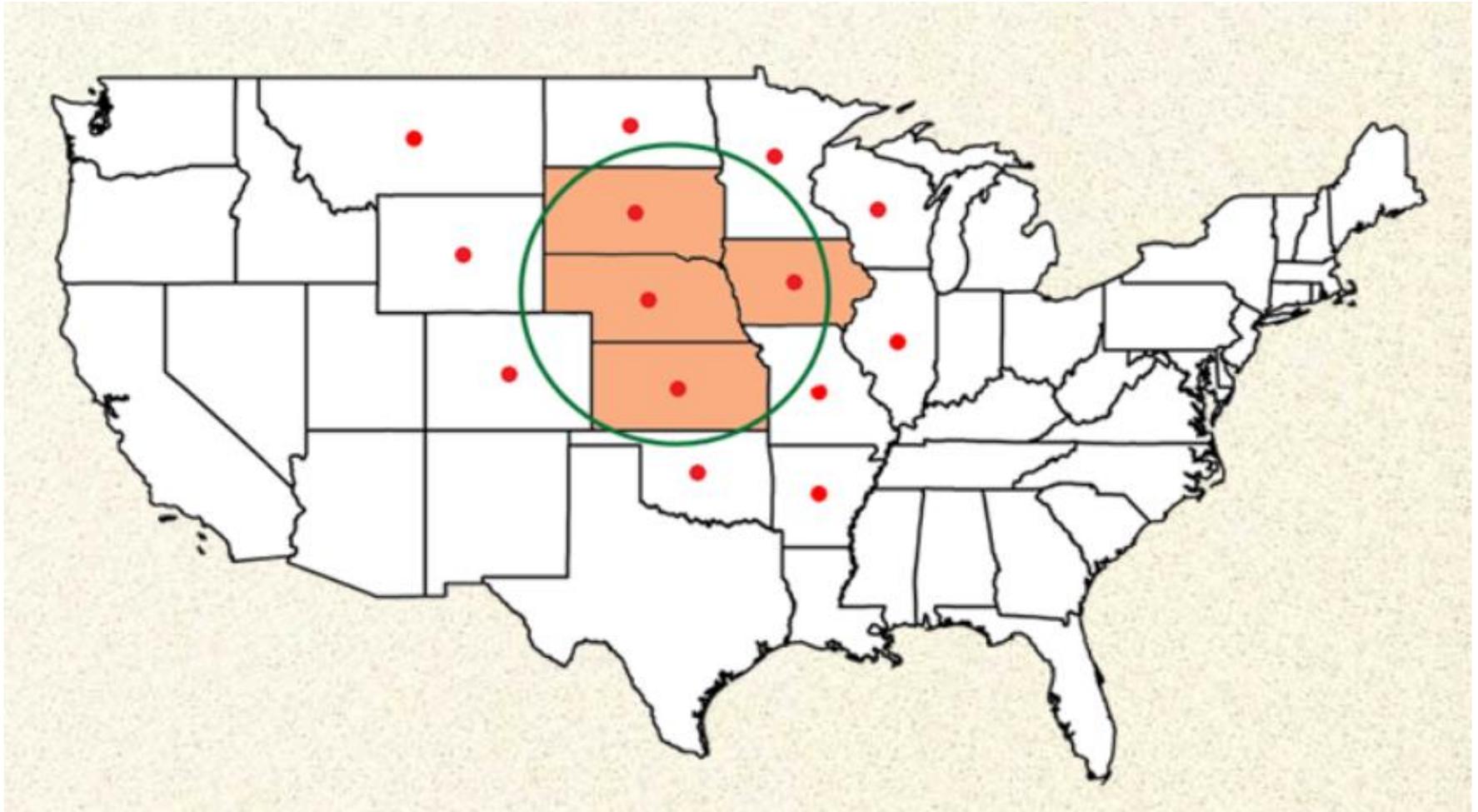
ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL

**Representação
ilustrativa dos
múltiplos círculos
criados na
estatística de
varredura
espacial.**



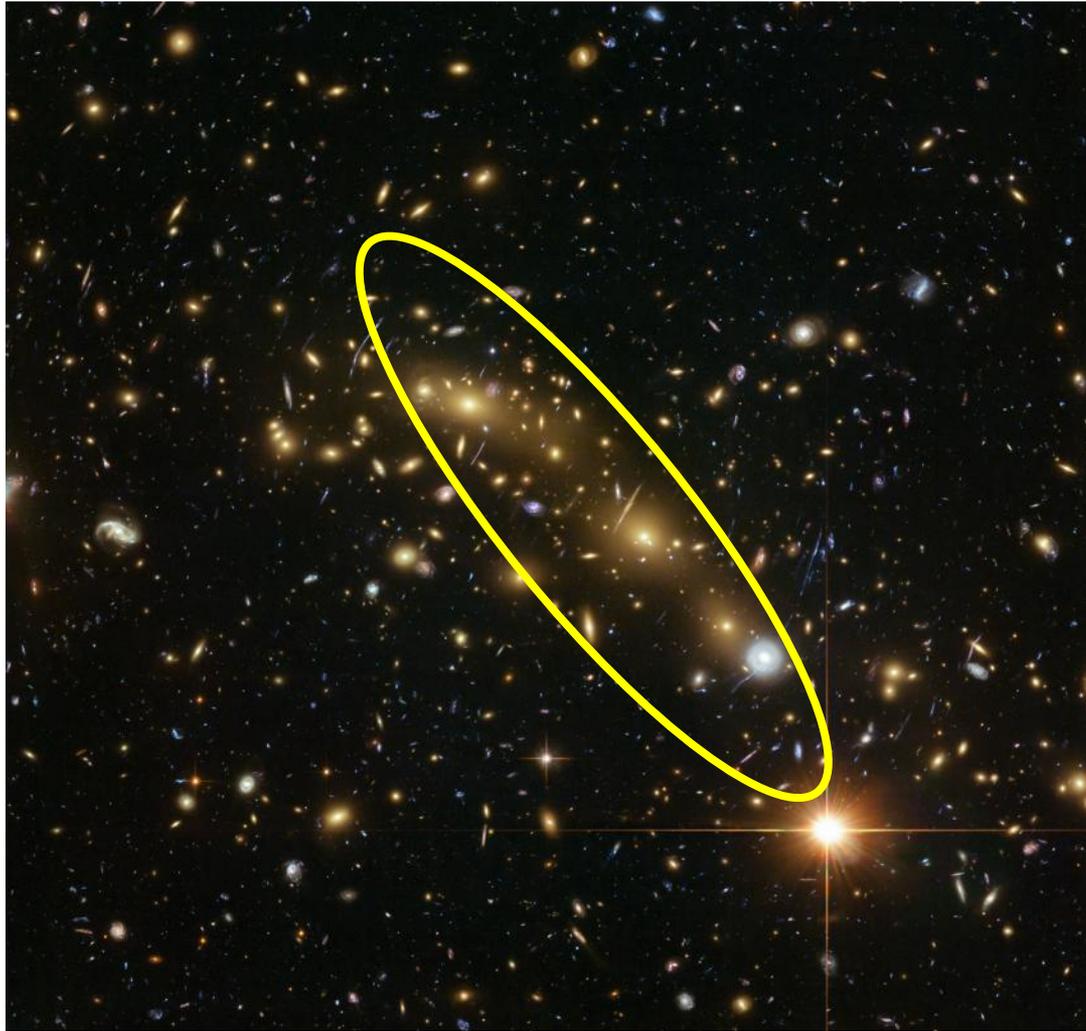
Fonte: Kulldorff M. An isotonic spatial scan statistic for geographical disease surveillance. J Natl Inst Public Health. 1999;48(2):94-10185.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL



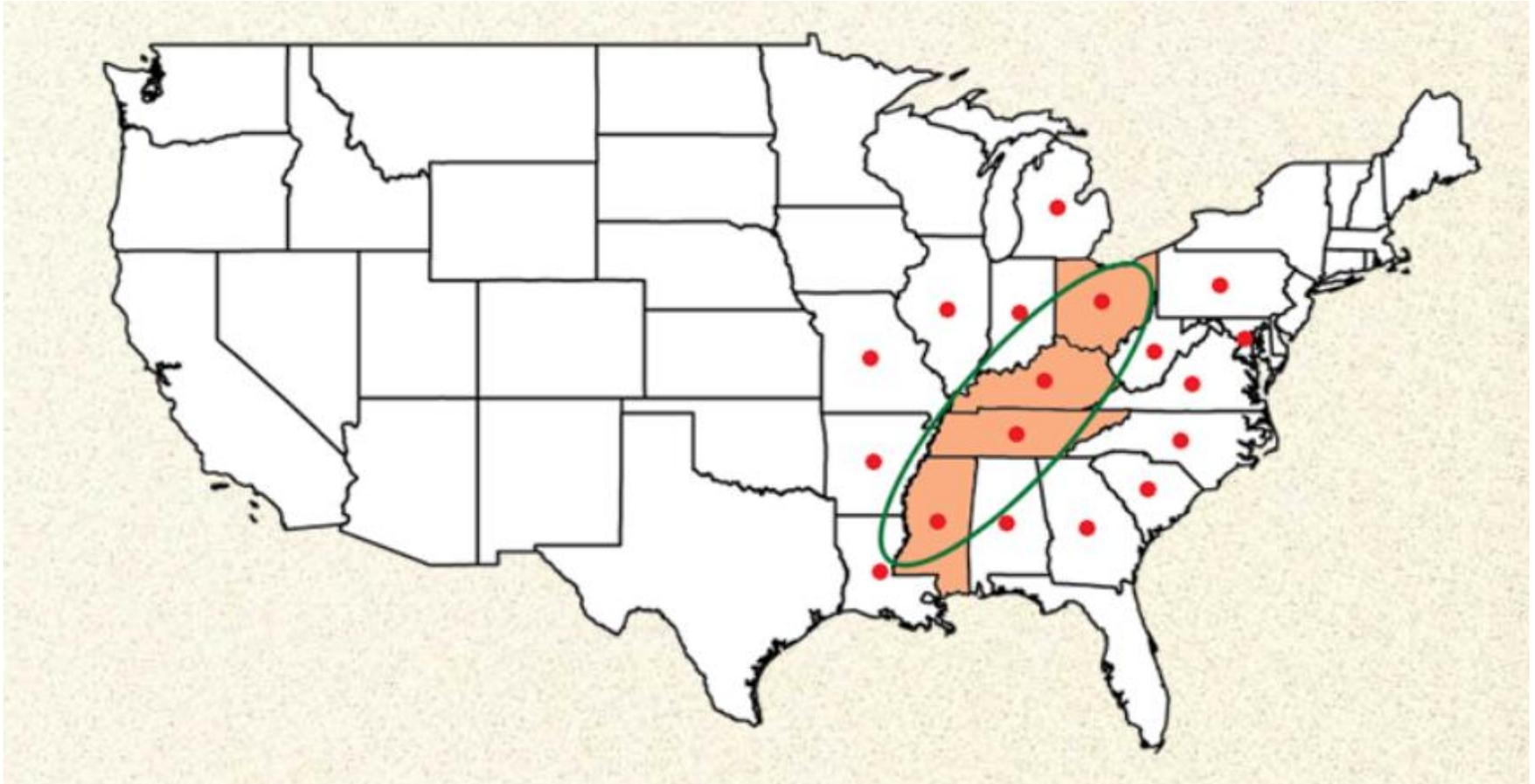
Fonte: AMOEBA Project - <https://slideplayer.com/slide/4321858/>

ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL



Fonte: Adaptado de: <https://phys.org/news/2014-07-mass-distant-galaxy-cluster-precise.html>

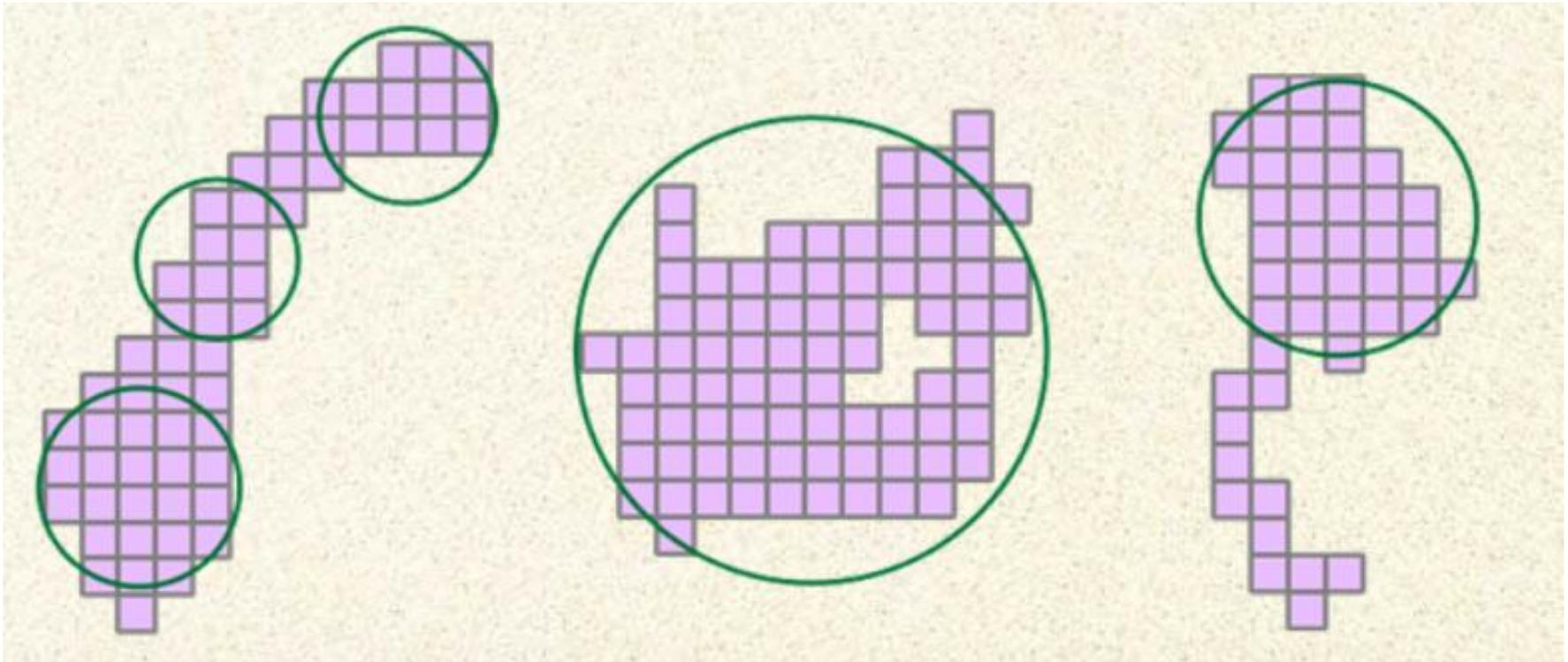
ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL



Fonte: AMOEBA Project - <https://slideplayer.com/slide/4321858/>

ESTATÍSTICA DE VARREDURA ESPACIAL

Algumas Limitações...



ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO ESPAÇO-TEMPO

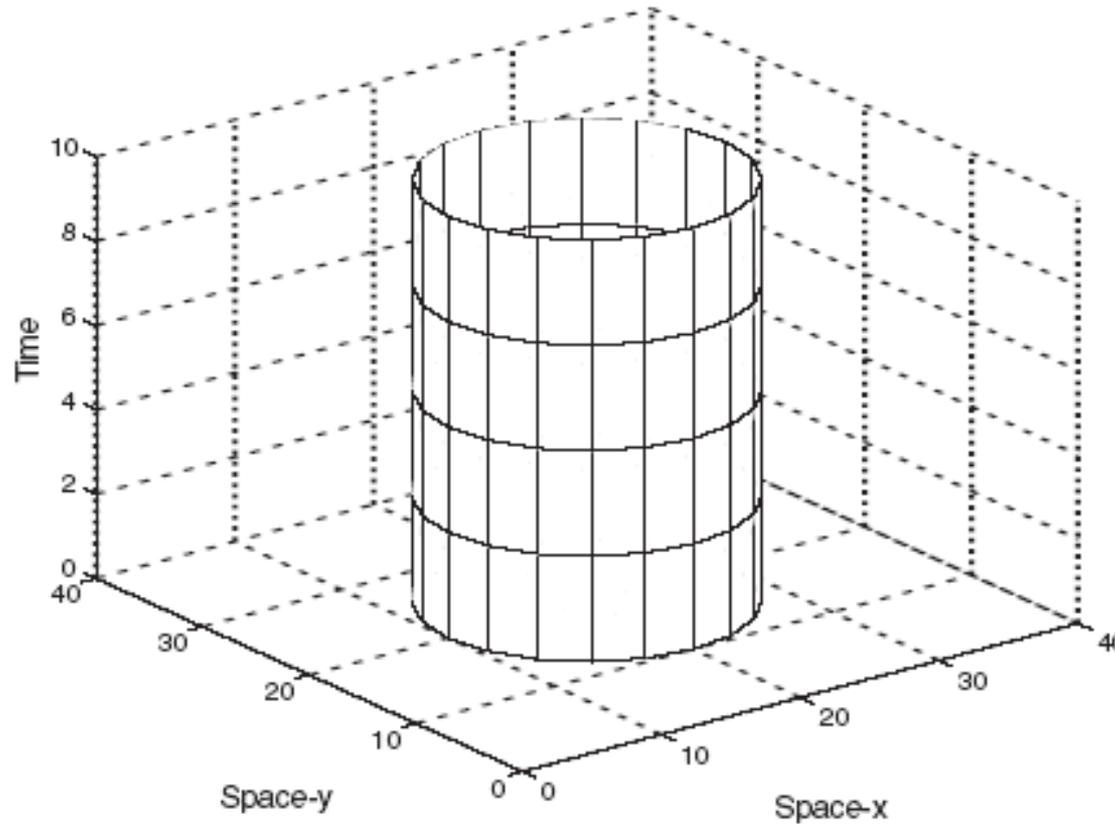
- ✓ Definida por uma **janela cilíndrica** com uma **base geográfica circular (ou elíptica)** e com **altura** correspondendo ao **tempo**.
- ✓ A **base** é definida exatamente como para a estatística de varredura **espacial**, e as **alturas** refletem o **período de tempo** dos potenciais aglomerados.
- ✓ A **janela cilíndrica** é movida no **espaço** e no **tempo** para cada possível localização e tamanho geográfico. Cada possível período de tempo também é visitado para cada localidade.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO ESPAÇO-TEMPO

- ✓ Infinito número de **cilindros sobrepostos** de diferentes tamanhos e formatos, cobrindo a região de estudo → cada cilindro reflete um **possível aglomerado**.
- ✓ Usada para **análise retrospectiva simples** (dados históricos) ou para a **vigilância prospectiva** → as análises são repetidas, por exemplo, todos os dias, semanas, meses ou anos.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO ESPAÇO-TEMPO

FIGURE 1. A three dimensional view of a cluster with a cylindrical shape



Fonte: Vijay S. Iyengar. Space-Time Clusters with Flexible Shapes. MMWR, 2005.

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO ESPAÇO-TEMPO

FIGURE 3. A two dimensional view of a cluster with a square pyramid shape

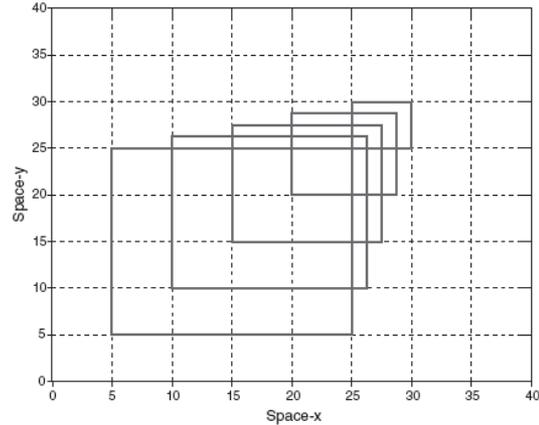


FIGURE 2. A three dimensional cluster with a square pyramid shape

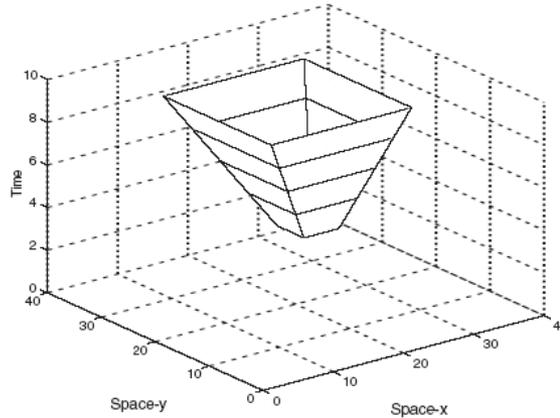
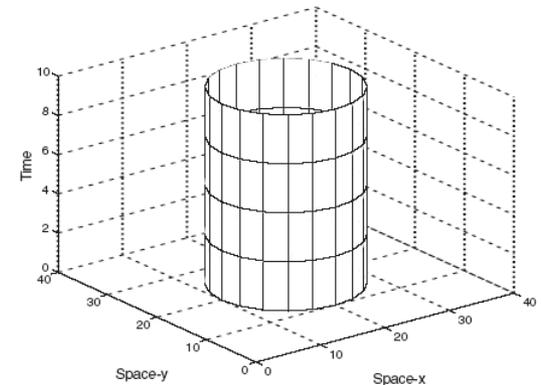
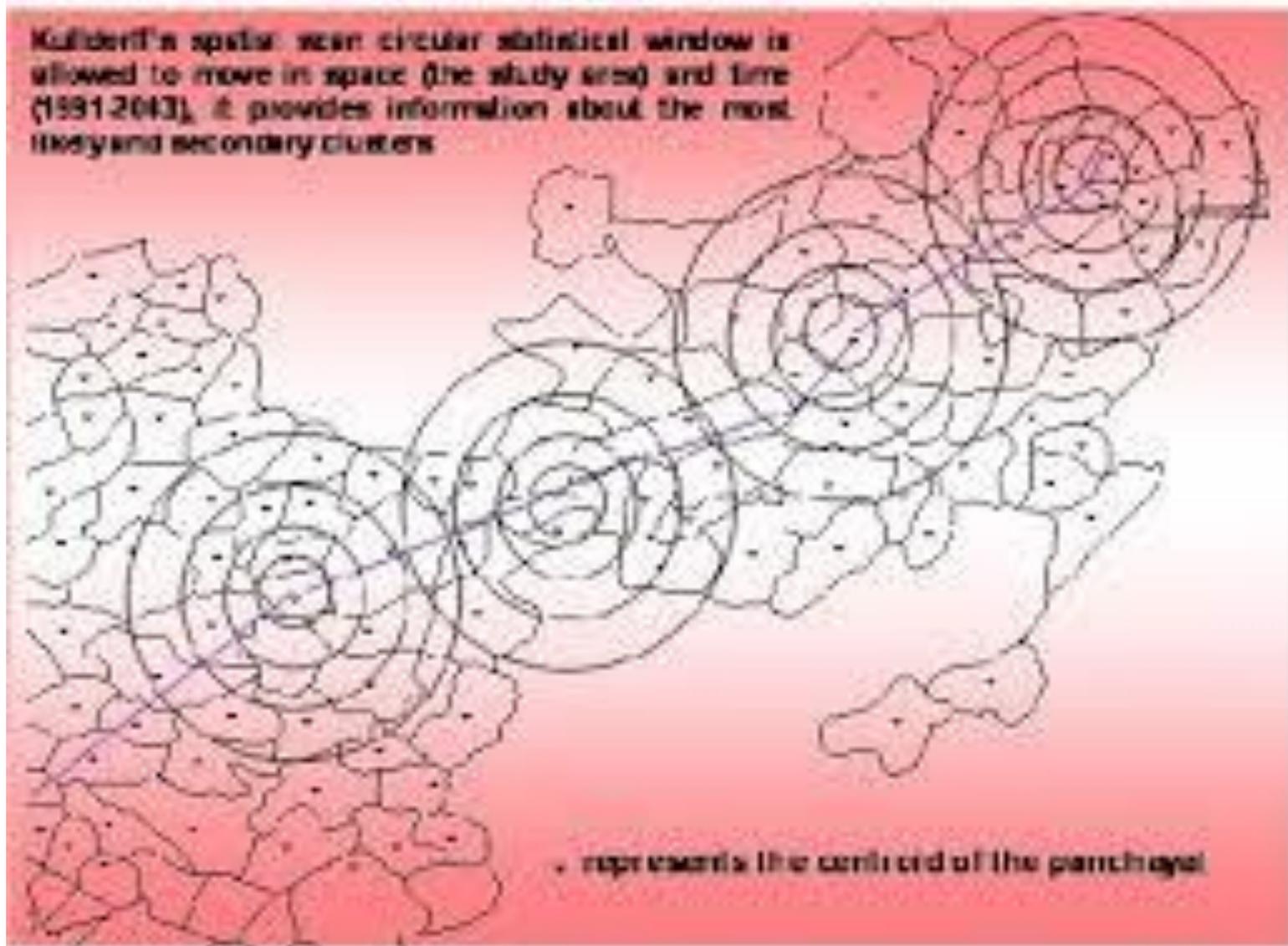


FIGURE 1. A three dimensional view of a cluster with a cylindrical shape



**Clusters espaço-temporais
com formatos flexíveis**

ESTATÍSTICA DE VARREDURA NO ESPAÇO-TEMPO



ESTATÍSTICA DE VARREDURA TEMPORAL

- ✓ A janela se move no **tempo**, definido do mesmo modo que a **altura do cilindro** usado na estatística de varredura espaço-temporal.
- ✓ A **janela é flexível** em relação às datas de início e final.
- ✓ O **comprimento temporal máximo** deve ser especificado.

ESQUEMA - PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Análise Espacial e Espaço-temporal

SatScan versão 9.6 (2018)

- **Modelo discreto de Poisson** (Kuldorf 1997, 2011)

- **Número do setor censitário / data de diagnóstico;**
- **População;**
- **Coordenadas geográficas cartesianas planas dos centroides de cada setor censitário.**

ESQUEMA - PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

Análise Espacial e Espaço-temporal

SatScan versão 9.6 (2018)

- **Modelo discreto de Poisson** (Kuldorf 1997, 2011)

- **Aglomerados com formato circular;**
- **Não ocorrência de sobreposição geográfica dos aglomerados;**
- **Tamanho máximo do aglomerado igual a 50% da população exposta;**
- **999 replicações – método de Monte Carlo;**
- **$p < 0,05$.**

ESQUEMA - PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

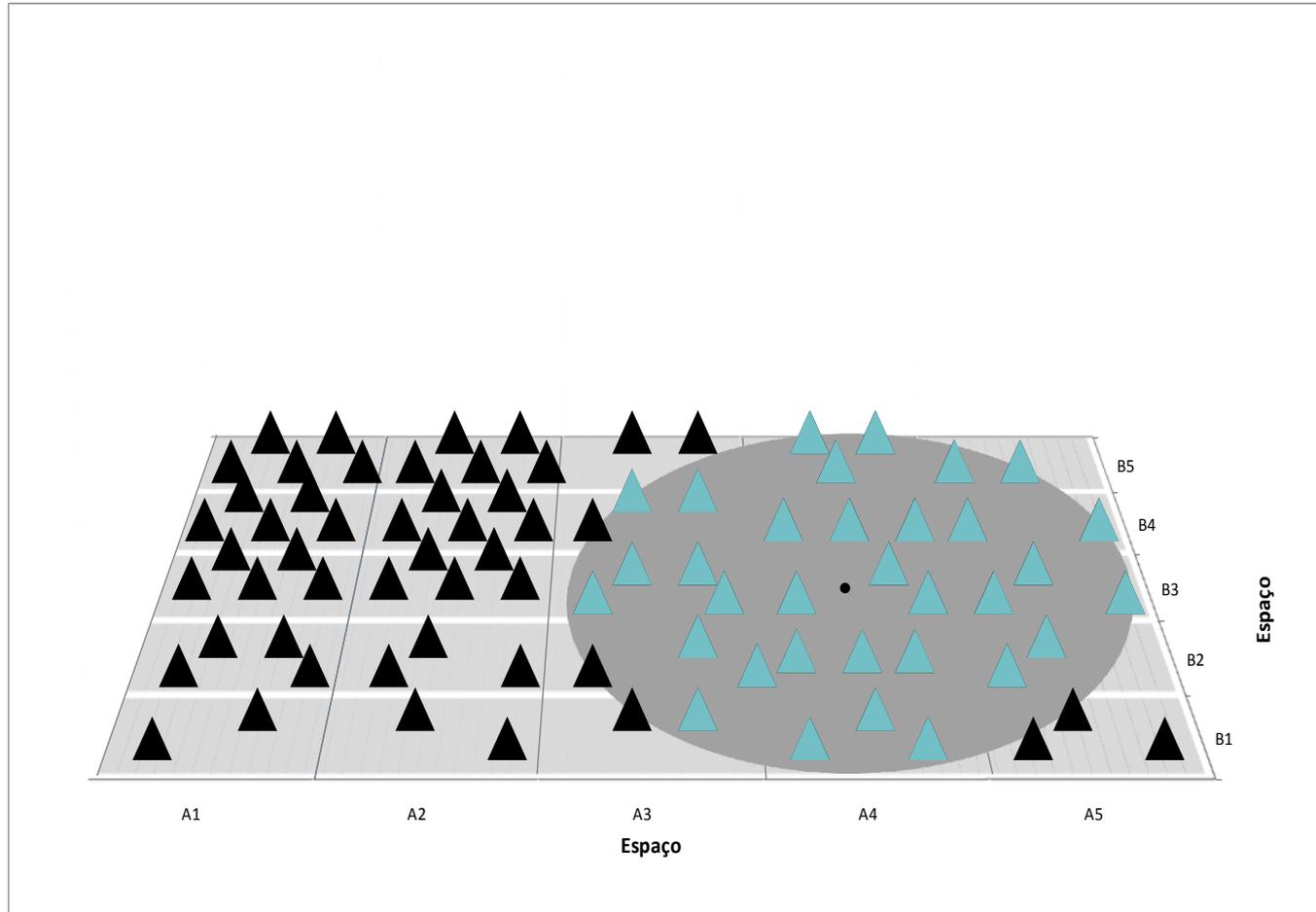
Análise Espacial e Espaço-temporal

SatScan versão 9.6 (2018)

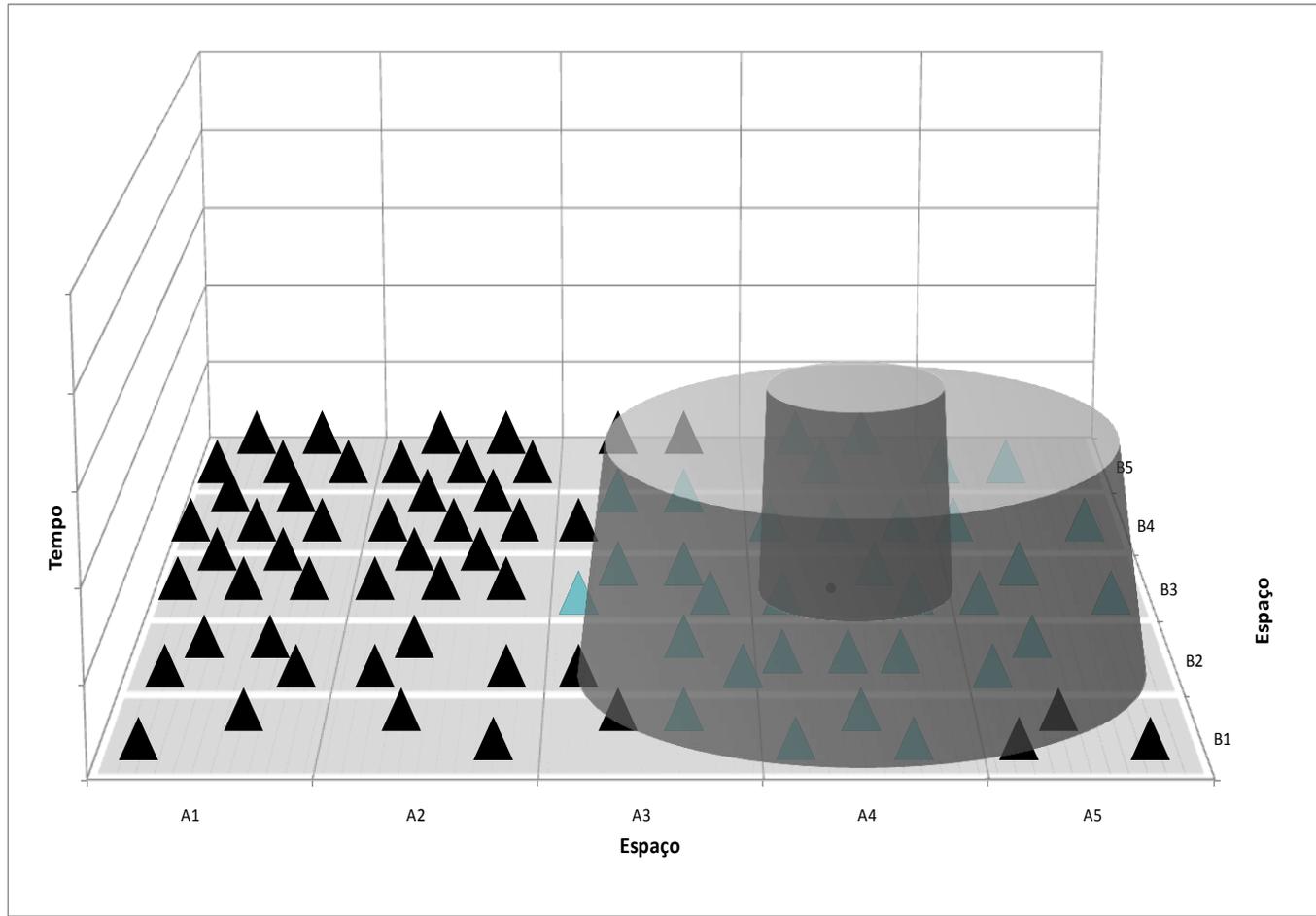
- **Modelo discreto de Poisson** (Kuldorf 1997, 2011)

- **Precisão do tempo em mês;**
- **Não ocorrência de sobreposição temporal dos aglomerados;**
- **Tamanho máximo do aglomerado temporal igual a 50% do período de estudo.**

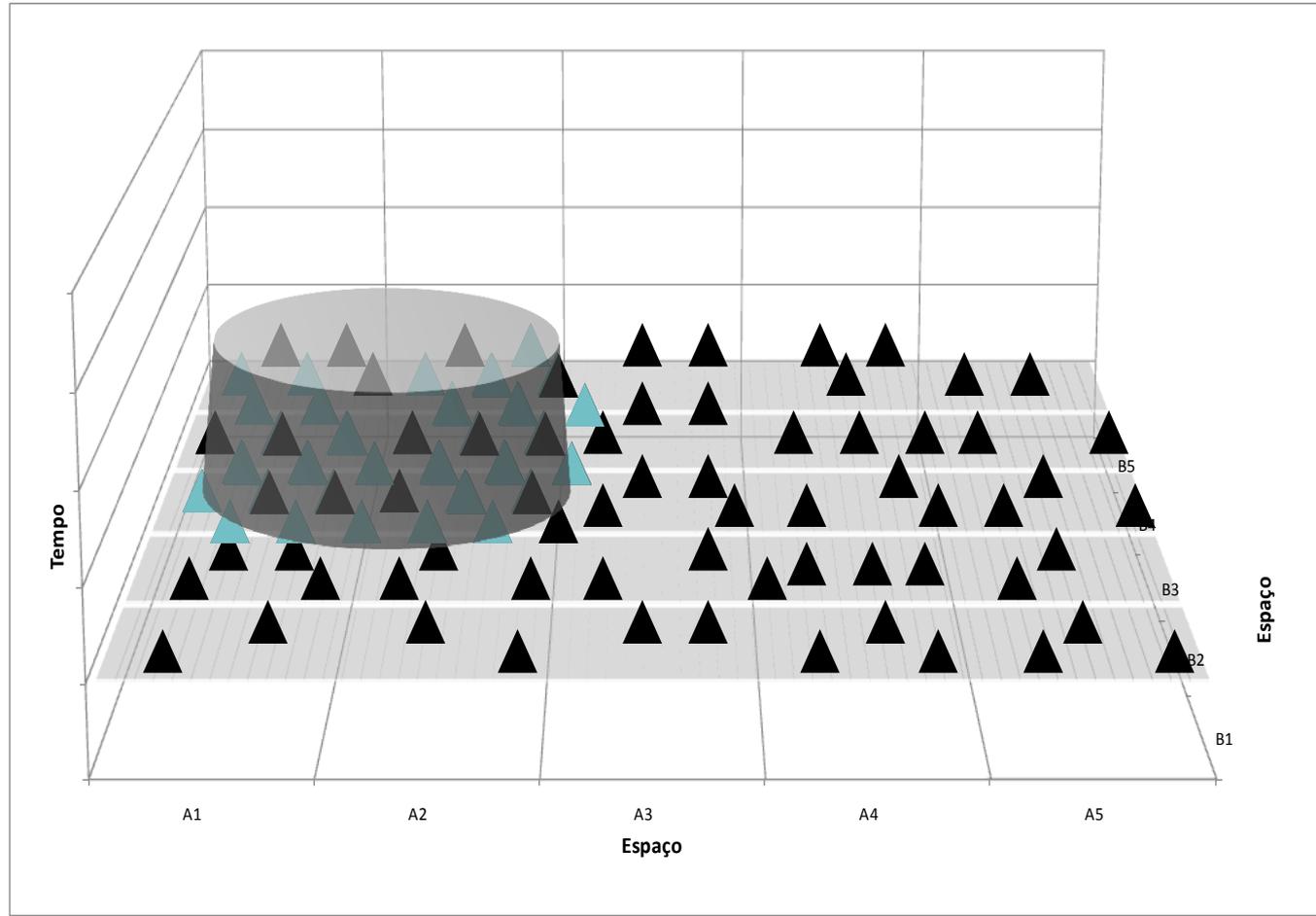
AGLOMERADOS ESPACIAIS – MODELO DISCRETO DE POISSON



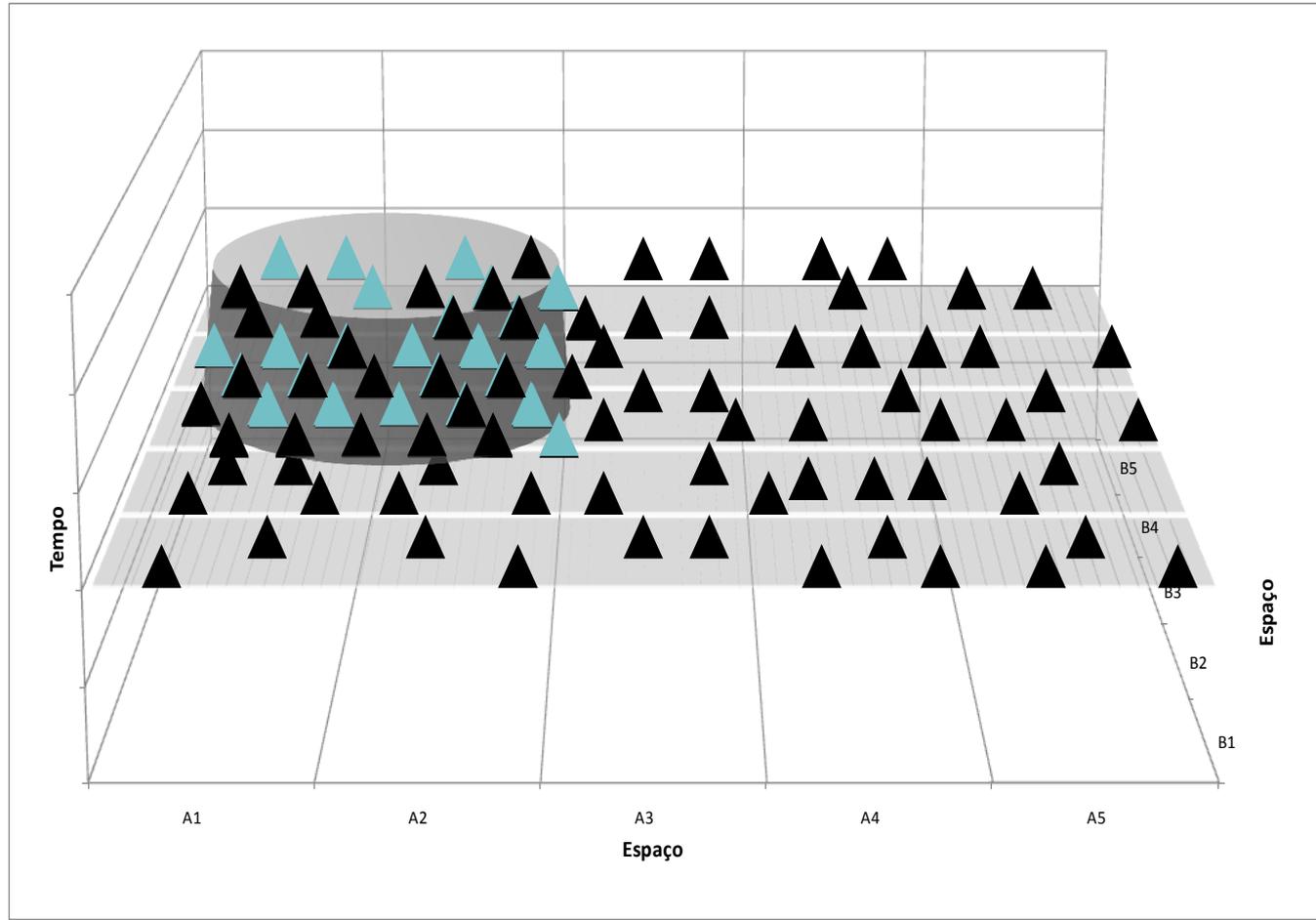
AGLOMERADOS ESPAÇO-TEMPORAIS – MODELO DISCRETO DE POISSON



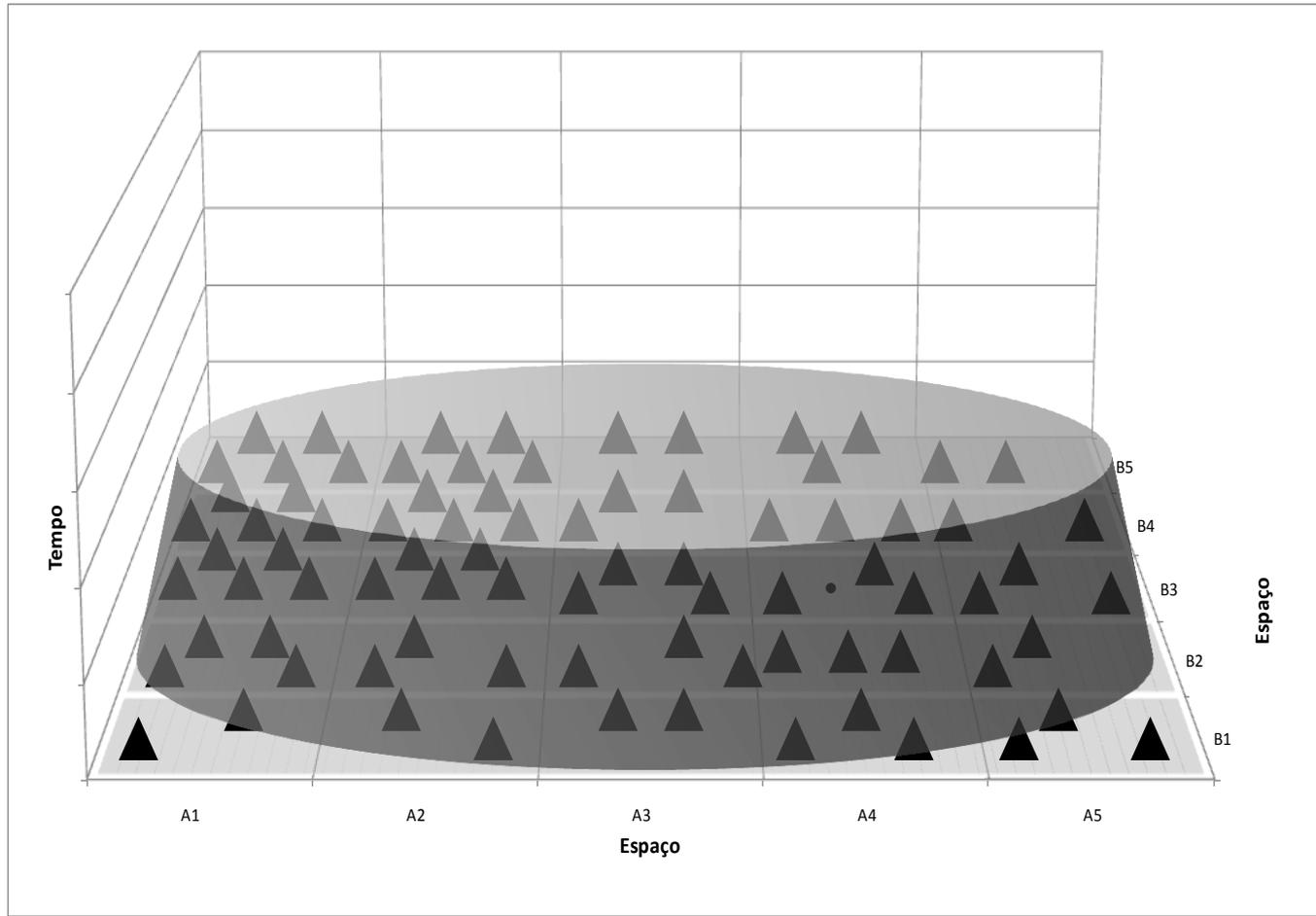
AGLOMERADOS ESPAÇO-TEMPORAIS – MODELO DISCRETO DE POISSON



AGLOMERADOS ESPAÇO-TEMPORAIS – MODELO DISCRETO DE POISSON



AGLOMERADOS ESPAÇO-TEMPORAIS – MODELO DISCRETO DE POISSON



Referências Bibliográficas

1. Kulldorff M. A spatial scan statistic. *Commun Statist – Theory Meth.* 26(6): 1481-96, 1997.
2. Kulldorff M. An isotonic spatial scan statistic for geographical disease surveillance. *J Natl Inst Public Health.* 1999;48(2):94-10185.
3. Kulldorff M. SaTScan - Use Guide for version 9.6. Disponível em: <<https://www.satscan.org/techdoc.html>>. Acessado em: 18/02/2019.
4. Kulldorff M. SaTScan – Manual do Usuário para a versão 9.4. Disponível em: <<https://www.satscan.org/techdoc.html>>. Manual traduzido para o português (Alessandra Cristina Guedes Pellini). Acessado em: 18/02/2019.
5. Medronho RA, Werneck GL. Técnicas de Análise Espacial em Saúde. In: Medronho RA, Carvalho DM, Block KV, Luiz RR, Werneck GL. *Epidemiologia.* São Paulo, Atheneu, 2002, pg. 427-446.