



# Análise de Pontos em R

**Ângela Terumi Fushita**

**Vitor Vieira Vasconcelos**

Introdução ao uso de dados espaciais para estudos ambientais  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental

Universidade Federal do ABC

Abril, 2019

Santo André - SP

# **Próximas 3 aulas**

- Análise de Pontos
- Análise de Áreas
- Geoestatística

# Objetivo

Adquirir os conhecimentos e habilidades básicas relacionados a análise de pontos no ambiente  
R

# Conteúdo

- Centro médio e distância padrão
- Análise de agrupamento
- Mapas de kernel
- Mapas de proximidade

# **Materiais de aula disponíveis em:**

<https://app.box.com/s/7uptxj9qkl3akccd322fj1fxujtobvga>

Baixar os dados em: D:/R\_CTA/aula7/

# Leitura Prévia



## Capítulos

2 - Análise de Eventos Pontuais

3 - Análises de Superfícies por Geoestatística Linear

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.;  
MONTEIRO, A.V.M (eds). **Análise Espacial de Dados  
Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. Disponível  
em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>

# Livros de Referência

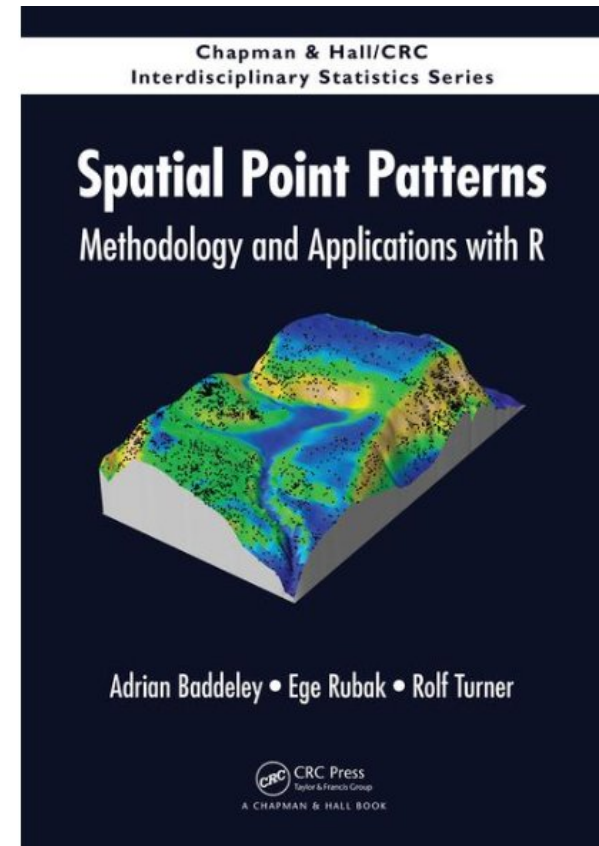
Baddeley, A., Rubak, E. and Turner, R., 2015. **Spatial point patterns: methodology and applications with R**. Chapman and Hall/CRC.

PDF: <https://yadi.sk/i/rdC4-6m-XpjuPQ>

Site de apoio: <http://book.spatstat.org/>

Conteúdos:

- Formato espacial ppp (pacote spatstat)
- Análise de agrupamento
- Mapas de kernel



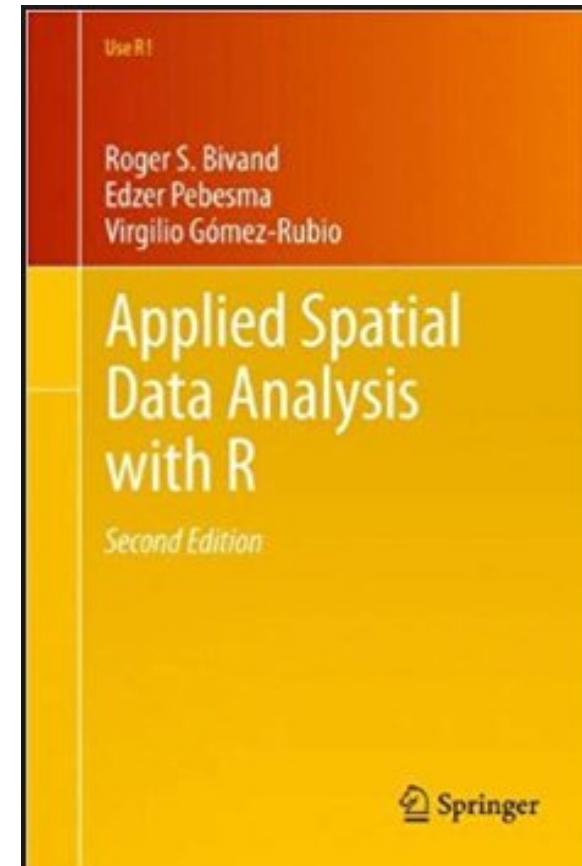
# Livros de Referência

Bivand, Roger. S., Pebesma, E. J., Gomez-Rubio, V., & Pebesma, E. J. (2013). **Applied spatial data analysis with R**. New York: Springer..

<https://app.box.com/s/uti6bqyiscqpoqu2dsmd06yk5xw5m9qw>

Site de apoio: <https://asdar-book.org/>

- Conteúdo de referência
  - Dados vetoriais e raster (formato sp)
  - Interpolação e Geoestatística
  - Autocorrelação espacial





# Livros de Referência

Gimond, Manuel. **Intro to GIS and Spatial Analysis**. Colby Arts College, 2019 . <https://mgimond.github.io/Spatial/index.html>

- Conteúdo:
  - Análise de padrões pontuais
  - Autocorrelação espacial
  - Interpolação e geoestatística


Lansley, Guy; Chesire, James. (2016) **An introduction to spatial data analysis and visualisation in R**. Consumer Data Research Centre.

<http://www.spatialanalysisonline.com/An%20Introduction%20to%20Spatial%20Data%20Analysis%20in%20R.pdf>

- Conteúdo:
  - Mapas de kernel
  - Autocorrelação espacial
  - Interpolação


# Tutoriais

<https://www.rspatial.org/analysis/index.html>

 **Spatial Data Science**

Introduction to R

Spatial data manipulation

 **Spatial data analysis**

Introduction

Scale and distance

Spatial autocorrelation

Interpolation

Spatial distribution models

Local regression

Spatial regression models

Point pattern analysis

Remote Sensing Image Analysis

## Spatial data analysis

- Introduction
- Scale and distance
  - Introduction
  - Scale and resolution
  - Zonation
  - Distance
    - Distance matrix
    - Distance for longitude/latitude coordinates
  - Spatial influence
    - Adjacency
    - Two nearest neighbours
    - Weights matrix
    - Spatial influence for polygons
  - Raster based distance metrics
    - distance
    - cost distance

# Principais pacotes para análise de pontos em R

- Centro médio e distância padrão
  - aspace
- Análise de agrupamentos
  - spatstats
- Mapas de kernel
  - spatstats
  - adehabitatHR (distribuição de utilização)
- Mapas de distância
  - spatstat
  - gdistance

# Bases de dados pontuais

- Ocorrência de Espécies (Global)
  - <http://www.gbif.org/occurrence/search>
- Queimadas (América do Sul)
  - <http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/>
- Cavernas (Nacional)
  - <http://www.icmbio.gov.br/cecav/canie.html>
- Dados de poços – SIAGAS (Nacional)
  - [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php)
- Lançamentos imobiliários, escolas e equipamentos de saúde (Região Metropolitana de São Paulo)
  - <http://www.fflch.usp.br/centrodametropole/716>
- Infraestrutura Urbana e Áreas Contaminadas (Município - São Paulo)  
<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/>

<http://dados.prefeitura.sp.gov.br/ca/dataset/areas-contaminadas/resource/93908e9d-002e-461b-bdb8-3fab485b3302>

# Construção de Bases de dados pontuais

- Geocodificação de bases de dados com endereços
  - `geocode( )` - pacote `ggmap`
- Centróide de polígonos
  - `st_centroid( )` - pacote `sf`

# Conteúdo

- **Centro médio e distância padrão**
- Análise de agrupamento
- Mapas de kernel
- Mapas de proximidade

# Medidas centrográficas espaciais

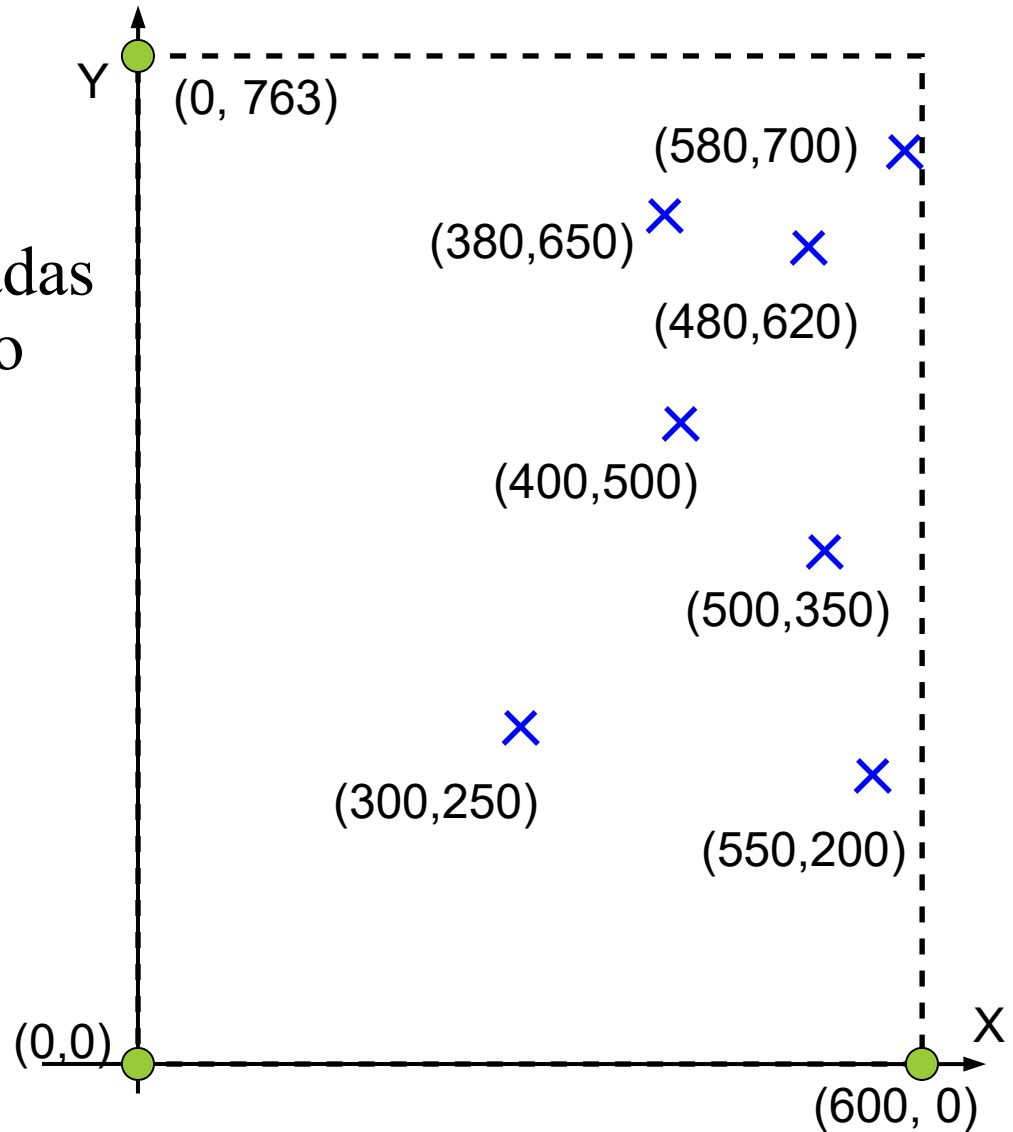
- Incêndios florestais em 2003 em San Diego
- Perguntas
  - Onde é a localização media dos incêndios?
  - Quão dispersos eles são?
  - Onde você colocaria uma estação de combate a incêndios florestais?



# O que podemos fazer?

## ■ Preparação

- Plotar as coordenadas de cada incêndio florestal





# Centro médio

## □ Calcular o centro médio

- Centro médio de X:  $\bar{X}_c = \frac{\sum x}{n}$

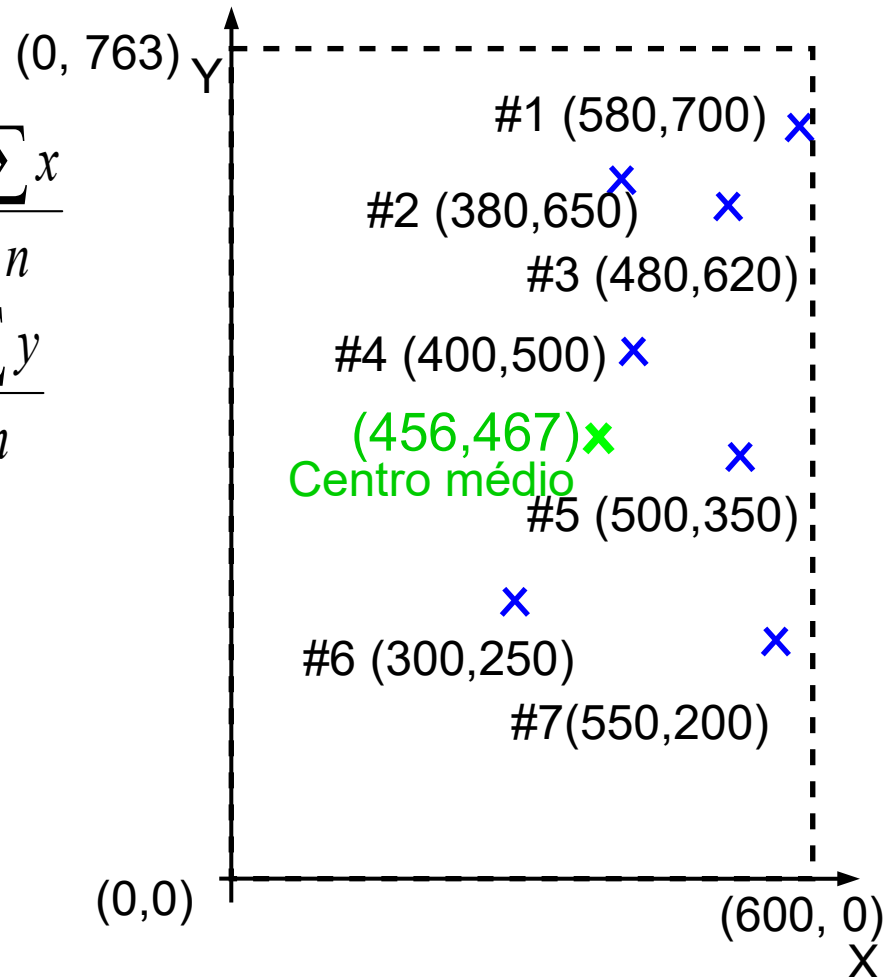
- Centro médio de Y:  $\bar{Y}_c = \frac{\sum y}{n}$

$$\bar{X}_c = \frac{(580 + 380 + 480 + 400 + 500 + 550 + 300)}{7}$$

$$= 455,71$$

$$\bar{Y}_c = \frac{(700 + 650 + 620 + 500 + 350 + 250 + 200)}{7}$$

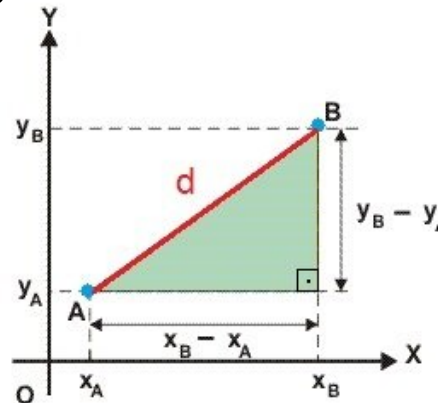
$$= 467,14$$



# Distância Padrão

## ■ A distância padrão mede dispersão

- Distância média ao centro médio
- Similar ao desvio padrão
- Fórmula



Teorema de Pitágoras

$$\text{hipotenusa}^2 = \text{cateto}^2 + \text{cateto}^2$$

$$d_{AB}^2 = (X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2$$

Fórmula da distância entre dois pontos

$$d_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$

*matematikanakabeca*

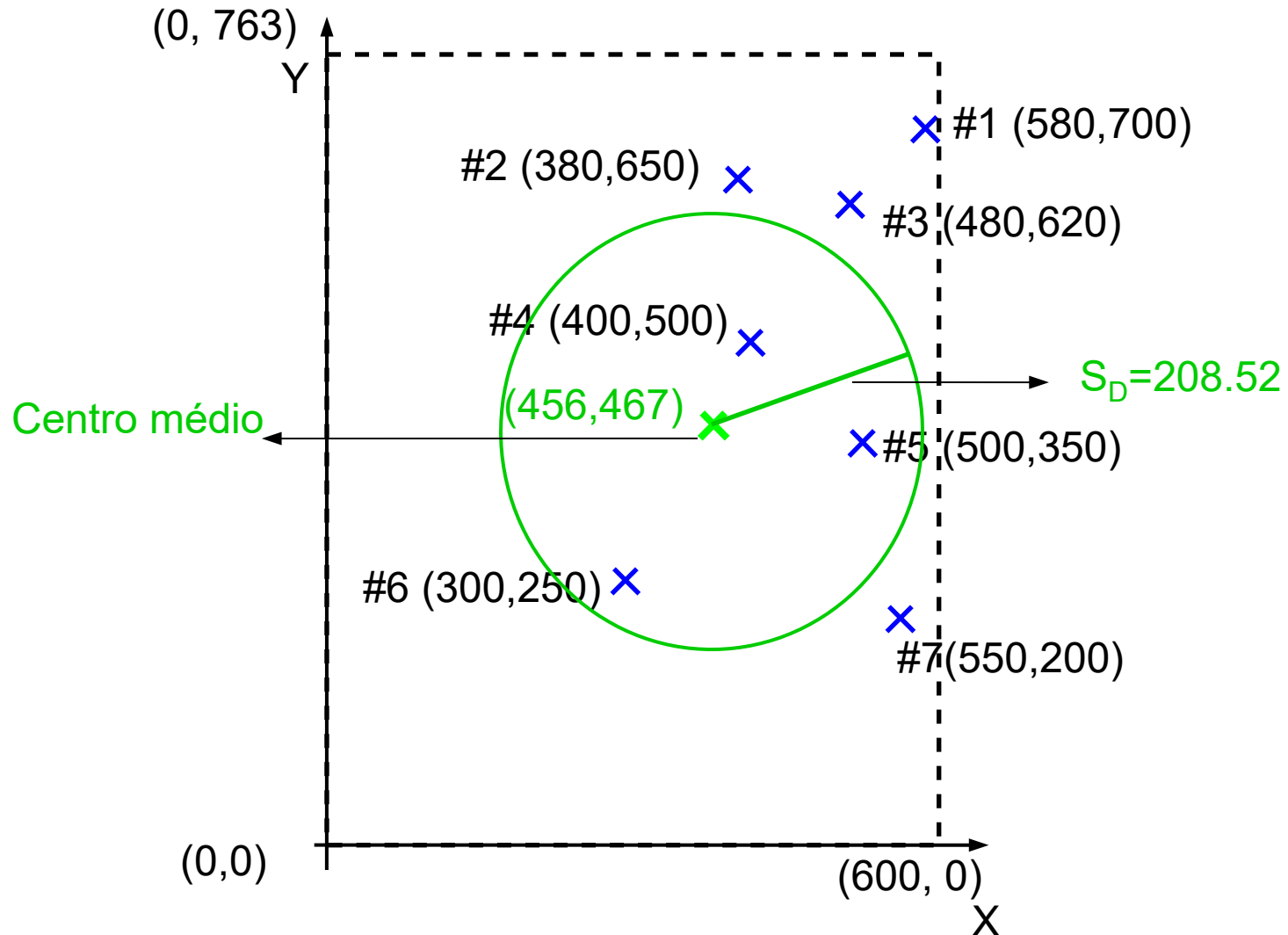
$$S_D = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X}_c)^2 + \sum (Y_i - \bar{Y}_c)^2}{n}}$$

← Definição

$$S_D = \sqrt{\left(\frac{\sum X_i^2}{n} - \bar{X}_c^2\right) + \left(\frac{\sum Y_i^2}{n} - \bar{Y}_c^2\right)}$$

← Computação

# Distância Padrão



# Centro médio e distância padrão ponderados

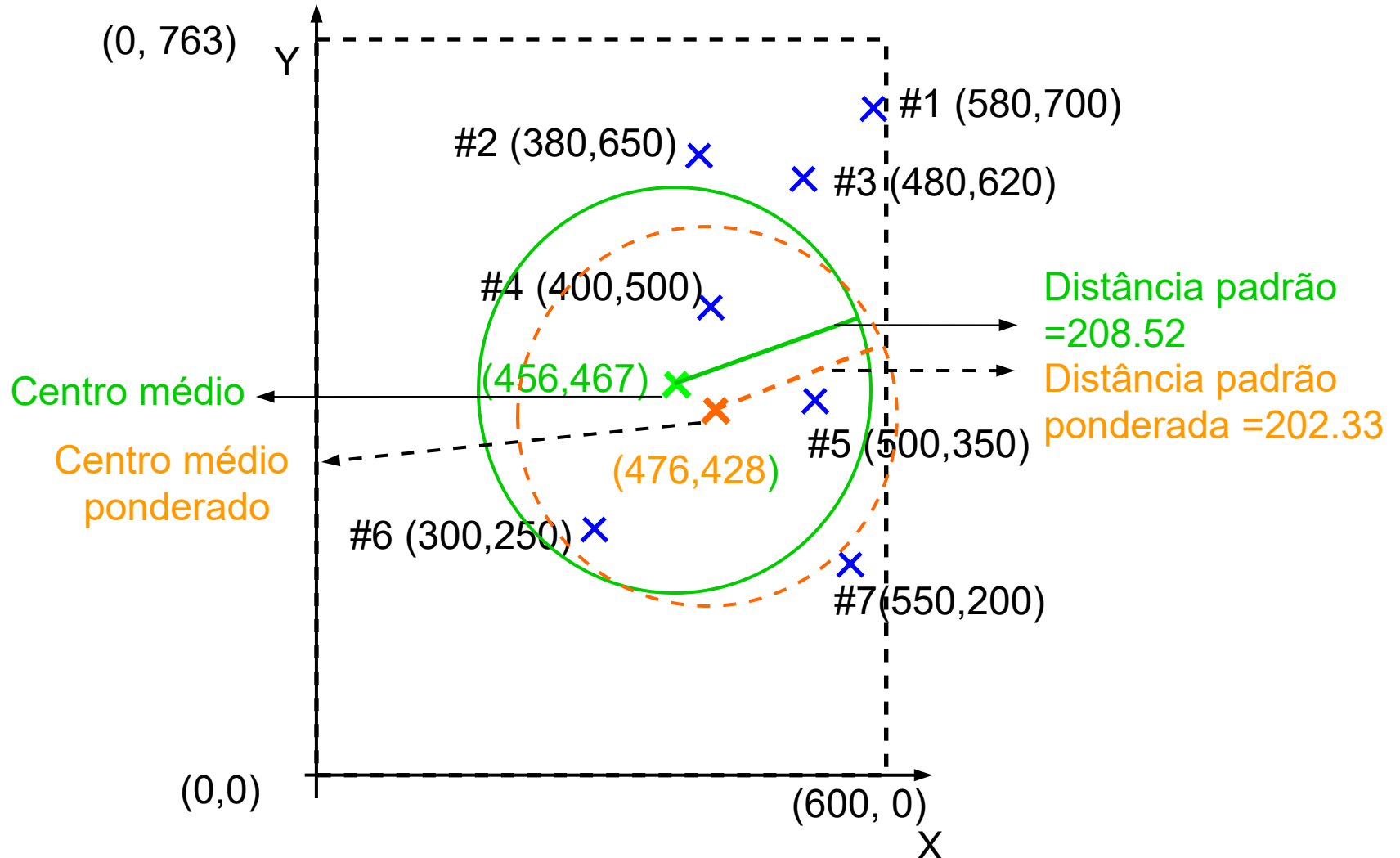
- E se os incêndios de maior área tivessem maior influência no centro médio?

$$\bar{X}_{wc} = \frac{\sum f_i X_i}{\sum f_i} \quad \bar{Y}_{wc} = \frac{\sum f_i Y_i}{\sum f_i}$$

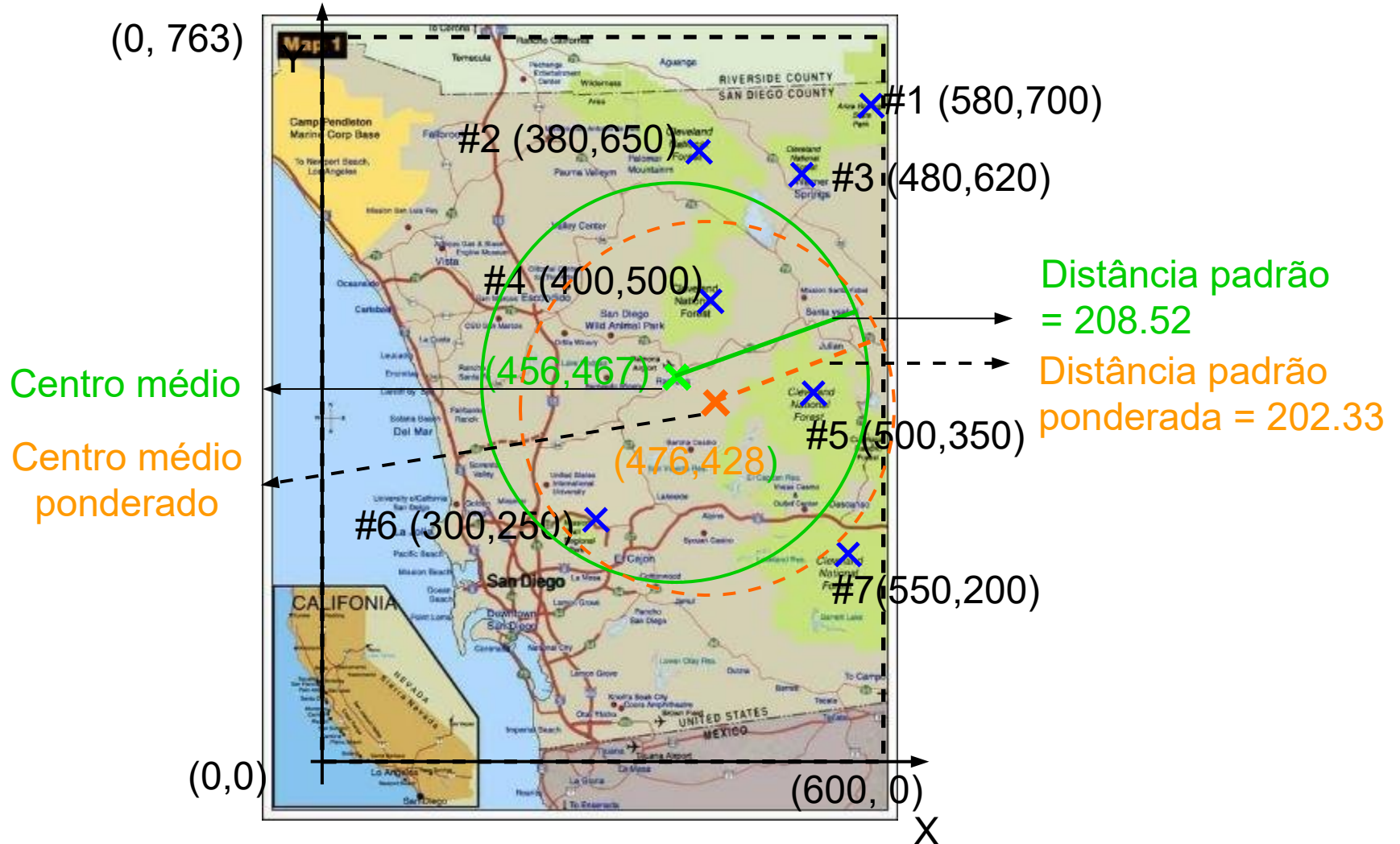
$$S_{WD} = \sqrt{\frac{\sum f_i (X_i - \bar{X}_{wc})^2 + \sum f_i (Y_i - \bar{Y}_{wc})^2}{\sum f_i}} \quad \leftarrow \text{Definição}$$

$$S_{WD} = \sqrt{\left(\frac{\sum f_i X_i^2}{\sum f_i} - \bar{X}_{wc}^2\right) + \left(\frac{\sum f_i Y_i^2}{\sum f_i} - \bar{Y}_{wc}^2\right)} \quad \leftarrow \text{Computação}$$

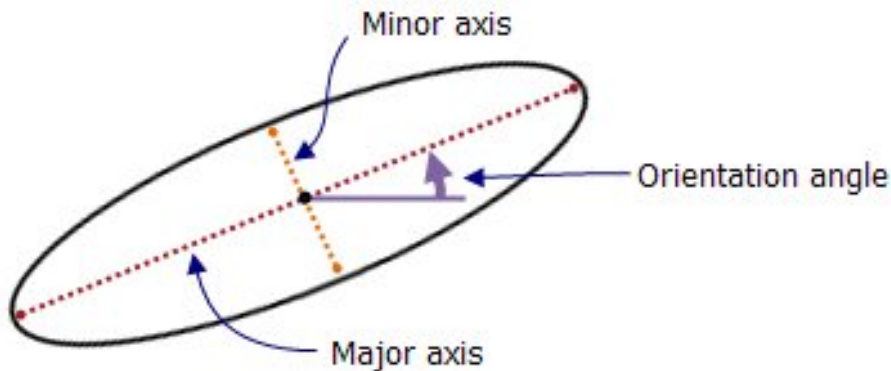
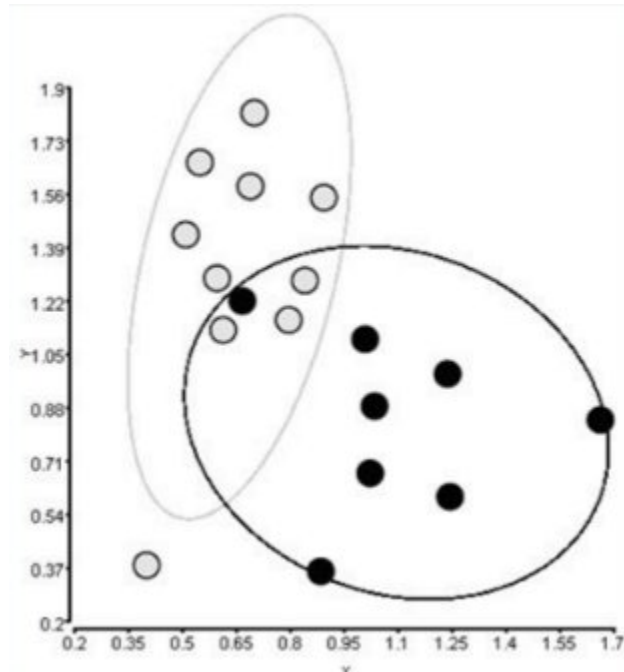
# Distância Ponderada



# Análise Final



# Elipse de Distância Padrão



## Patterns of Gun Related Homicides & Street Robbery Attempts in St. Louis, MO

- Ellipses Represent 1 Standard Deviation

### Crime Data

- Gun Related Homicides
- Street Robbery Attempts
- Gun Related Homicides Ellipse
- Street Robbery Attempts Ellipse

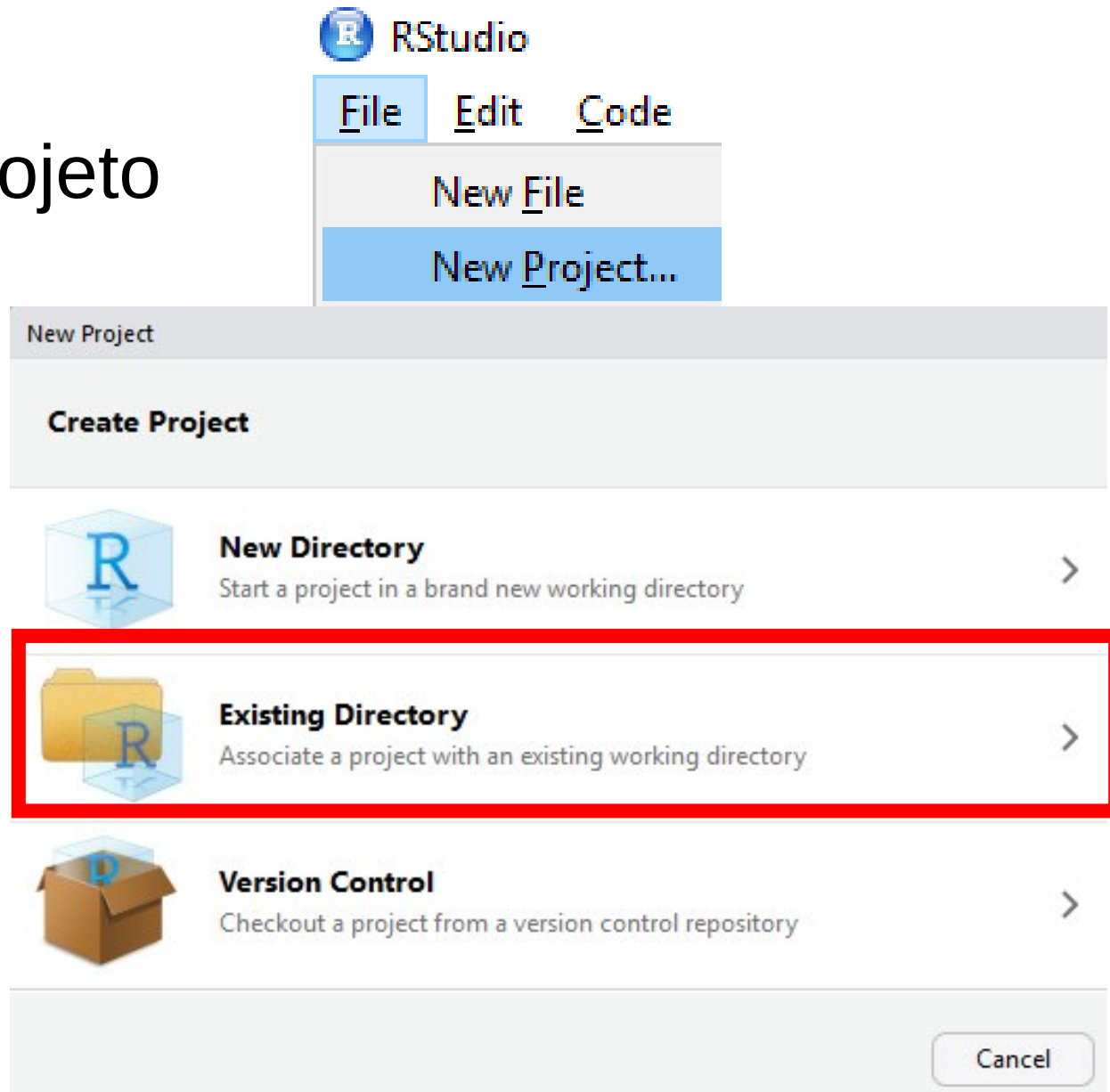


0 1,000 2,000 4,000 6,000 8,000 Meters



# Atividade

- Novo projeto





Back

## Create Project from Existing Directory



Project working directory:

C:/R\_CTA/aula7

Browse...

☐ Open in new session

Create Project

Cancel

R C:/r/cta/aula3 - RStudio

File Edit Code View



R Script Ctrl+Shift+N

- Criar um novo script de programação

R C:/R\_CTA/aula6 - RStudio

File Edit Code View Plots Session

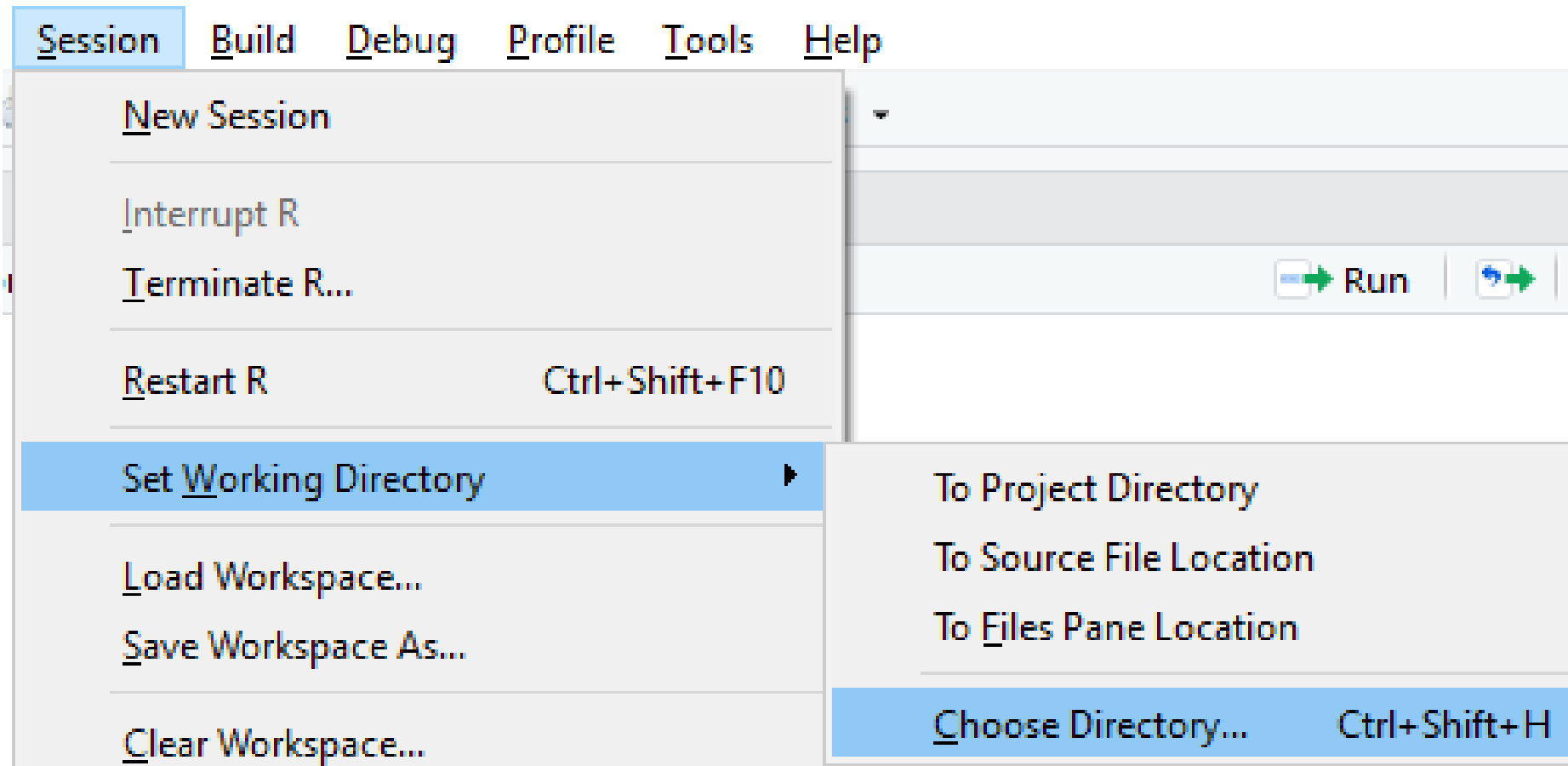
New File

New Project...

Open File... Ctrl+O

- Abrir o script aula7.R

- Configurar o diretório de trabalho



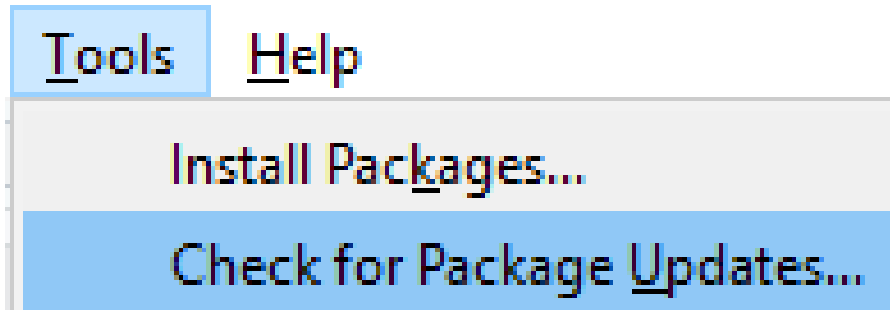
- Exemplo de código:

```
setwd("D:/R_CTA/aula7")
```

- Confirmando o diretório de trabalho

```
getwd()
```

- É sempre recomendável verificar atualizações nos pacotes instalados antes de começar a trabalhar



Comando:

```
update.packages(ask=FALSE)
```

Pacotes básicos:

```
install.packages("raster")
```

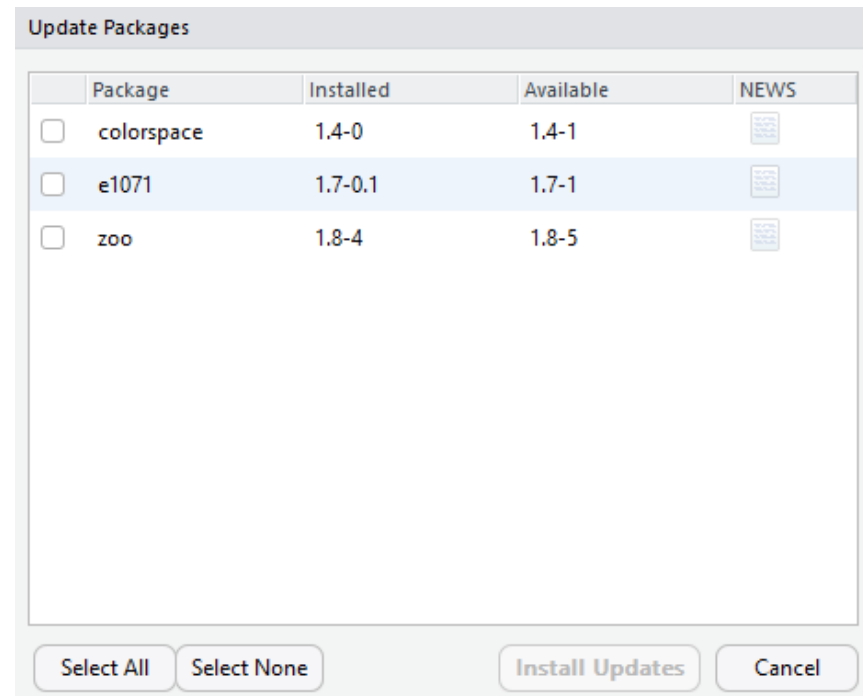
```
install.packages("sf")
```

```
install.packages("rgdal")
```

```
library(raster)
```

```
library(sf)
```

```
library(rgdal)
```



## outros pacotes que vamos usar ao longo da aula

```
#install.packages("aspace")  
#install.packages("spatstat")  
#install.packages("maptools")  
#install.packages("adehabitatHR")  
#install.packages("tmap")
```

```
#library(aspace)  
#library(spatstat)  
#library(maptools)  
#library(adehabitatHR)  
#library(tmap)
```

# Recomendação

Sempre trabalhar com projeção  
UTM (metros) para análise de  
pontos

# Medidas centrográficas

## Pacote “aspace”

- Medidas centrais:
  - Centro médio
  - Centro mediano
  - Ponto central
  - Centro de menor distância
- Medidas de dispersão
  - Círculo de distância padrão
  - Retângulo (box) de distância padrão
  - Elipse de distância padrão

# Medidas centrográficas

## Pacote “aspace”

- Arquivos de entrada:
  - Tabela (data.frame) com coordenadas x e y
  - Vetor com um atributo numérico com o mesmo número de pontos (opcional)
- Articulação com o pacote “shapefiles”
  - Montar shapefiles a partir de “tijolinhos” de informação
  - É possível montar arquivo “sf” a partir desses “tijolinhos”



# Adicionar dados de entrada

```
mun <- st_read("mun_abc.shp")
```

**Municípios do ABC**

```
pocos <- st_read("pocos_abc.shp")
```

**Poços do sistema SIAGAS**

```
cetesb <- st_read("cetesb.shp")
```

**Escritório da CETESB no ABC**

```
plot(st_geometry(mun))
```

**Bola**

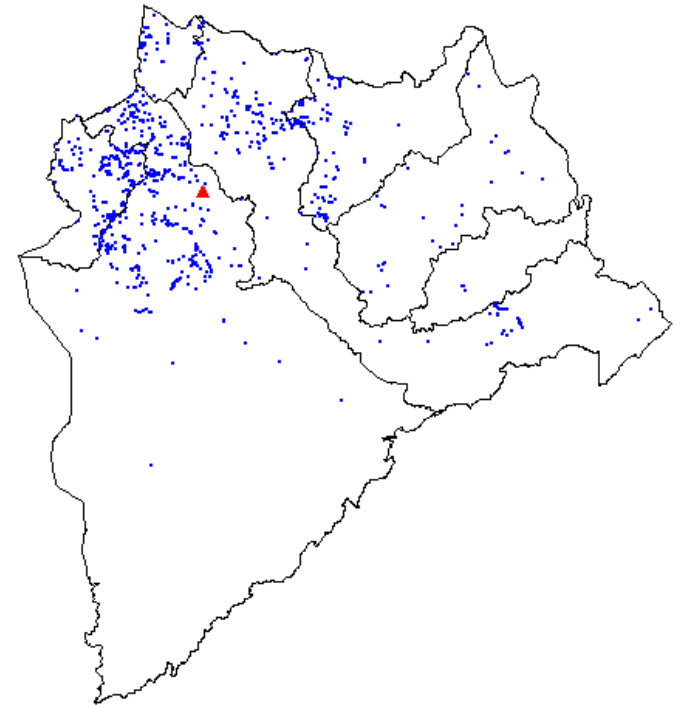
**Tamanho**

**Azul**

```
plot(st_geometry(pocos), pch=20, cex=0.4, col=4, add=TRUE)
```

```
plot(cetesb, pch=17, col=2, add=TRUE)
```

**Triângulo Vermelho**



# Preparar dados de entrada

- Instalar o pacote aspace

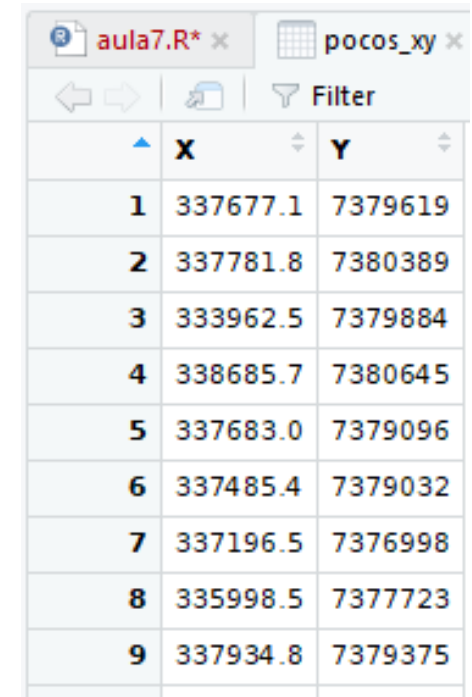
```
install.packages("aspace")
```

```
library(aspace)
```

- Criar data.frame com coordenadas dos poços

```
pocos_xy <- st_coordinates(pocos)
```

```
View(pocos_xy)
```



The screenshot shows an RStudio interface with two tabs: 'aula7.R\*' and 'pocos\_xy'. The 'pocos\_xy' tab is active, displaying a data frame with 9 rows and 2 columns, 'X' and 'Y'. The data represents the coordinates of 9 wells. The table includes navigation icons (back, forward, search) and a 'Filter' button at the top.

	X	Y
1	337677.1	7379619
2	337781.8	7380389
3	333962.5	7379884
4	338685.7	7380645
5	337683.0	7379096
6	337485.4	7379032
7	337196.5	7376998
8	335998.5	7377723
9	337934.8	7379375

# Centro Médio e Distância padrão

```
calc_sdd(points = pocos_xy)
```

```
$id
```

```
[1] 1
```

```
$calccentre
```

```
[1] TRUE
```

```
$weighted
```

```
[1] FALSE
```

```
$CENTRE.x
```

```
[1] 342882
```

```
$CENTRE.y
```

```
[1] 7379050
```

```
$SDD.radius
```

```
[1] 7938.649
```

```
$SDD.area
```

```
[1] 197989900
```

# Centro Médio e Distância padrão

```
dev.new()
```

```
plot_sdd(centre.pch=18,centre.col=6,sdd.col=7,titletxt="Pocos")
```

**Losângulo**

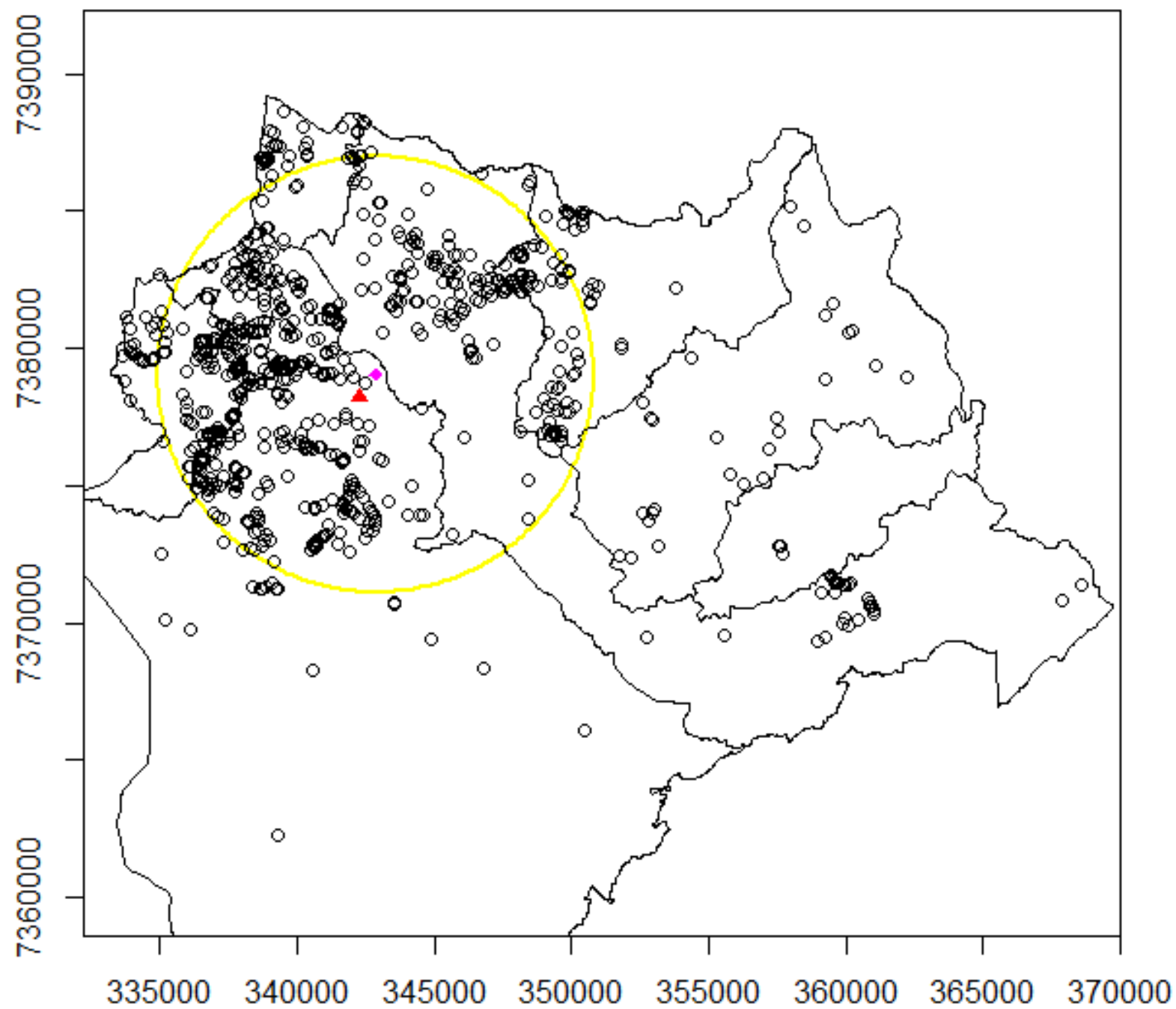
**Rosa**

**Círculo  
amarelo**

**Título**

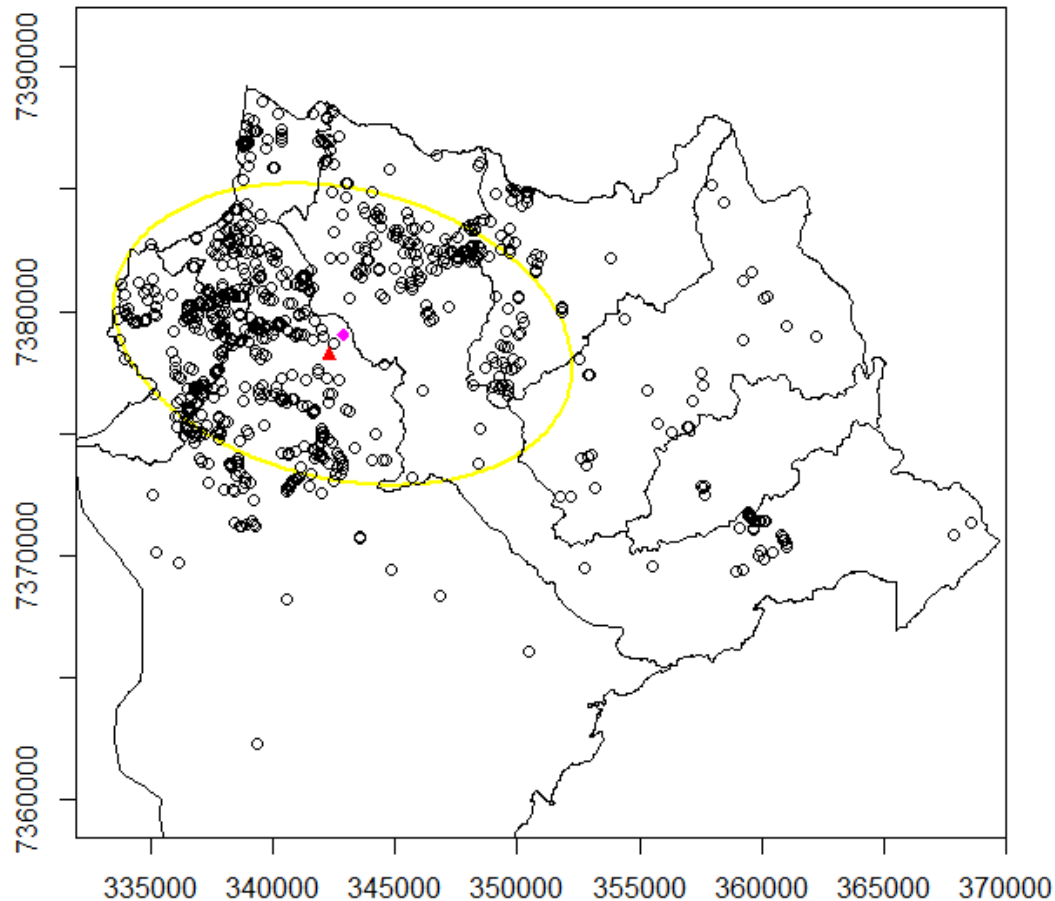
```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```

```
plot(cetesb, pch=17, col=2, add=TRUE)
```



# Centro Médio e Elipse padrão

```
calc_sde(points = pocos_xy)  
plot_sde(centre.pch=18,centre.col=6,sde.col=7,title.txt="Pocos")  
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)  
plot(cetesb, pch=17, col=2, add=TRUE)
```



# Medidas ponderadas

View(pocos)

**Vazão Estática:**  
**Vazão que o poço consegue**  
**manter de maneira constante**

**< 200m de áreas**  
**contaminadas**

	ponto	latitude_d	longitude_	utme	utmn	municipio	vazao_esta	contamina	geometry
1	3500005053	-23.68611	-46.59194	337670	7379600	Diadema	NA	1	c(337677.11656149
2	3500005090	-23.67917	-46.59083	337780	7380370	Diadema	10.50	0	c(337781.84038054
3	3500005099	-23.68333	-46.62833	333960	7379860	Diadema	18.00	0	c(333962.51831638
4	3500005102	-23.67694	-46.58194	338686	7380636	Diadema	4.00	1	c(338685.68535528
5	3500005105	-23.69083	-46.59194	337680	7379060	Diadema	88.80	0	c(337682.95523235
6	3500005106	-23.69139	-46.59389	337460	7379000	Diadema	NA	0	c(337485.39433492

- Vamos usar apenas os poços com dados de vazão

```
pocos_vazao<-subset(pocos, is.na(pocos$vazao_esta)==FALSE)
```

View(pocos\_vazao)

**Verifica se o valor do**  
**atributo não é nulo (NA)**

	ponto	latitude_d	longitude_	utme	utmn	municipio	vazao_esta	contamina	geometry
2	3500005090	-23.67917	-46.59083	337780	7380370	Diadema	10.50	0	c(337781
3	3500005099	-23.68333	-46.62833	333960	7379860	Diadema	18.00	0	c(333962
4	3500005102	-23.67694	-46.58194	338686	7380636	Diadema	4.00	1	c(338685
5	3500005105	-23.69083	-46.59194	337680	7379060	Diadema	88.80	0	c(337682

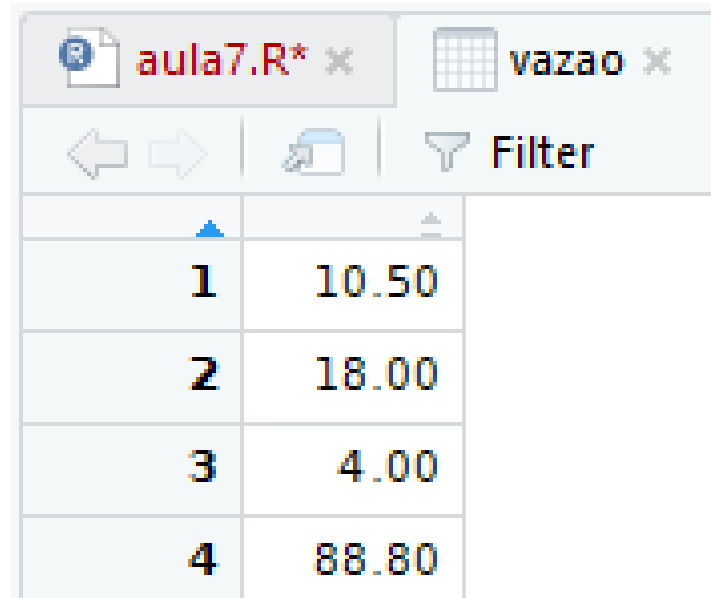
# Medidas ponderadas

- Preparando os dados

```
pocos_vazao_xy <- st_coordinates(pocos_vazao)
```

```
vazao <- pocos_vazao$vazao_esta
```

```
View(vazao)
```



1	10.50
2	18.00
3	4.00
4	88.80



# Medidas ponderadas

**Ponderado**

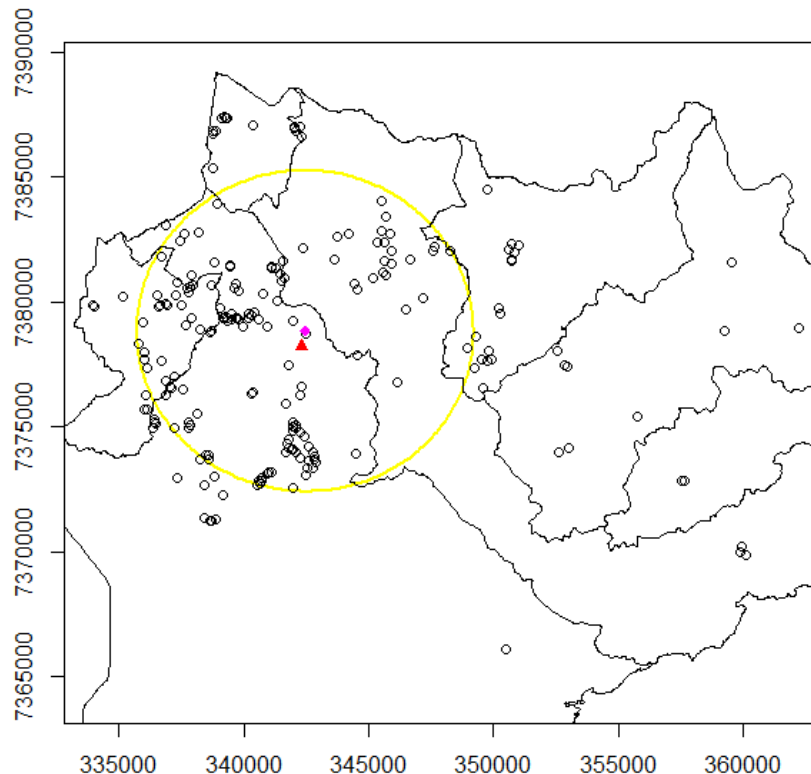
**Pesos**

```
calc_sde(points = pocos_vazao_xy, weighted=TRUE, weights=vazao)
```

```
plot_sde(centre.pch=18,centre.col=6,sde.col=7,title.txt="Pocos")
```

```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```

```
plot(cetesb, pch=17, col=2, add=TRUE)
```



# Arquivos secundários

View(sdeatt)

aula7.R* x sdeatt x vazao x pocos_vazao x pocos_xy x pocos x											
Filter											
	id	CALCCENTRE	weighted	CENTRE.x	CENTRE.y	Sigma.x	Sigma.y	Major	Minor	Theta	Ecce
1	1	TRUE	TRUE	342473.2	7378835	6431.585	6738.301	SigmaY	SigmaX	92.48523	0.291

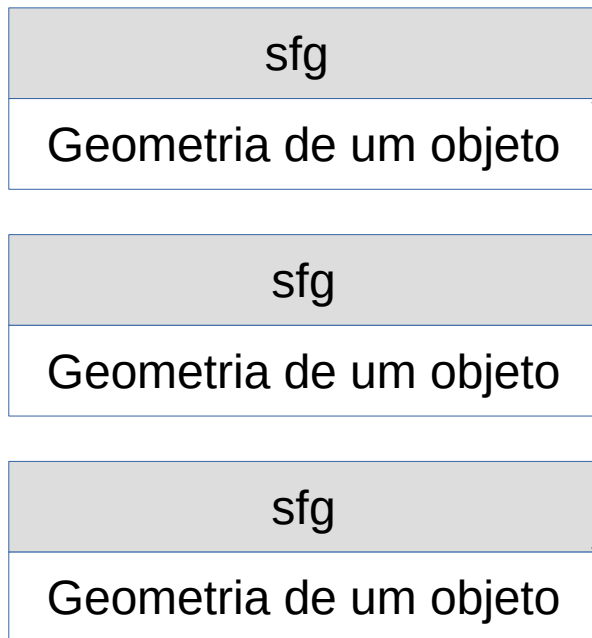
View(sdeloc)

Coordenadas do polígono  
que forma a elipse de  
distância padrão

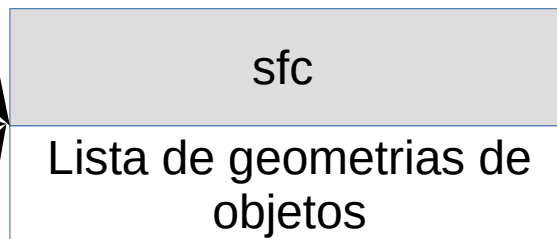
aula7.R* x sdeloc x sdeatt x				
Filter				
	id	x	y	
1	1	349205.2	7378543	
2	1	349209.2	7378661	
3	1	349210.9	7378779	
4	1	349210.3	7378896	

# Converter para Simple Features Pacote **sf**

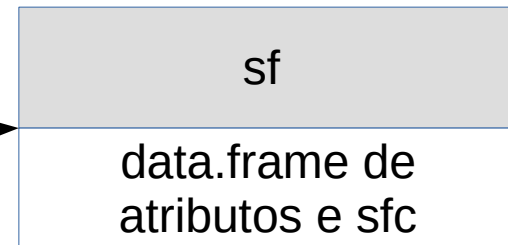
Simple feature geometry



Simple feature column



Simple feature



# Converter para Simple Features

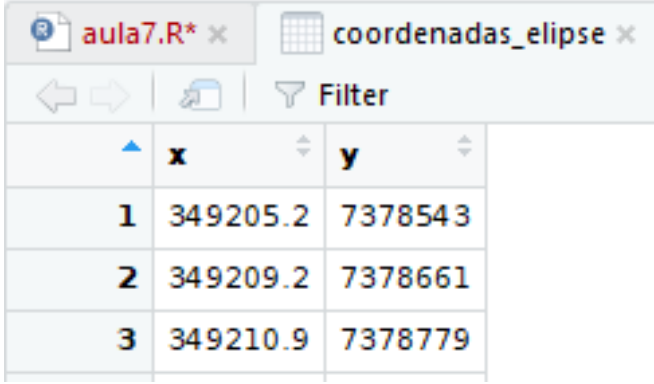
```
centro_medio <- st_as_sf(sdeatt, coords=c("CENTRE.x","CENTRE.y"), crs=st_crs(pocos))
```

Base  
de  
dados

Coordenadas

Projeção

```
coordenadas_ellipse <- sdeloc[2:3]  
View(coordenadas_ellipse)
```



	x	y
1	349205.2	7378543
2	349209.2	7378661
3	349210.9	7378779

```
ellipse_sfg <- st_polygon(list(as.matrix(coordenadas_ellipse)))
```

```
ellipse_sfc <- st_sfc(ellipse_sfg, crs=st_crs(pocos))
```

```
ellipse_sf <- st_sf(ellipse_sfc)
```

# Visualizar

```
dev.new()
```

```
plot(st_geometry(mun))
```

```
plot(st_geometry(pocos), pch=20, cex=0.4, col=4, add=TRUE)
```

```
plot(cetesb, pch=17, col=2, add=TRUE)
```

```
plot(st_geometry(centro_medio), pch=18, col=6, cex=2, add=TRUE)
```

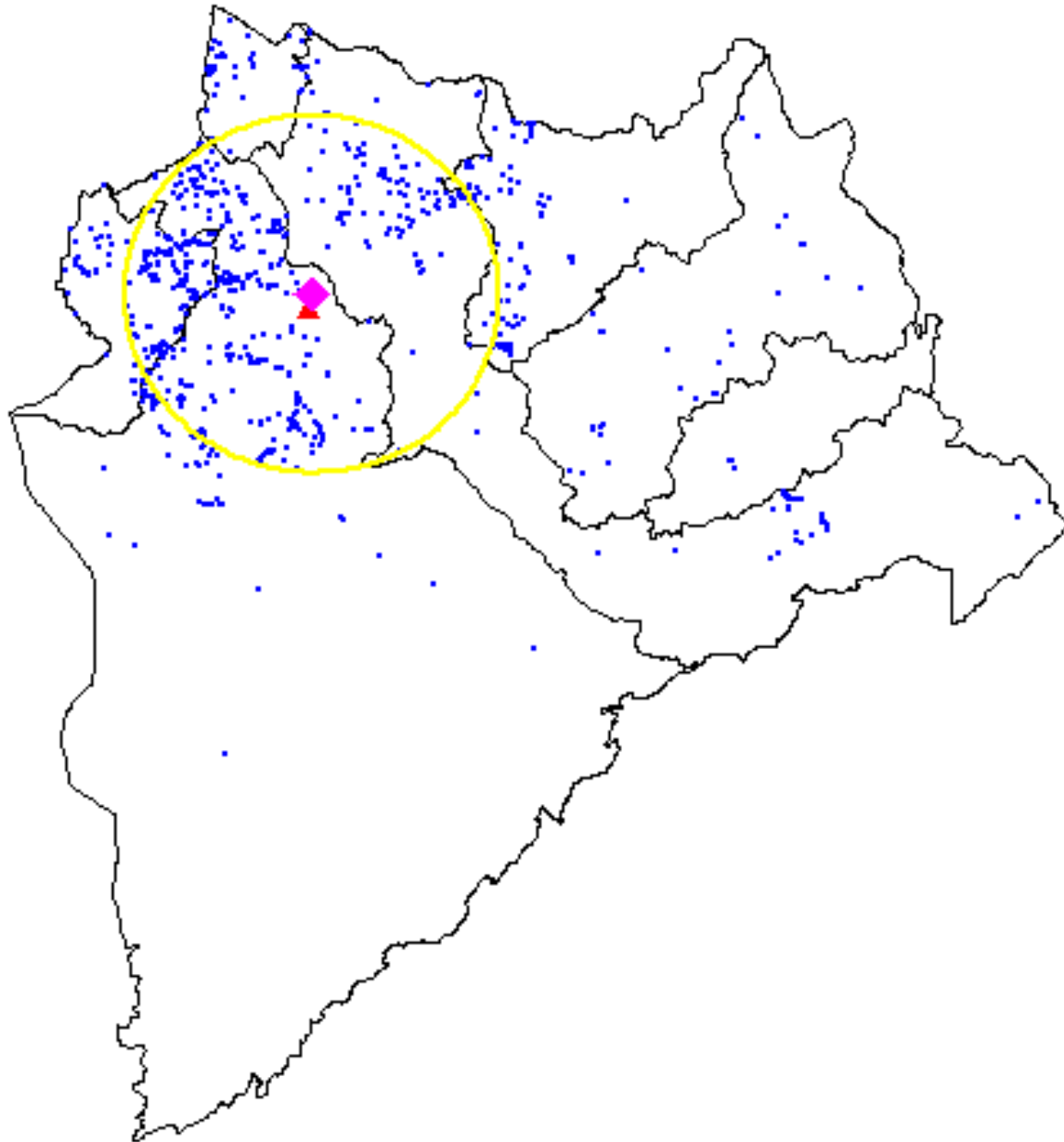
**Losângulo Rosa**

```
plot(st_geometry(elipse_sf), border=7, lwd=2, add=TRUE)
```

**Cor de  
borda  
amarela**

**Largura  
de borda**

# Visualizar



# Exercício 1

- Calcule, exporte e visualize o centro médio e a elipse padrão das áreas contaminadas do ABC, comparando com localização da CETESB

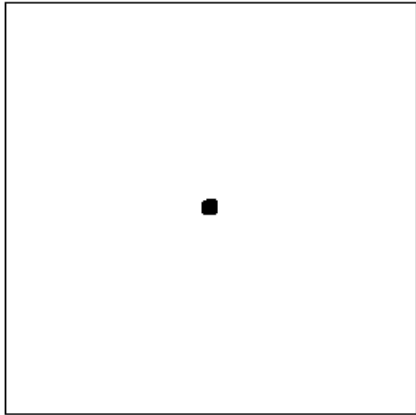
# Conteúdo

- Centro médio e distância padrão
- **Análise de agrupamento**
- Mapas de kernel
- Mapas de proximidade

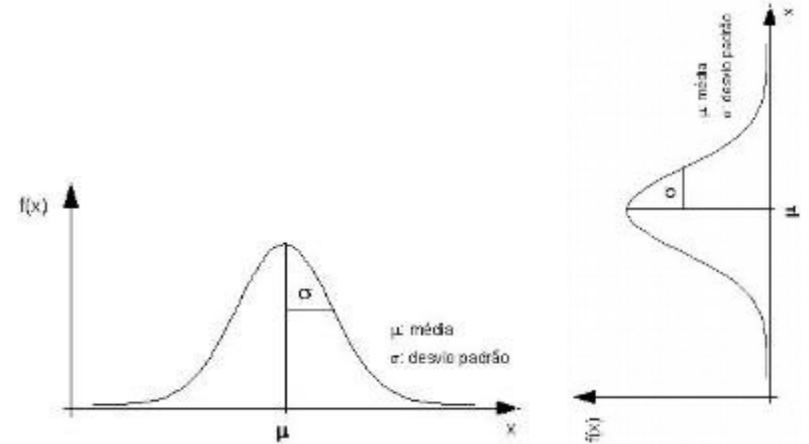


# Padrões de Agregação

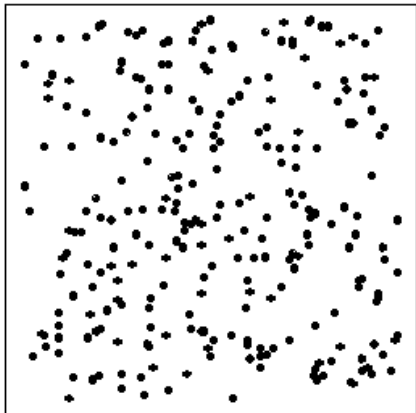
Agrupado



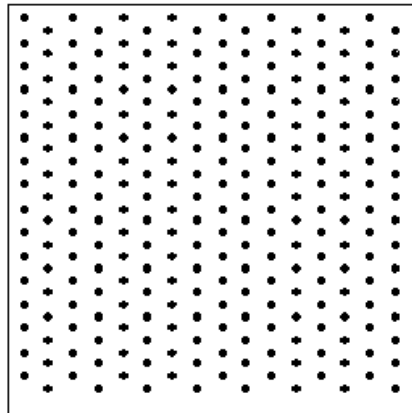
Normal



Aleatório



Regular



# Padrões de Agregação

**Estacionário:** pontos distribuídos de forma homogênea (regular ou aleatória)

**Não-estacionário:** pontos se concentram em uma região do mapa

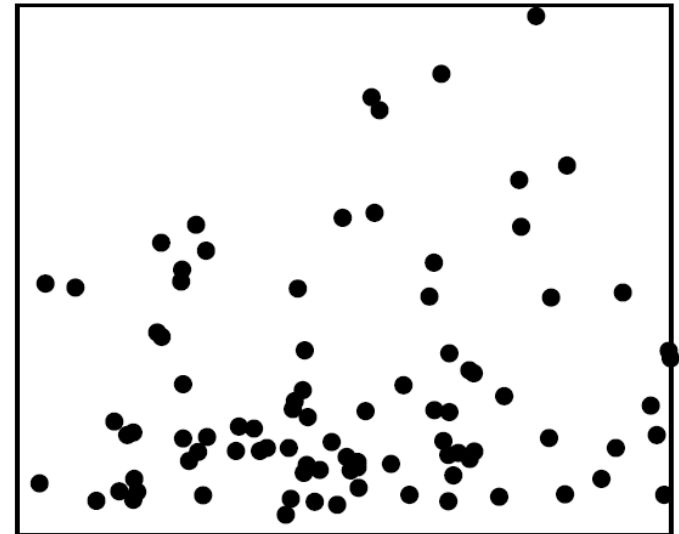
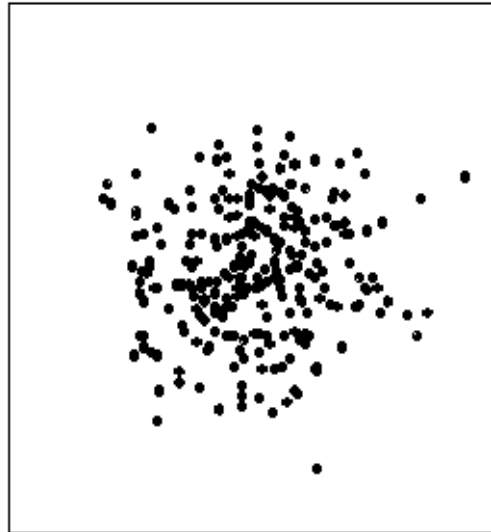
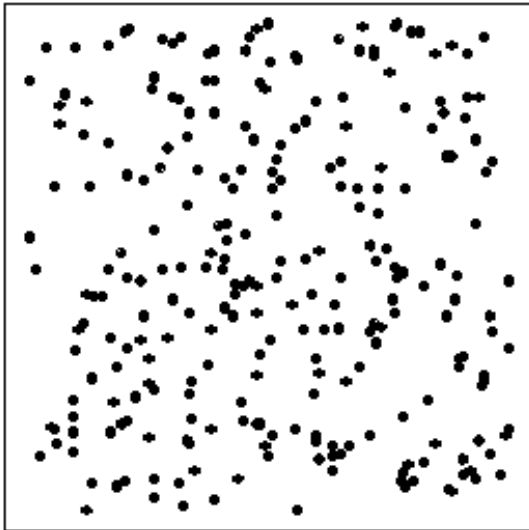
**Isotrópico:** pontos são distribuídos em todas as direções do mapa

- Elipse de distância padrão = círculo perfeito no centro do mapa
- Exemplo: pode rodar o mapa que o padrão não muda

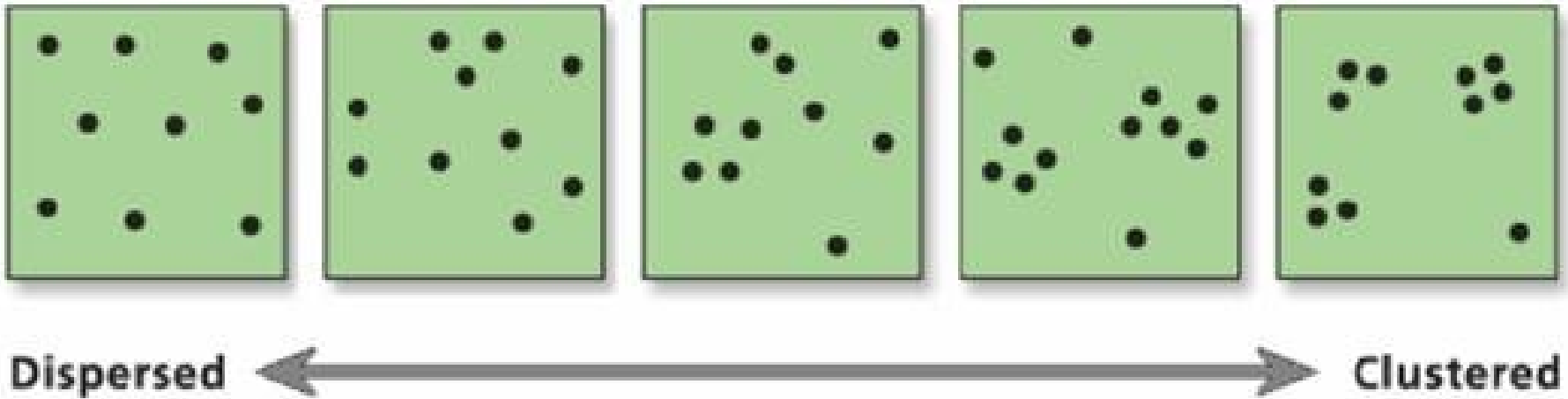
**Não isotrópico:** pontos se concentram em uma direção

# Padrões de Agregação

Discuta se as imagens a seguir são estacionárias ou isotrópicas

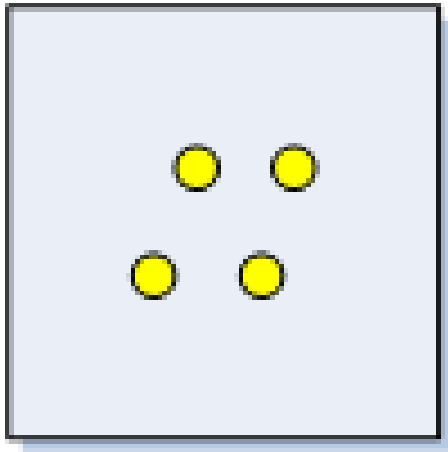


# Padrões de Agregação

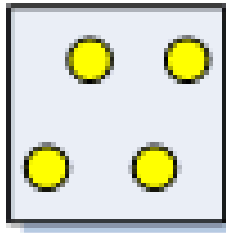


# Padrões de Agregação

Consideração da área total de estudo



Concentrado



Disperso

# Vizinho mais próximo

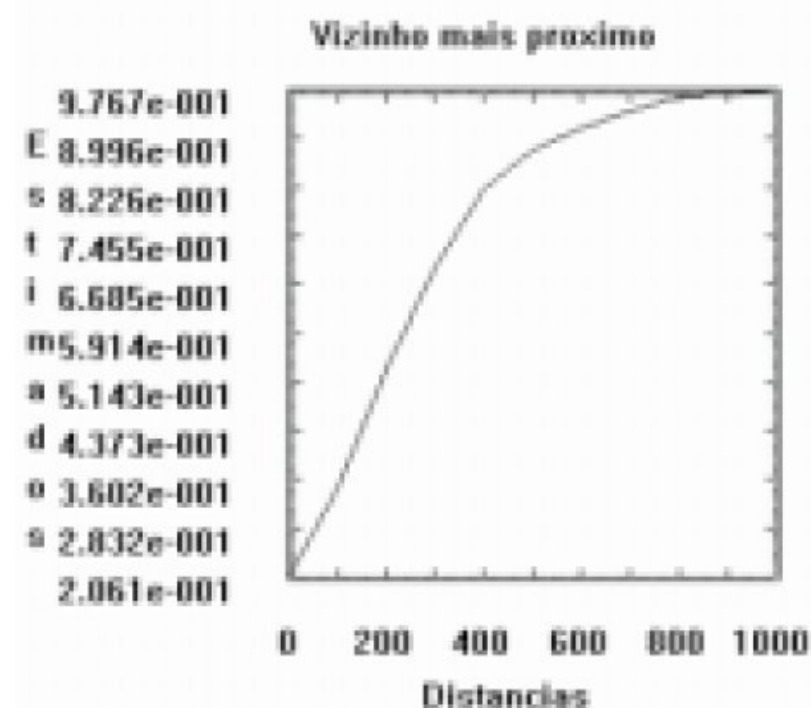
$$\hat{G}(h) = \frac{\#(d(u_i, u_j) \leq h)}{n}$$

$h$  = distância

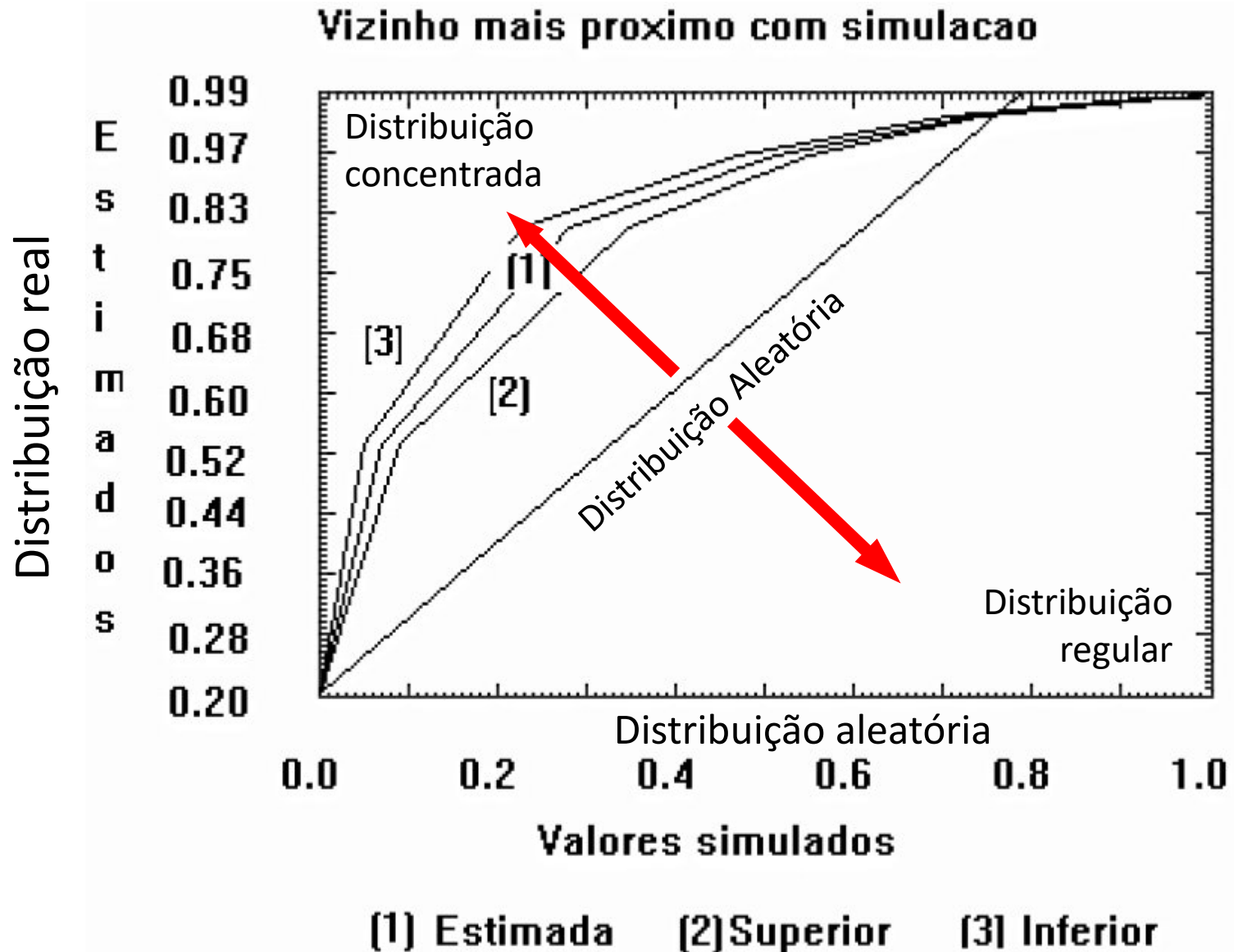
$\#$  = número de eventos

$d(u_i, u_j)$  = distância entre os pontos  $u_i$  e  $u_j$

$n$  = total de pontos



# Vizinho mais próximo



# Função K de Ripley

Mais robusto que o método do Vizinho mais Próximo

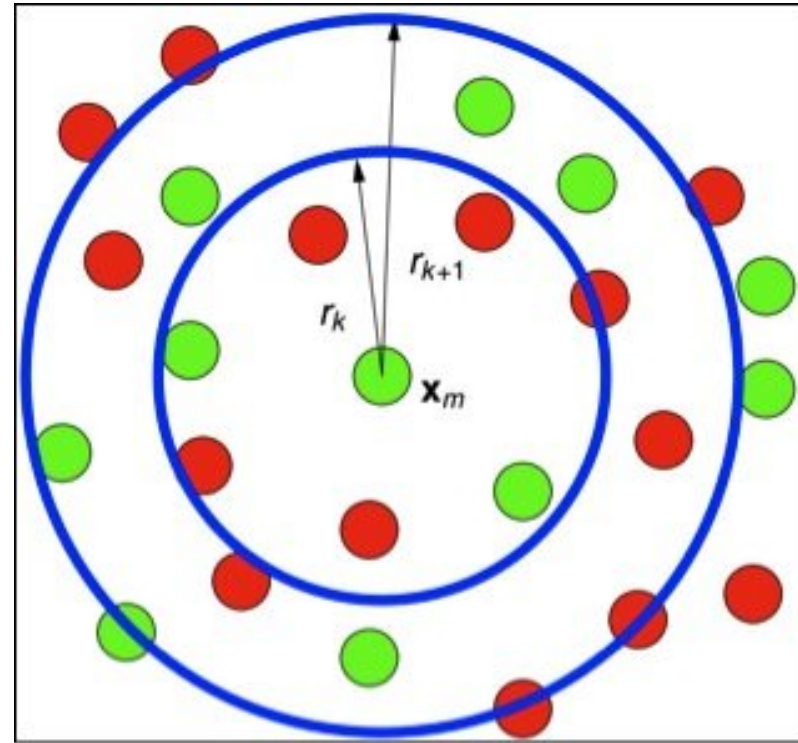
$$L(d) = \sqrt{\frac{A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n k(i, j)}{\pi n(n-1)}}$$

d = distância

A = área de estudo

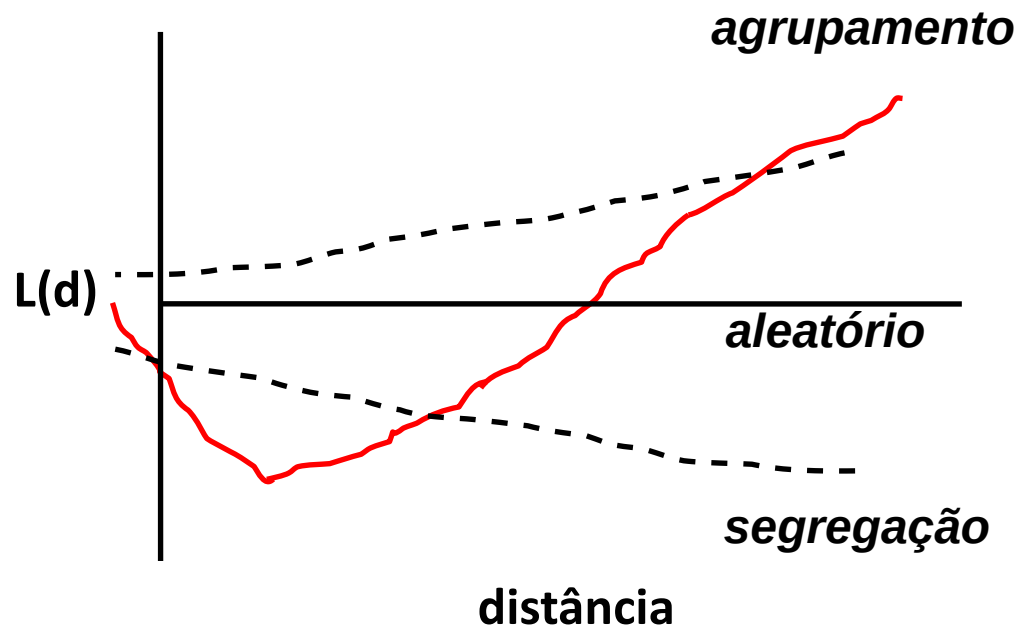
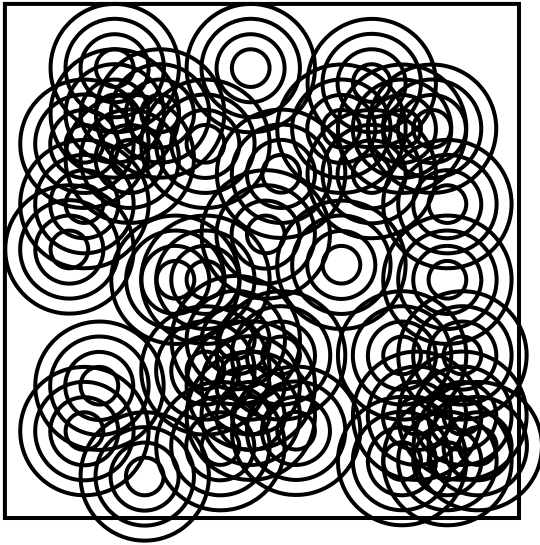
K(i,j) = peso -> se a distância < “d”, então peso é um, senão o peso é zero

n = número total de pontos na área de estudo

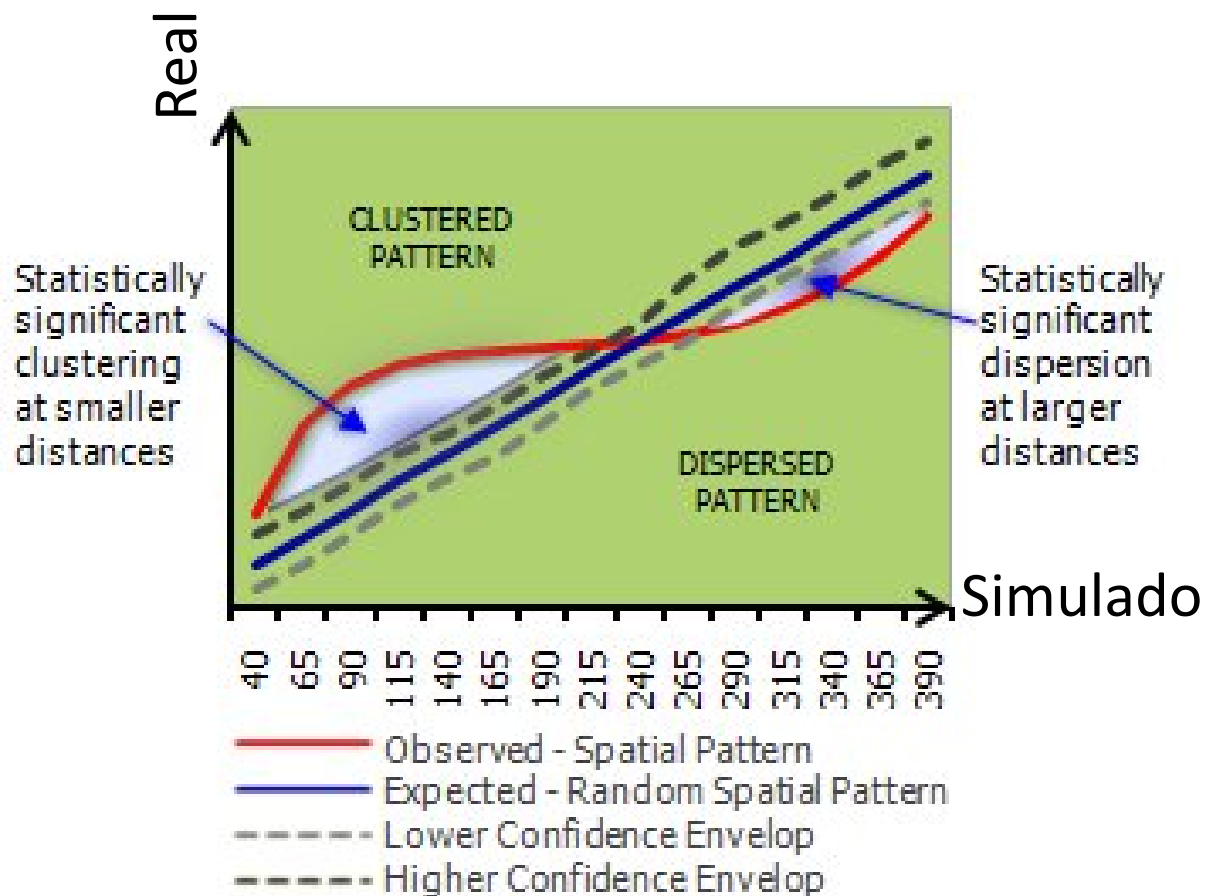




# Função K de Ripley



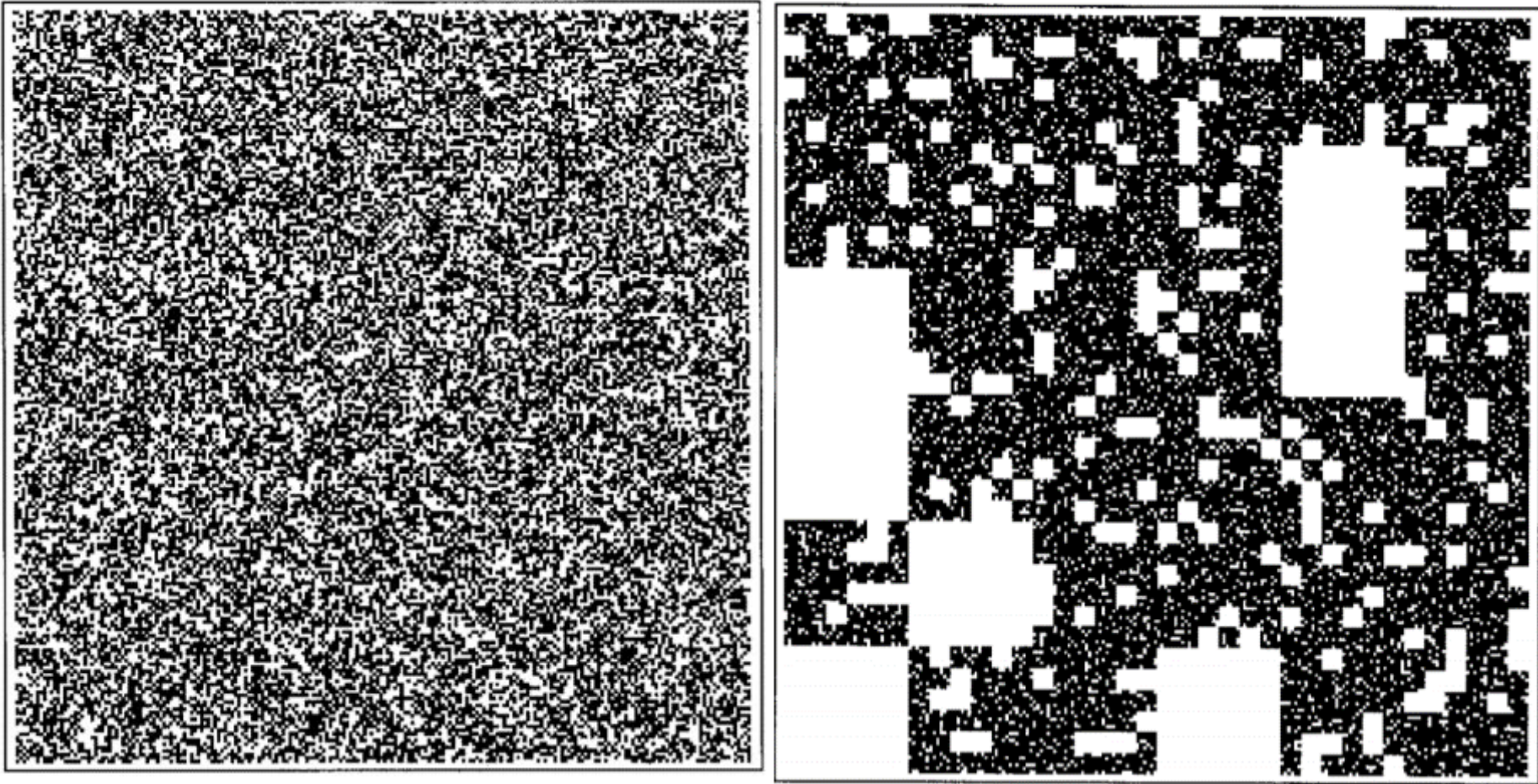
# Função K de Ripley



Pense no monitoramento de cães selvagens

- Escala **micro**: os cães da mesma matilha estão próximos
- Escala **macro**: as matilhas se mantêm em territórios regularmente espaçados

# Análise de Lacunaridade



Plotnick, R. E., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (1993). Lacunarity indices as measures of landscape texture. *Landscape ecology*, 8(3), 201-211.

# Análise de Lacunaridade

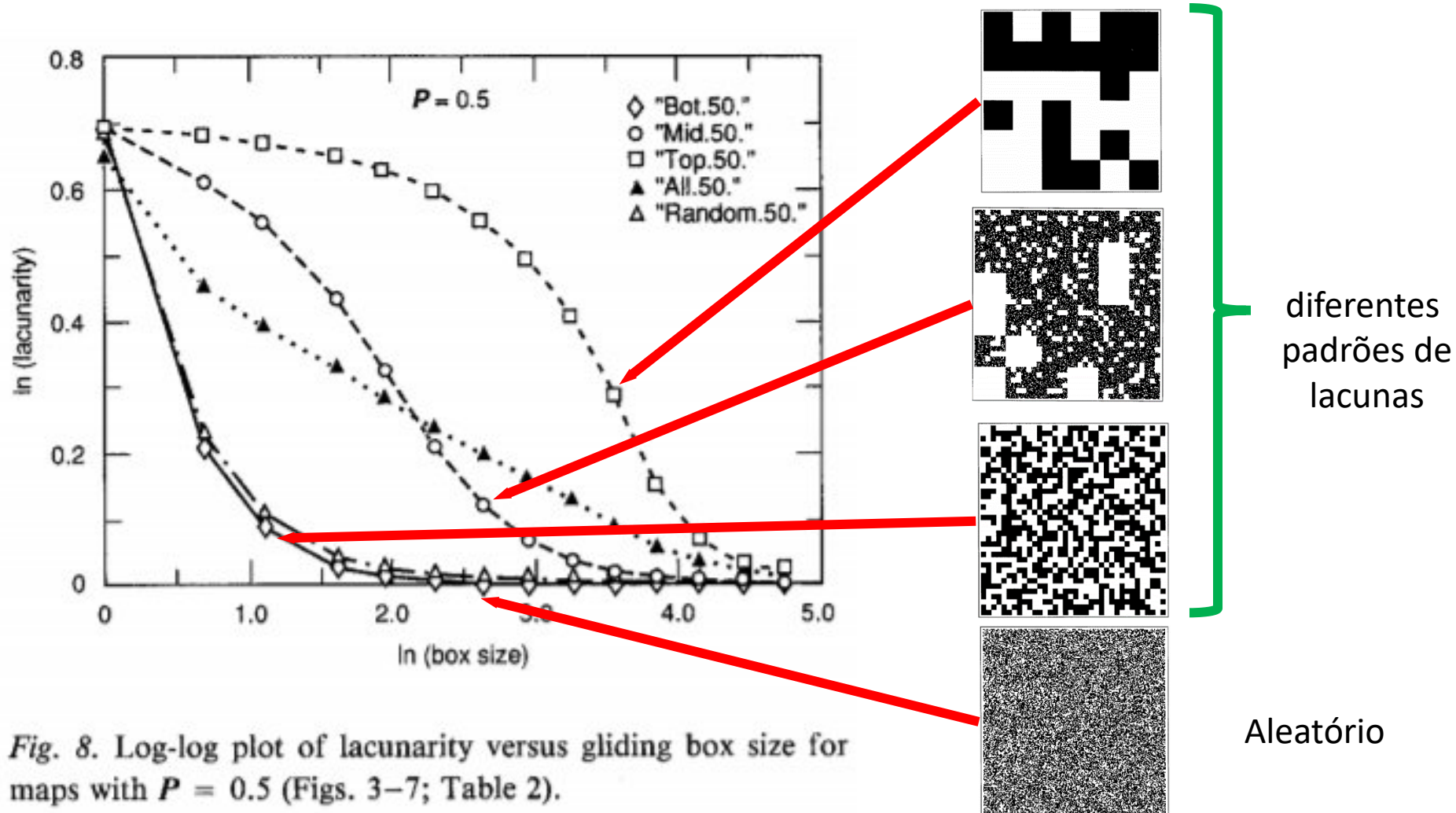
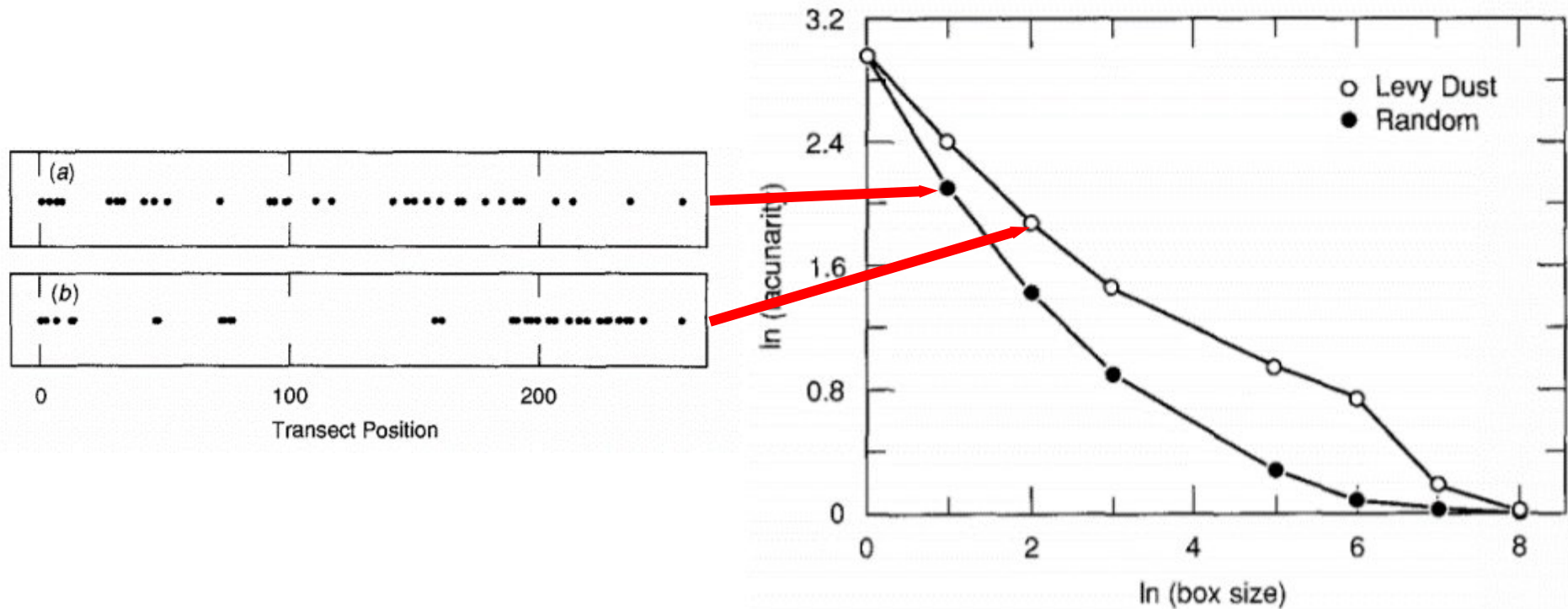


Fig. 8. Log-log plot of lacunarity versus gliding box size for maps with  $P = 0.5$  (Figs. 3–7; Table 2).



# Análise de Transectos Lineares

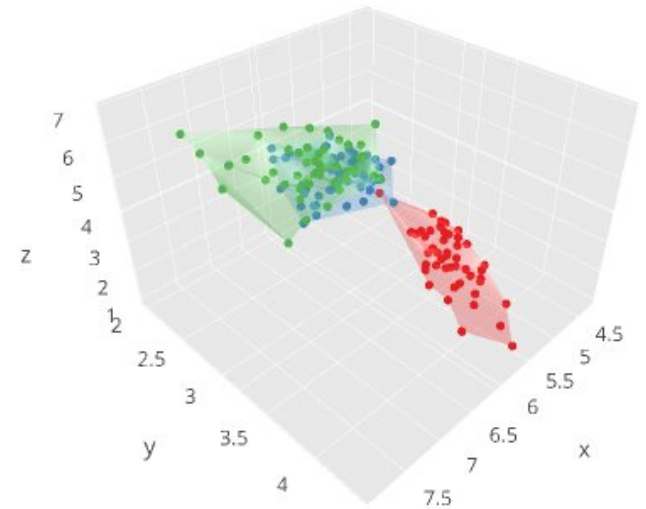


Plotnick, R. E., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (1993). Lacunarity indices as measures of landscape texture. *Landscape ecology*, 8(3), 201-211.

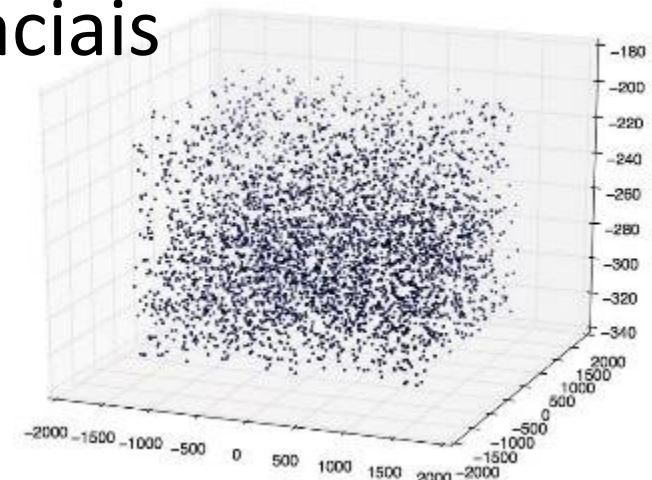
# Extendendo os padrões de agregação

Padrões de agregação em

- 3 dimensões (cubo)
- 4 ou mais dimensões



➤ Espaciais, mistas ou não-espaciais



# Formatos do Pacote spatstat

- ppp (point process pattern)
  - coordenadas + extensão
  - marks (marca) = atributo
- owin (observation window)
  - área de interesse
- im (image)
  - raster

# Criando um objeto ppp

Coordenadas

```
arquivo_ppp <- ppp(x, y, xrange, yrange, marks=m)
```

Área de  
interesse

Atributos  
(vetor ou tabela)

Exemplo:

```
arquivo_ppp <- with(fp, ppp(x, y, c(-5,5), c(-8,2), marks=diameter))
```



# Conversões de formato

- Função “as” do pacote “maptools”

- sf para sp

```
arquivo_sp <- as(arquivo_sf, “Spatial”)
```

- sp para ppp

```
arquivo_ppp <- as(arquivo_sp, “ppp”)
```

- sp para sf

```
arquivo_sf <- st_as_sf(arquivo_sp)
```

# Preparando dados

```
install.packages("maptools")
```

```
install.packages("spatstat")
```

```
library(maptools)
```

```
library(spatstat)
```

```
pocos_sp <- as(pocos, "Spatial")
```

```
pocos_sp
```

```
class      : SpatialPointsDataFrame
```

```
features   : 833
```

```
extent     : 333653, 368603, 7362285, 7388622 (xmin, xmax, ymin, ymax)
```

```
coord. ref. : +proj=utm +zone=23 +south +ellps=GRS80 +units=m +no_defs
```

```
variables  : 7
```

```
names      : ponto, latitude_d, longitude_, utme, utmn, municipio, vazao_esta
```

```
min values : 3500005032, -23.60500, -46.28944, 333650, 7362290, Diadema, 0.10
```

```
max values : 3500058742, -23.84278, -46.63139, 368603, 7388630, Sao caetano do sul, 200.00
```

# Preparando dados

```
pocos_ppp <- as(pocos_sp,"ppp")
```

```
pocos_ppp
```

Marked planar point pattern: 833 points

Mark variables: ponto, latitude\_d, longitude\_, utme, utmn, municipio, vazao\_esta

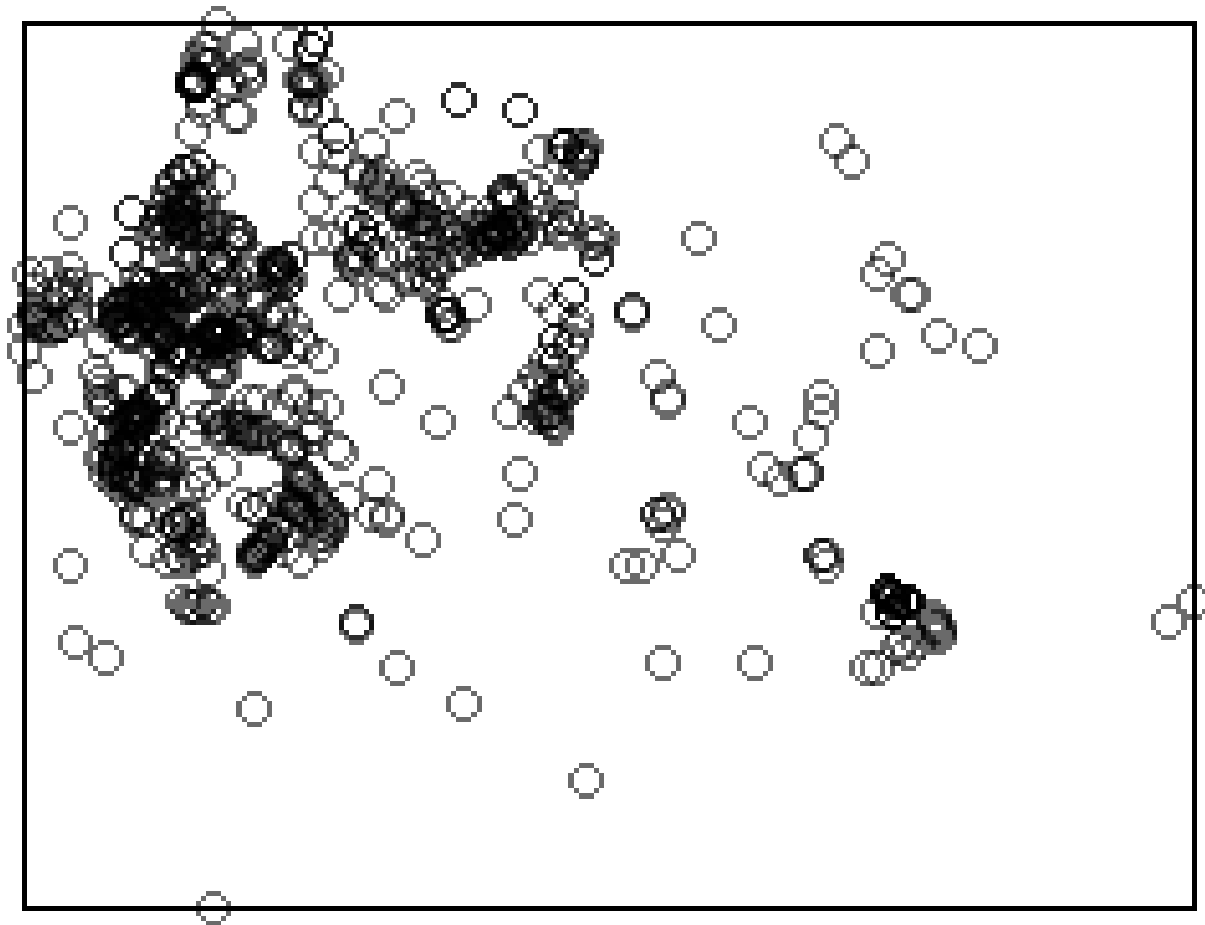
window: rectangle = [333653, 368603] x [7362285, 7388622] units

```
View(pocos_ppp$marks)
```

aula7.R* x		pocos_ppp\$marks x					
		Filter					
	ponto	latitude_d	longitude_	utme	utm	municipio	vazao_esta
5	3500005105	-23.69083	-46.59194	337680	7379060	Diadema	88.80
6	3500005106	-23.69139	-46.59389	337460	7379000	Diadema	NA
7	3500005107	-23.70972	-46.59694	337170	7376970	Diadema	25.00
8	3500005119	-23.70305	-46.60861	335980	7377700	Diadema	0.50

# Preparando os dados

```
pocos_ppp_unmark <- unmark(pocos_ppp)  
plot(pocos_ppp_unmark)
```



# Função G

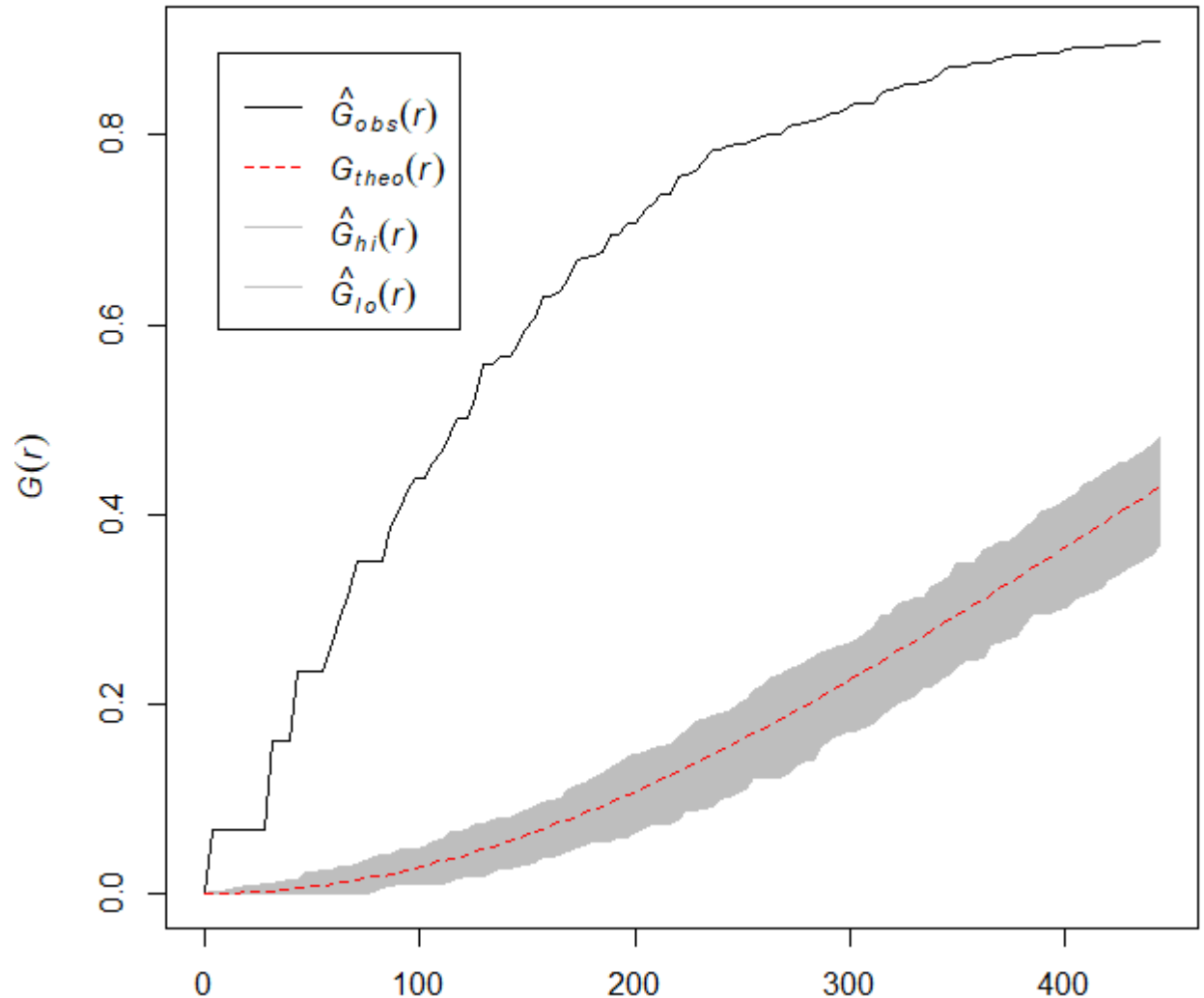
```
pocos_g <- envelope(pocos_ppp_unmark, fun=Gest)
```

```
dev.new()
```

```
plot(pocos_g)
```

pocos\_g

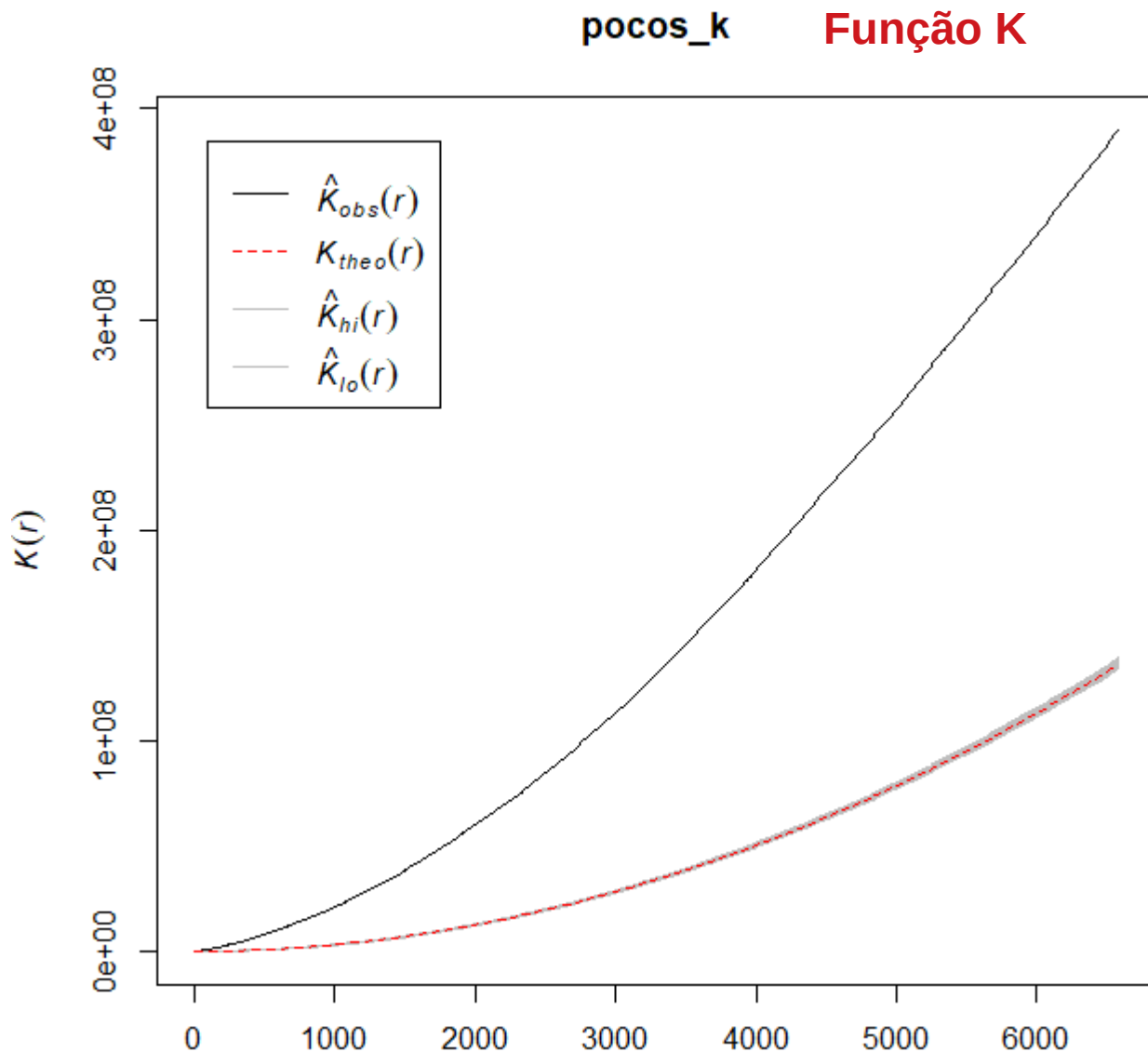
Função G



# Função K

```
pocos_k <- envelope(pocos_ppp_unmark, fun=Kest)
```

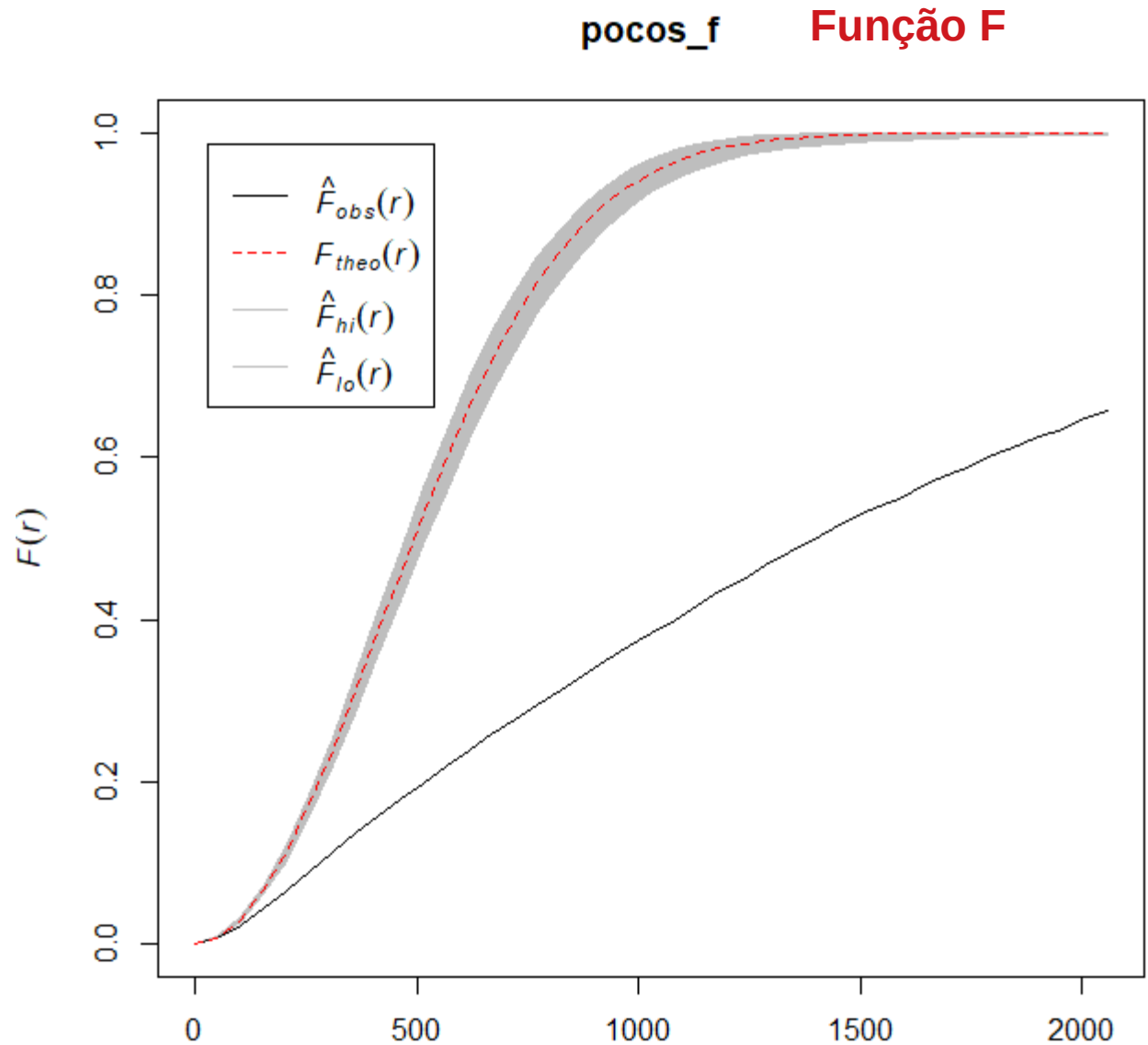
```
plot(pocos_k)
```



# Função F

```
pocos_f <- envelope(pocos_ppp_unmark, fun=Fest)
```

```
plot(pocos_f)
```



# Exercício 2

- Fazer a análise de agrupamento para as áreas contaminadas do ABC



# Conteúdo

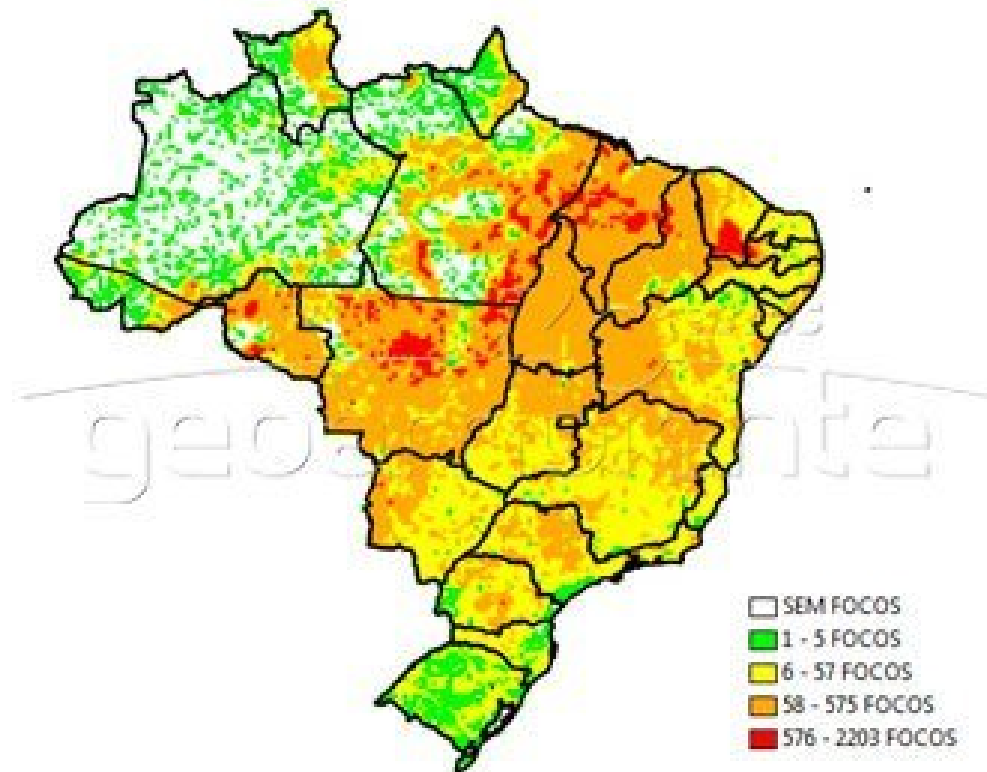
- Centro médio e distância padrão
- Análise de agrupamento
- **Mapas de kernel**
- Mapas de proximidade

# Mapas de Kernel

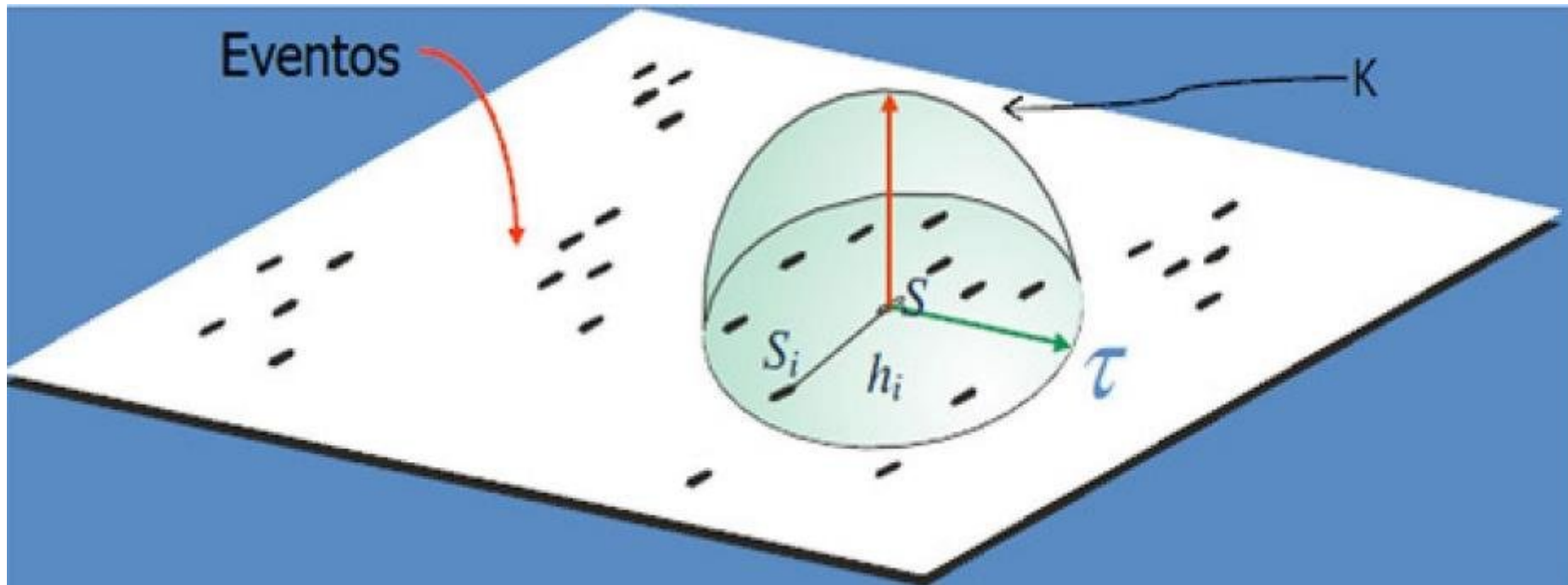
Mapa de Pontos de Focos de Queimada



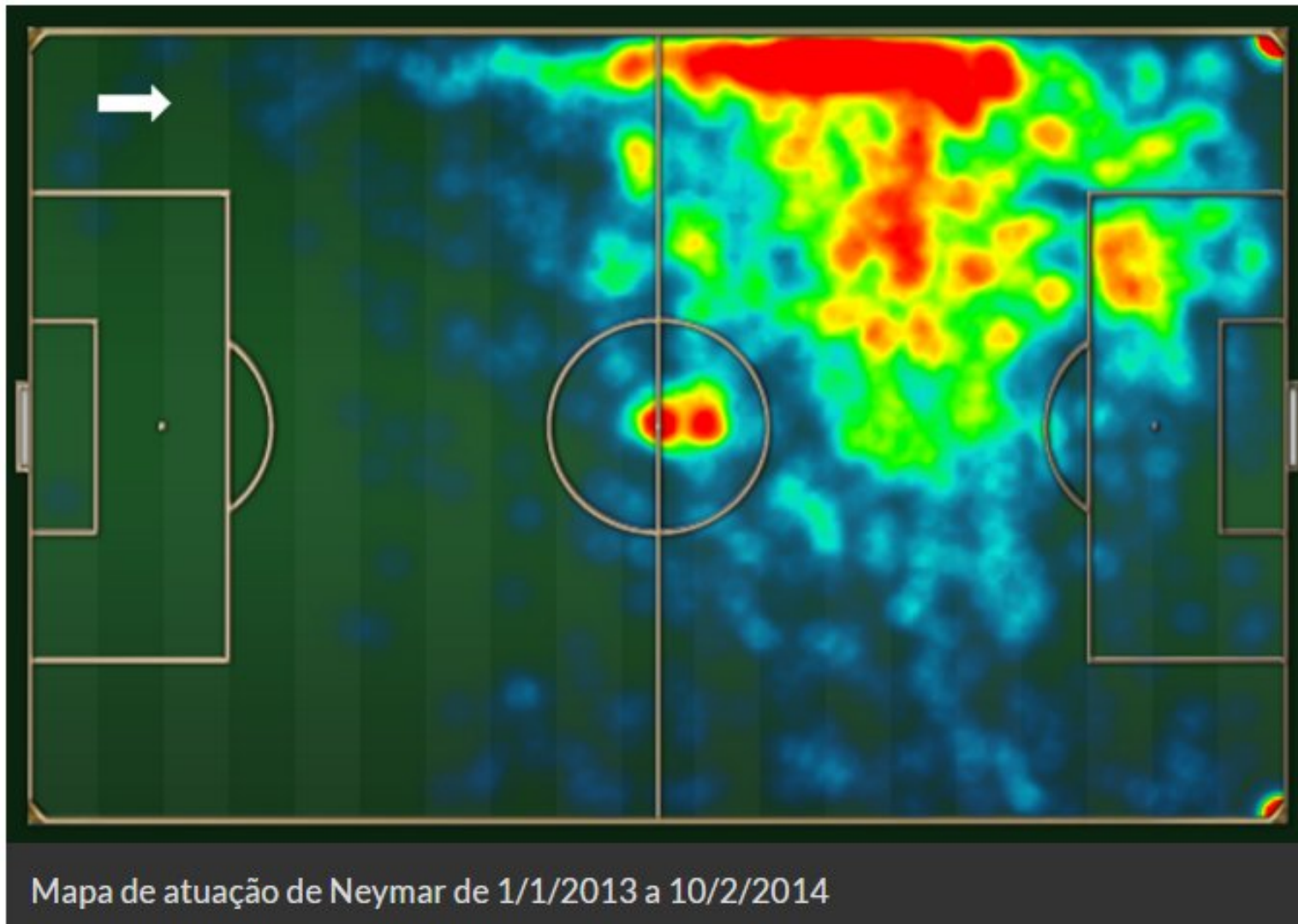
Mapa de kernel de Focos de Queimada



# Mapas de Kernel



# Mapas de Kernel



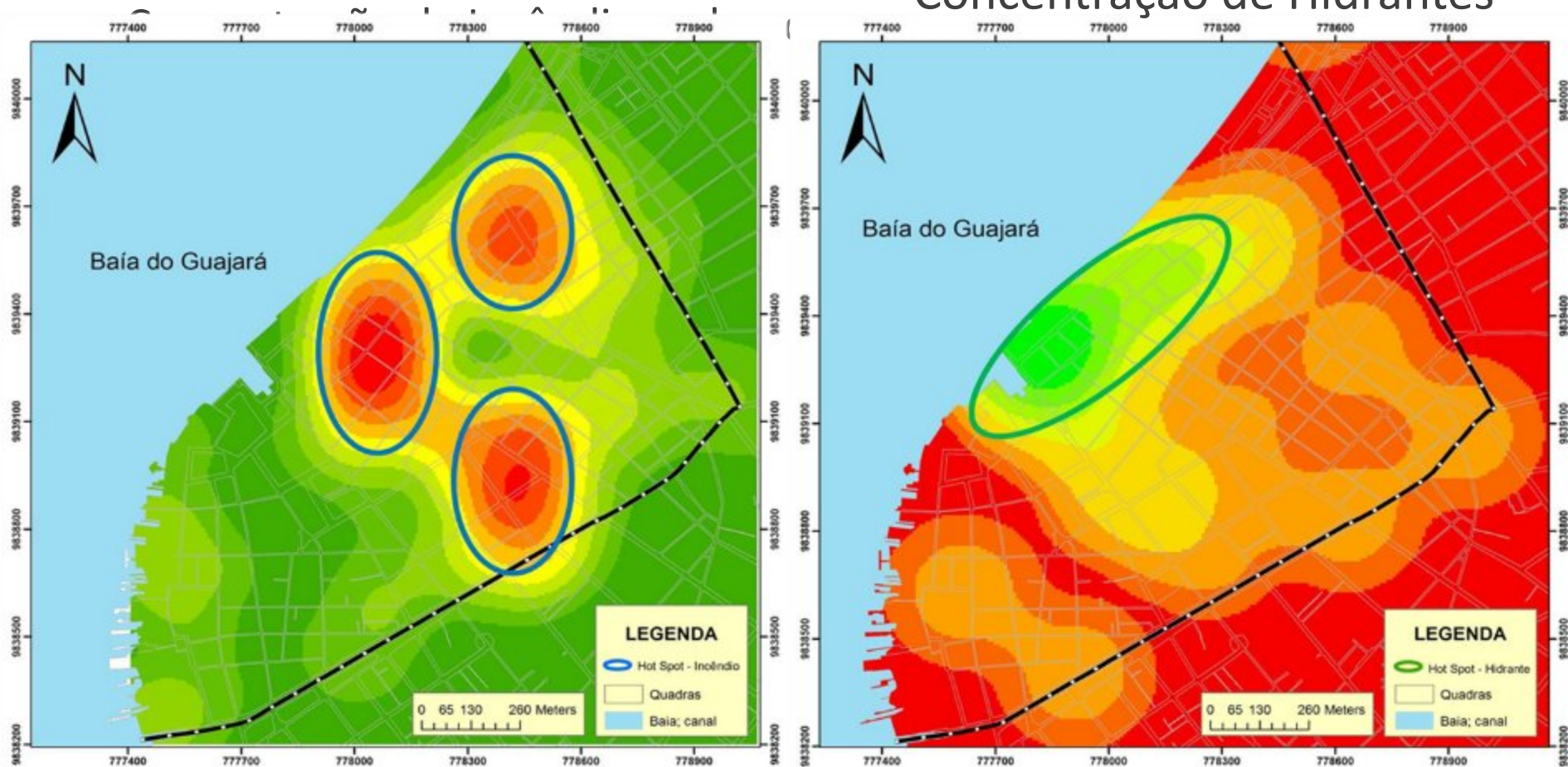
ODDI, G. 2014. Mapa de calor: como atuam os candidatos ao meio-campo ofensivo da seleção de Felipão. ESPN. Em: [http://espn.uol.com.br/post/388493\\_mapa-de-calor-como-atuam-os-candidatos-ao-meio-campo-ofensivo-da-selecao-de-felipao](http://espn.uol.com.br/post/388493_mapa-de-calor-como-atuam-os-candidatos-ao-meio-campo-ofensivo-da-selecao-de-felipao)



# Mapas de Kernel

## Comparação de Zonas Quentes e Frias

### Concentração de Hidrantes



SANTOS, L.S. 2014. Geoprocessamento aplicado a gestão e análise das ocorrências de incêndios urbanos no centro histórico de Belém-PA - 2009 a 2011. Faculdade Internacional de Curitiba.

# Mapas de Kernel

➤ Quando vale a pena utilizá-los?

- Quando a concentração de pontos em uma mapa faz com que sua visualização fique confusa  
Ex: Mapa de pontos de queimada
- Para estimar a possibilidade de encontrar um certo evento no espaço, dada uma amostra de pontos inicial  
Ex: Como Neymar deve se comportar no próximo jogo?

# Mapas de Kernel

## Tipos de resposta mapeada

- Densidade:




- focos de queimada / km<sup>2</sup>

- Probabilidade:

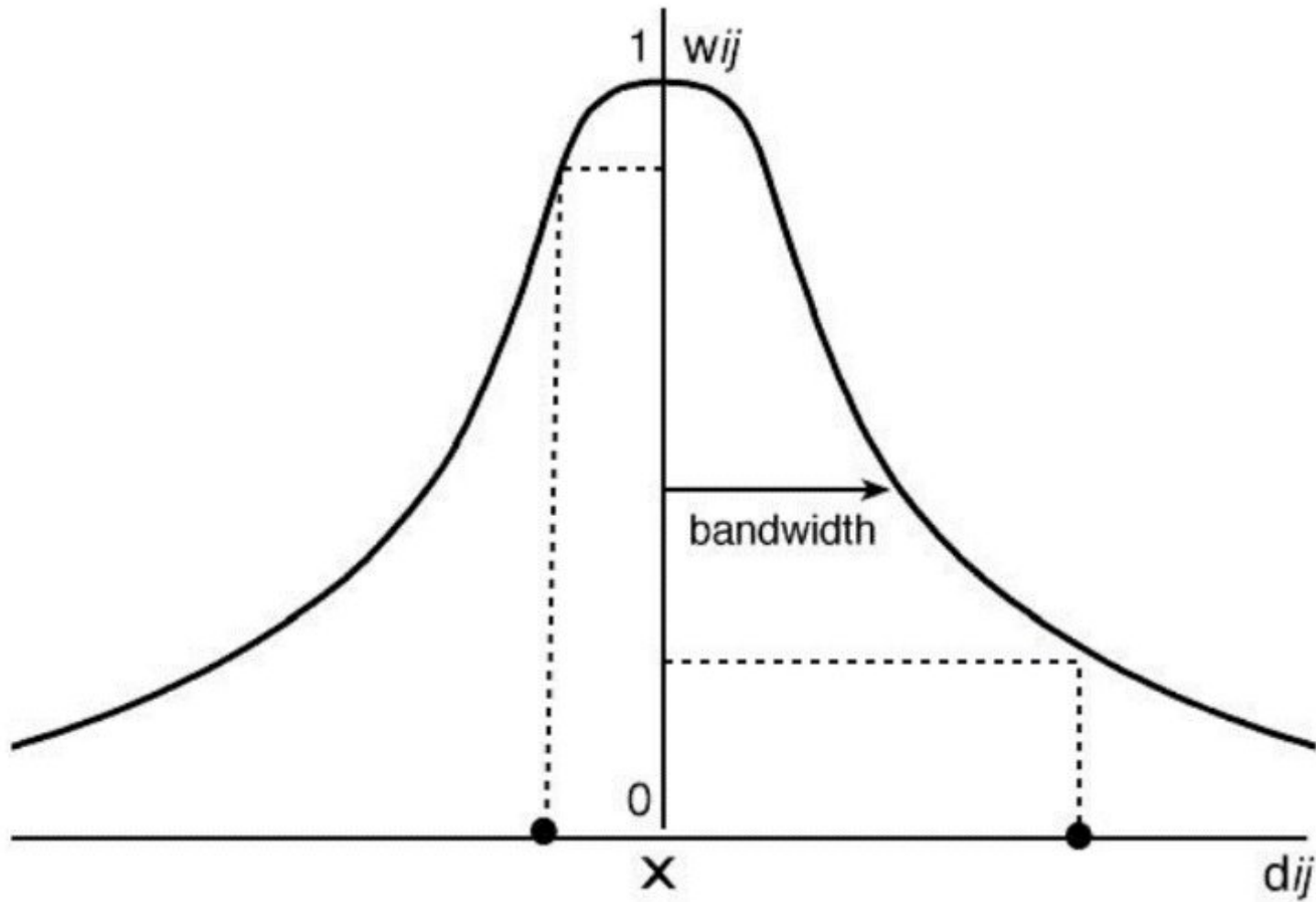
- chance (%) do Neymar se encontrar em um ponto do campo

- Qualitativa: Baixa / Média / Alta

- Esconde informações do leitor

Densidade	Probabilidade	Qualitativa
 5-10 hab/km <sup>2</sup>	50%	Alta
 1-5 hab/km <sup>2</sup>	50 a 90%	Média
 0.1-1 hab/km <sup>2</sup>	90 a 100%	Baixa

# Mapas de Kernel



Pixel do raster

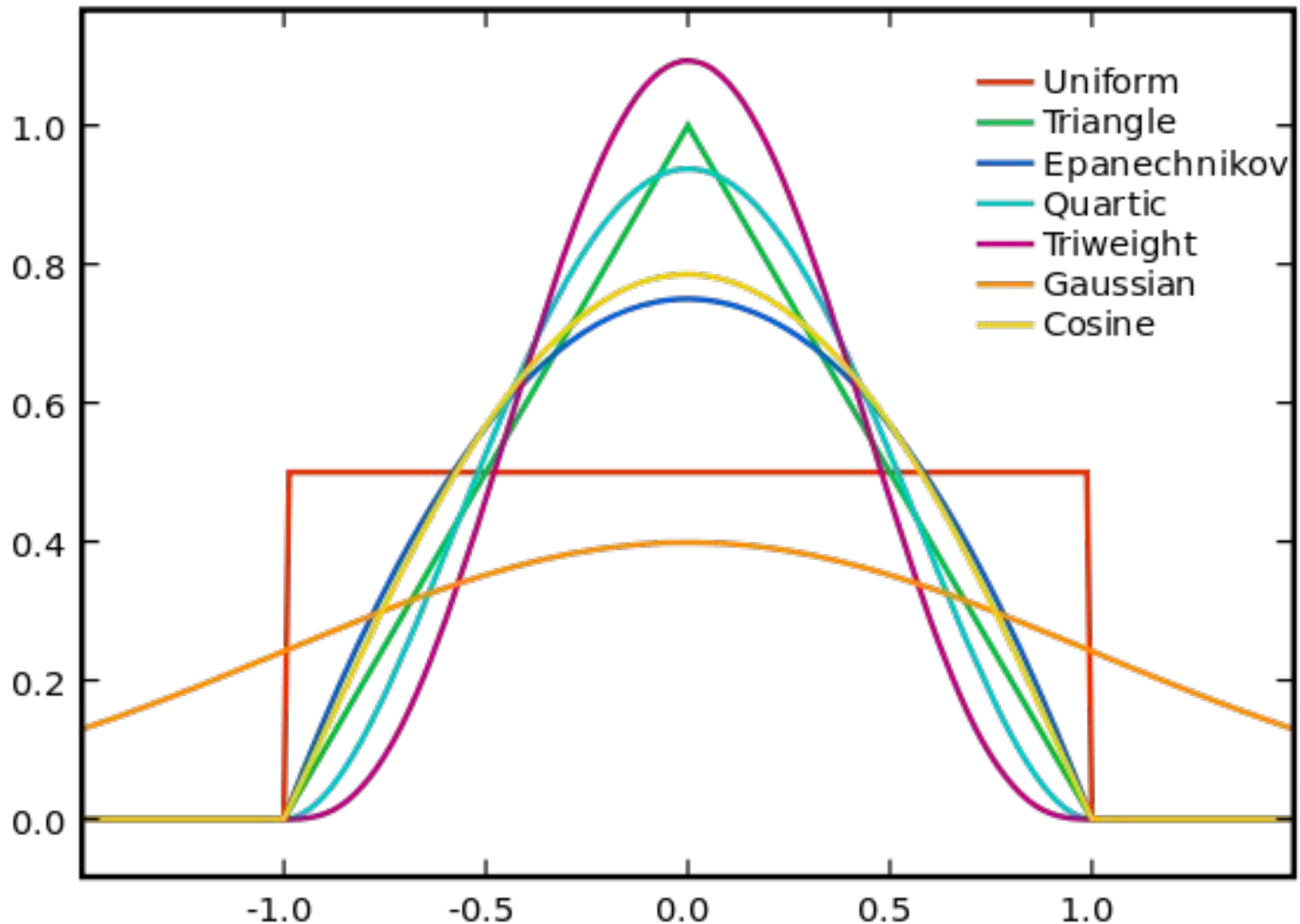
peso do ponto para o pixel do raster

Ponto

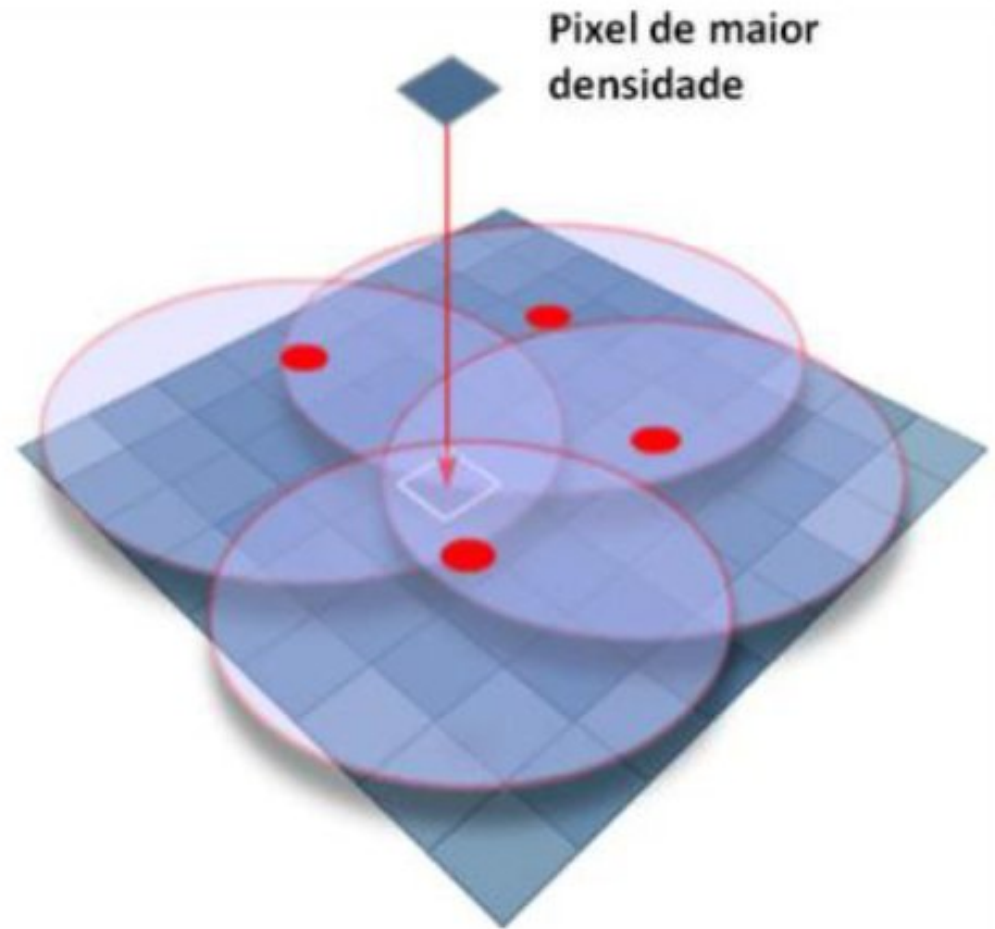
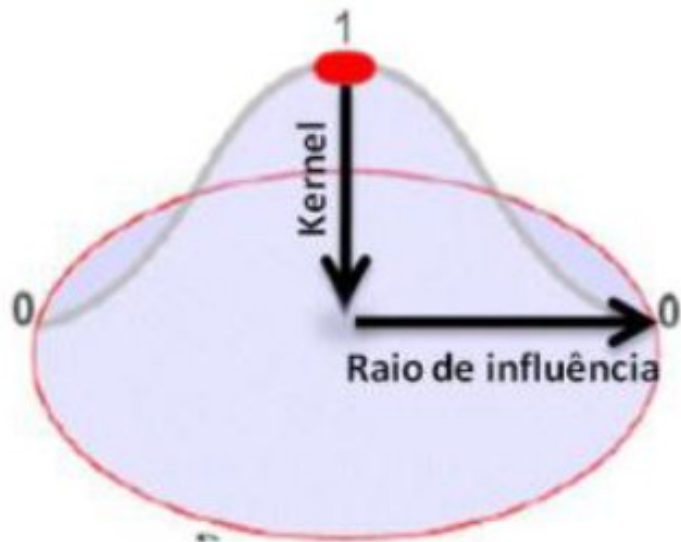
distância do do pixel do raster até o ponto



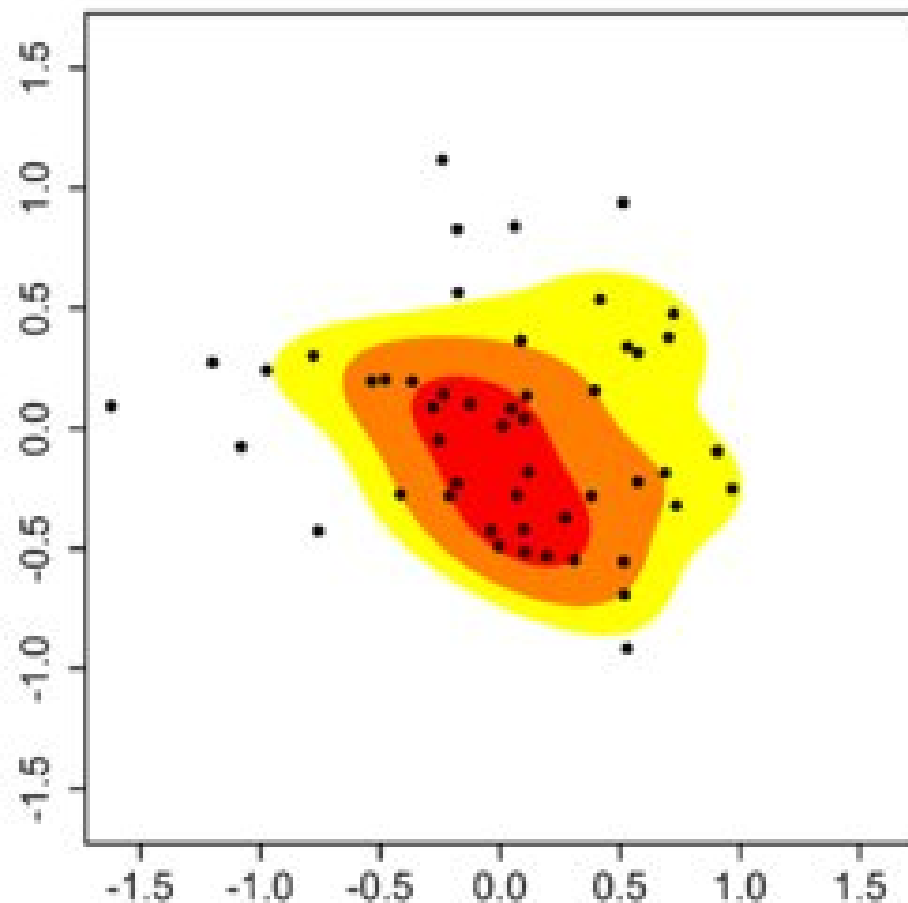
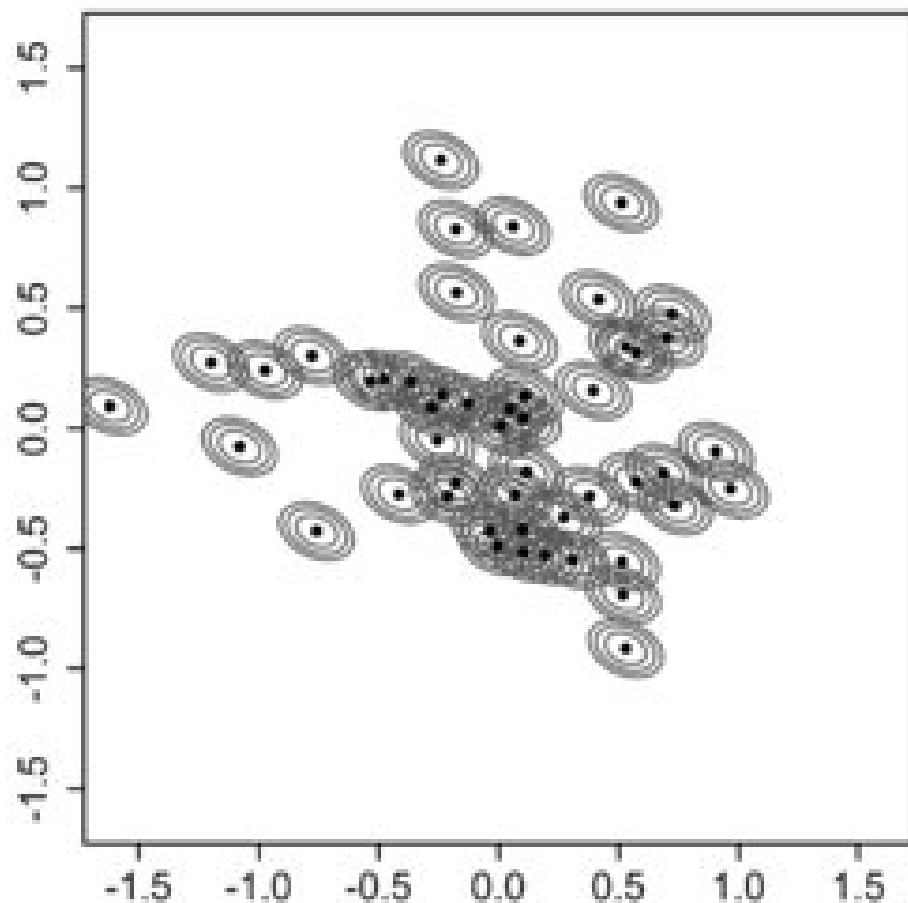
# Mapas de Kernel



# Mapas de Kernel

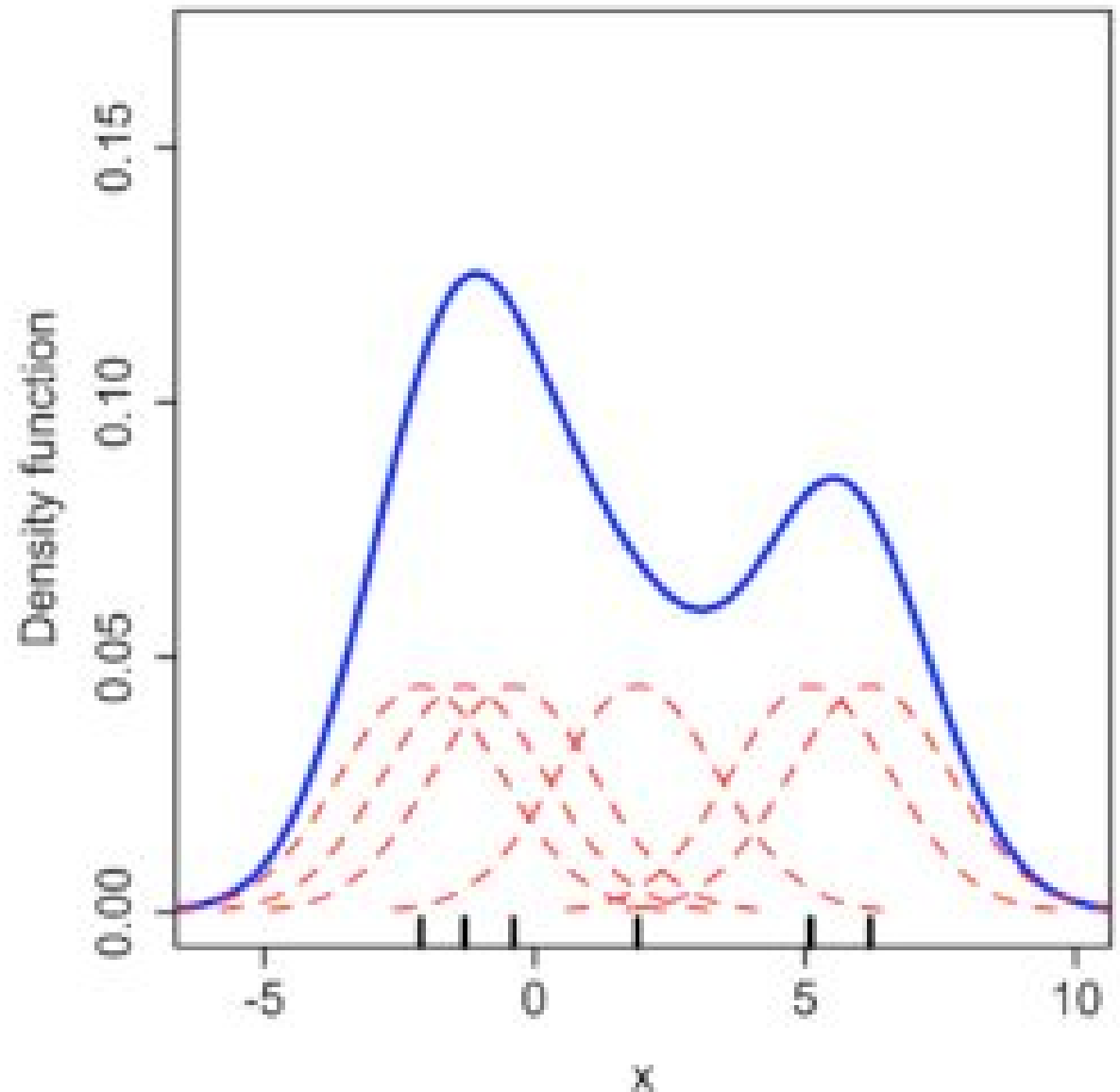


# Mapas de Kernel

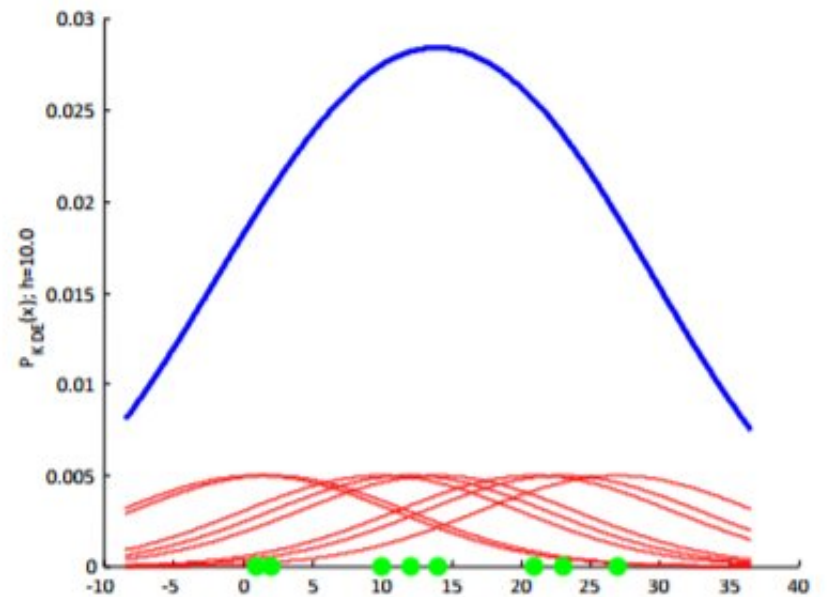
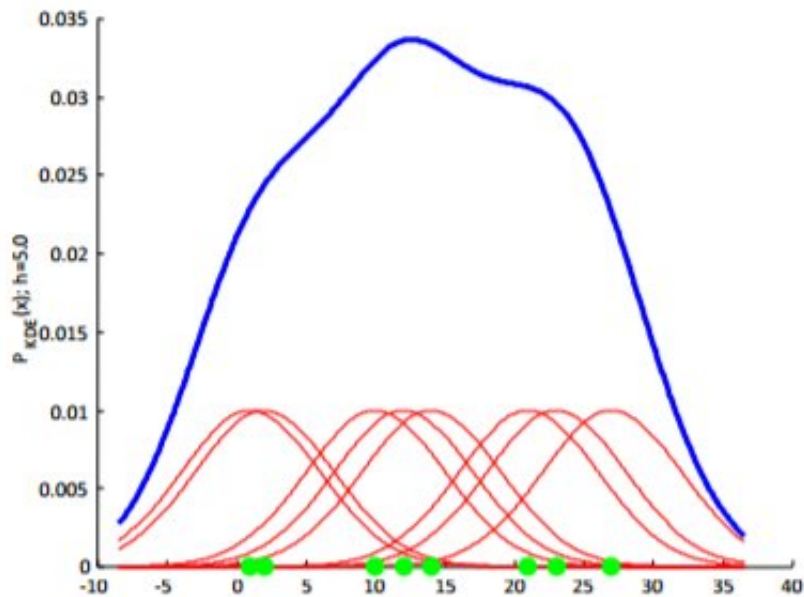
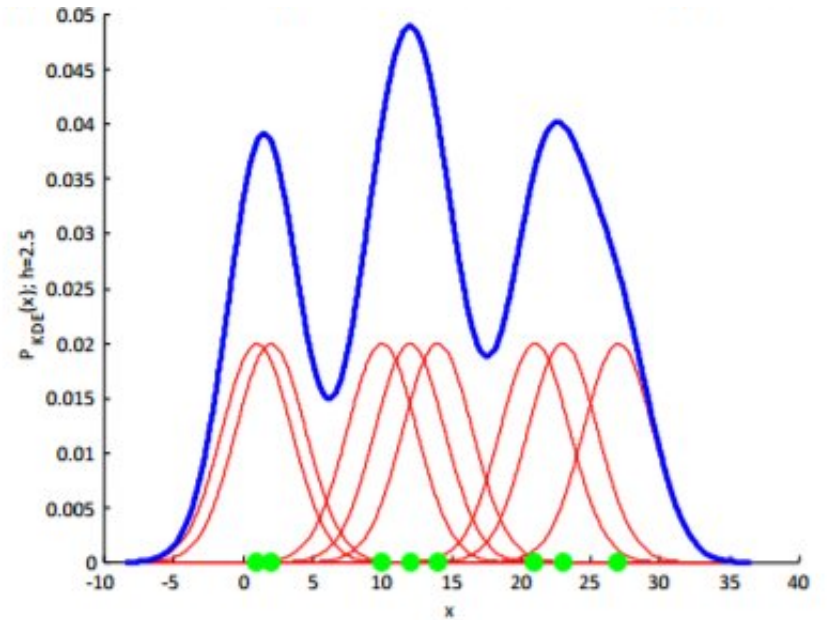
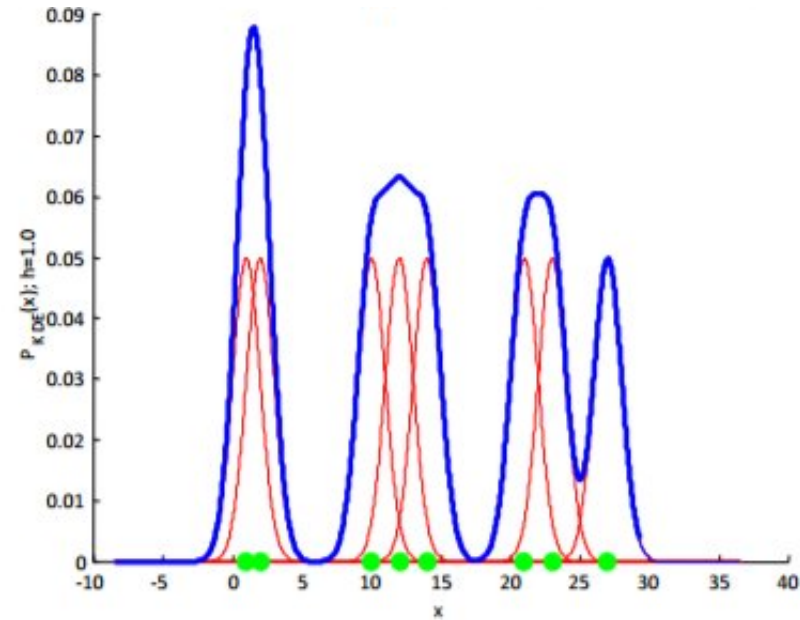


# Mapas de Kernel

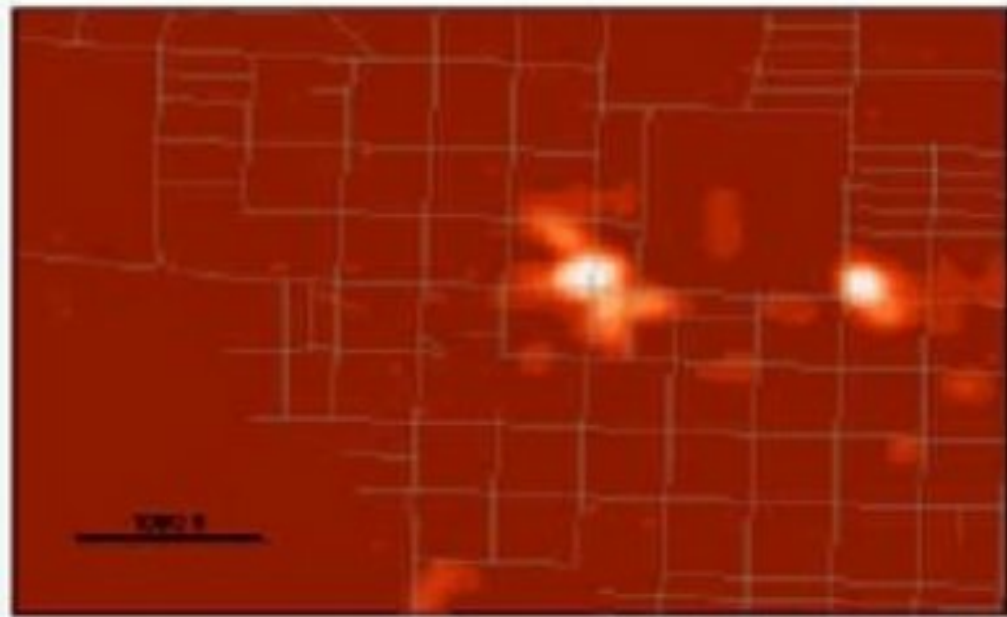
Somando o kernel  
de cada ponto



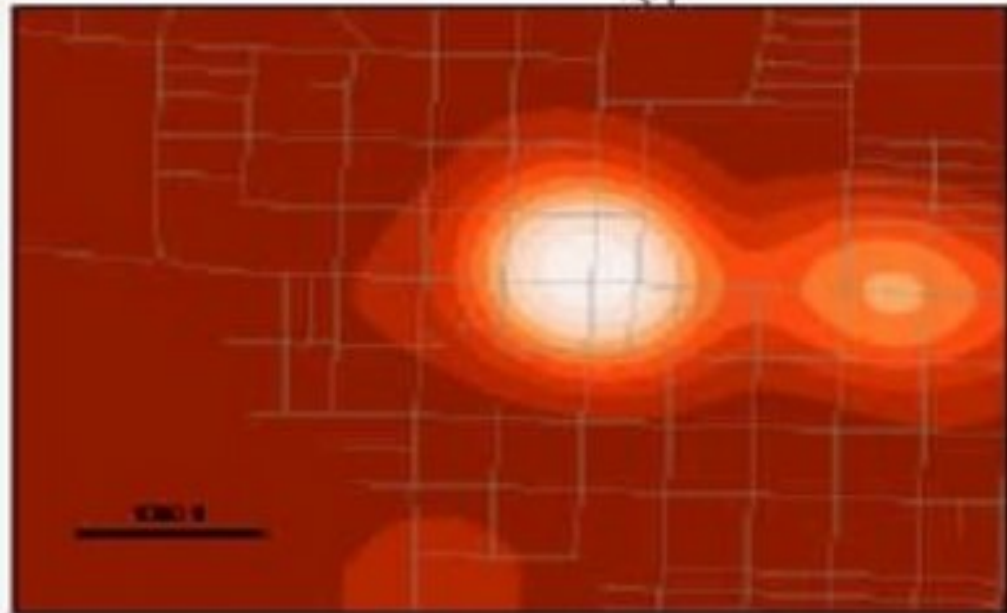
# Mapas de Kernel



## Diferentes Raios para o Kernel





*Search radius = 200 feet*



*Search radius = 1000 feet*

# Mapa de Kernel

E então, qual raio de Kernel escolher?

- 1ª abordagem: Que padrão você quer analisar?
  - Transições graduais  Raios maiores
  - Pequenos agrupamentos  Raios menores
- 2ª abordagem: Você quer um mapa informativo
  - O raio que mostre a maior diferenciação espacial entre as áreas
  - Um bom início seria testar um raio igual à distância padrão
  - Mapas de Kernel Adaptativo
- 3ª abordagem: Você quer um mapa válido
  - Caso sejam adicionados mais dados, o padrão deve ficar semelhante
  - Métodos de Estimação de Kernel

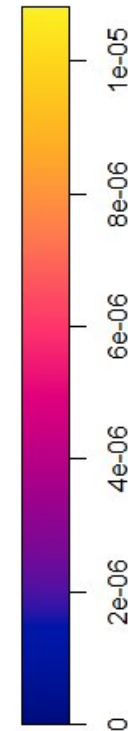
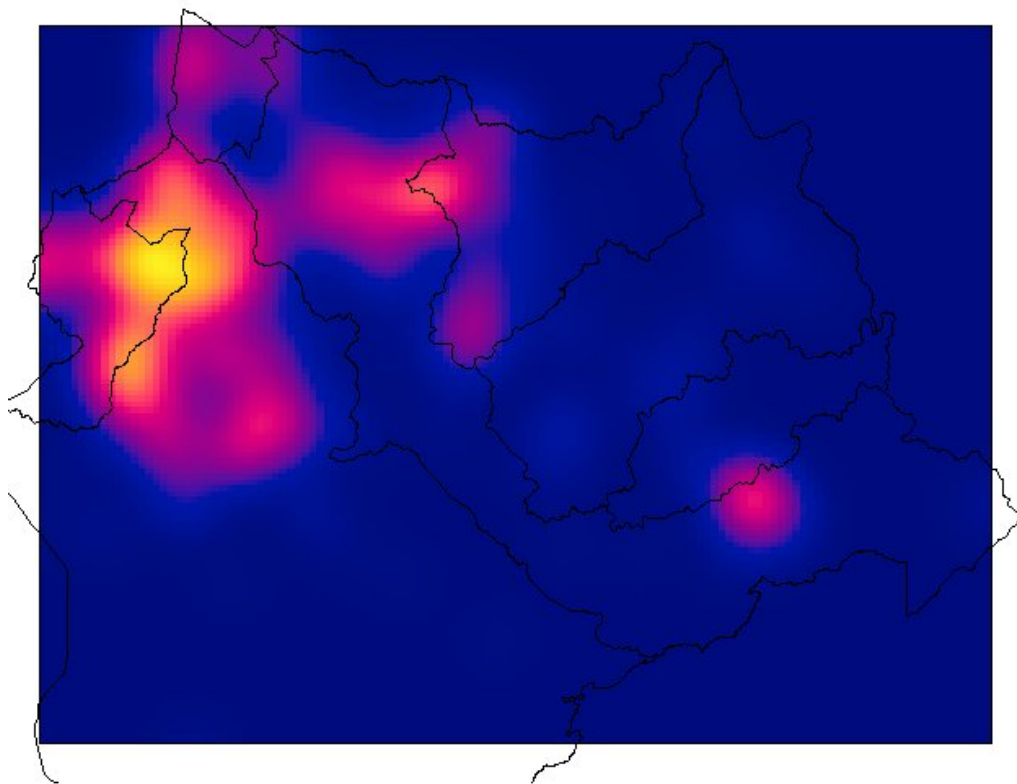
# Mapas de kernel no R

**Raio**

```
pocos_kernel_1000 <- density(pocos_ppp, sigma = 1000)
```

```
plot(pocos_kernel_1000)
```

```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```



**Intensidade:  
Ocorrência de  
poços por  
metro quadrado**



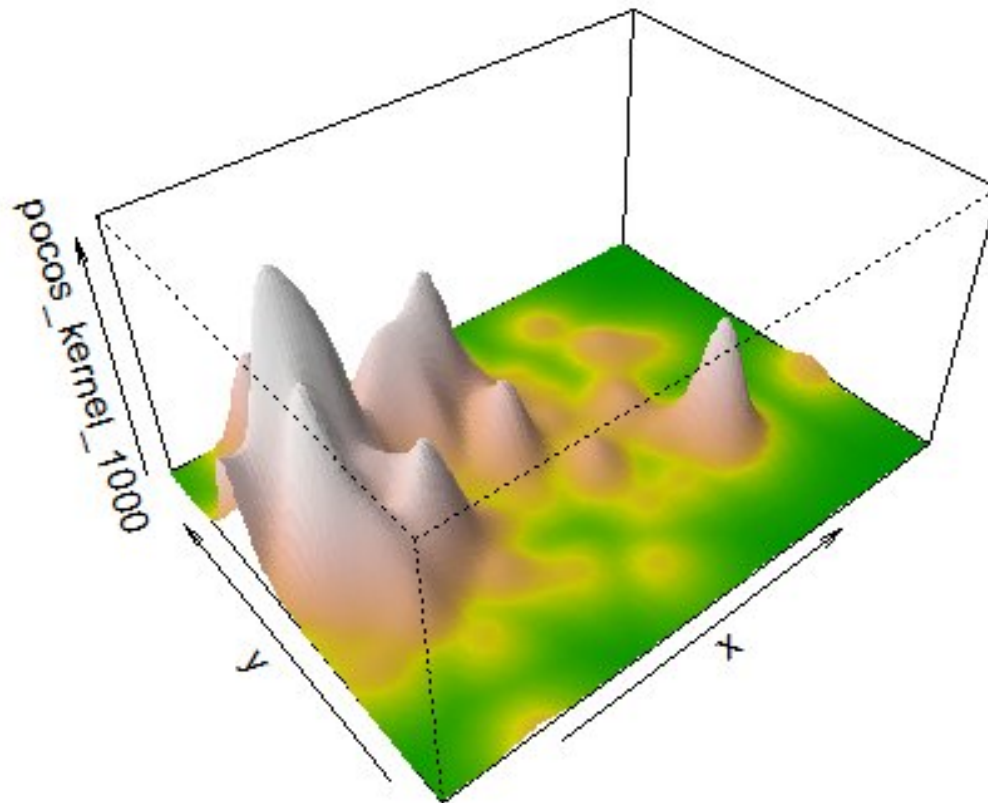
# Mapas de kernel no R

Orientação do cubo

```
persp(pocos_kernel_1000, theta = 320, phi=40,  
colmap=terrain.colors(128), shade=0.2)
```

Cores

Sombra de  
iluminação



# Exercício 3

- Fazer mapas de kernel com raio de 500 metros e de 2000 metros, e comparar os resultados

# Estimação de Kernel

## Validação Cruzada:

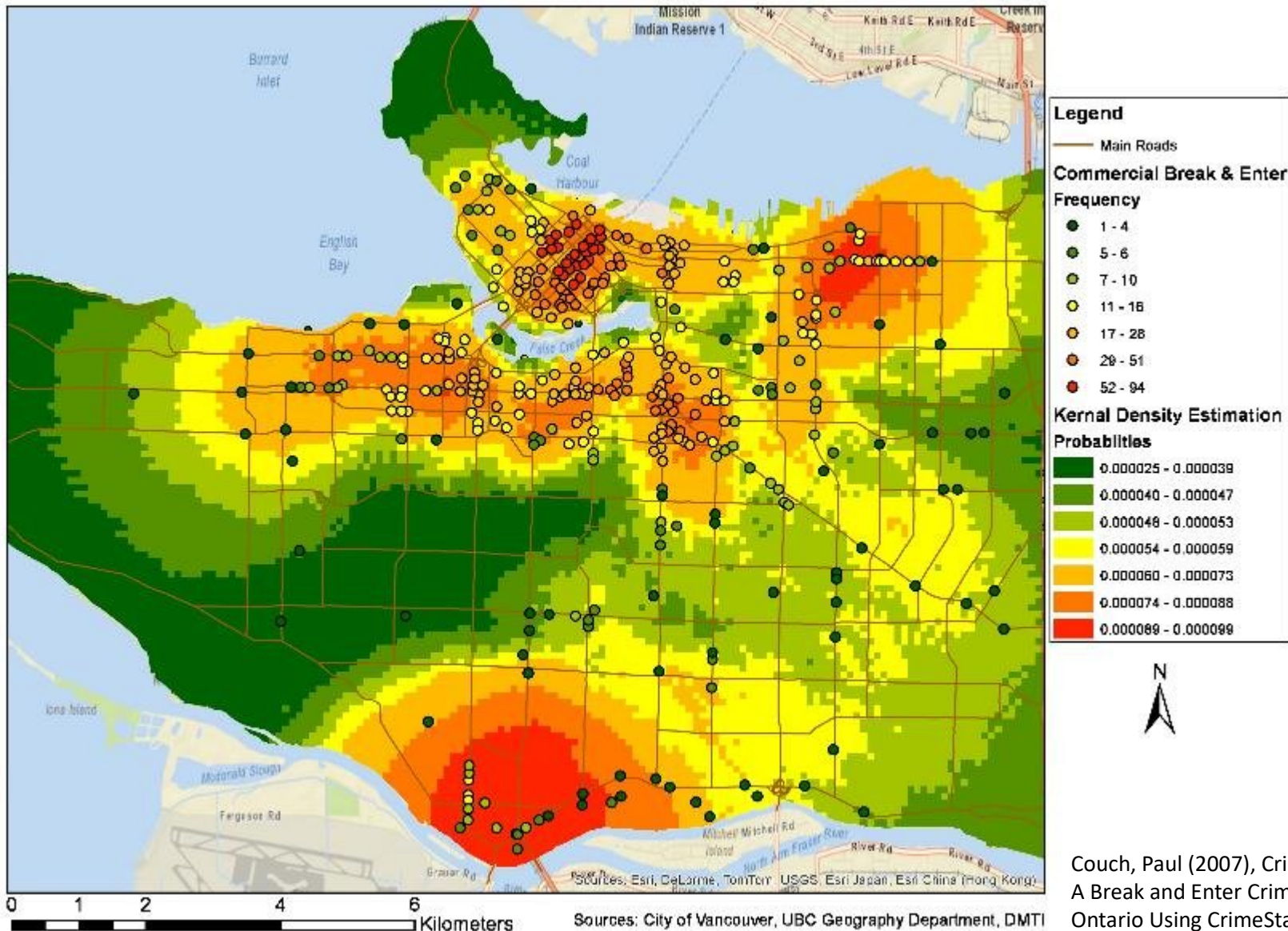
Escolher a distância  $h$  que minimize:

$$CV(h) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \{z_i - \hat{g}^{-1}(s_i)\}^2}{n}$$

onde  $\hat{g}^{-1}(s_i)$  é a estimativa de  $g(s_i)$  construída com o valor de banda  $h$  usando todos os dados com exceção do par  $(s_i, z_i)$

# Estimação de Kernel

## Probabilidade de roubos comerciais em Vancouver



Couch, Paul (2007), Crime Geography and GIS: A Break and Enter Crime Analysis of Ottawa, Ontario Using CrimeStat, Crime GIS

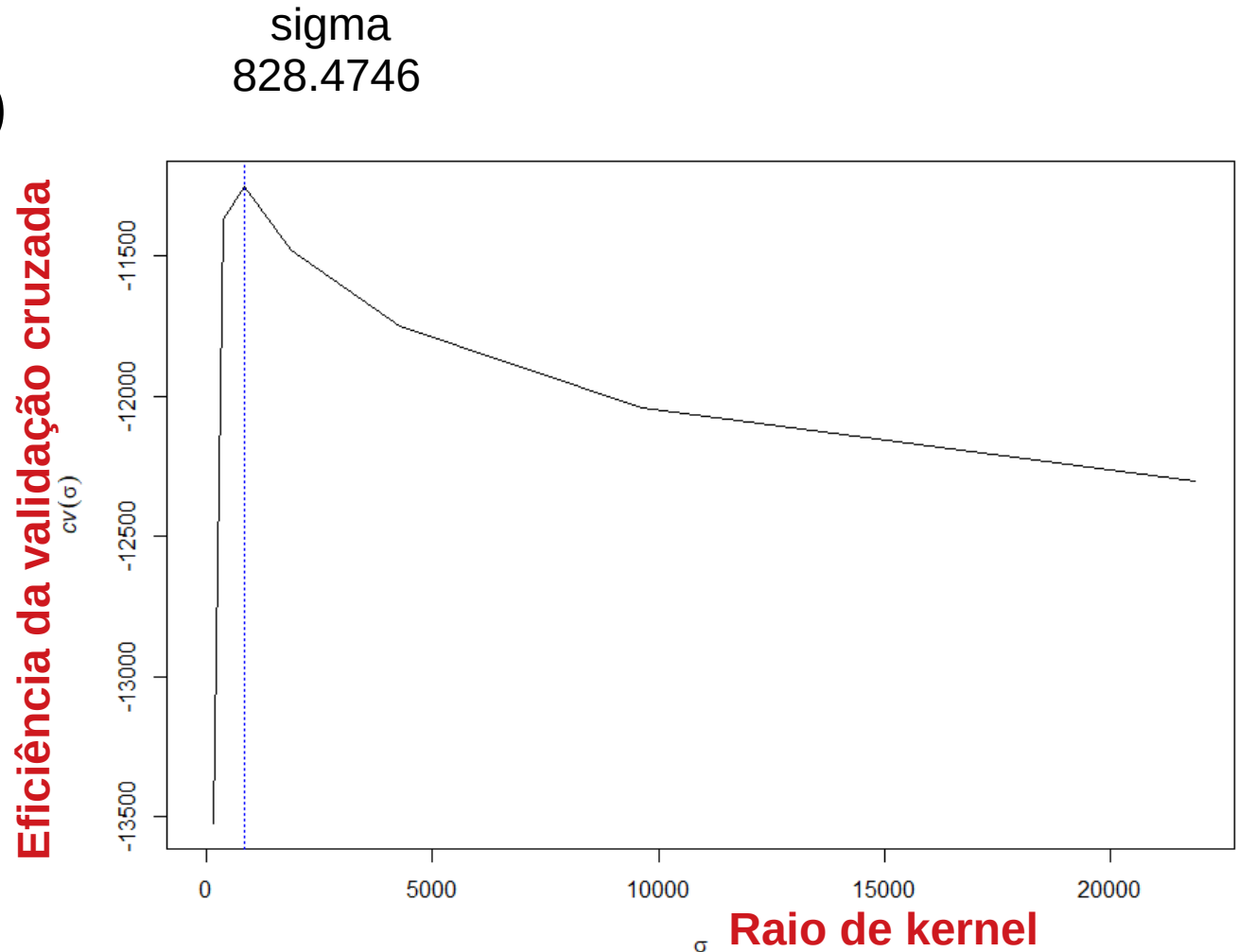
# Estimação de kernel

- Estimação por validação cruzada

```
raio_otimo <- bw.ppl(pocos_ppp)
```

```
raio_otimo
```

```
plot(raio_otimo)
```



# Estimação de kernel

```
pocos_kernel <- density(pocos_ppp, sigma = raio_otimo, se=TRUE)
pocos_kernel
```

**Raio de kernel**      **Mapa de incerteza**

\$estimate

real-valued pixel image

128 x 128 pixel array (ny, nx)

enclosing rectangle: [333650, 368600] x [7362300, 7388600] units

\$SE

real-valued pixel image

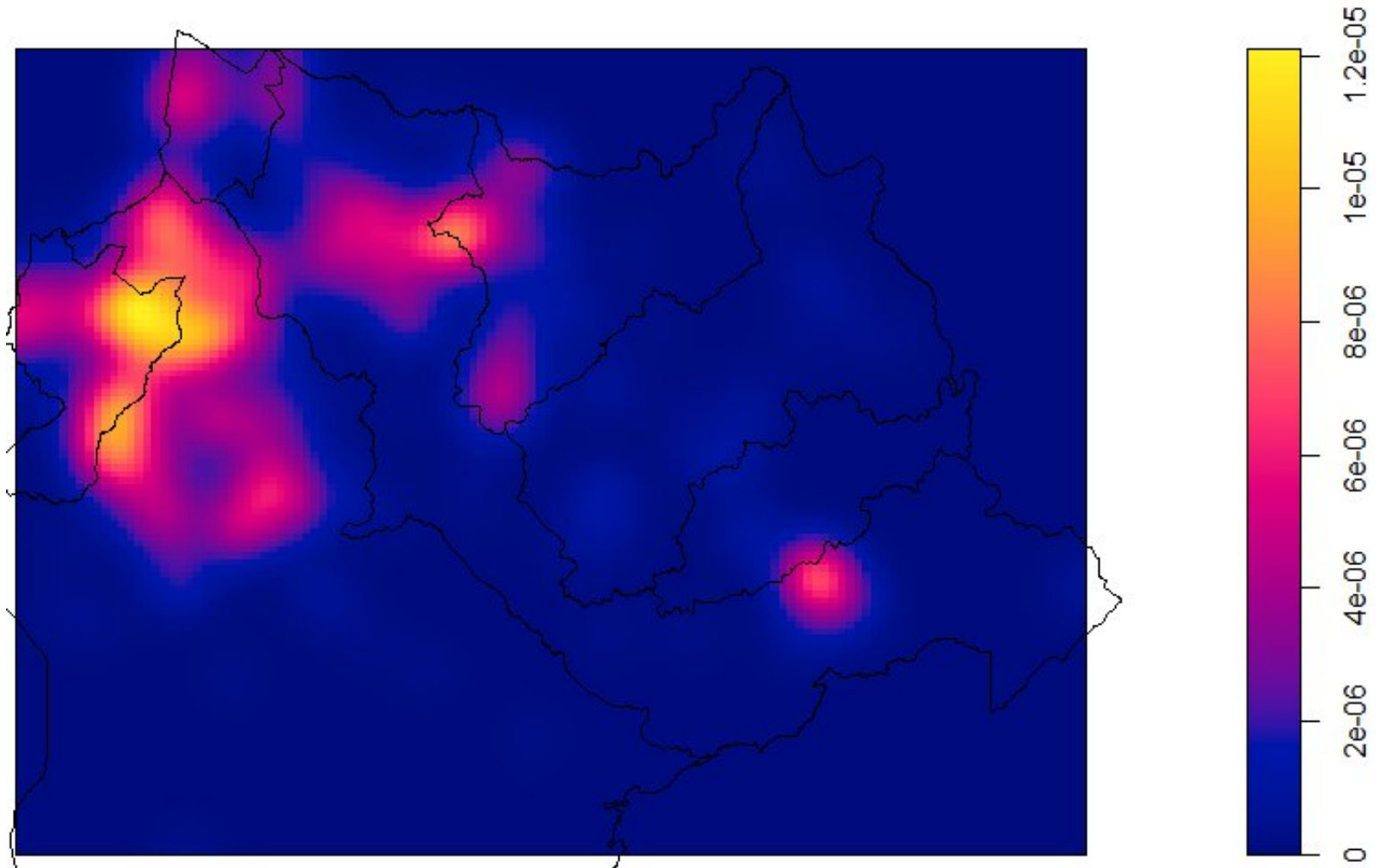
128 x 128 pixel array (ny, nx)

enclosing rectangle: [333650, 368600] x [7362300, 7388600] units

# Estimação de kernel

```
plot(pocos_kernel$estimate)
```

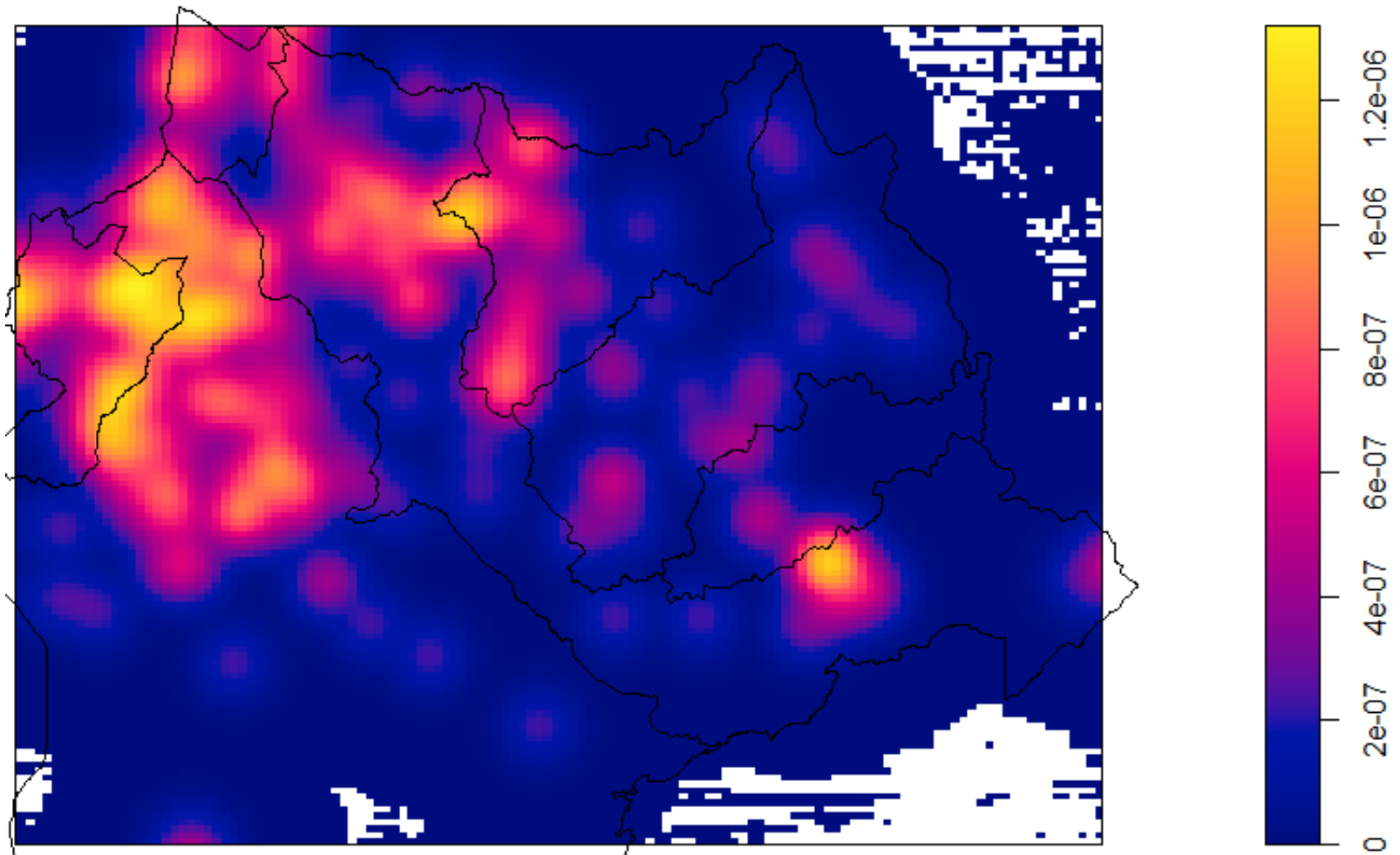
```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```



# Mapa de incerteza (erro padrão)

```
plot(pocos_kernel$SE)
```

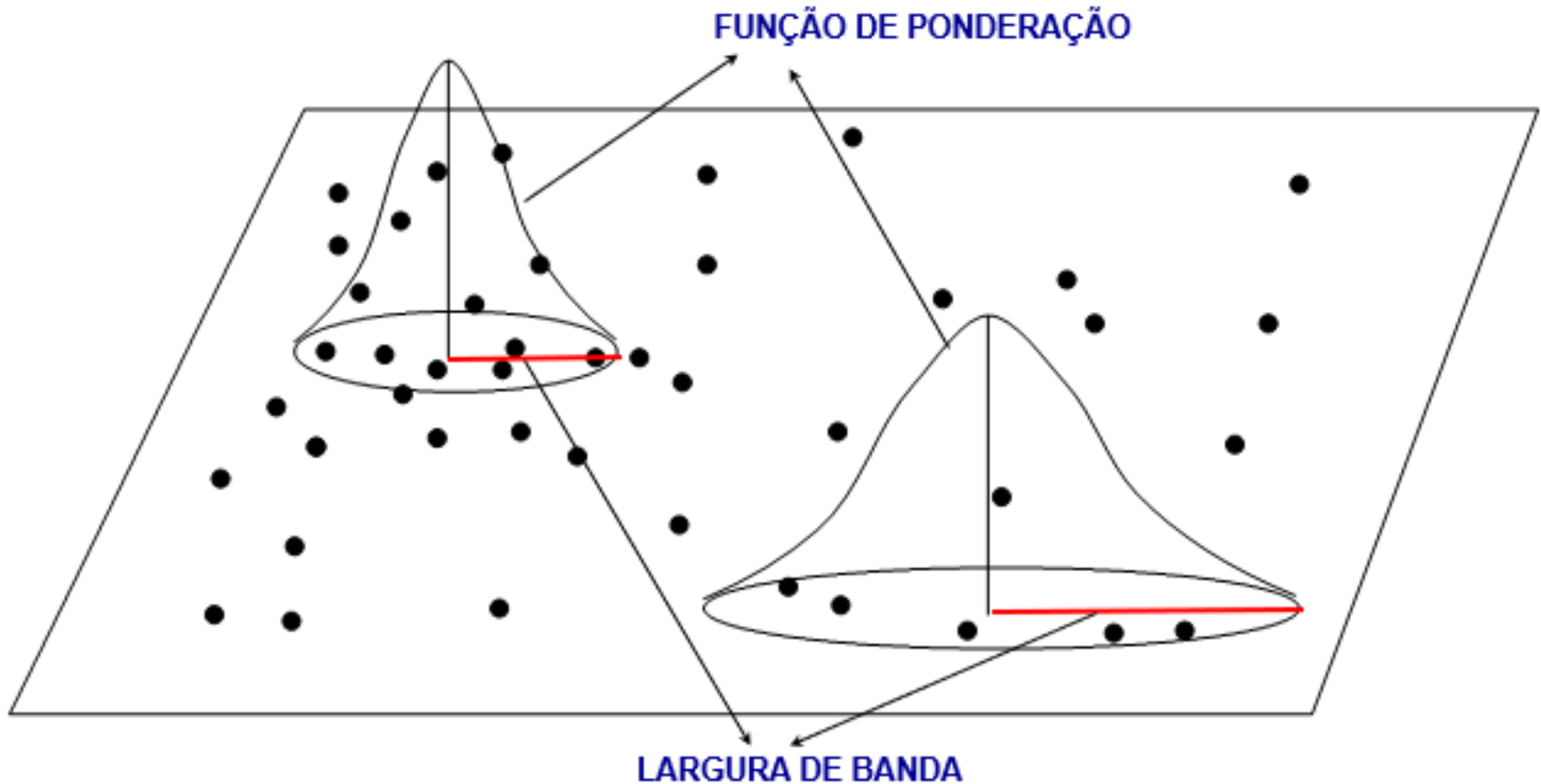
```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```



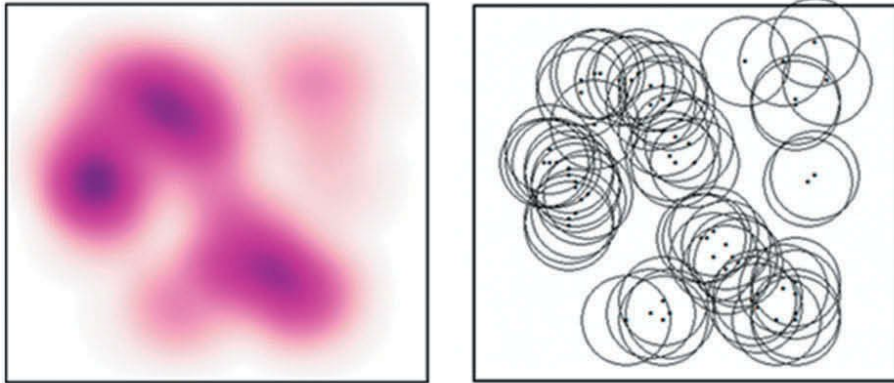


# Mapa de Kernel

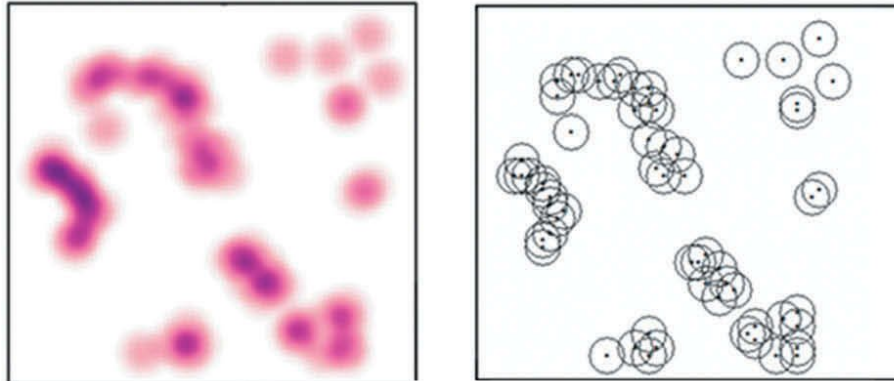
Kernel adaptativo por número de vizinhos



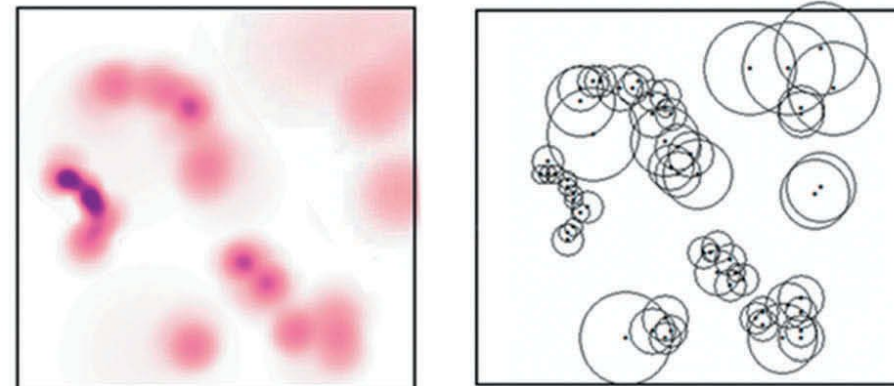
Raio maior



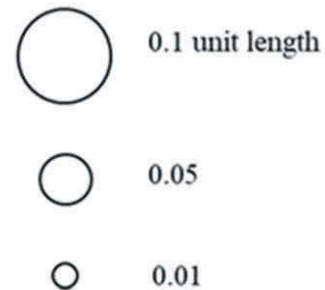
Raio menor



Raio adaptativo



**Bandwidth**



Yuan, K., Chen, X., Gui, Z., Li, F. and Wu, H., 2019. A quad-tree-based fast and adaptive Kernel Density Estimation algorithm for heat-map generation. International Journal of Geographical Information Science.

# Mapa de kernel adaptativo

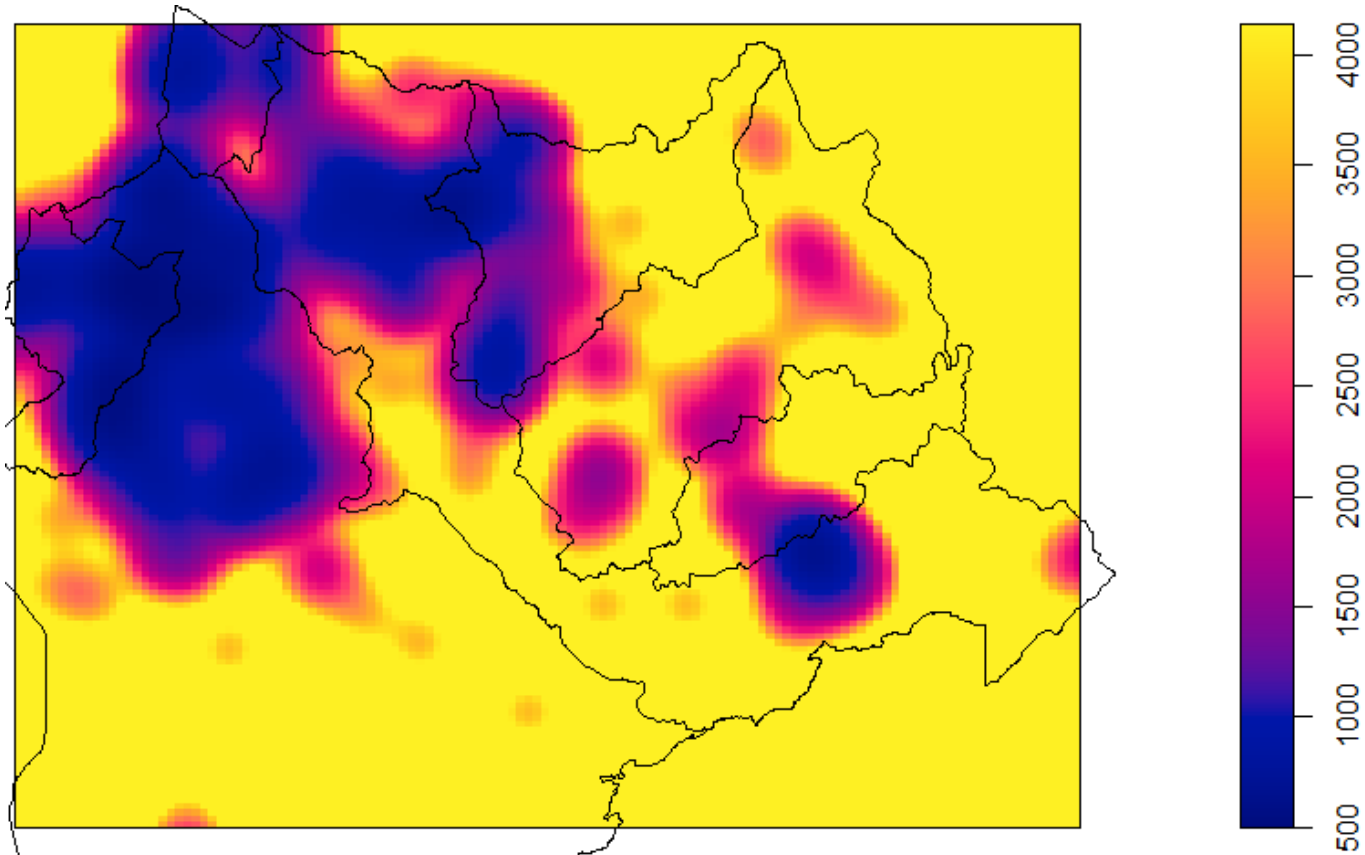
```
raio_adaptativo <- bw.abram(pocos_ppp, at="pixels")
```

```
plot(raio_adaptativo)
```

```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```

**Método de  
Abramson (1982)**

**Fazer raster com  
raio para cada  
pixel**



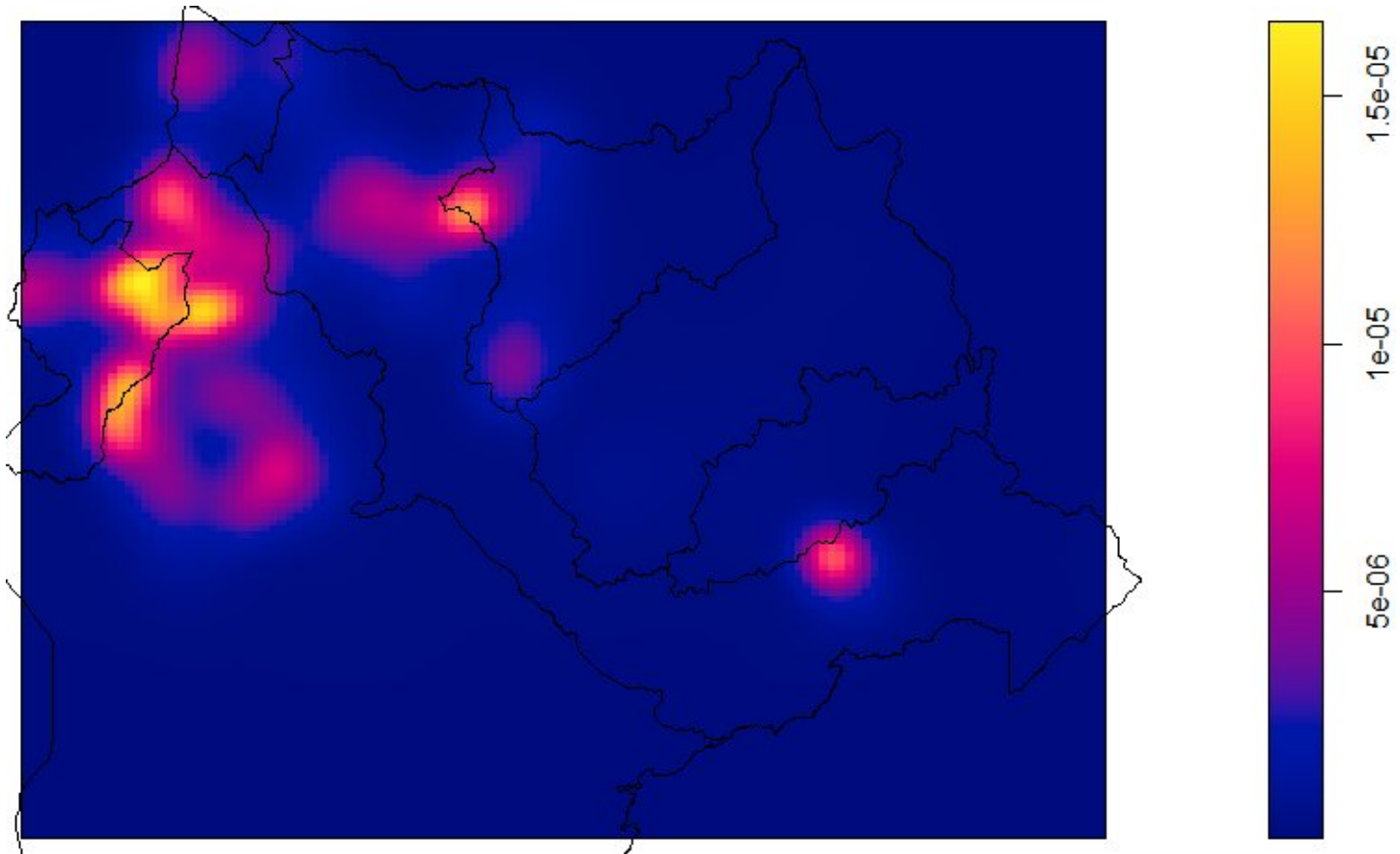
# Mapa de kernel adaptativo

```
pocos_adaptativo <- adaptive.density(pocos_ppp, method="kernel")
```

```
plot(pocos_adaptativo)
```

**Método de  
Abramson (1982)**

```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```

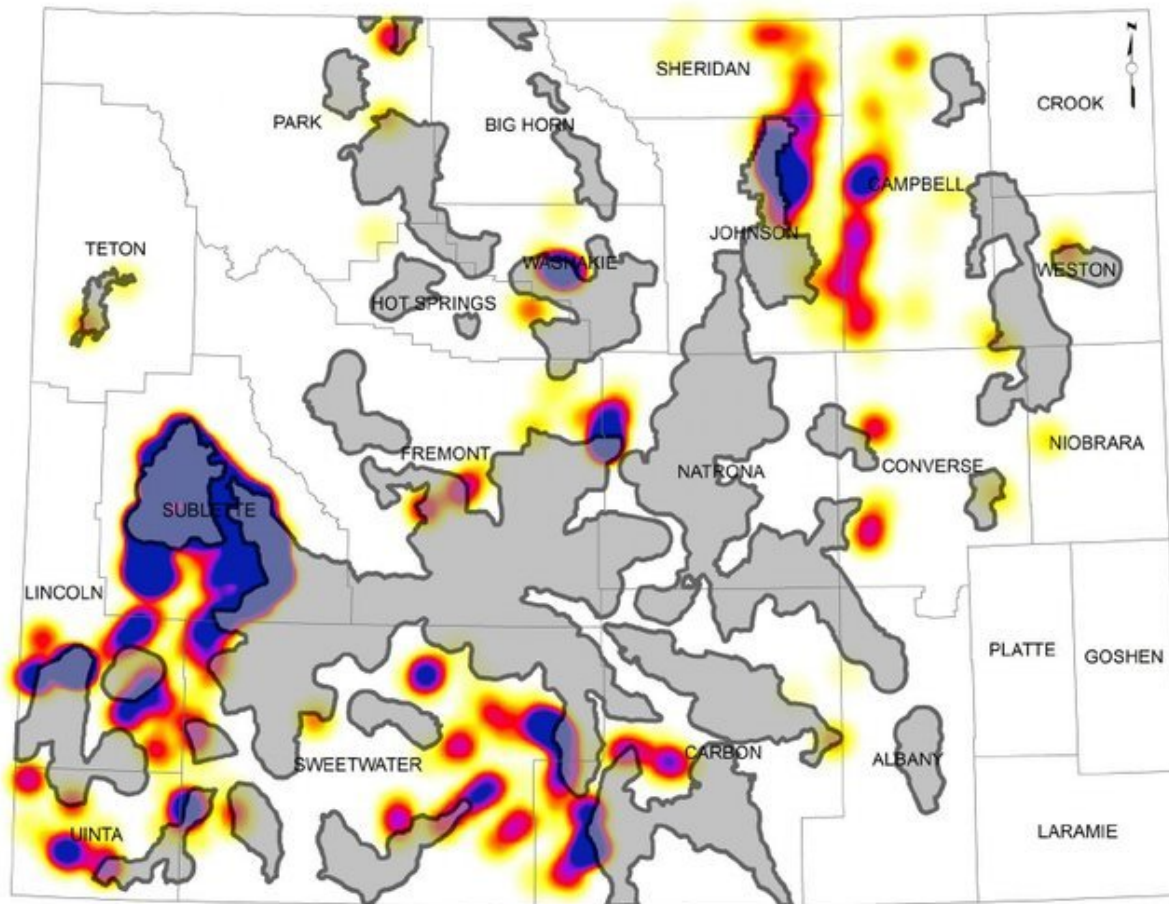


# Exercício 4

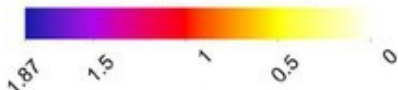
Fazer mapas com estimação de kernel e com kernel adaptativo para as áreas contaminadas do ABC

# Mapa de kernel ponderado

## Kernel ponderado da população de Wyoming



Population Weighted Density



Pontos com atributo quantitativo:

- Quantidade de eventos
- Intensidade de uma característica

Copeland, H.E., Pocewicz, A., Naugle, D.E., Griffiths, T., Keinath, D., Evans, J. and Platt, J., 2013. Measuring the effectiveness of conservation: a novel framework to quantify the benefits of sage-grouse conservation policy and easements in Wyoming. PLoS One, 8(6), p.e67261.

# Mapa de kernel ponderado

- Preparando os dados

```
pocos_vazao_sp <- as(pocos_vazao, "Spatial")  
pocos_vazao_ppp <- as(pocos_vazao_sp, "ppp")
```

- Rodando o algoritmo

```
pocos_densidade_vazao <-  
Smooth.ppp(pocos_vazao_ppp, sigma=bw.smoothppp)
```

**pontos com valores  
marcados**

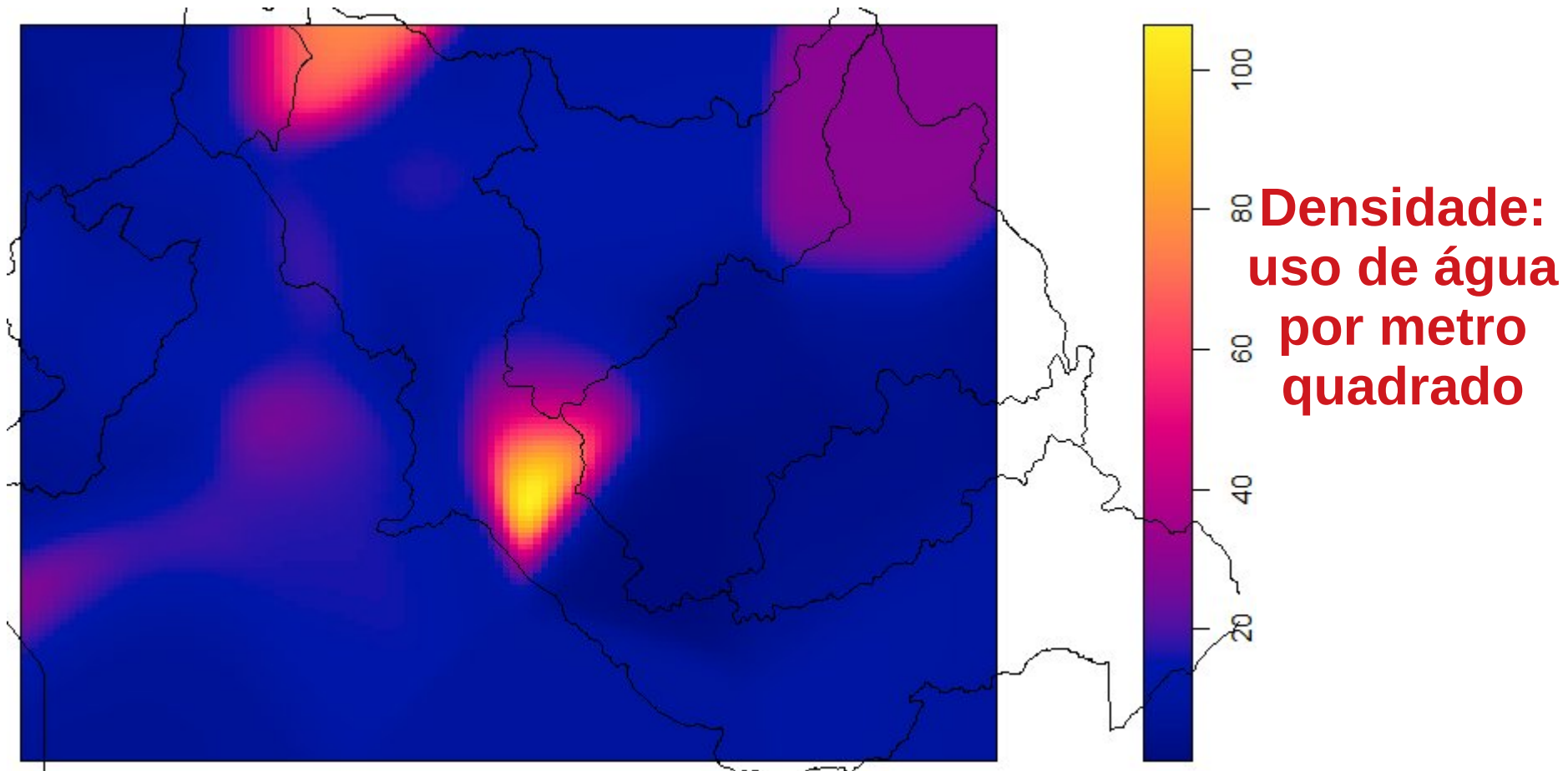
**Estimador ponderado  
por validação cruzada**



# Mapa de kernel ponderado

```
plot(pocos_densidade_vazao$vazao_esta)
```

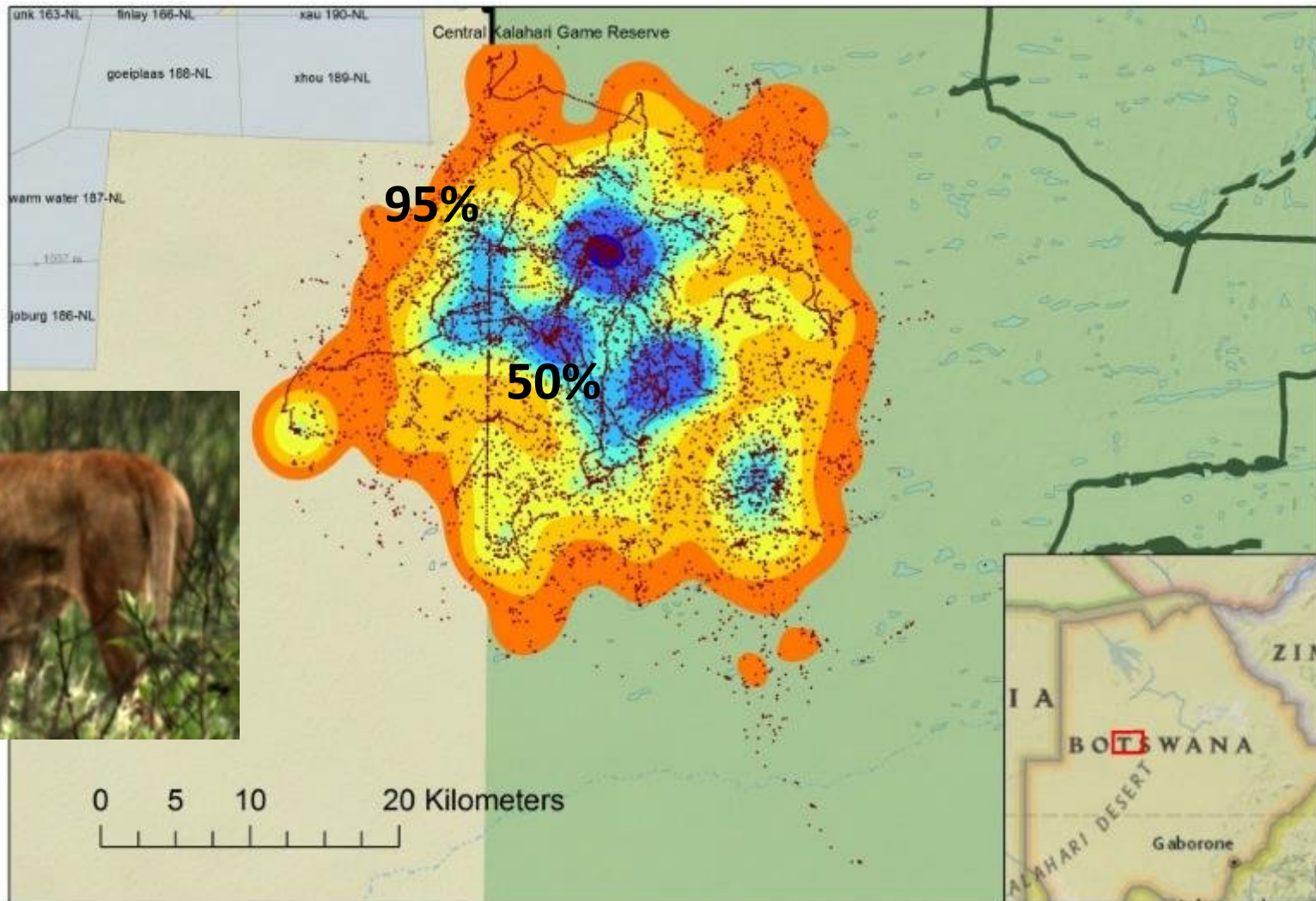
```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```





# Distribuição de Utilização

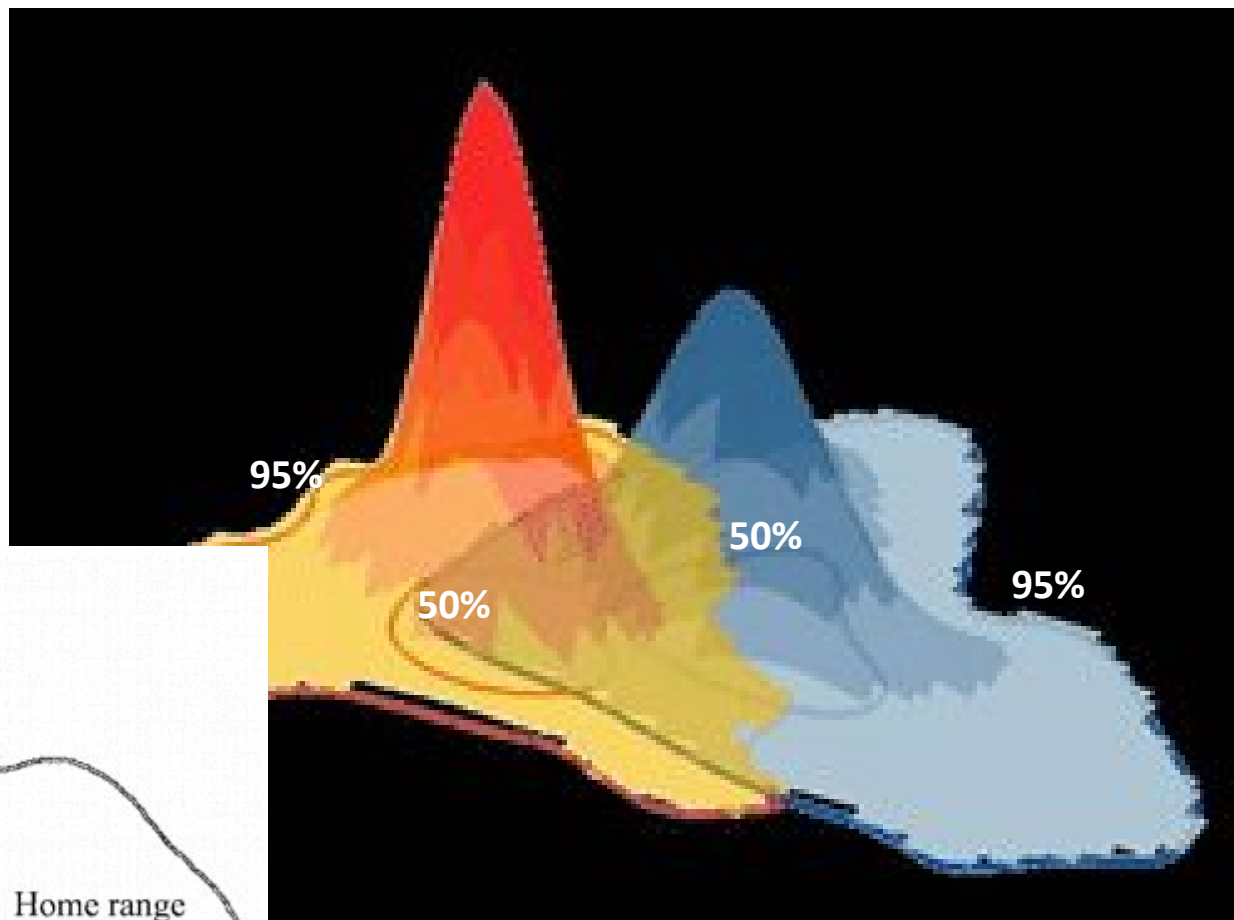
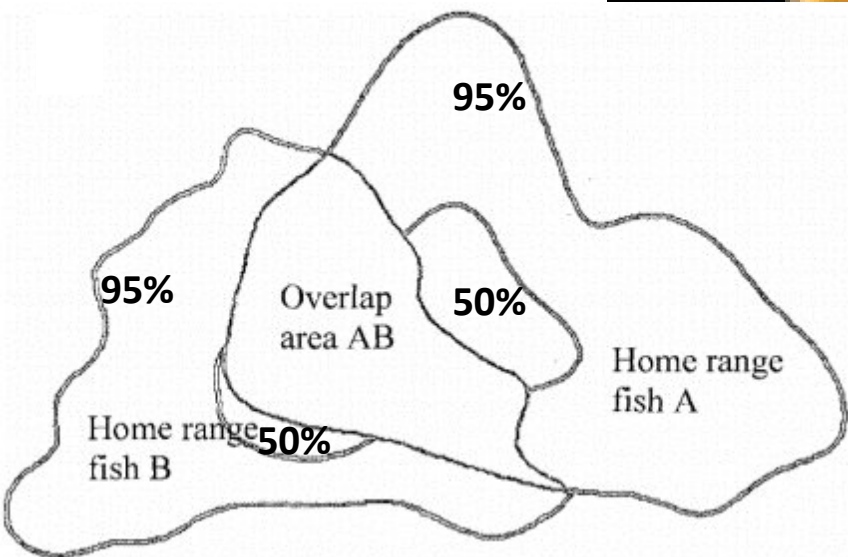
Área de  
Vida da  
Leoa Tata



# Distribuição de Utilização

Área de vida e territórios de espécimes e espécies de peixes

Recife de  
Coral Lover's Point,  
Monterey peninsula,  
Califórnia



FREIWALD, J. 2009. Causes and consequences of the movement of temperate reef fishes. PhD dissertation. University of California

# Distribuição de Utilização

```
install.packages("adehabitatHR")
```

```
library(adehabitatHR)
```

```
pocos_sp_limpo <- as(pocos_sp, "SpatialPoints")
```

```
pocos_ade <- kernelUD(pocos_sp_limpo, h=raio_otimo, grid=500)
```

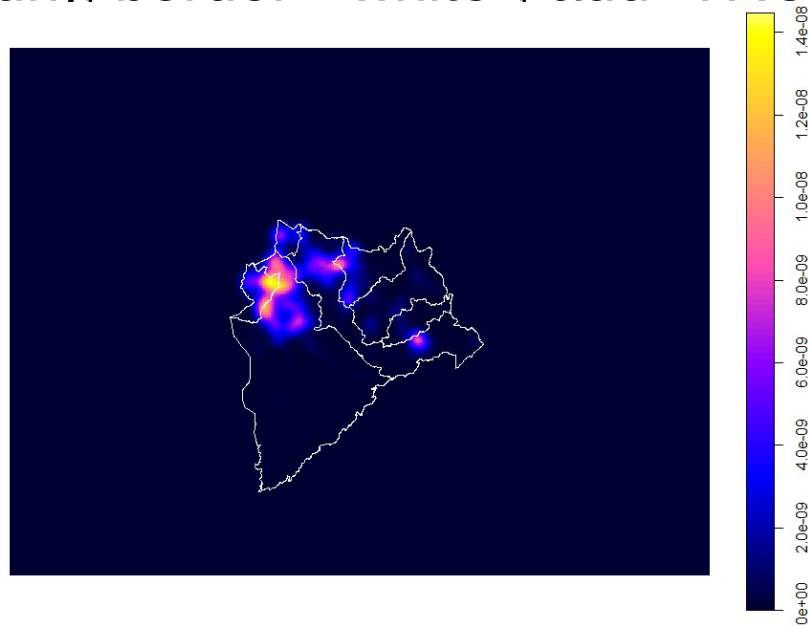
```
plot(pocos_ade)
```

```
plot(st_geometry(mun), border="white", add=TRUE)
```

**Retira os atributos do arquivo de pontos convertendo de SpatialPointsDataFrame para SpatialPoints**

**raio**

**resolucao**



# Distribuição de Utilização

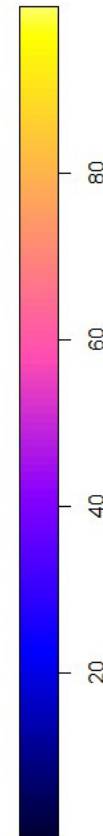
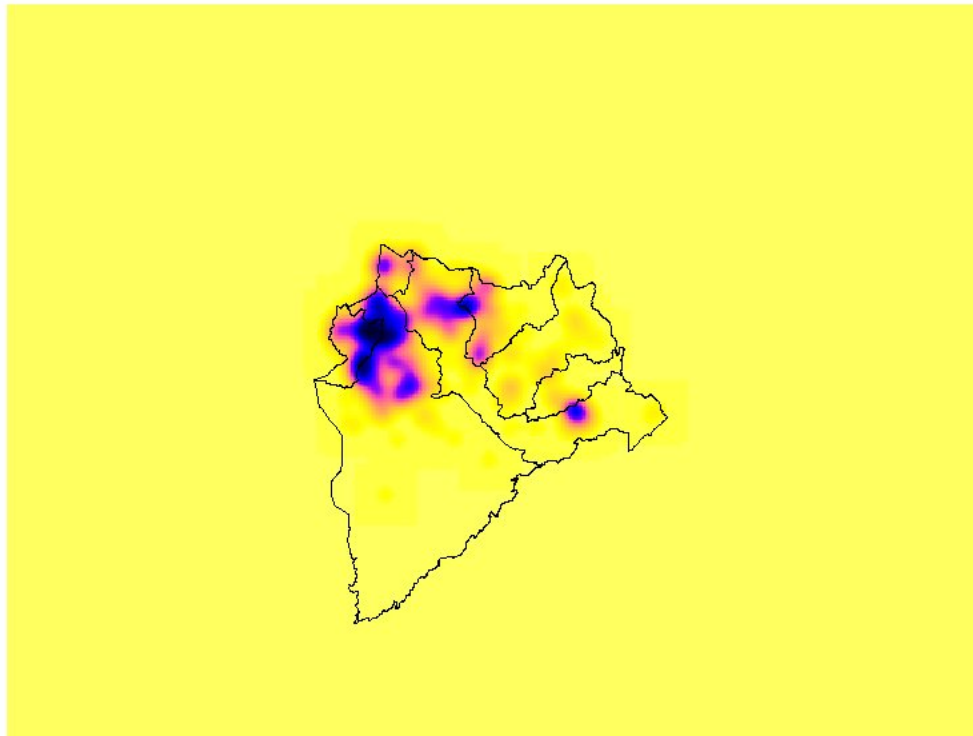
```
pocos_volume <- getvolumeUD(pocos_ade)
```

```
plot(pocos_volume)
```

```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```

```
pocos_volume_raster <- raster(pocos_volume)
```

**Exporta do formato do  
adehabitathR para o  
formato raster**



**Porcentagem  
de distribuição**

# Distribuição de Utilização

- Delimita as porcentagens de area

```
range75 <- getverticeshr(pocos_ade, percent = 75)
```

```
range50 <- getverticeshr(pocos_ade, percent = 50)
```

```
range25 <- getverticeshr(pocos_ade, percent = 25)
```

**Cria polígonos no formato sp**

# Distribuição de Utilização

- Visualiza o mapa

```
install.packages("tmap")
```

```
library(tmap)
```

```
tm_shape(mun) + tm_fill(col="gray95") + tm_borders(alpha=.8, col="black") +
```

```
tm_shape(pocos_sp_limpo) + tm_dots(col="blue") +
```

```
tm_shape(range75) +
```

```
tm_borders(alpha=.7, col="red4", lwd=2) + tm_fill(alpha=.1, col="red4") +
```

```
tm_add_legend(type="line", col="red4", lwd=2, labels="75%") +
```

```
tm_shape(range50) +
```

```
tm_borders(alpha=.7, col="red3", lwd=2) + tm_fill(alpha=.1, col="red3") +
```

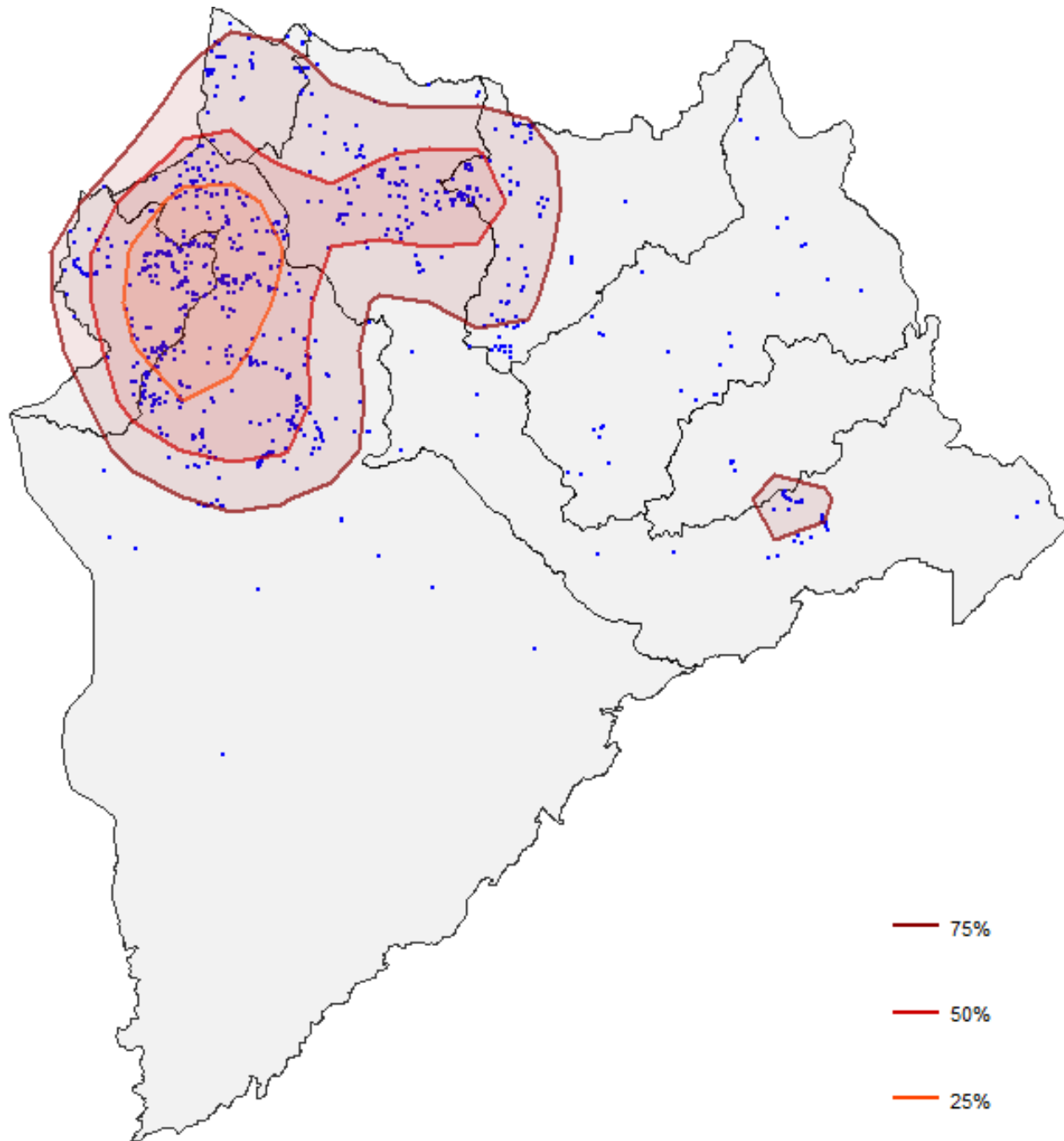
```
tm_add_legend(type="line", col="red3", lwd=2, labels="50%") +
```

```
tm_shape(range25) +
```

```
tm_borders(alpha=.7, col="orangered", lwd=2) + tm_fill(alpha=.1, col="orangered") +
```

```
tm_add_legend(type="line", col="orangered", lwd=2, labels="25%") +
```

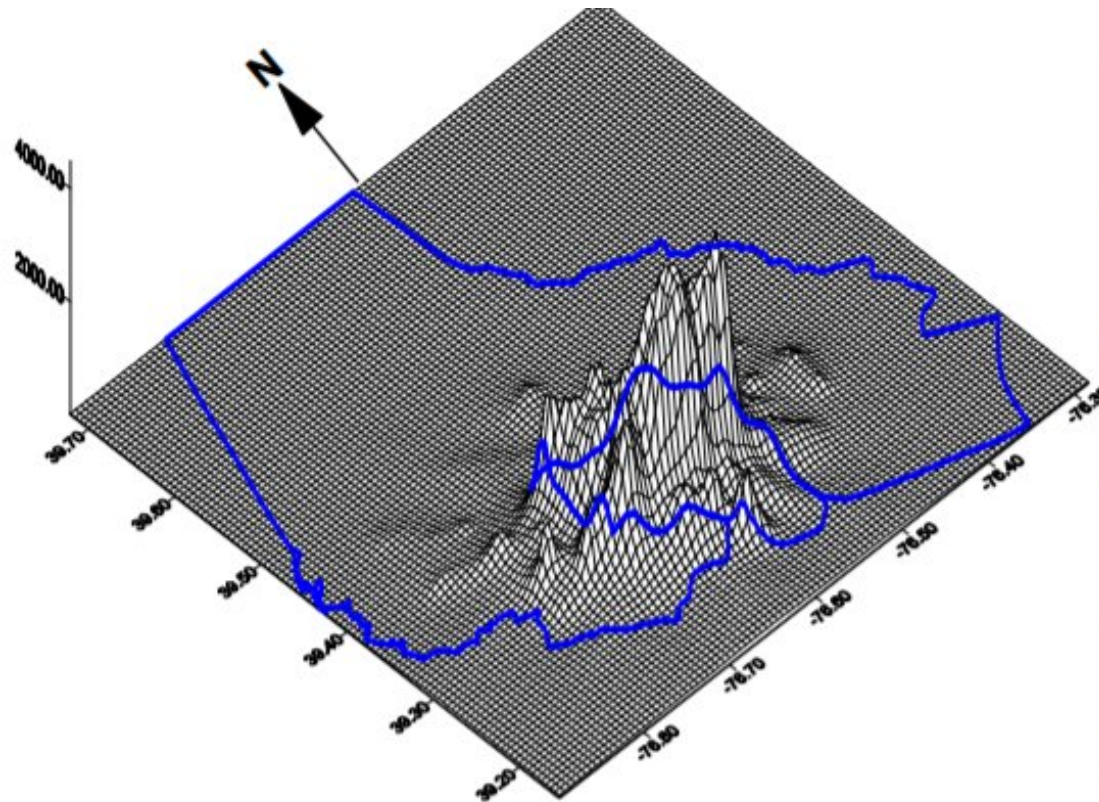
```
tm_layout(frame = FALSE)
```





# Mapas de Razão de Kernel

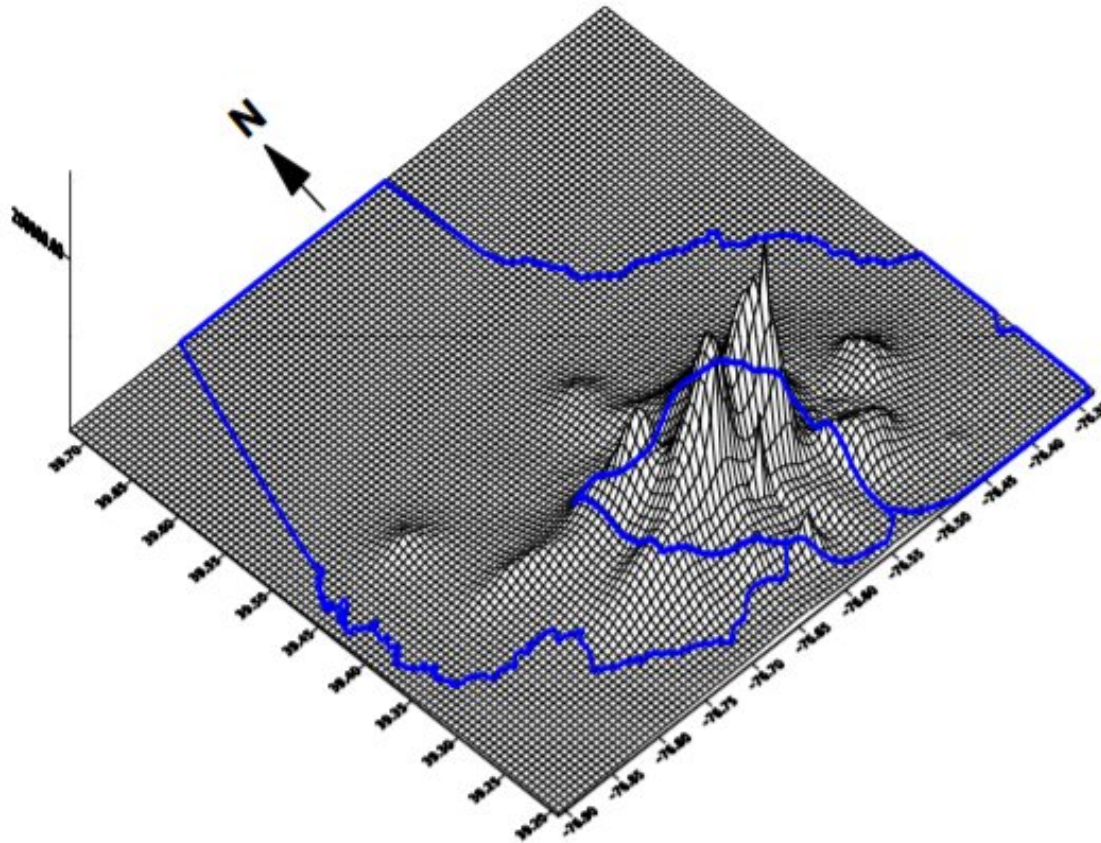
Assaltos a carros em Baltimore em 1996





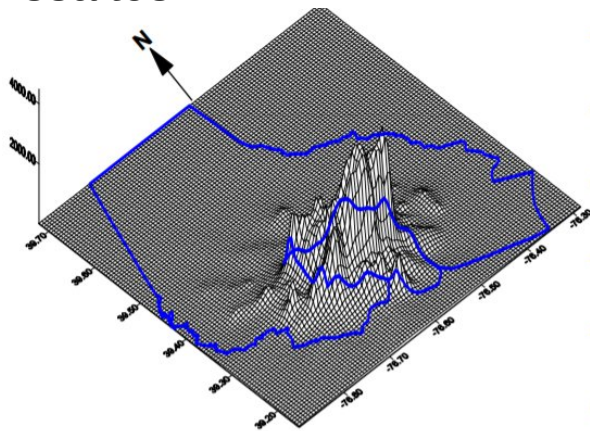
# Mapas de Razão de Kernel

População em Baltimore em 1990

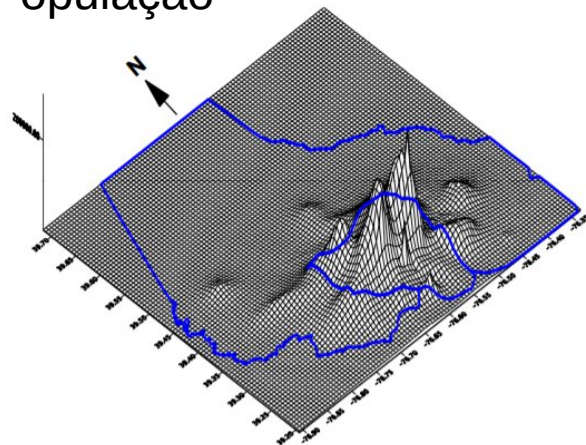


# Mapas de Razão de Kernel

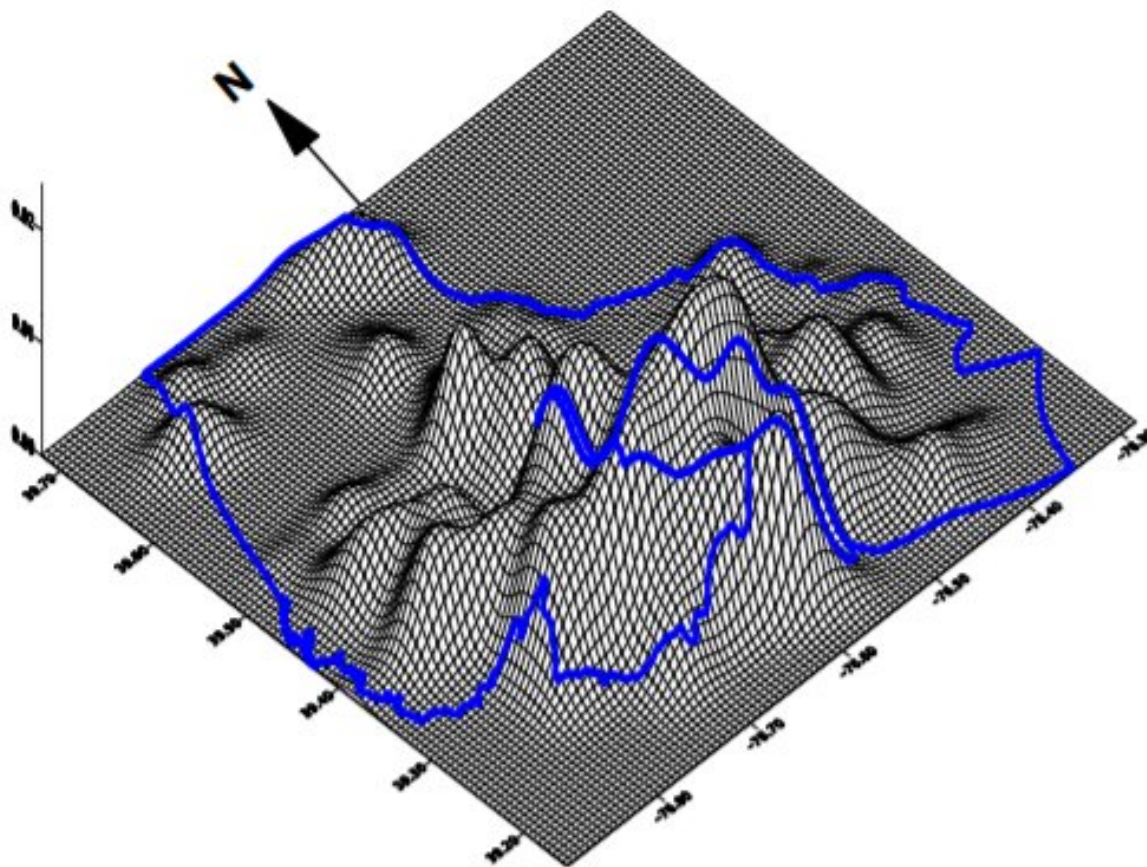
Assaltos



População



Razão entre Assaltos a Carro e População



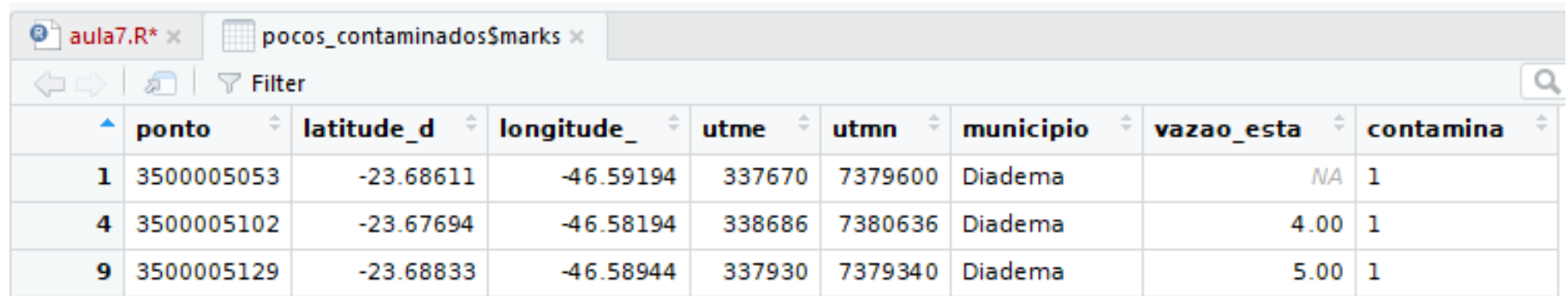
# Mapa de kernel

- Selecionar só os pocos com risco de contaminação

```
pocos_contaminados<-subset(pocos_ppp, pocos_ppp$marks$contamina == 1)
```

```
View(pocos_contaminados$marks)
```

**Poços a menos de 200 metros de áreas contaminadas**



The screenshot shows an RStudio interface with two tabs: 'aula7.R\*' and 'pocos\_contaminados\$marks'. The 'pocos\_contaminados\$marks' tab is active, displaying a data table with 9 columns: 'ponto', 'latitude\_d', 'longitude\_', 'utme', 'utm\_n', 'municipio', 'vazao\_esta', and 'contamina'. The table contains three rows of data, all from the municipality of Diadema. The 'contamina' column has values 1, 1, and 1 for the three rows respectively.

	ponto	latitude_d	longitude_	utme	utm_n	municipio	vazao_esta	contamina
1	3500005053	-23.68611	-46.59194	337670	7379600	Diadema	NA	1
4	3500005102	-23.67694	-46.58194	338686	7380636	Diadema	4.00	1
9	3500005129	-23.68833	-46.58944	337930	7379340	Diadema	5.00	1

- Atribui área mapeada igual a do arquivo original

```
Window(pocos_contaminados) <- Window(pocos_ppp)
```

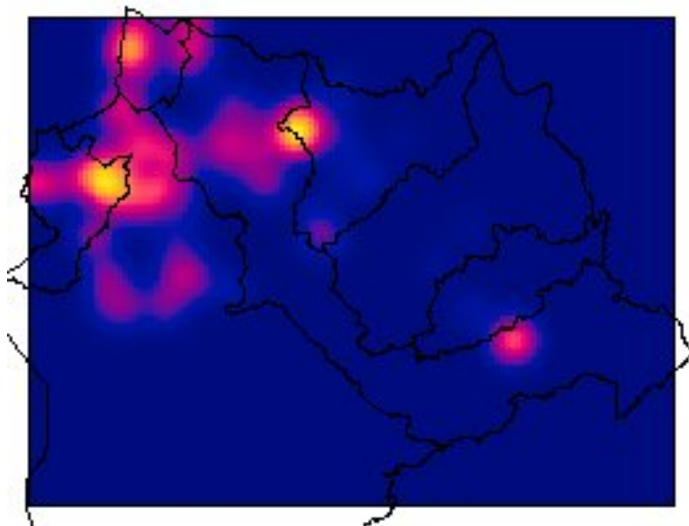
- Faz a densidade de kernel usando o mesmo raio do mapa de poços total

```
pocos_kernel_contaminados <- density(pocos_contaminados, sigma=raio_otimo)
```

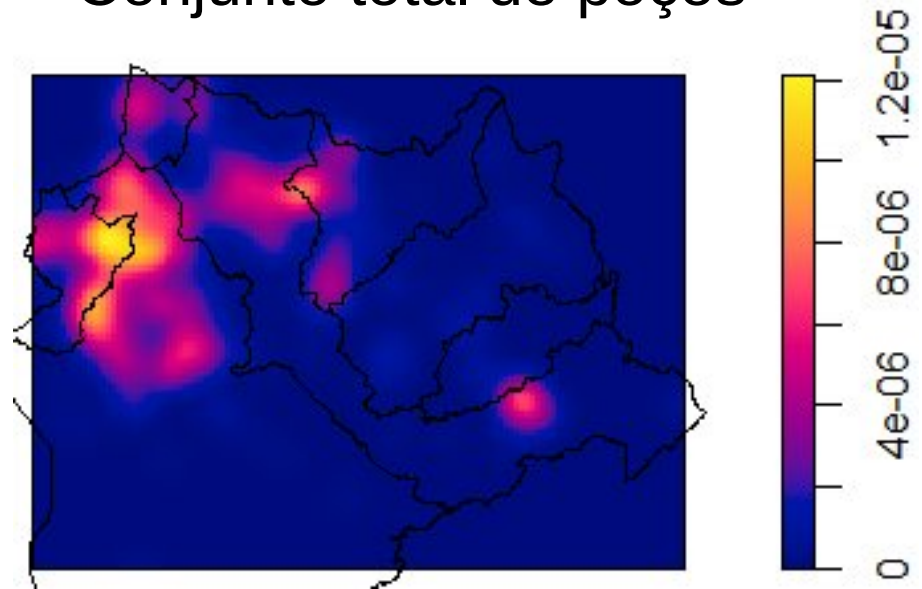
# Mapa de razão de kernel

```
par(mfrow=c(1,2))  
plot(pocos_kernel_contaminados)  
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)  
plot(pocos_kernel$estimate)  
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)  
par(mfrow=c(1,1))
```

Poços com risco de  
contaminação



Conjunto total de poços





# Mapa de razão de kernel

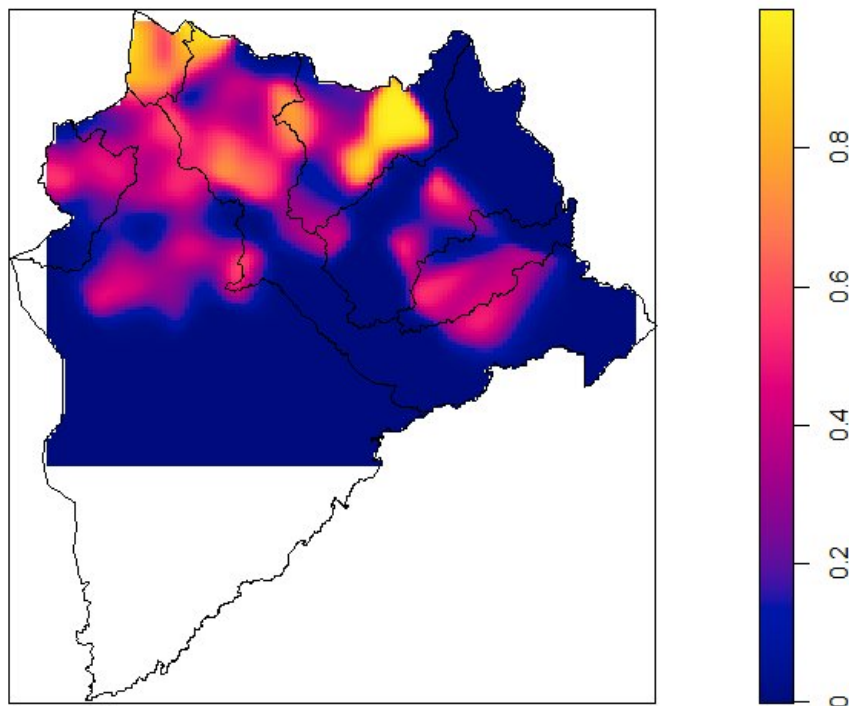
```
razao_kernel <- pocos_kernel_contaminados / pocos_kernel$estimate
```

```
mun_sp <- as(mun,"Spatial") Converte os polígonos de municípios para sp
```

```
mun_owin <- as.owin(mun_sp) Converte de sp para janela do formato ppp
```

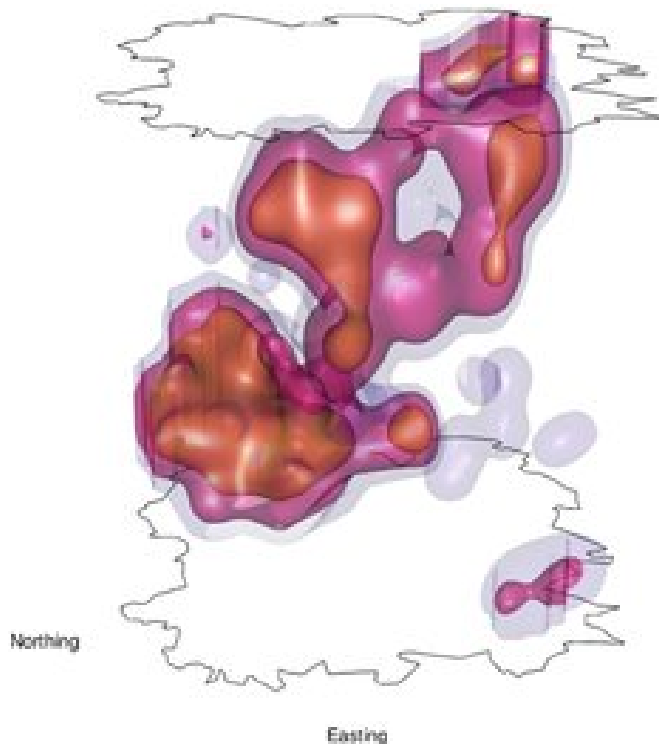
```
plot(razao_kernel, clipwin=mun_owin) Visualiza na janela
```

```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```



# Pacote sparr

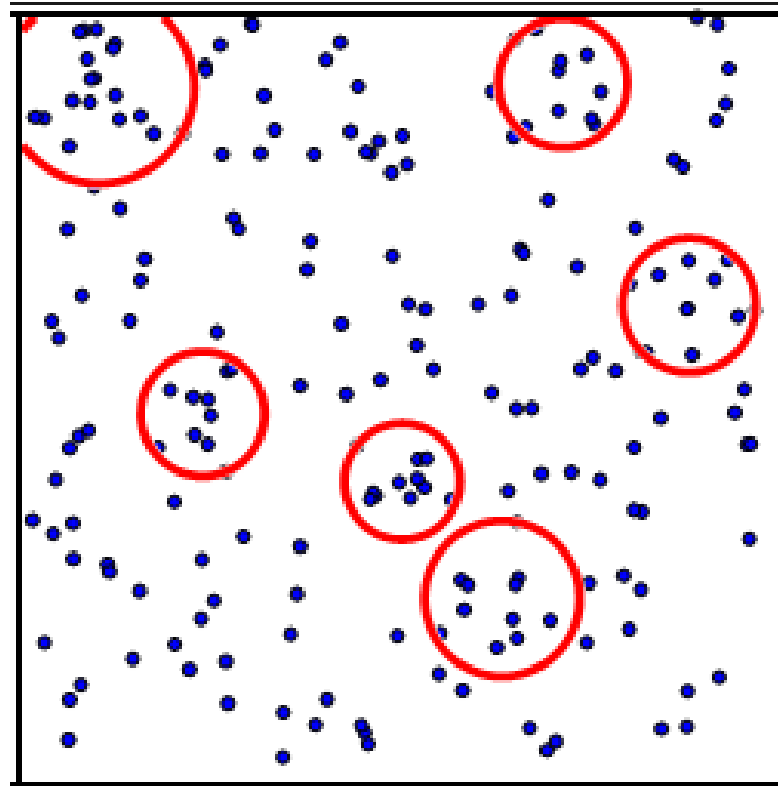
- Kernel adaptativo ponderado
- Análise de risco por razão de kernel
- Kernel 3D (espaço-temporal)



Davies, T.M., Marshall, J.C. and Hazelton, M.L., 2018. Tutorial on kernel estimation of continuous spatial and spatiotemporal relative risk. *Statistics in medicine*, 37(7), pp.1191-1221.

# Teste espacial Scan

- Teste estatístico se os pontos dentro do kernel são mais agrupados lá dentro se comparado com o padrão de pontos gerados aleatoriamente



Kulldorff, M. (1997) A spatial scan statistic. Communications in Statistics — Theory and Methods 26, 1481–1496

Yiqun Xie and Shashi Shekhar. A Nondeterministic Normalization based Scan Statistic (NN-scan) towards Robust Hotspot Detection: A Sumamry of Results. Accepted at: SIAM International Conference on Data Mining (SDM'19), Calgary, Canada, May. 2019

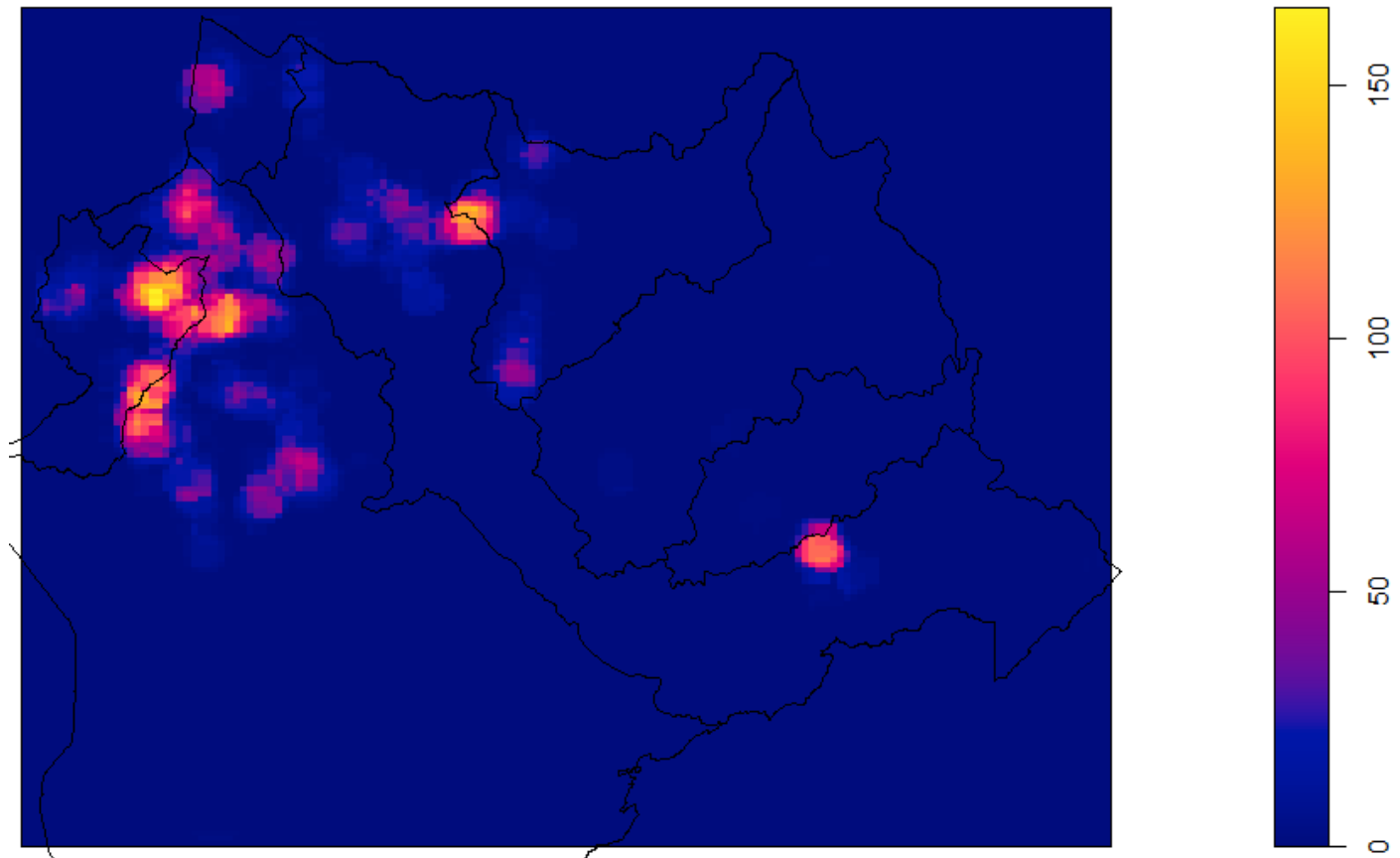
# Mapa de agrupamento SCAN

```
pocos_cluster <- scanLRTS(pocos_ppp, r=bw.ppl(pocos_ppp))
```

Otimização do raio

```
plot(pocos_cluster)
```

```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```





# Exercício 5

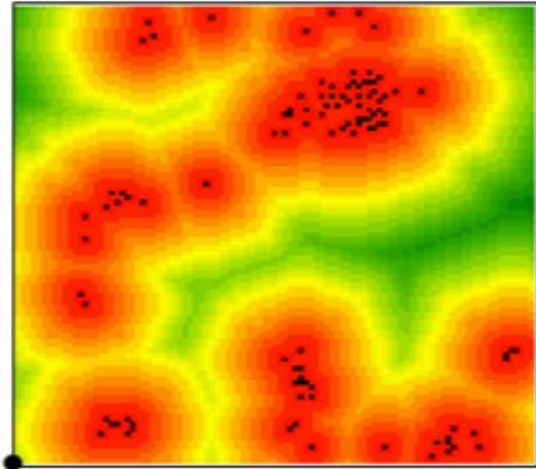
- Faça um mapa de agrupamento Scan das áreas contaminadas do ABC

# Conteúdo

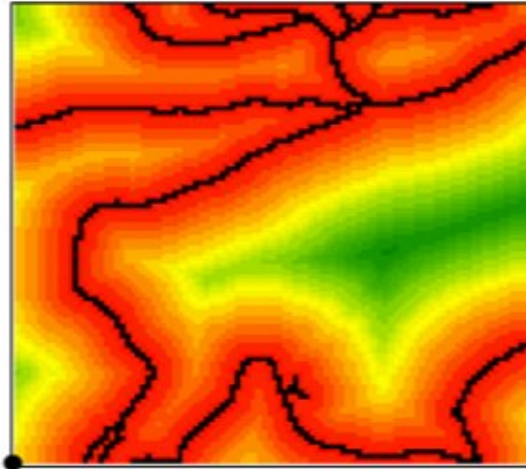
- Centro médio e distância padrão
- Análise de agrupamento
- Mapas de kernel
- **Mapas de proximidade**
- Interpolação

# Mapas de Proximidade

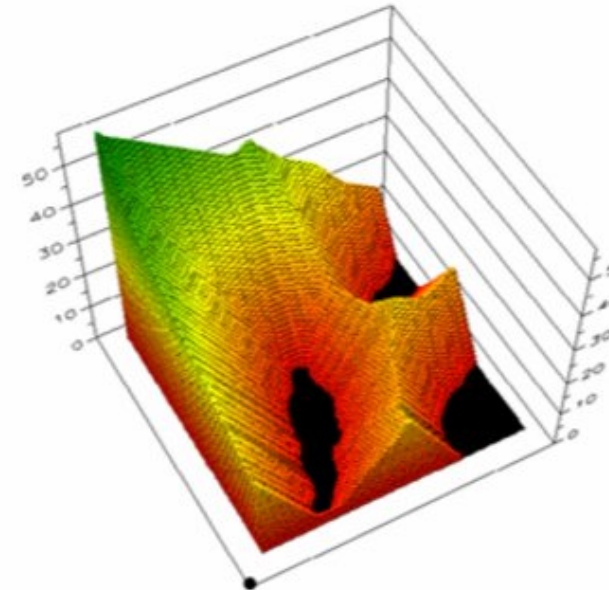
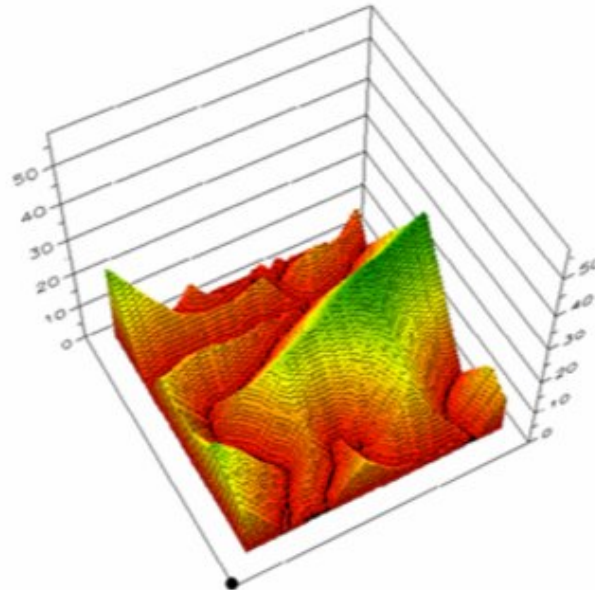
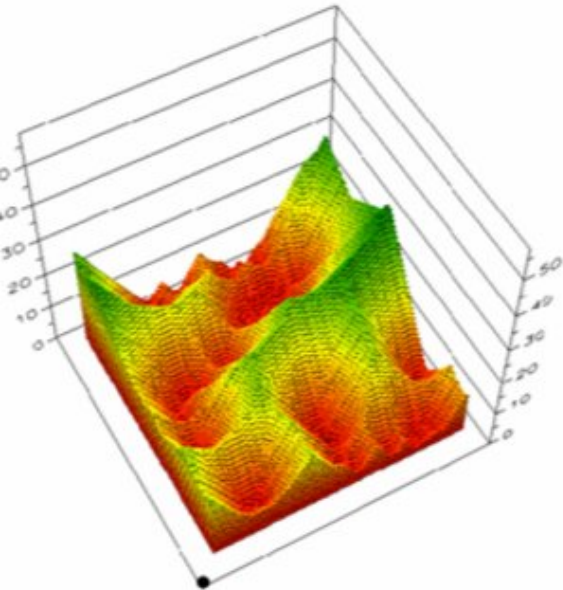
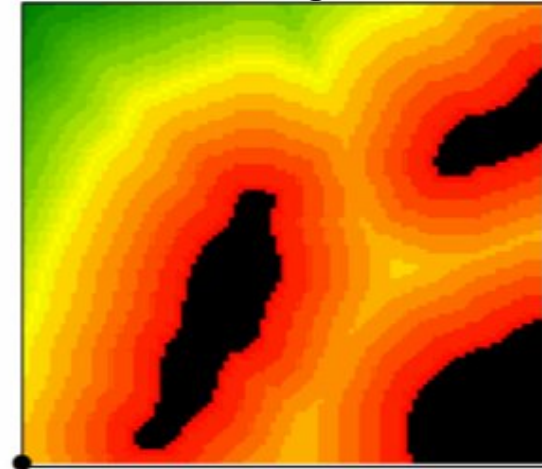
Pontos



Linhas

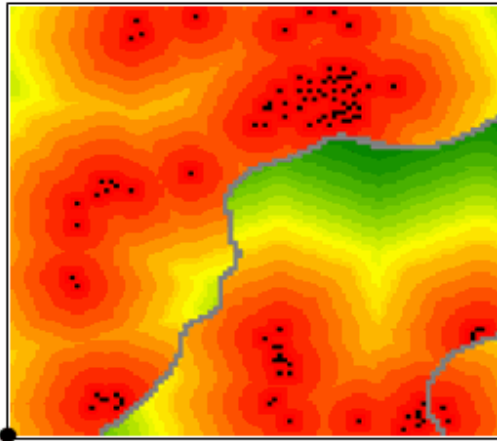


Polígonos

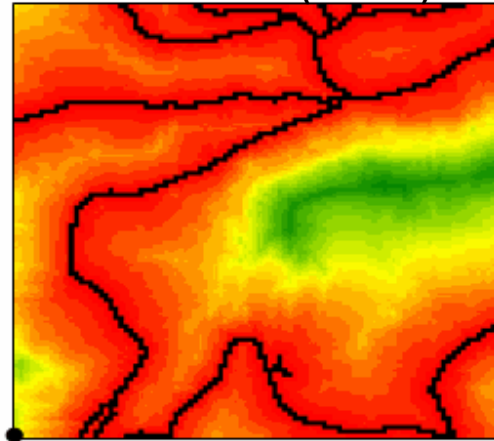


# Mapas de Proximidade

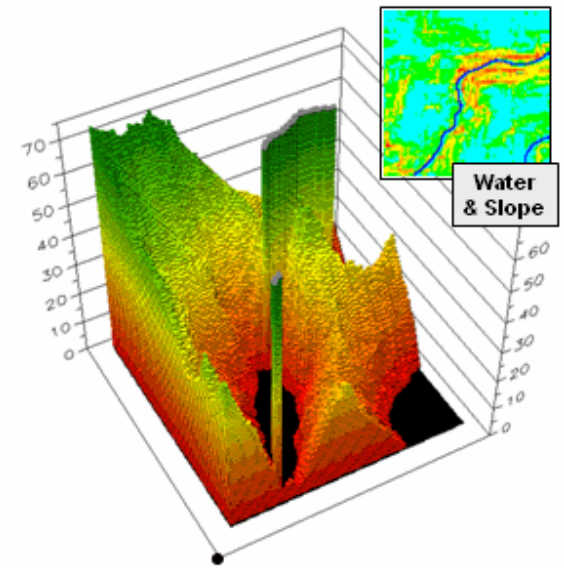
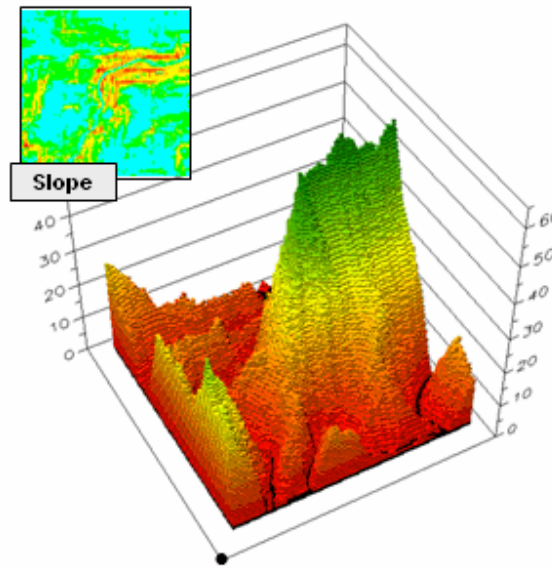
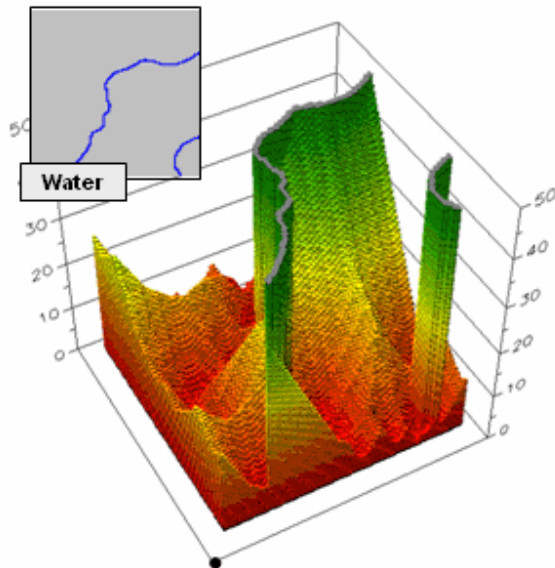
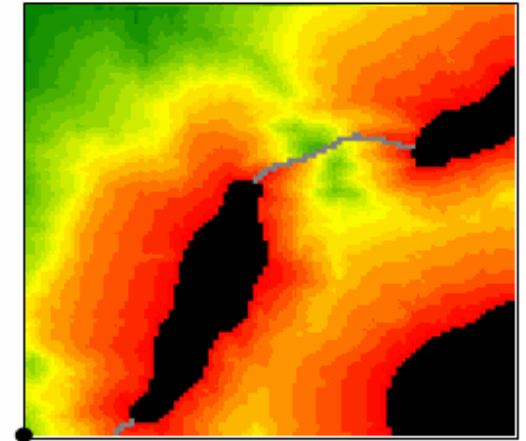
Proximidade com  
Barreiras Absolutas



Proximidade com Barreiras  
Relativas (atrito)



Proximidade com Barreiras  
Relativas e Absolutas

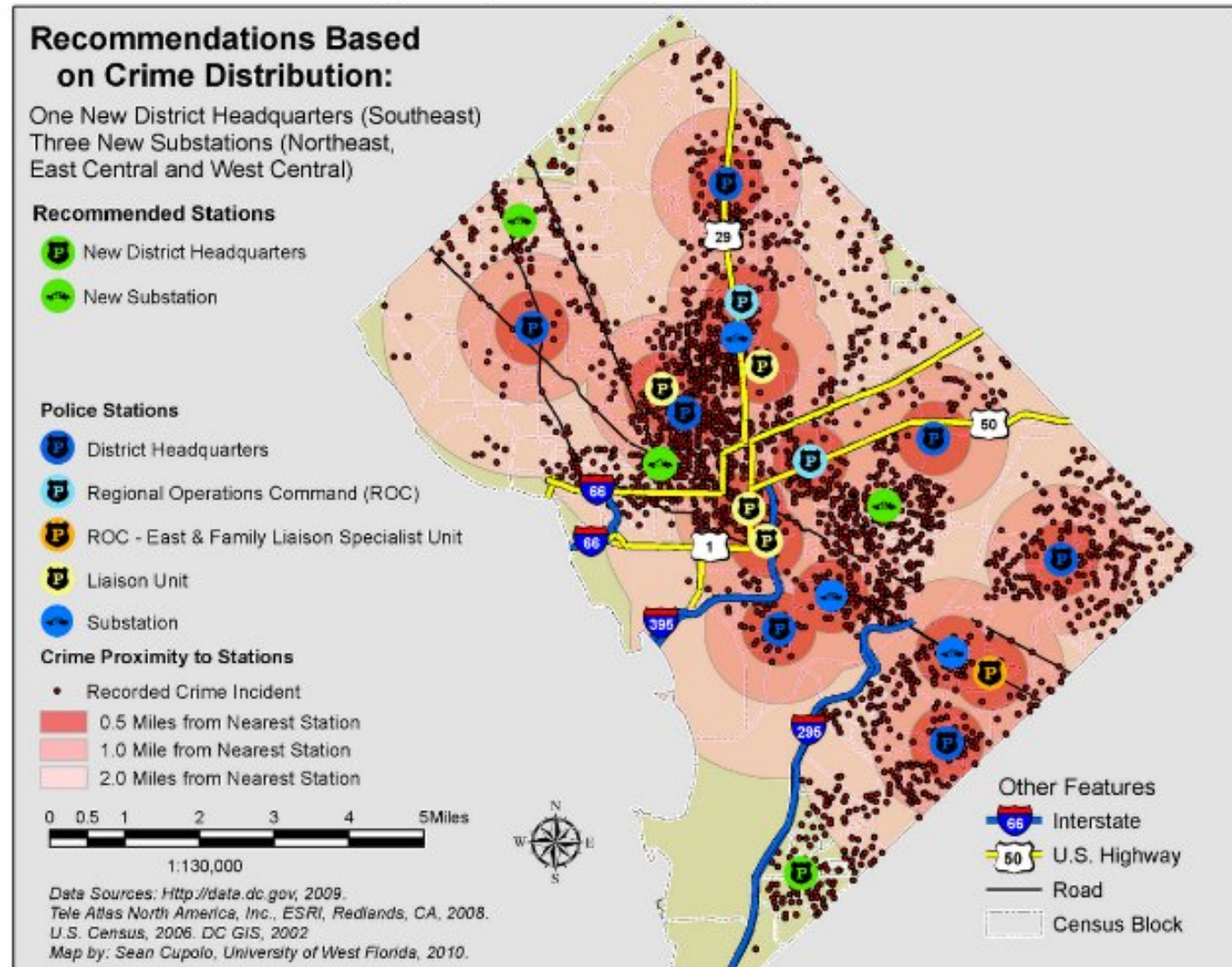




# Mapa de Proximidade

Distância a  
serviços urbanos

Crime Proximity to Existing Stations  
Washington, D.C., August 2009



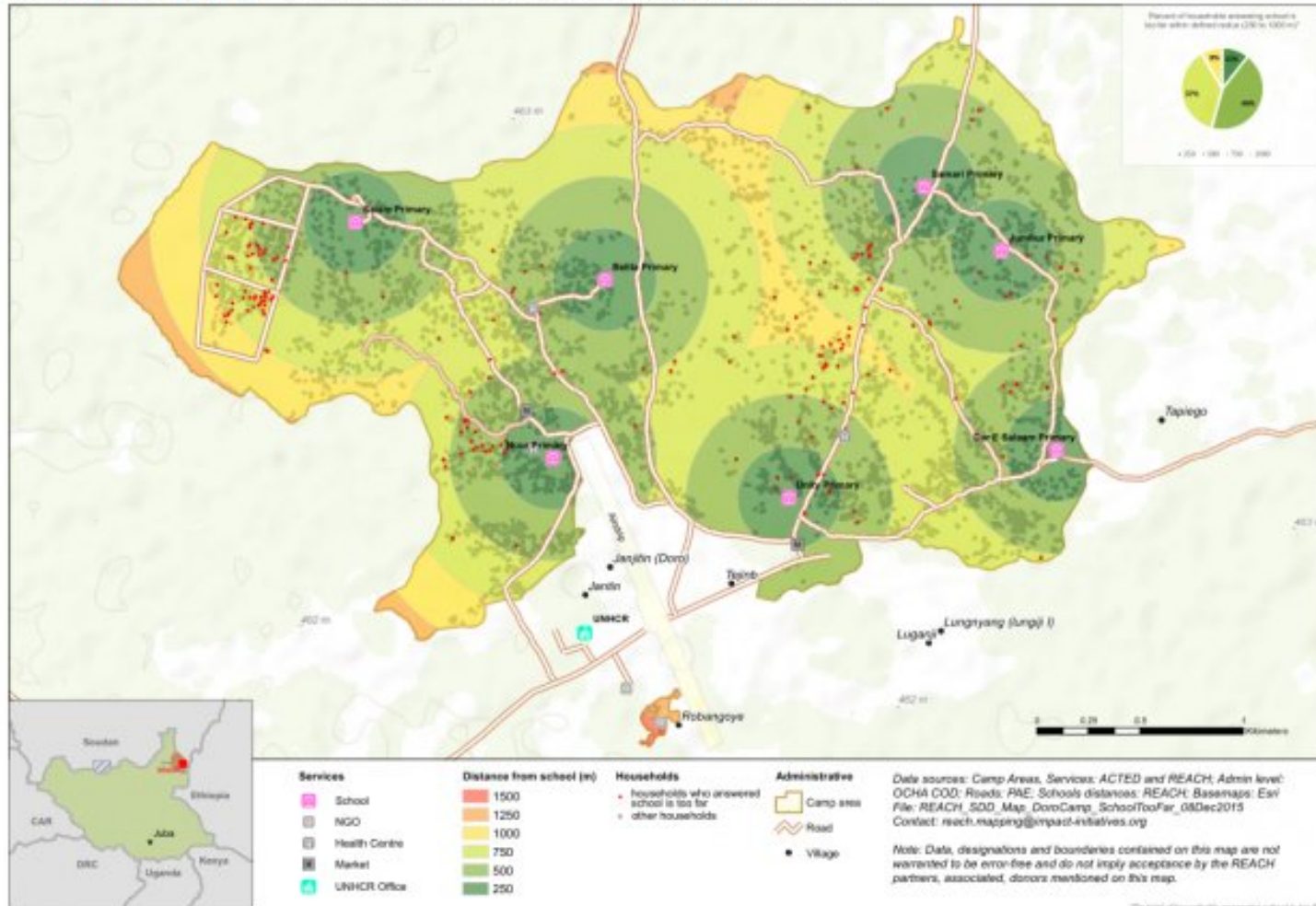
# Mapa de Proximidade

## Distância a escolas



Maban County, Upper Nile State, South Sudan  
Doro Camp, Distance from School, December 2015

For Humanitarian Relief Purposes Only  
Production date: 31 January 2016



# Mapas de Proximidade

## Modelagem de mudanças no uso do solo

Distância da Mancha Urbana



Distância da Malha Viária





# Mapa de Proximidade ou de Kernel?

## ➤ Visualmente semelhantes

- Distância e densidade estão inversamente relacionadas
- Ambas são adequados para análise exploratória

## ➤ Diferenças:

Mapa de Kernel	Mapa de Proximidade
Foco em densidade (ocorrência/km <sup>2</sup> )	Foco em distância (km <sup>2</sup> )
Mais flexibilidade (ajuste de kernel e raio)	Mais simples (menos suposições sobre o fenômeno)
Pode ser calibrada para previsões	Pode ser ajustada para atrito



# Mapa de distâncias

- Alterando a extensão do mapa para todo o ABC

```
pocos_ppp_abc <- pocos_ppp
```

```
Window(pocos_ppp_abc) <- mun_owin
```

- Algoritmo de mapa de proximidade

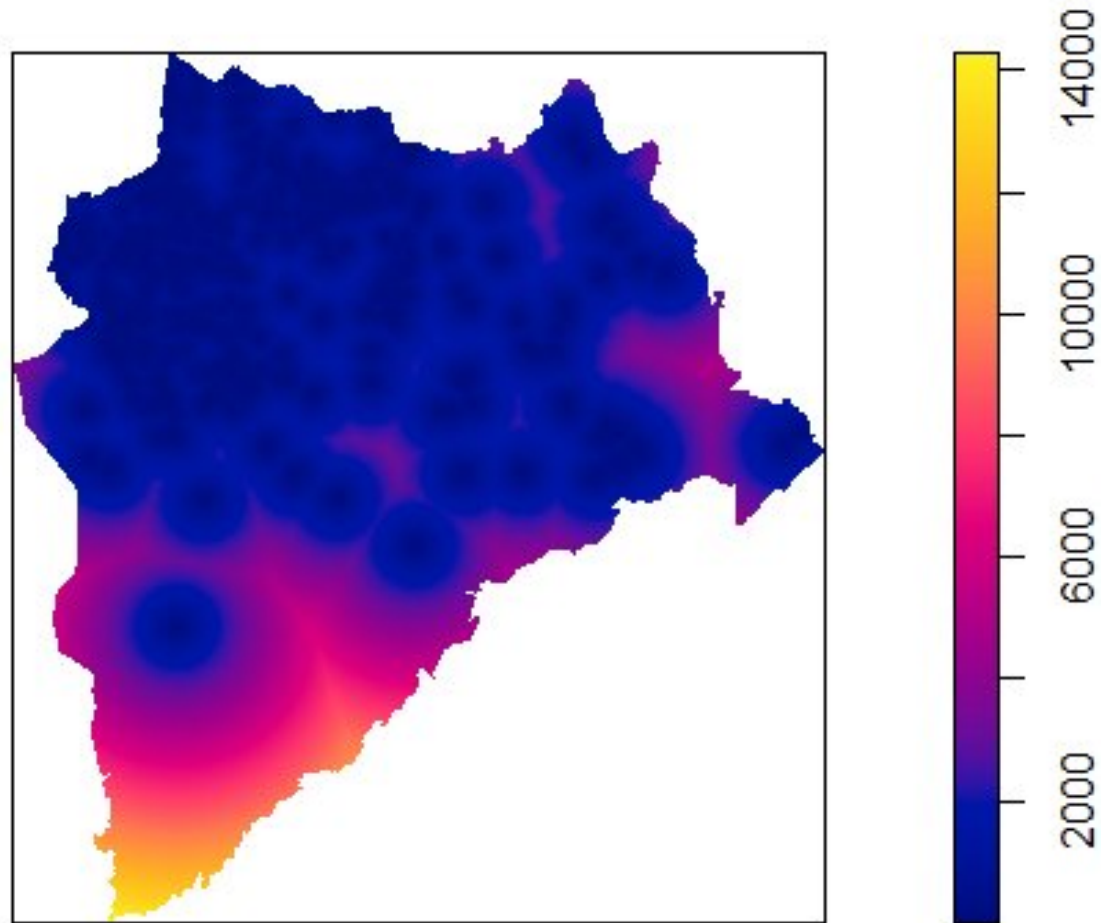
```
distancia_pocos <- distmap(pocos_ppp_abc, eps=30)
```

**Resolução de  
pixel, em  
metros**

# Mapa de distâncias

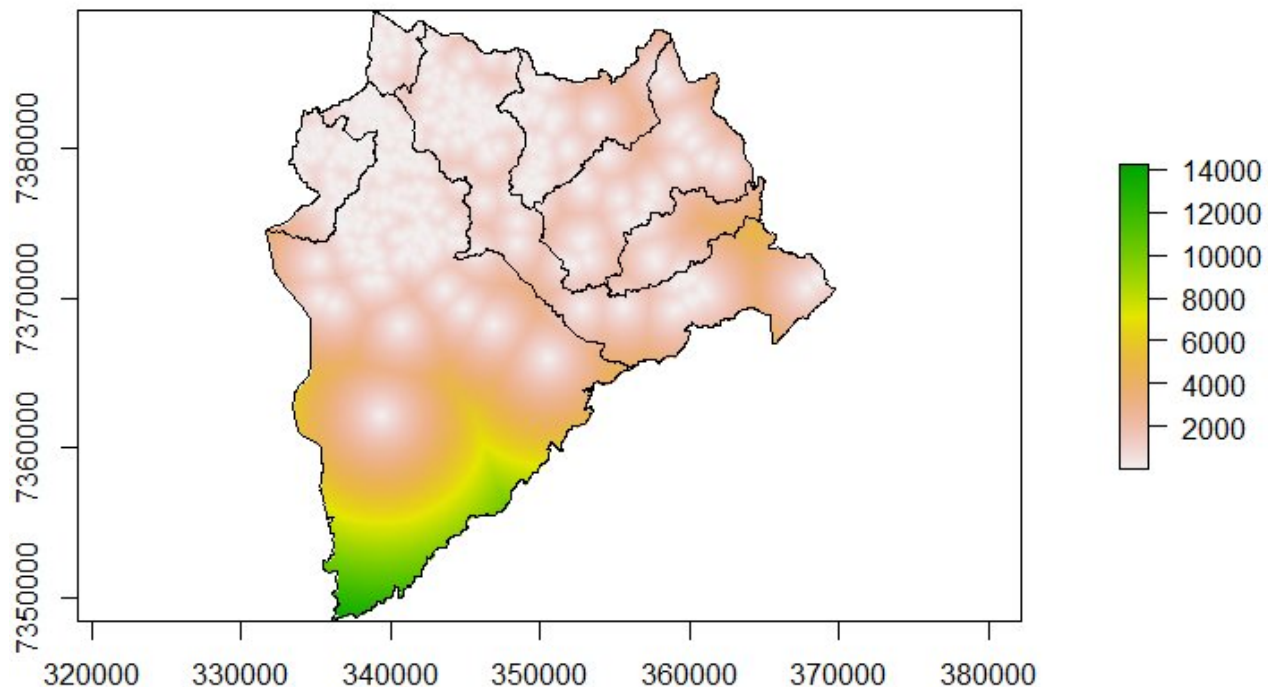
```
plot(distancia_pocos)
```

```
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)
```



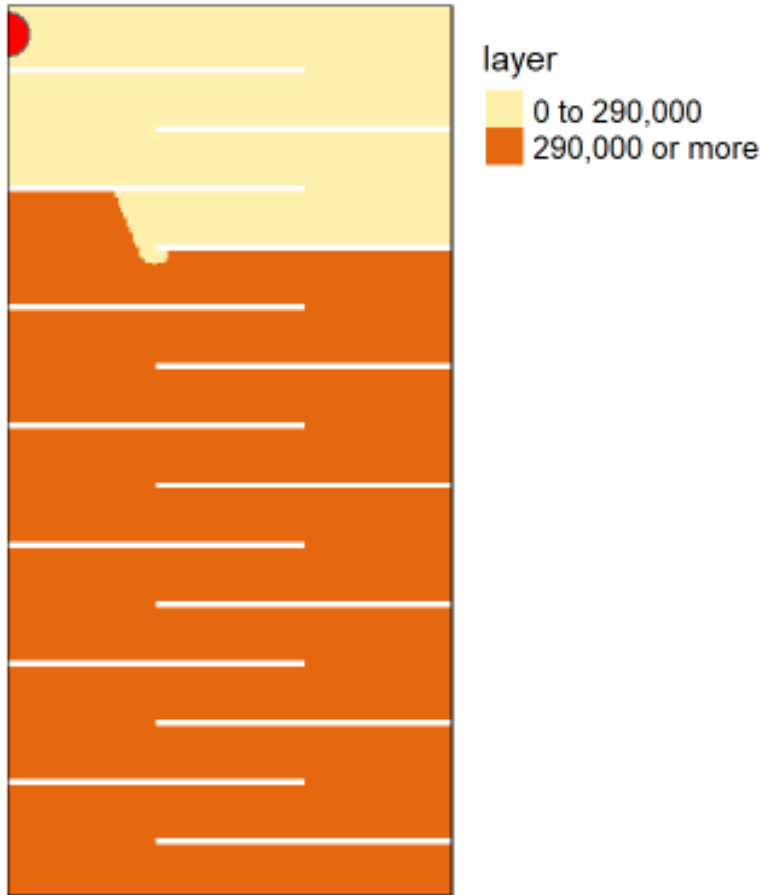
# Convertendo o raster de ppp para outros formatos

```
distancia_pocos_sgdf <- as(distancia_pocos, "SpatialGridDataFrame")  
pocos_distancia_raster <- raster(distancia_pocos_sgdf)  
plot(pocos_distancia_raster)  
plot(st_geometry(mun), add=TRUE)  
writeRaster(pocos_distancia_raster,"pocos_distancia_raster.tif")
```

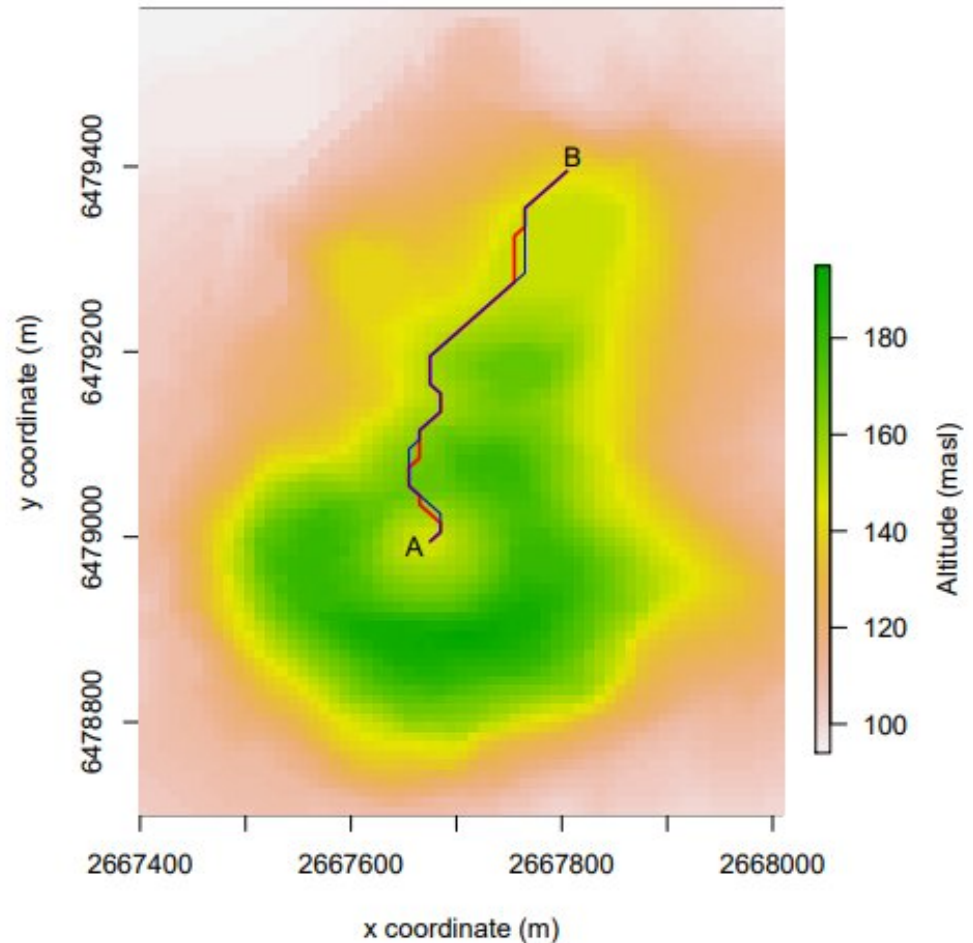


# Pacote gdistance

Distância com  
barreiras / atrito



Caminho mais curto



# Exercício 6

- Faça um mapa de distância das áreas contaminadas do ABC, na extensão dos municípios

# Obrigado!

**Ângela Terumi Fushita**  
**Vitor Vieira Vasconcelos**