

Mestrado em Sistemas e Computação

Grupo de Aplicações e Análises Geoespaciais (Ganges)

Análise de Dados Espaciais

Jorge Campos
(jorge@unifacs.br)

Informação Geográfica

Quase tudo que acontece, acontece em algum lugar e como consequência pode impactar lugares próximos, distantes ou até mesmo o mundo inteiro.

Informação Geográfica é uma classe especial de informação que representa não somente eventos, atividades e coisas, mas onde e quando estes eventos, atividades e coisas acontecem ou existem.

Informação Geográfica é Ubíqua

- Planejadores da área de saúde decidem onde colocar um novo hospital;
 - Gerente de frotas decidem a rota dos veículos;
 - Engenheiros decidem a localização de uma nova rodovia;
 - Demógrafos avaliam e recomendam a localização de um novo negócio;
 - Turistas requisitam informações sobre um determinado local;
 - Fazendeiros decidem onde e quanto irão utilizar fertilizantes e pesticidas em suas propriedades;
 - ...
-

Ganges

O Grupo de Aplicações e Análise Geoespaciais (GANGES) objetiva o estudo da teoria e prática ligadas ao desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas.

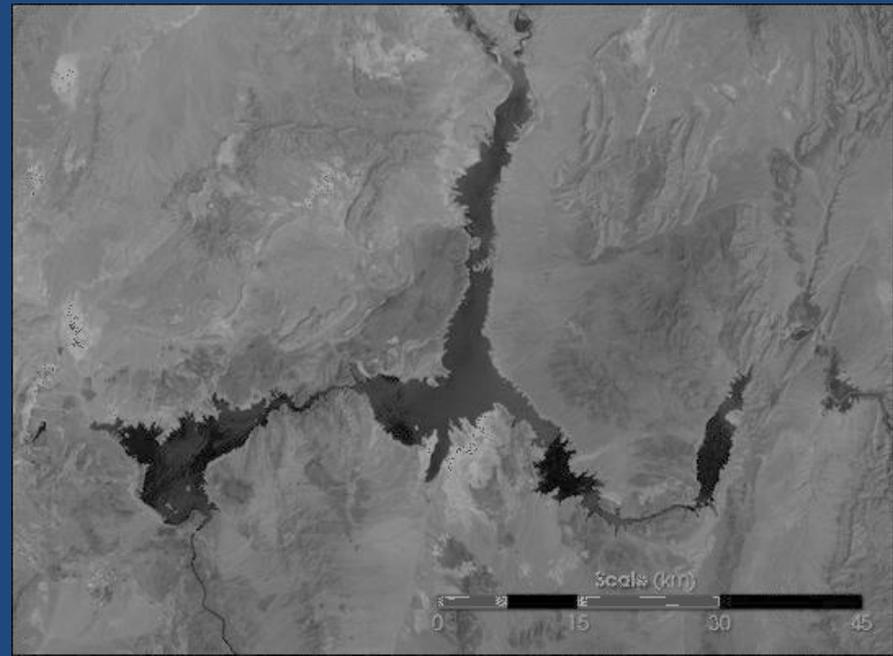
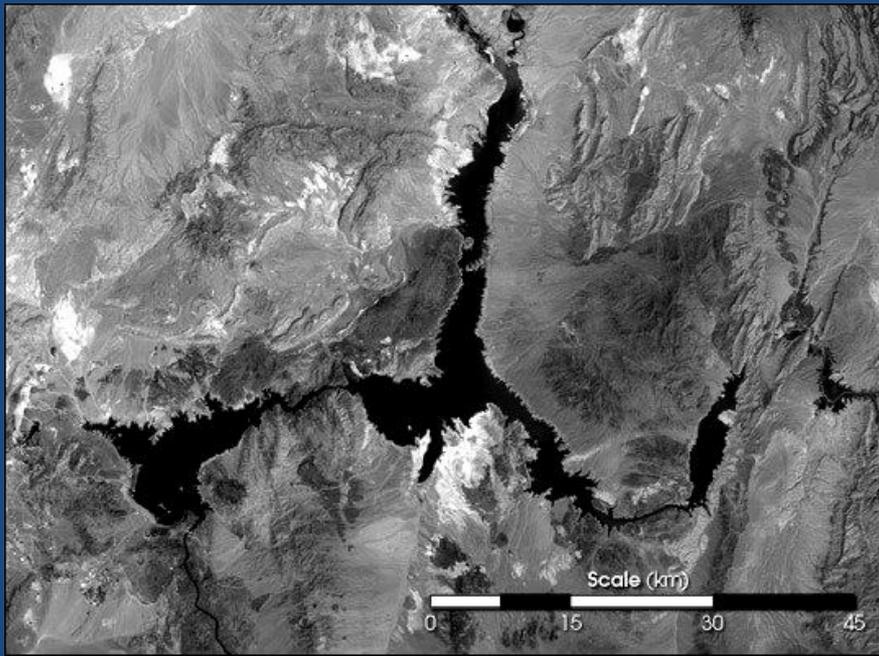
Os temas de interesse do grupo são:

- A modelagem, análise e visualização de informações geográficas dinâmicas;
 - Serviços Baseados na Localização (LBS);
 - Crowdsourcing;
 - Georeferenciamento de vídeo.
-

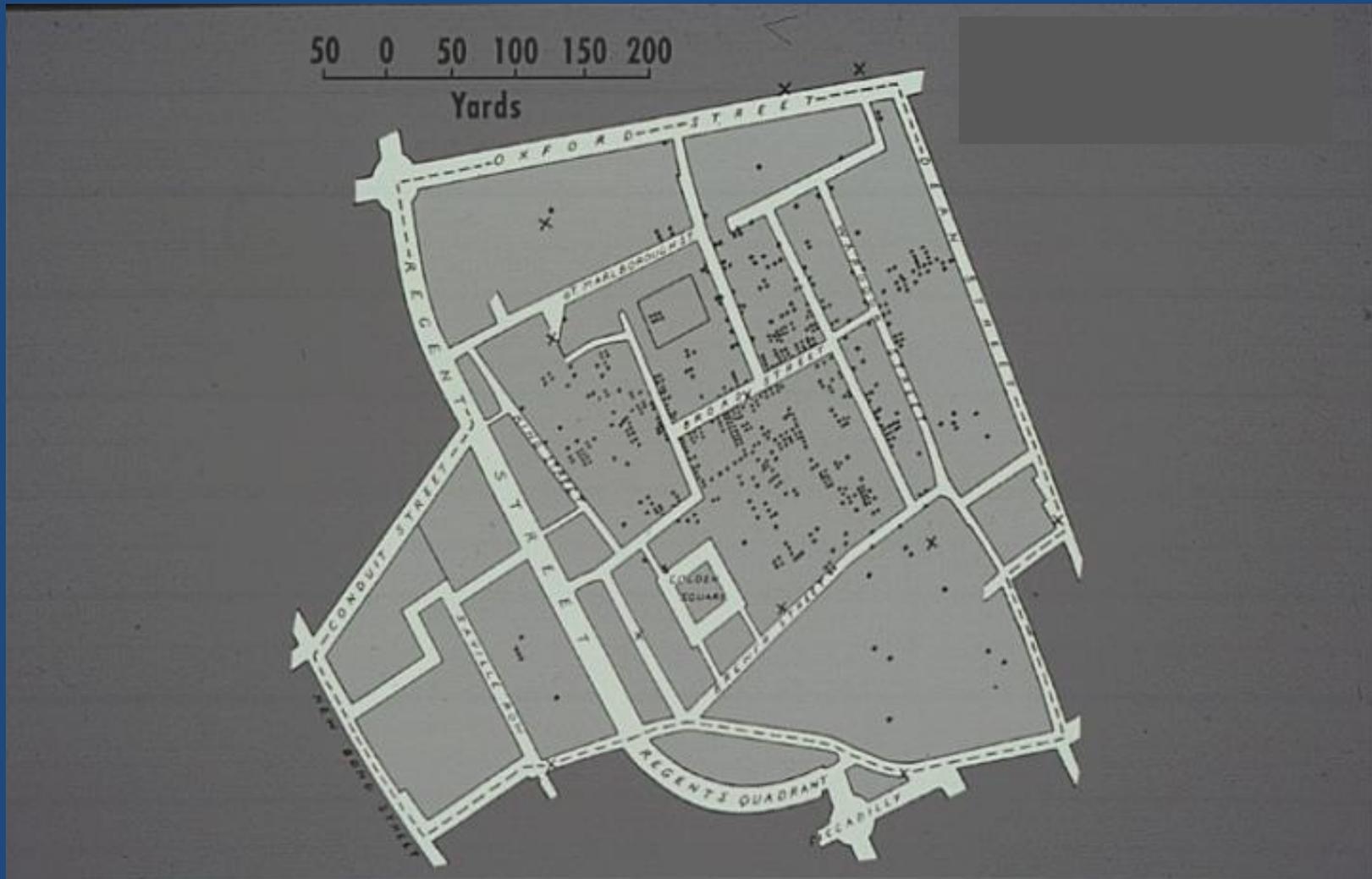
Análise Espacial

Inclui todas as observações, transformações, manipulações e métodos que podem ser aplicados a dados geográficos para agregar valor, suportar decisões e revelar padrões e anomalias que não são facilmente detectados.

Qual a região do lago mais profunda?



Exemplo de uma Análise Espacial



O mapa acima, elaborado por Dr. Snow, mostra a ocorrência de casos de cólera durante um surto da doença ocorrido em um distrito de Londres em 1854.

Exemplo de uma Análise Espacial



The Snow Map of Cholera Incidence in the Area of Broad Street, London, in 1854.
The contaminated water pump is located at the center of the map, just to the right of the D in BROAD STREET.

O mapa mostra também a localização das diversas bombas d'água responsáveis pelo abastecimento das casas do distrito.

Pode-se observar que o maior número de casos ocorreu próximo a uma das bombas de água utilizada pela população.

Contrariando o conhecimento científico da época, Dr. Snow formula a hipótese que a cólera era transmitida através da água contaminada e não por contágio entre pessoas e que a fonte com problema de contaminação estava localizada no centro do mapa.

Exemplo de uma Análise Espacial



The Snow Map of Cholera Incidence in the Area of Broad Street, London, in 1854.
The contaminated water pump is located at the center of the map, just to the right of the D in BROAD STREET.

O Conselho da Cidade argumenta que existem algumas ocorrências anômalas, isto é, ocorrências que divergiam da hipótese apresentada.

Dr. Snow consegue evidências que as ocorrências anômalas eram justificadas pelo fato das pessoas também utilizarem a fonte de água contaminada.

Exemplo de uma Análise Espacial



The Snow Map of Cholera Incidence in the Area of Broad Street, London, in 1854.
The contaminated water pump is located at the center of the map, just to the right of the D in BROAD STREET.

O Conselho da Cidade argumenta que se o indivíduo transmissor original vivesse próximo a bomba, as ocorrências no mapa teriam a mesma configuração.

Dr. Snow concorda com este argumento, mas insiste na sua hipótese e consegue convencer as autoridades a fecharem bomba de água contaminada.

Exemplo de uma Análise Espacial

- Com o fechamento da bomba de água, o surto de cólera retrocede.
- A hipótese de Dr. Snow é provada através de uma evidência causal.

Utilizando um SIG moderno e analisando as ocorrências ao longo do tempo (análise espaço-temporal), seria possível visualizar que as ocorrências formam uma seqüência randômica, indicando a contaminação por água (processo de primeira-ordem). A contaminação por contágio (processo de segunda-ordem) iria gerar uma seqüência concêntrica.

Independente do rigor científico do trabalho de Snow, ele é considerado o pai da epidemiologia moderna!

Tipos de Análises Espaciais

Consultas

Medições

Sumários Descritivos

Otimização

Consultas

SIGs devem permitir que usuários consultem o sistema sobre qualquer aspecto do seu conteúdo.

Existem diversos mecanismos de consulta:

- Apontar em um mapa
- Digitar uma pergunta
- Acessar um menu
- Apertar um botão
- Falar com o sistema
- Enviar uma consulta formal em SQL para o banco de dados

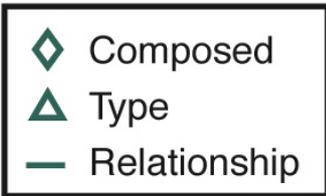
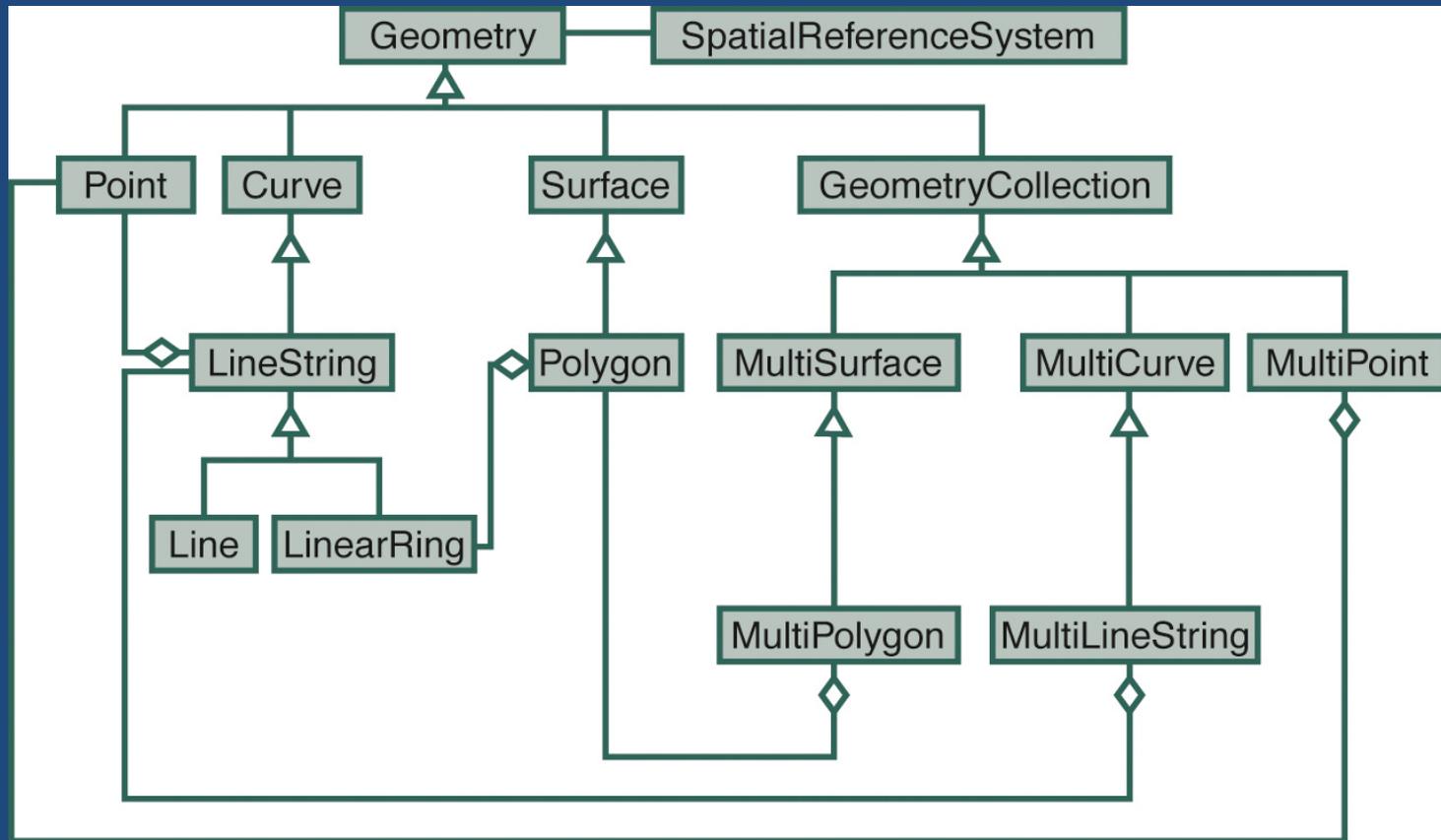
Banco de Dados Espaciais

Banco de dados espaciais são extensões de banco de dados relacionais.

Principais características

- Novos tipos de dados
- Operadores Geométricos e Topológicos
- Transformações
- Extensão da linguagem SQL (Espaço-Temporal)

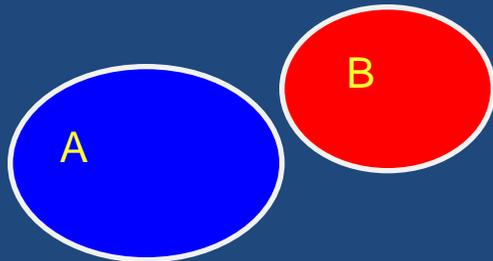
Modelo de Datos Geográficos



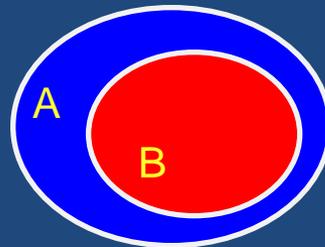
Relações Topológicas

Métodos para testar relações espaciais:
Disjoint, Contains, Inside, Equal, Touches, Covers,
CoveredBy, Overlaps

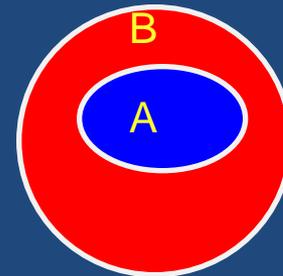
Relações Topológicas entre duas Regiões



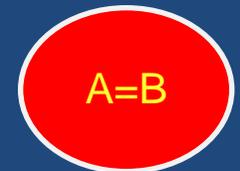
Disjoint



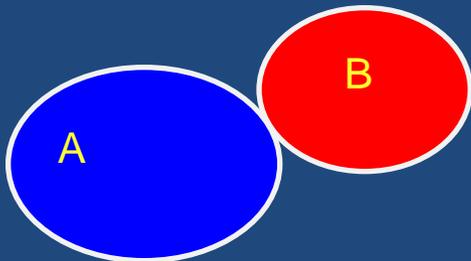
Contains



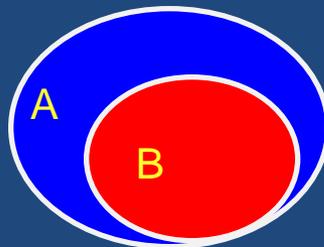
Inside



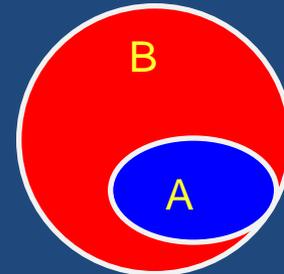
Equal



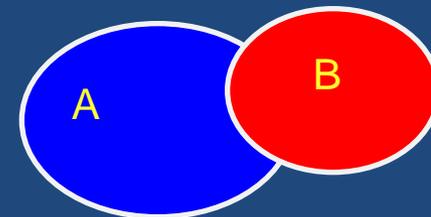
Touches



Covers



CoveredBy



Overlaps

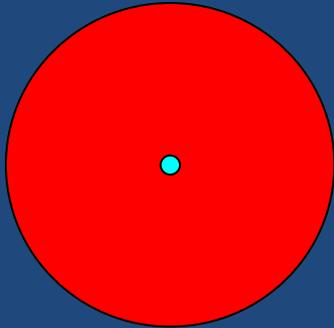
Transformações

Transformações são operações que modificam os objetos armazenados em um SIG, criando novos objetos mais úteis para um determinado propósito.

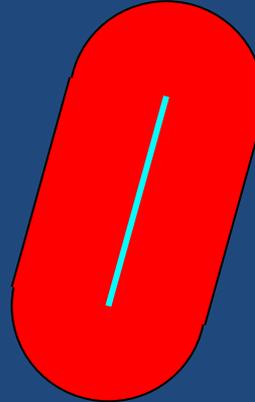
Dilatação: Constrói um novo objeto considerando a região a uma certa vizinhança do objeto original

Dilatação (*Buffering*)

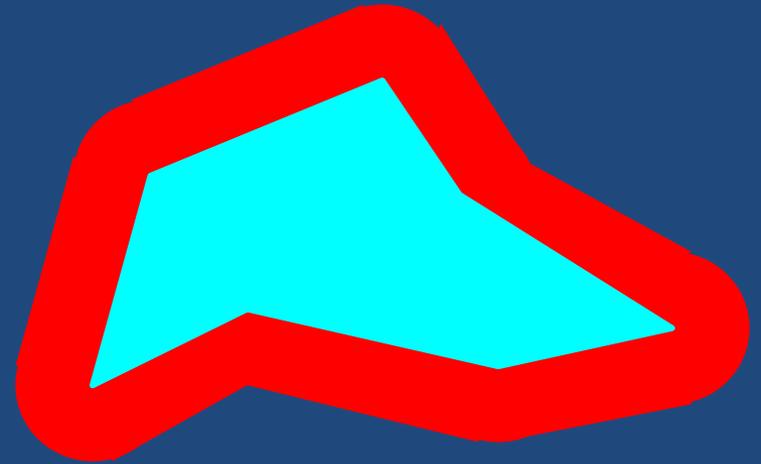
Ponto



Linha



Polígono

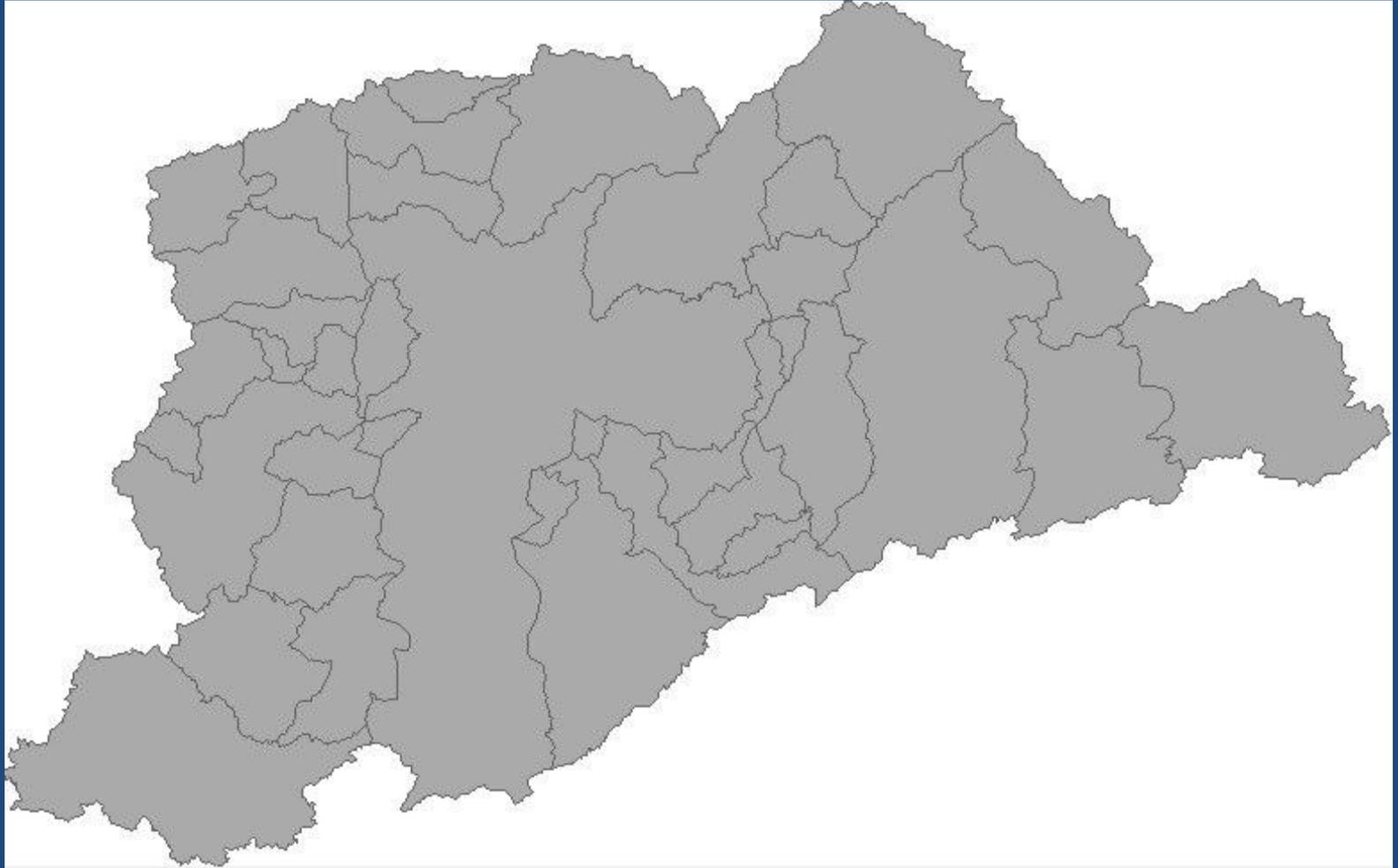


Exemplos de Uso:

- Determinar a área de impacto de uma certa rodovia
- Determinar a área de desmatamento possível respeitando o limite de 100 m de rios e nascentes
- Calcular o número de clientes potenciais para uma nova loja considerando a distância máxima que um cliente típico vive do ponto comercial

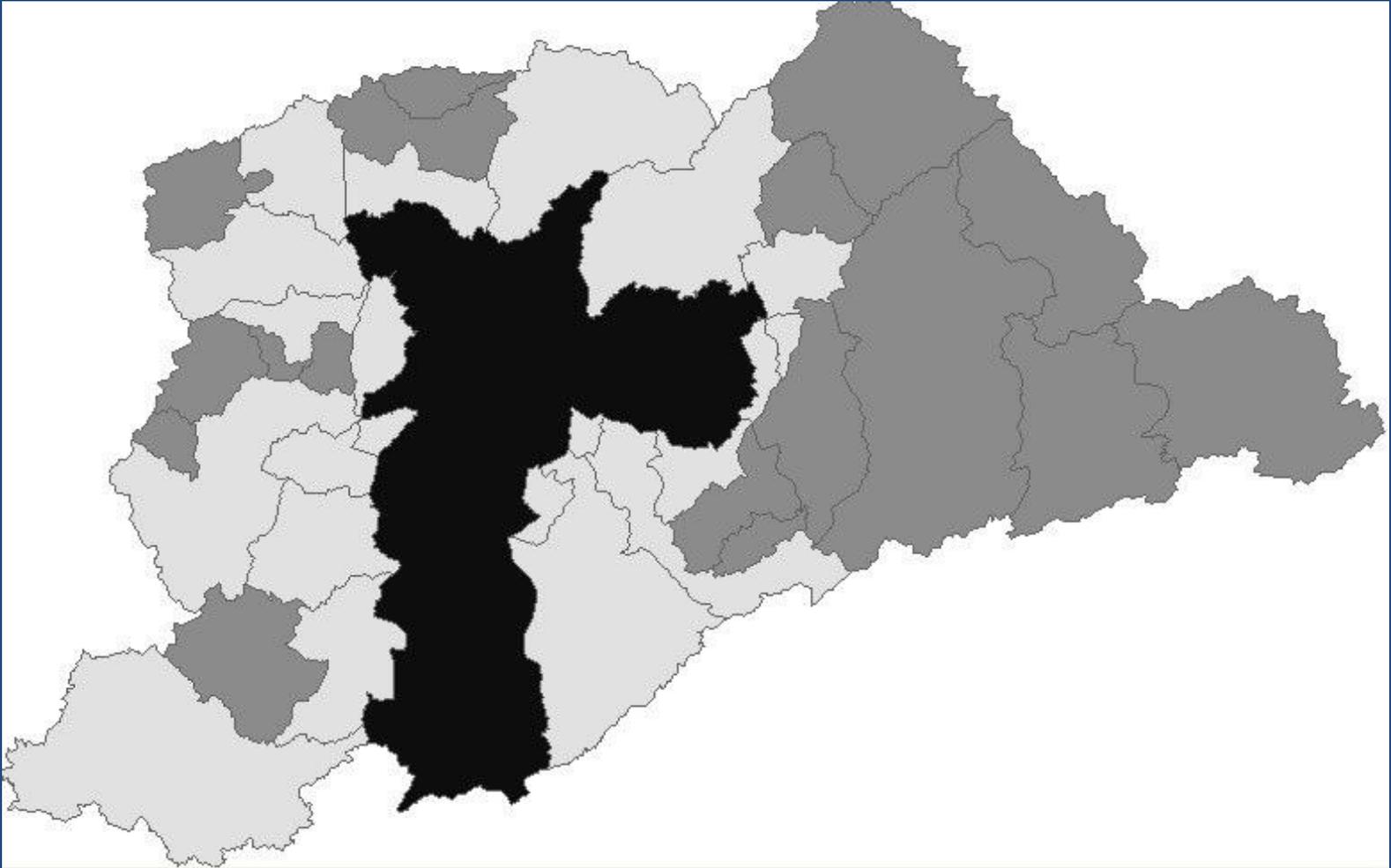
Consultas em Banco de Dados Espaciais

Municípios da Grande São Paulo



Consultas em Banco de Dados Espaciais

Consulta 1: “Recuperar o nome de todos os municípios da grande São Paulo que são vizinhos ao município de São Paulo”.

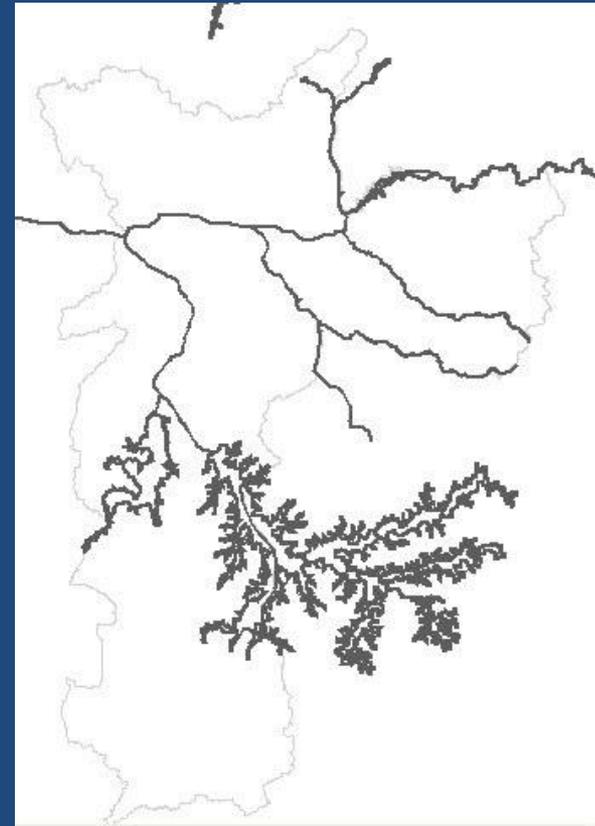


Consultas em Banco de Dados Espaciais

Distritos da cidade de
São Paulo



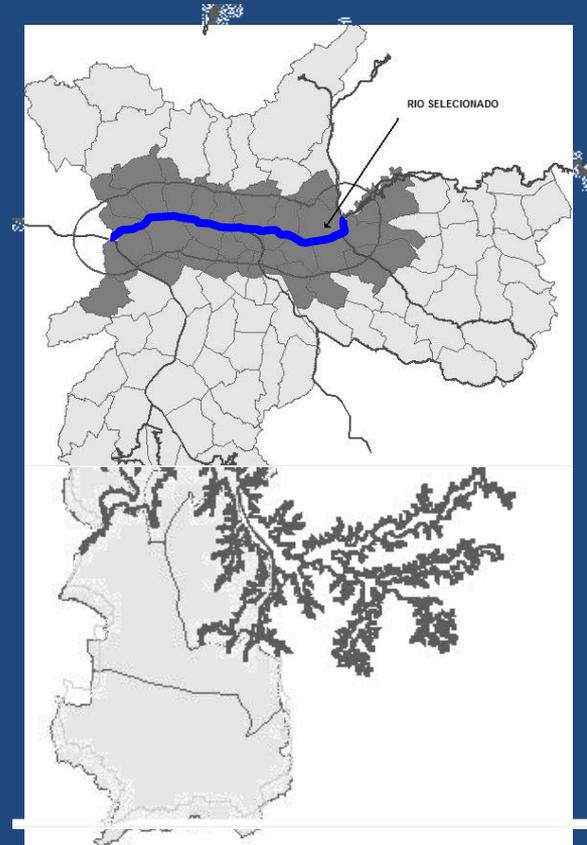
Mapa de drenagem da
cidade de São Paulo



Consultas em Banco de Dados Espaciais

Consulta 2 “Recuperar todos distritos que estão em uma raio de 3 km de um determinado rio”.

```
SELECT grande_sp.nomemunicp  
FROM grande_sp, drenagemsp  
WHERE  
intersects(buffer(drenagemsp.spatial_data,  
3000), grande_sp.spatial_data)  
AND drenagemsp.cod = 59;
```



Tipos de Análises Espaciais

Consultas

Medições

Sumários Descritivos

Otimização

Medições

Diversas tarefas requerem a execuções de medições em mapas.

- Calcular a distância entre dois pontos
- Calcular a área e o perímetro de um lote
- Calcular a declividade de uma encosta

Medições são tarefas tediosas e imprecisas quanto feitas manualmente.

Medições utilizando SIGs são rápidas, confiáveis e precisas.

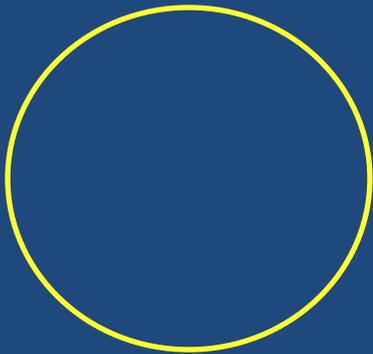
Medições de Formas

SIGs provêm um meio para caracterizar a forma dos objetos

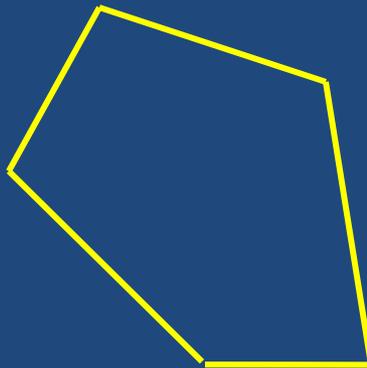
Uma das medidas de forma mede o grau de compactação das formas quando comparadas com a mais compacta das formas (o círculo)

$$S = P / (2\sqrt{\pi} * \sqrt{A})$$

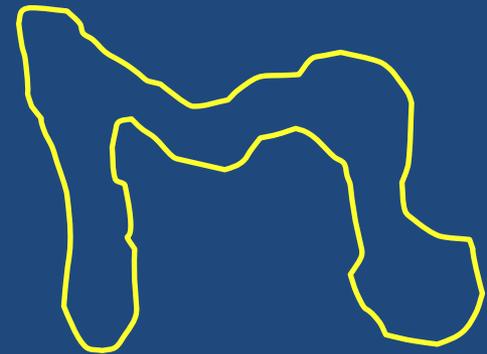
$S = 1$



$S > 1$



$S \gg 1$



Grau de Compactação de Alguns Países

Pais

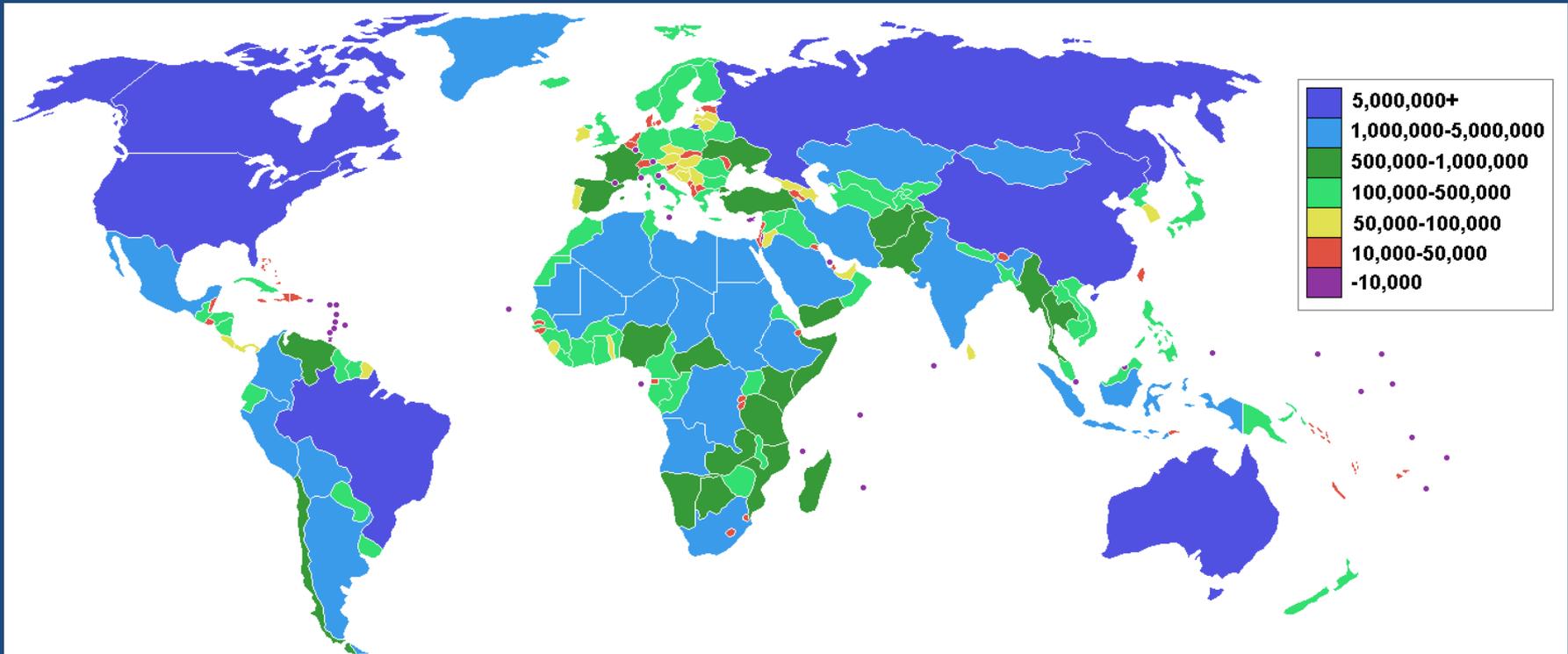
1. Rússia

2. Canadá

3. USA

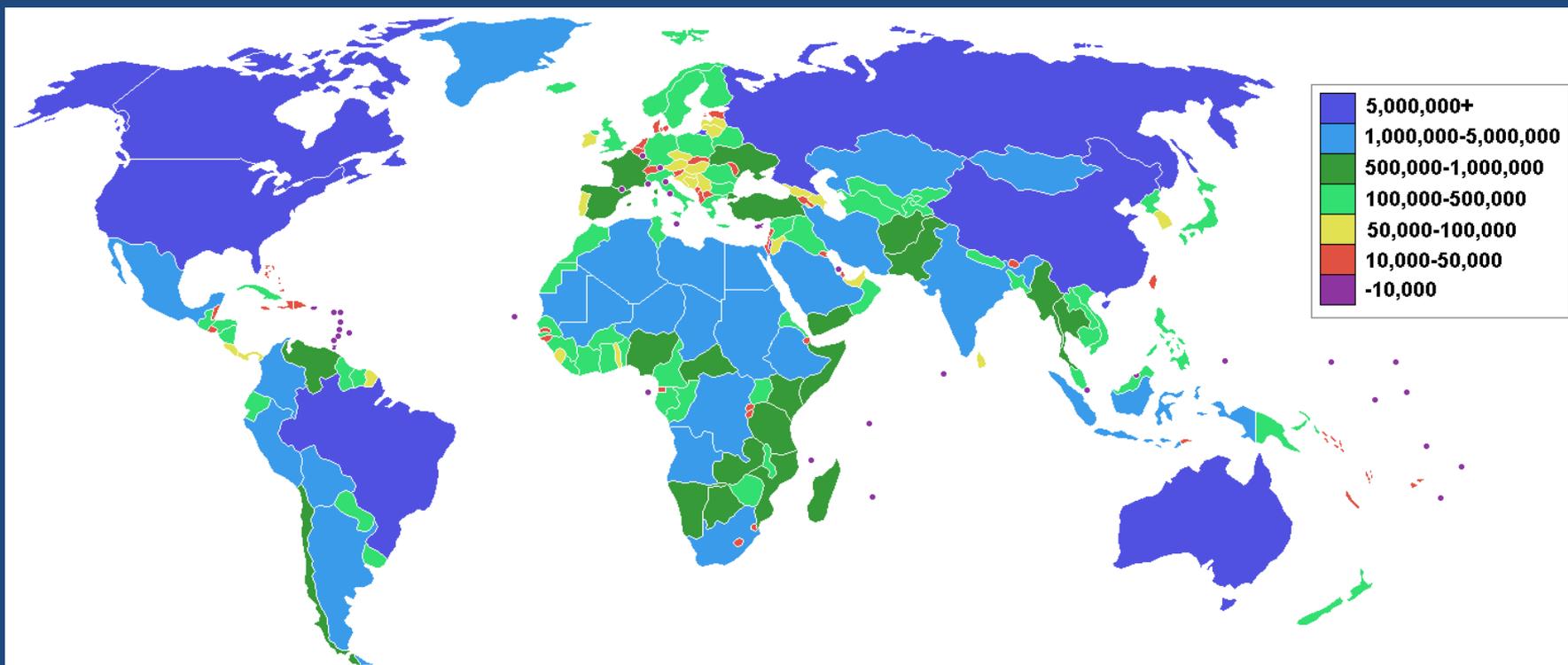
5. Brasil

37. Chile



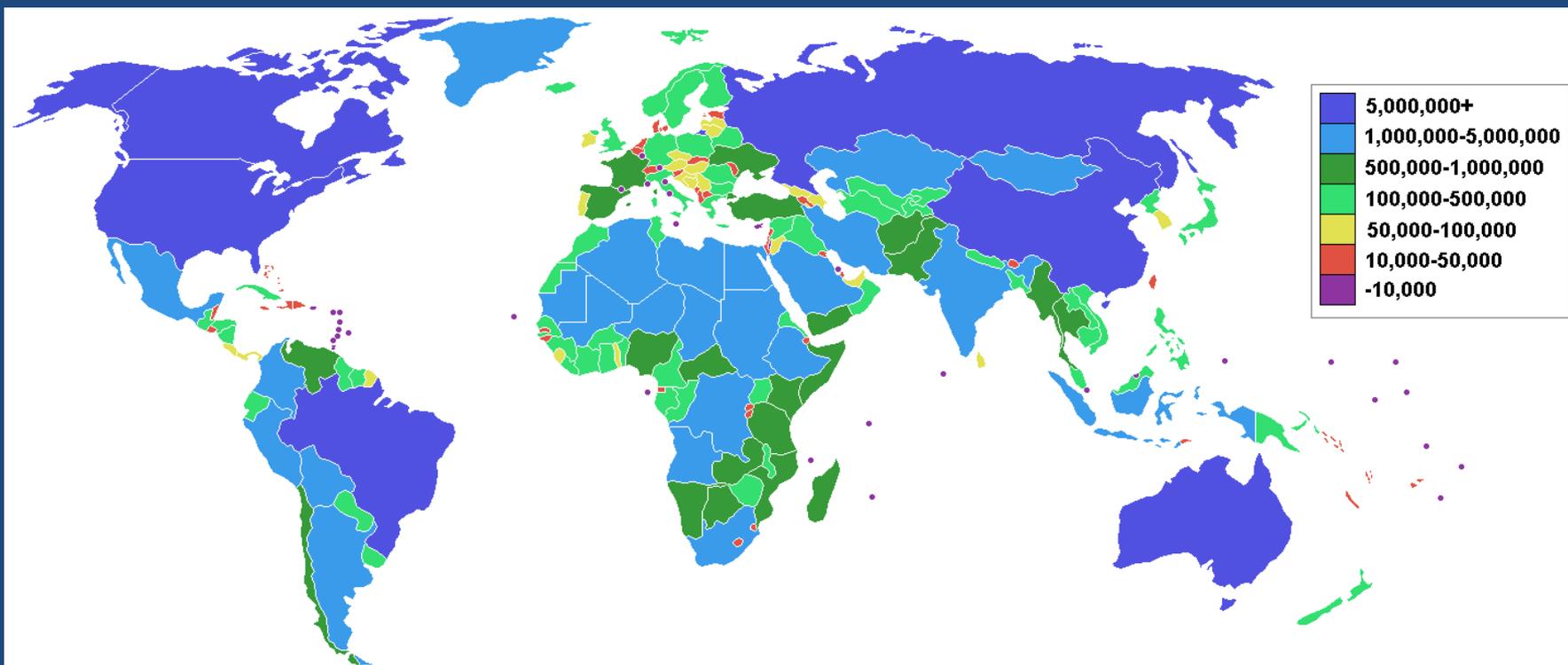
Área e Perímetro de Alguns Países

Pais	Área (Km2)	Costa+Fronteiras(Km)
1. Rússia	17.075.400	$37.653+20.017=57.670$
2. Canadá	9.970.610	$202.080+8.893=210.973$
3. USA	9.372.610	$19.924+12.034=31.958$
5. Brasil	8.547.906	$7.491+14.691=22.182$
37. Chile	756.096	$6.435+6.171=12.606$



Área e Perímetro de Alguns Países

Pais	Área (Km2)	Costa+Fronteiras(Km)	S
1. Rússia	17.075.400	$37.653+20.017=57.670$	3.94
2. Canadá	9.970.610	$202.080+8.893=210.973$	18.85
3. USA	9.372.610	$19.924+12.034=31.958$	2.95
5. Brasil	8.547.906	$7.491+14.691=22.182$	2.14
37. Chile	756.096	$6.435+6.171=12.606$	4.10



Ganges – Semântica das Trajetórias

Objetivo: Analisar e converter dados brutos da movimentação de diversos objetos em informações de alto nível com alguma semântica agregada.

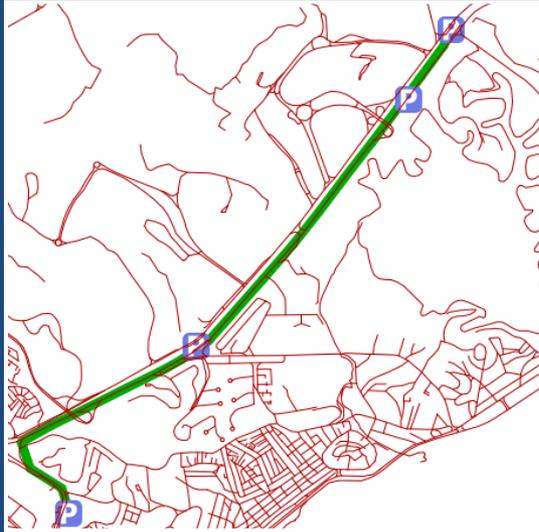
Dois focos:

Análise de trajetórias baseadas em itinerários

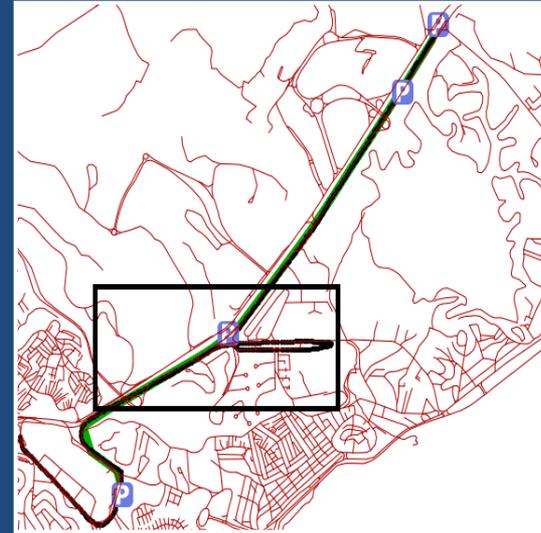
Análise de trajetórias sem restrições de itinerário

Trajetórias Baseadas em Itinerários

Itinerário



Trajetória

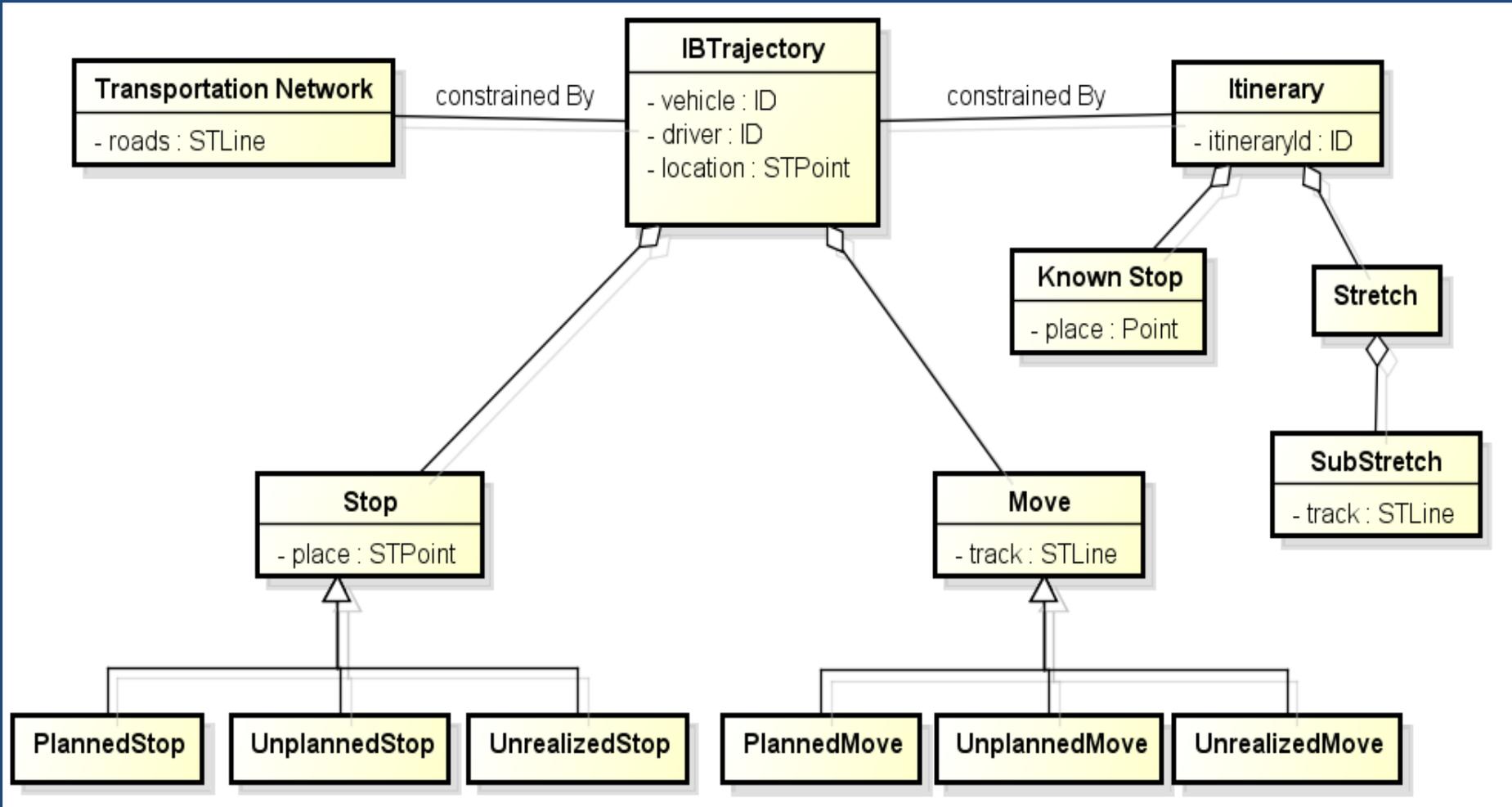


Detalhe da Trajetória



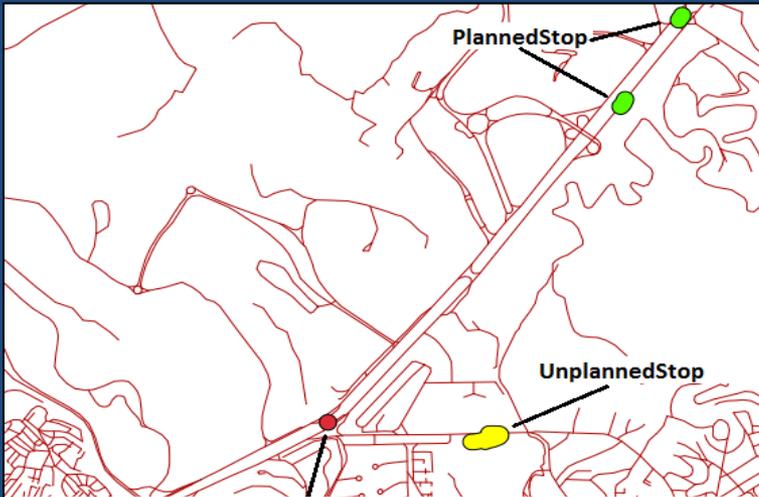
Trajetórias Baseadas em Itinerários

Modelo de Dados

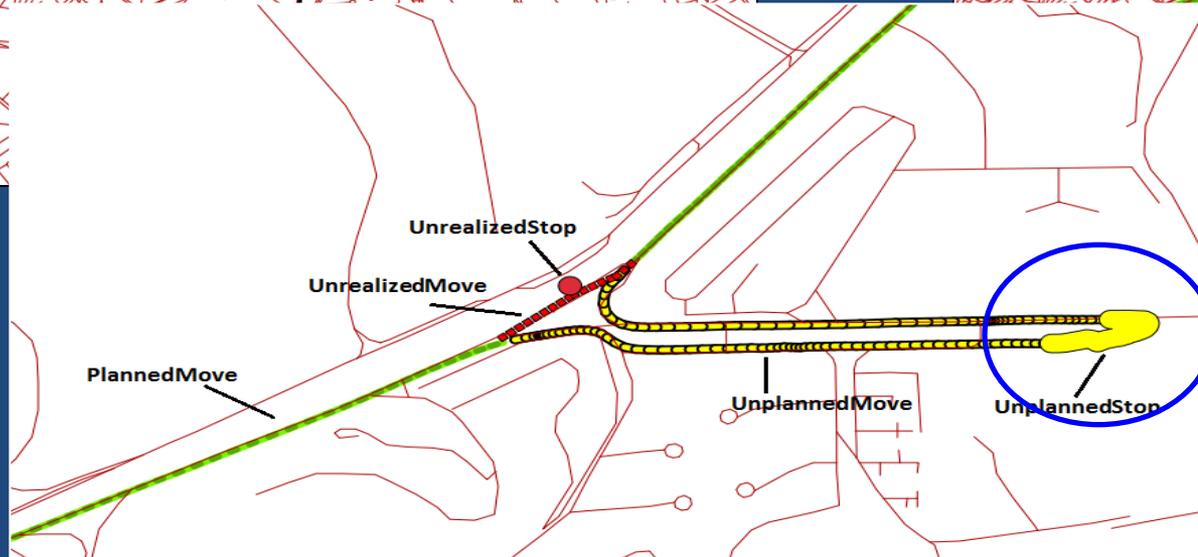
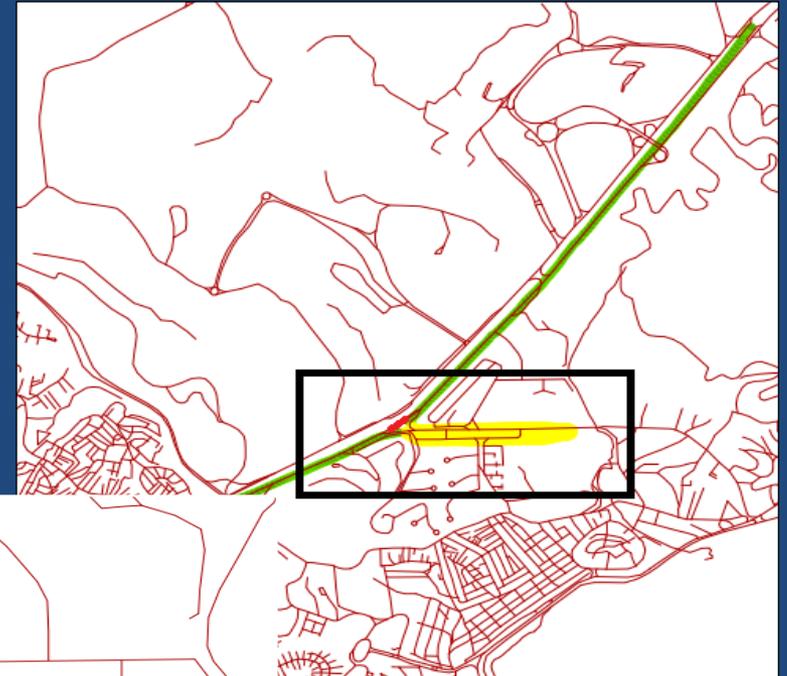


Trajetórias Baseadas em Itinerários

Somente Stops



Stops e Moves



Falso Positivo

Declividade e Aspecto entre Dois Pontos

Declividade representa a magnitude da inclinação de uma linha que une dois pontos.

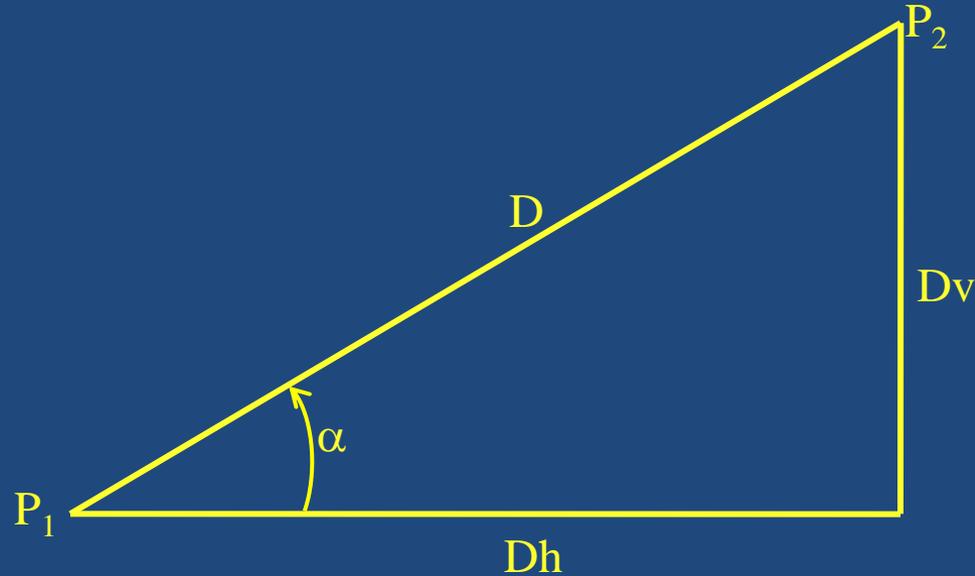
Aspecto representa a direção desta linha.

A declividade pode ser expressa na forma de um ângulo ou através de um percentual ou razão entre duas distâncias

O Aspecto é expresso na forma de um ângulo

Medições da Declividade

Plano $\perp XY$



1) Ângulo formado entre a linha entre dois pontos e a horizontal

$$\alpha \in [0, \pm 90^\circ]$$

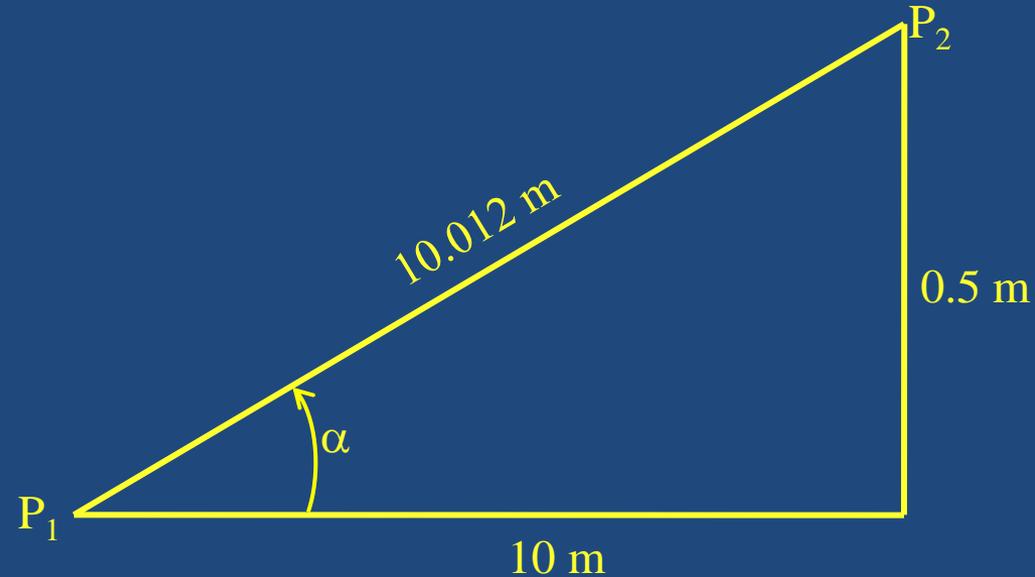
2) Razão entre a distância vertical e a distância horizontal

$$\tan(\alpha) = Dv/Dh \in [0, \pm \infty]$$

Exemplos Declividade

1) $\alpha = 2.86^\circ$

2) $\tan(\alpha) = 0.5/10 = 0.05 = 5$

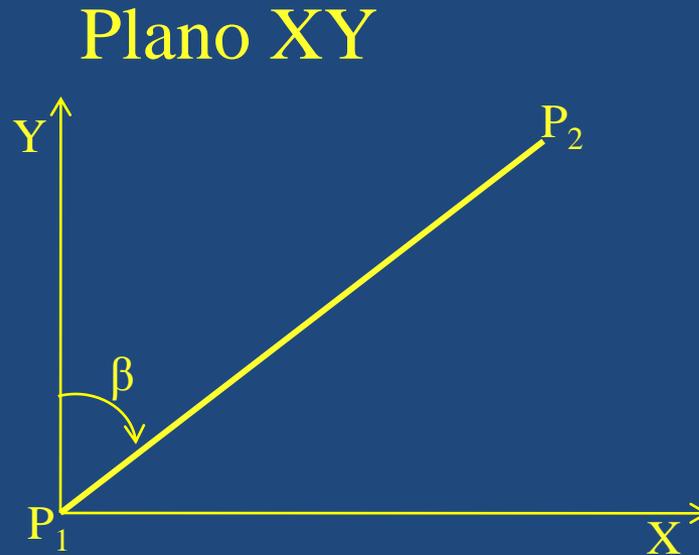


$\tan\alpha$	α	Classificação
0 a 2 %	0 a 1.15	Plano
2 a 5%	1.15 a 2.86	Suave
5 a 10%	2.86 a 5.71	Ondulado
10 a 20%	5.71 a 11.31	Moderadamente Ondulado
> 20%	> 11.31	Montanhoso ou Escarpado

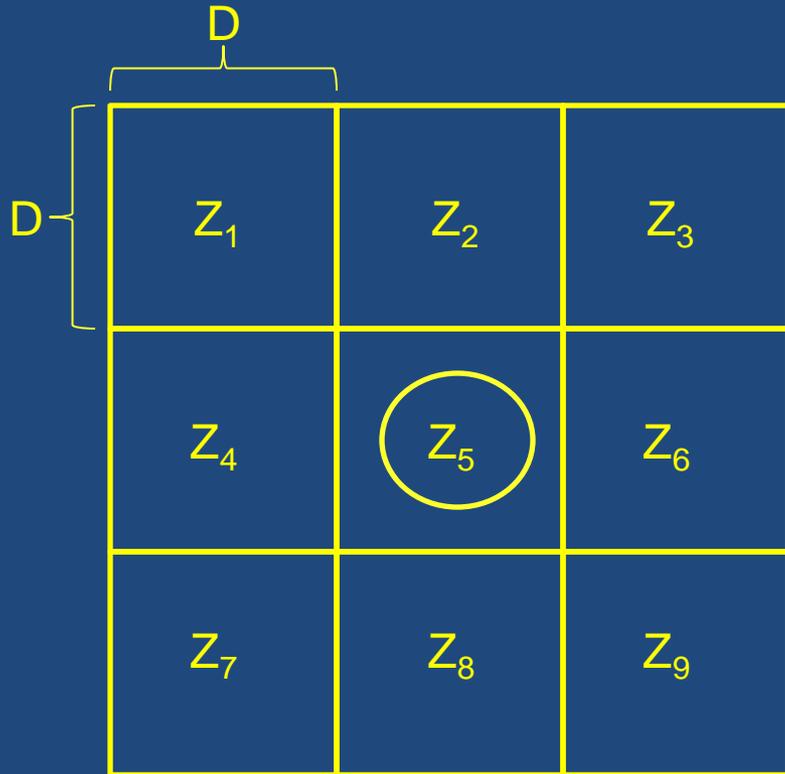
Aspecto

Aspecto

Ângulo: $\beta \in [0, 360^\circ)$



Declividade e Aspecto em Matrizes



Método dos oito vizinhos

$$b = (z_3 + 2z_6 + z_9 - z_1 - 2z_4 - z_7) / D$$

$$c = (z_3 + 2z_6 + z_9 - z_1 - 2z_4 - z_7) / D$$

Declividade:

$$\tan(\alpha) = \sqrt{b^2 + c^2}$$

Aspecto:

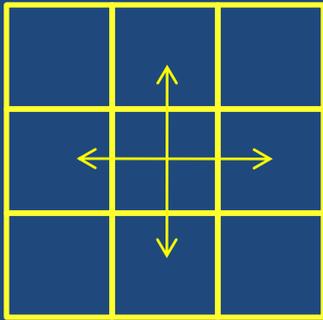
$$\beta = \text{atan}(b/c)$$

Declividade: Maior declividade considerando todas as direções

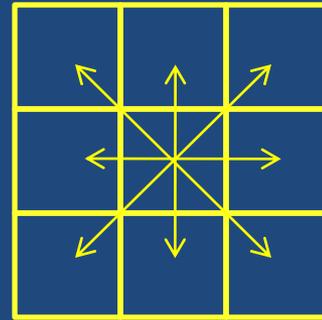
Aspecto: Direção da maior declividade

Movimentos em Superfícies de Fricção

A movimentação entre as células matriciais ocorre de duas maneiras:



Movimento de Torre

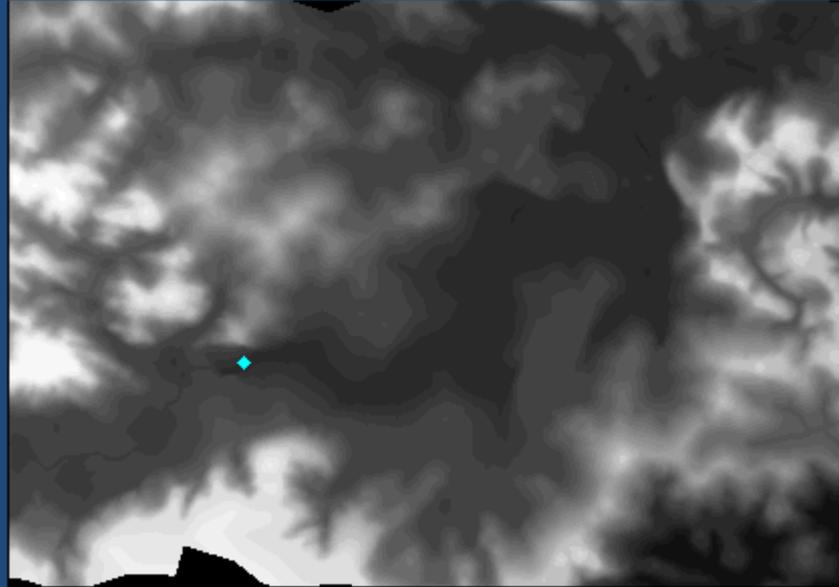


Movimento de Rainha

No movimento de rainha, o custo ou fricção é multiplicado por $\sqrt{2}$ nos deslocamentos diagonais para compensar a maior distância percorrida

Ganges - Simulação do Vazamento de Óleo

Mancha



Tipos de Análises Espaciais

- Consultas
- Medições
- Sumários Descritivos
- Otimização

Sumários Descritivos

Tentativa de resumir propriedades úteis de um conjunto de dados através de um ou mais valores (estatística)

- Média
- Mediana
- Moda

Propriedades da Média

Considere os valores: $\{1, 3, 5, 11, 12, 18, 22\}$

$$\text{Média} = (1+3+5+11+12+18+22)/7=10.29$$

Se considerarmos os valores como as coordenadas dos pontos em uma linha, a média representa o centro de equilíbrio da amostra.

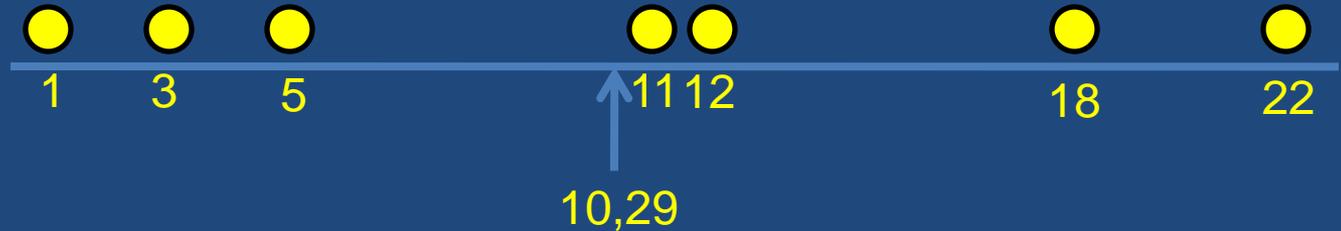


Centro de Equilíbrio Generalizado

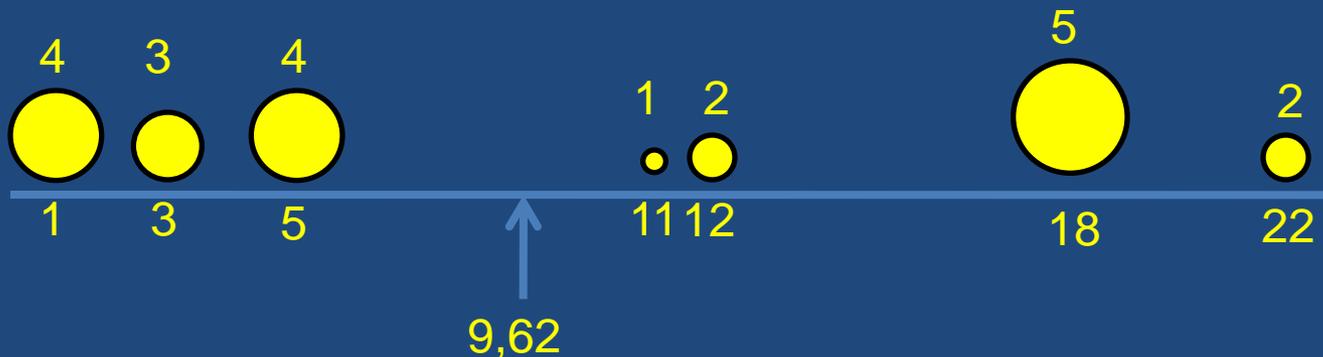
$$x_c = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i}$$

Para $w_i = 1$

$$x_c = \frac{\sum x_i}{n} = 10,29$$



Para w_i qualquer

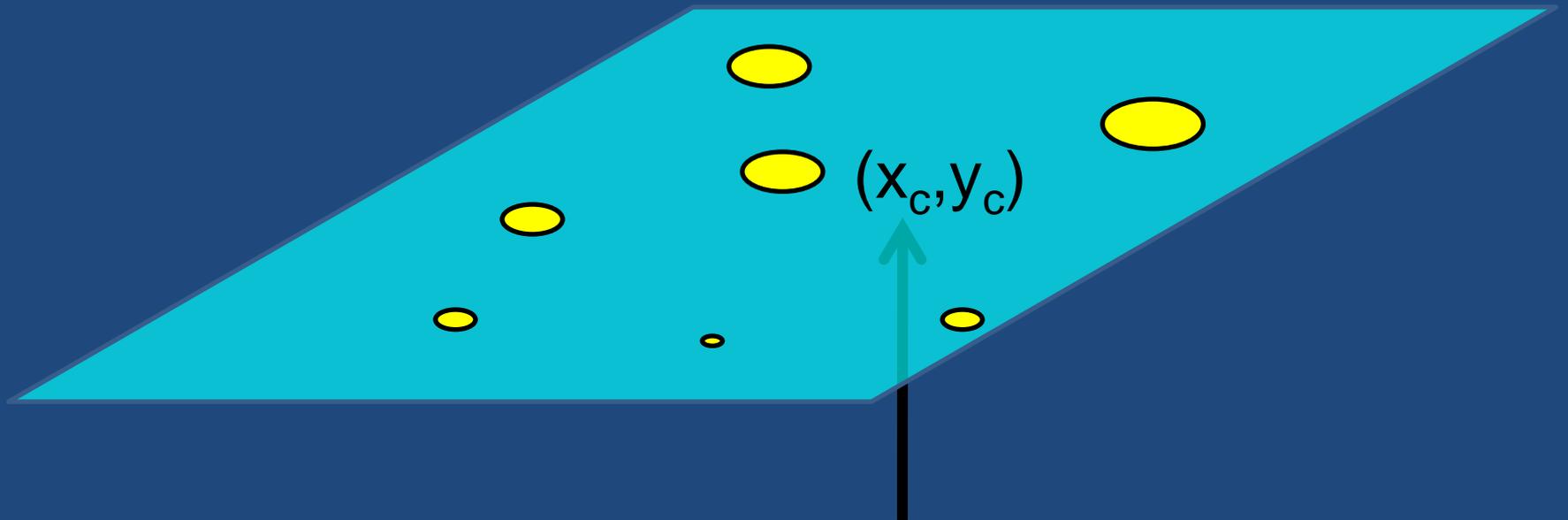


$$x_c = 9,62$$

Centro de Equilíbrio em Duas Dimensões

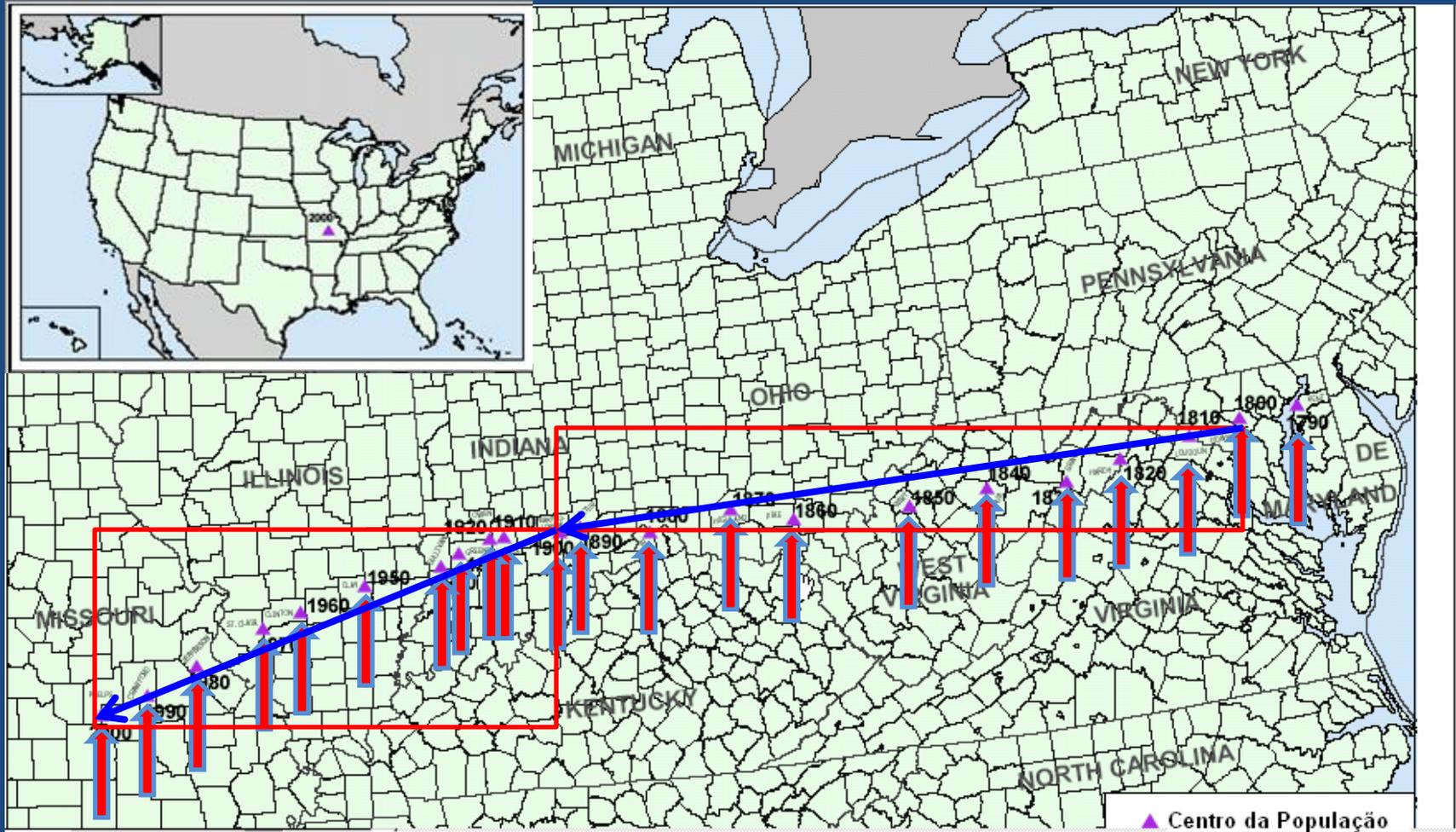
$$x_c = \frac{\sum w_i x_i}{\sum w_i}$$

$$y_c = \frac{\sum w_i y_i}{\sum w_i}$$



Análise do Centro

Centro da População dos EUA entre 1790 e 2000



Tipos de Análises Espaciais

- Consultas
- Medições
- Transformações
- Sumários Descritivos
- Otimização
- Teste de Hipótese

Otimização

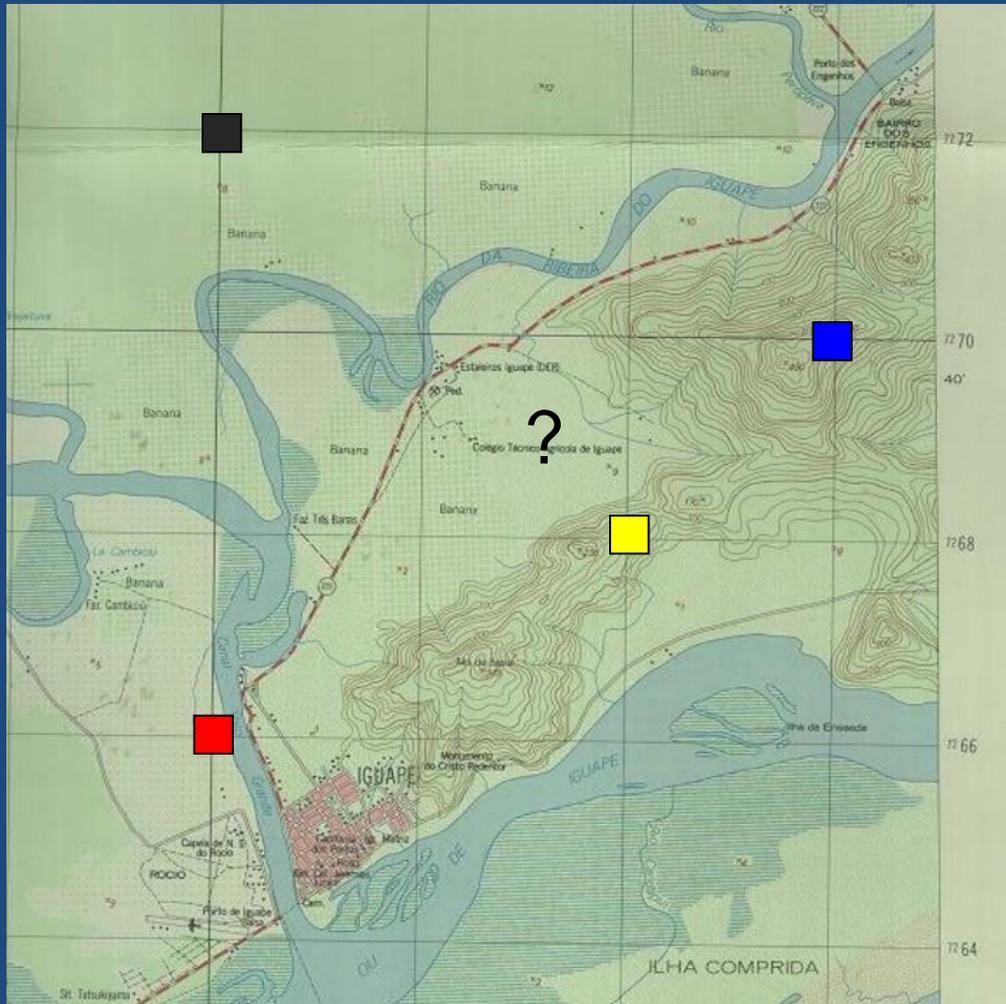
A análise espacial pode ser usada para responder um grande número de questões de projeto, tais como:

- Minimizar a distância total de uma viagem
- Minimizar a maior distância viajada por um conjunto de pessoas
- Maximizar os lucros
- Minimizar distâncias viajadas e o custo operacional de diversas instalações

Todas estas questões são resolvidas através de técnicas de otimização

Mínima Distância Agregada

Deseja-se posicionar uma nova fábrica de cimento de forma a reduzir o custo de transporte da matéria-prima



Matérias Prima:

■ Jazida de Argila

■ Jazida de Calcário

■ Siderúrgica (Escória)

■ Mina de Carvão

Custo do Transporte (por Km)

Argila: 10

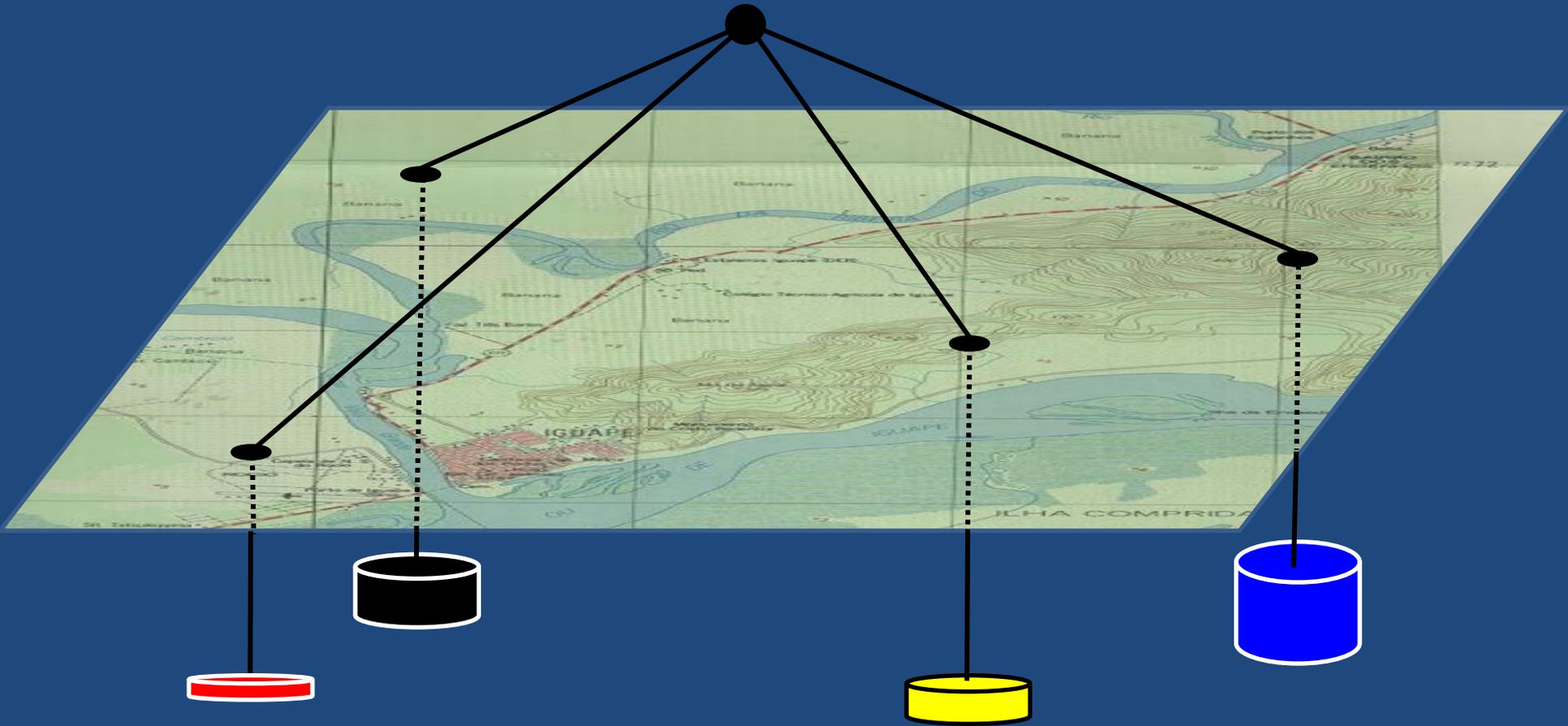
Calcário 20

Escória 50

Carvão: 30

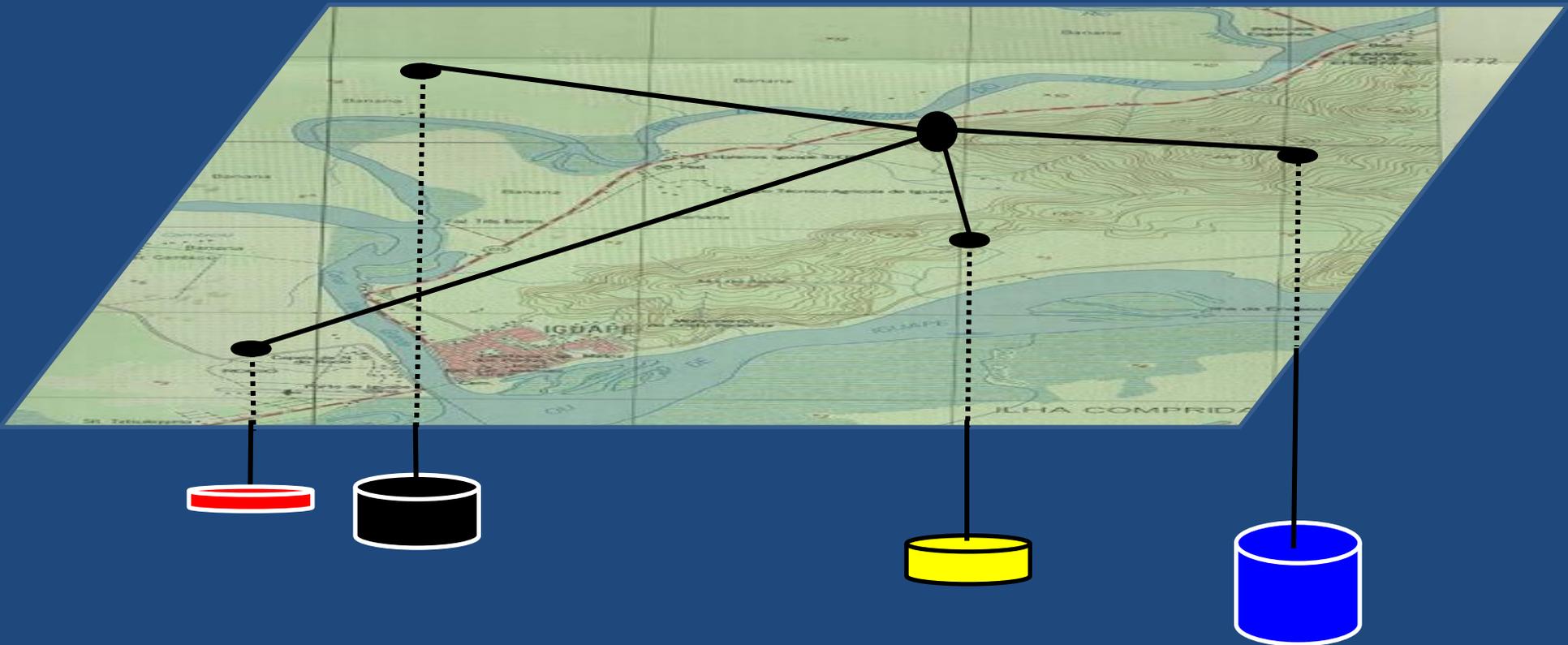
Mínima Distância Agregada - Analógica

O Experimento do Quadro de Varignon

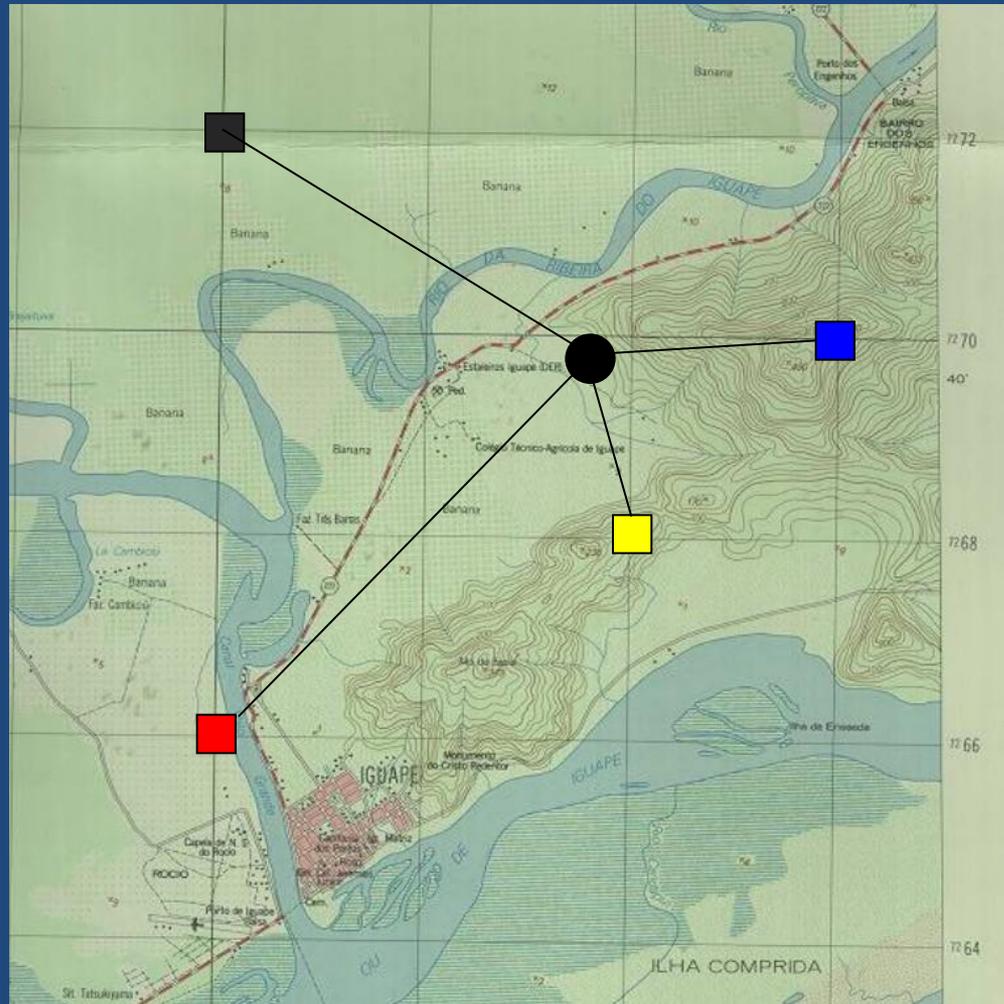


Mínima Distância Agregada - Analógica

O Experimento do Quadro de Varignon



Mínima Distância Agregada



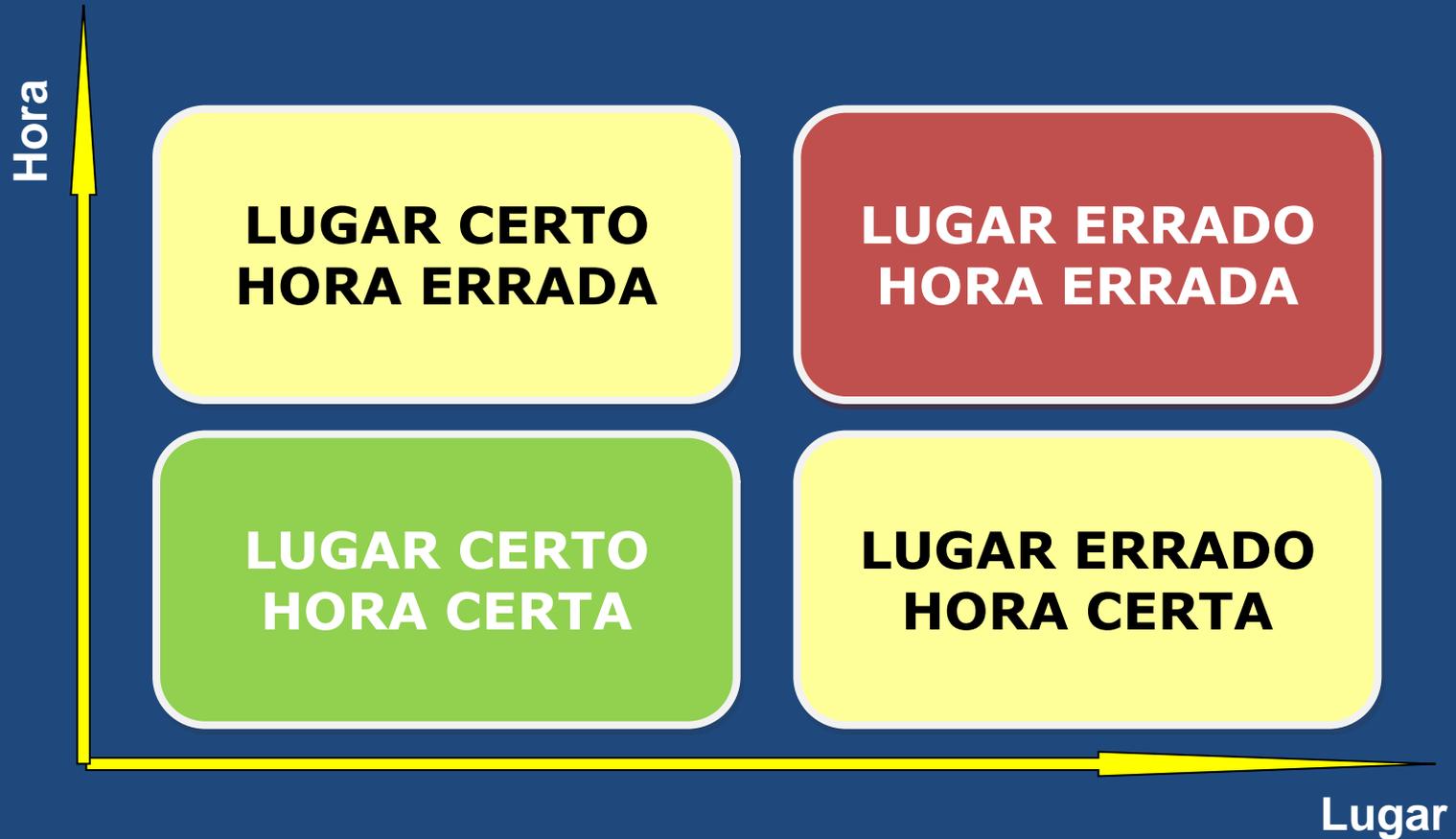
Ganges - Análise de Rondas Policiais

Construção de um ambiente SIG para auxílio à análise e planejamento de rotas de viaturas, contemplando:

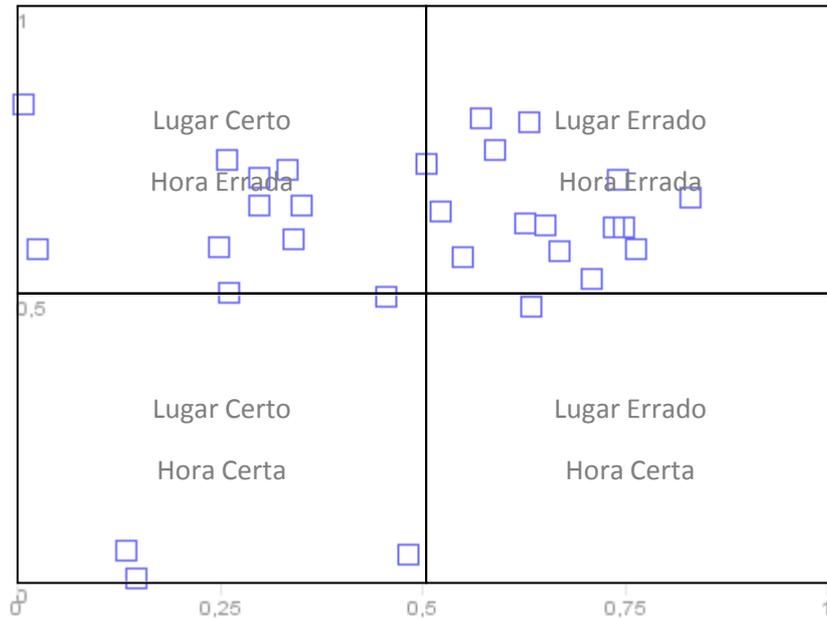
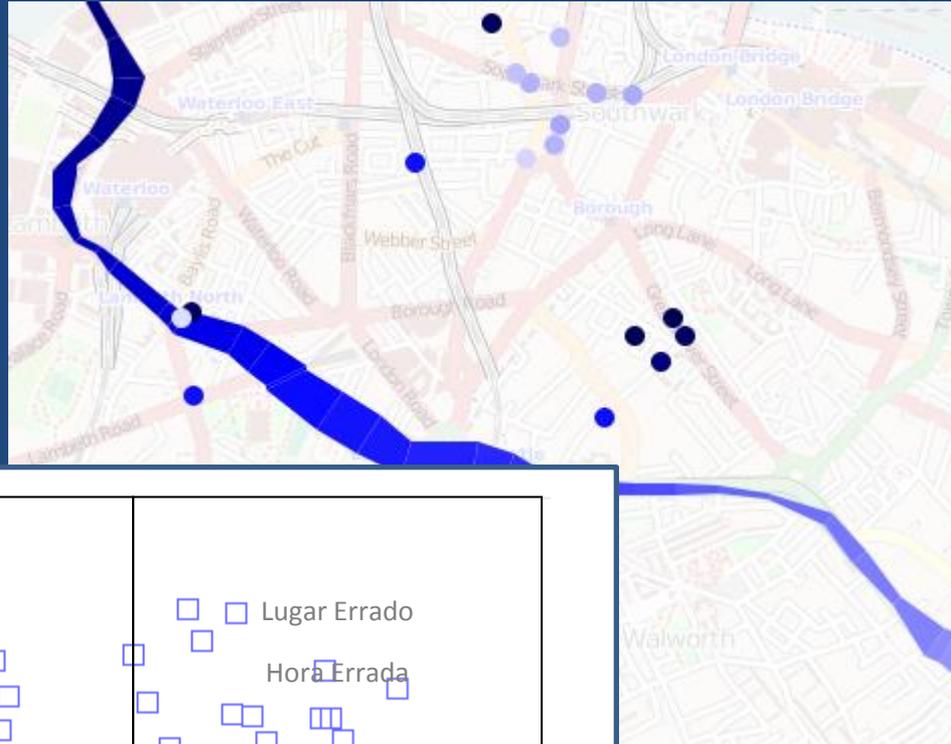
Sumário descritivo da qualidade da ronda policial

Sugestão de itinerário para melhorar a qualidade da ronda

Sumário Descritivo



Análise de uma Ronda



Otimização da Ronda

