



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Agosto, 2007

Banco de Dados Geográficos

Oracle Spatial

Karine Reis Ferreira – karine@dpi.inpe.br

Gilberto Ribeiro de Queiroz – gribeiro@dpi.inpe.br

Gilberto Câmara – gilberto@dpi.inpe.br

Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser303>



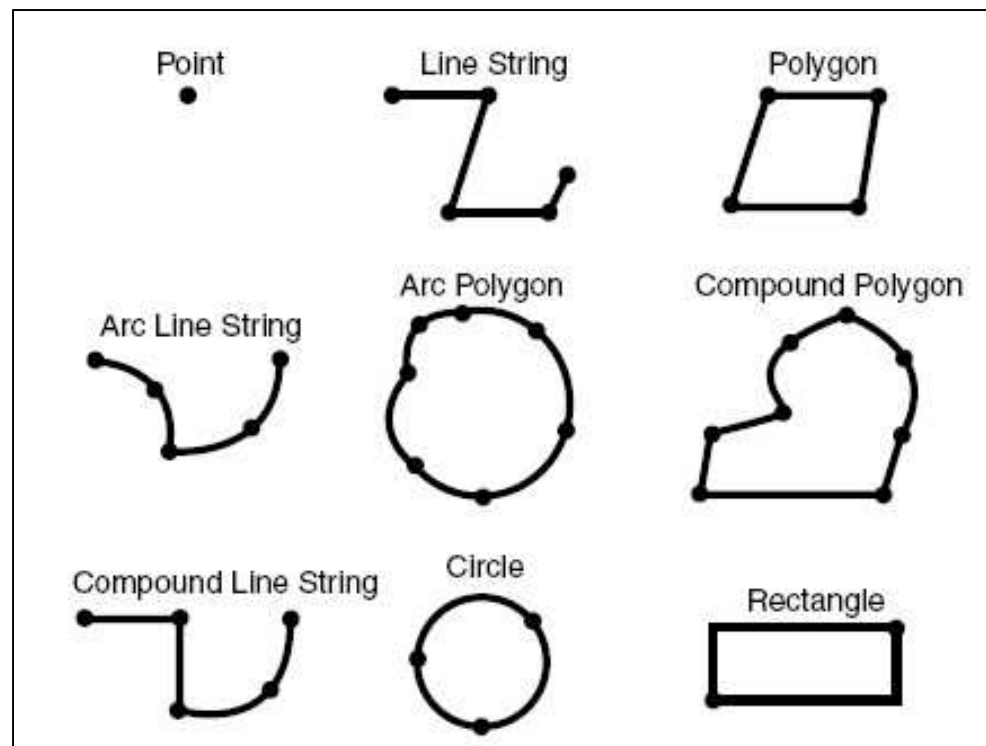
Oracle Spatial

- Extensão espacial desenvolvida sobre o modelo objeto-relacional do SGDB Oracle
- Baseada nas especificações do OpenGIS
- Formado pelos seguintes componentes:
 - Modelo de dados (chamado MDSYS) que define **tipos de dados espaciais**
 - Mecanismo de **indexação espacial**
 - Um conjunto de **operadores e funções** para realizar consultas, junção espacial e outras operações de análise espacial
 - Aplicativos administrativos



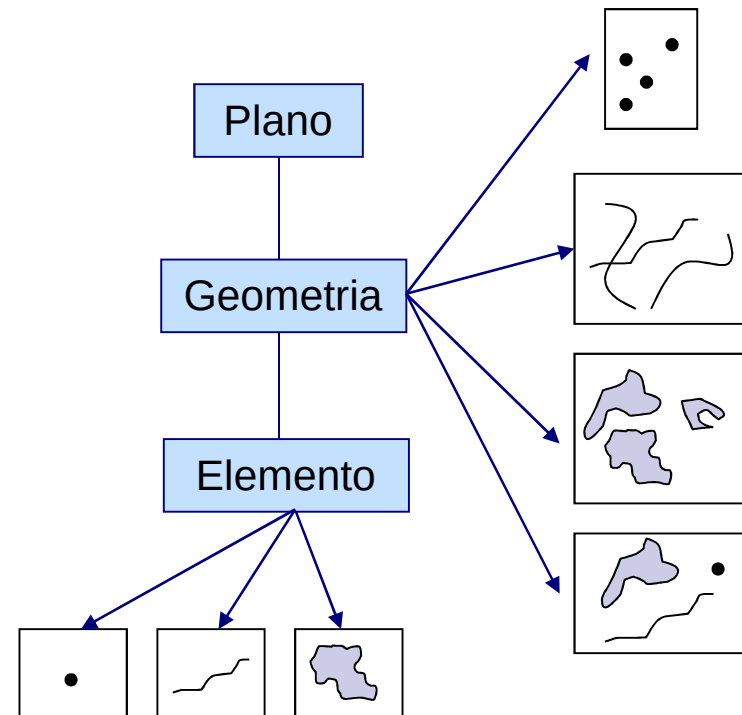
Oracle Spatial - Tipos de Dados Espaciais

- Elementos: tipos de dados espaciais primitivos



Oracle Spatial - Tipos de Dados Espaciais

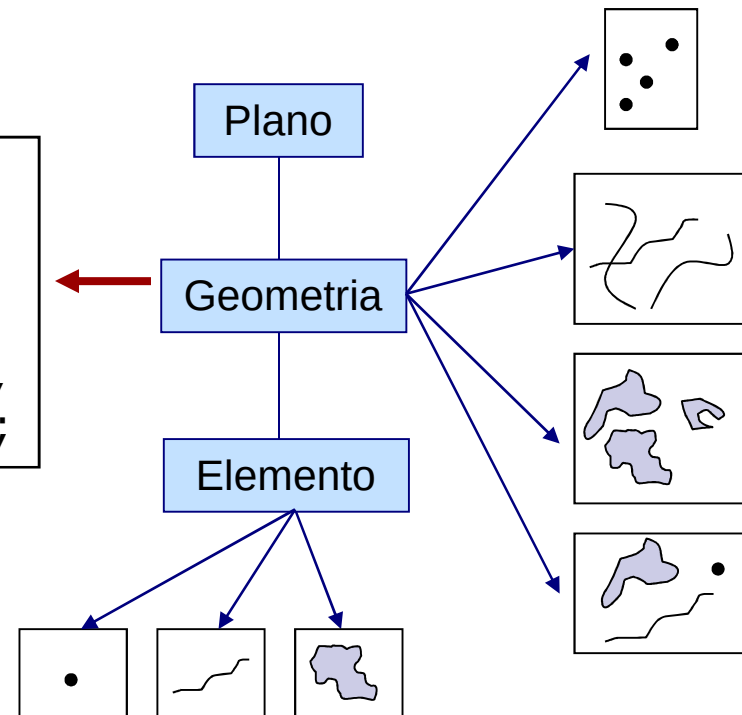
- Geometrias: formada por um único elemento ou por um conjunto homogêneo (multipontos, multilinhas ou multipolígonos) ou heterogêneo (coleção) de elementos.
- Plano de informação: formado por um conjunto de geometrias que possuem um mesmo conjunto de atributos.





Oracle Spatial – SDO_GEOMETRY

```
CREATE TYPE SDO_GEOMETRY AS OBJECT (  
  SDO_GTYPE          NUMBER,  
  SDO_SRID           NUMBER,  
  SDO_POINT          SDO_POINT_TYPE,  
  SDO_ELEM_INFO      SDO_ELEM_INFO_ARRAY,  
  SDO_ORDINATES      SDO_ORDINATE_ARRAY);
```





Oracle Spatial – SDO_GEOMETRY

- SDO_GTYPE: tipo da geometria
 - SDO_GTYPE=2003: polígono **bidimensional**
 - SDO_GTYPE=2002: linha **bidimensional**
 - SDO_GTYPE=2001: ponto **bidimensional**

GTYPE

	<u>2D</u>	<u>3D</u>	<u>4D</u>
0 UNKNOWN_GEOMETRY	2000	3000	4000
1 POINT	2001	3001	4001
2 LINESTRING	2002	3002	4002
3 POLYGON	2003	3003	4003
4 COLLECTION	2004	3004	4004
5 MULTIPOINT	2005	3005	4005
6 MULTILINESTRING	2006	3006	4006
7 MULTIPOLYGON	2007	3007	4007



Oracle Spatial – SDO_GEOMETRY

- SDO_SRID: sistema de coordenadas
 - NULL se não especificado.
 - Valor contido em MDSYS.CS_SRS => inserir esse valor em USER_SDO_GEOM_METADATA.
 - Todas as geometrias em uma mesma coluna devem ter o mesmo SRID

- SDO_POINT: tipo SDO_POINT_TYPE
 - X, Y e Z: coordenadas de um ponto
 - Somente é preenchido se a geometria for do tipo ponto, ou seja, se os dois últimos números do SDO_GTYPE forem iguais a "01";



Oracle Spatial – SDO_GEOMETRY

- SDO_ELEMENT_INFO: vetor que armazena as informações de cada elemento que compõe a geometria:
 - SDO_STARTING_OFFSET: qual a posição da primeira coordenada do elemento no SDO_ORDINATES
 - SDO_ETYPE: indica o tipo do elemento
 - SDO_INTERPRETATION: indica como o elemento deve ser interpretado juntamente com o SDO_ETYPE



Oracle Spatial – SDO_GEOMETRY

■ SDO_ELEMENT_INFO:

SDO_ETYPE	SDO_INTERPRETATION	Descrição
1	1	ponto
2	1	Linha formada por vértices conectados por segmentos retos
1003 ou 2003	1	Polígono simples composto por vértices conectados por segmentos retos

Os anéis externos de um polígono (SDO_ETYPE=1003) devem estar no sentido anti-horário e os internos (SDO_ETYPE=2003), no sentido horário.



Oracle Spatial – SDO_GEOMETRY

- SDO_ORDINATES: é um vetor de tamanho variável que armazena os valores das coordenadas da geometria



Oracle Spatial - Tipos de Dados Espaciais

- Criação de tabelas com tipos de dados espaciais:
 - Distritos de São Paulo:

```
CREATE TABLE distritosp (
cod                NUMBER(32) NOT NULL ,
sigla              VARCHAR2(20),
denominacao        VARCHAR2(200),
spatial_data       MDSYS.SDO_GEOMETRY,
PRIMARY KEY (cod))
```





Oracle Spatial - Tipos de Dados Espaciais

- Inserção de dados em tabelas com tipos de dados espaciais:

- ☐ Geometria: um polígono com buraco

Pol (0,0 10,0 10,10 0,10 0,0) (5,5 5,6 6,6 6,5 5,5)

```
INSERT INTO DistritosSP (cod, sigla,  
denominacao, spatial_data) VALUES (1, 'VMR',  
'VILA MARIA',  
MDSYS.SDO_GEOMETRY(2003, NULL, NULL,  
MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1,1003,1,6,2003,1),  
MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY(0,0,10,0,10,10,0,10,  
0,0,5,5,5,6,6,6,6,5,5,5)))
```



Oracle Spatial - Tipos de Dados Espaciais

- Exercício SQLPlus:

- `DESC MDSYS.SDO_GEOMETRY;`

- `SELECT * FROM polygons1
WHERE object_id = '1';`



Oracle Spatial – Metadados

MDSYS.CS_SRS

SC_NAME	VARCHAR2(68)
SRID	NUMBER(38)
AUTH_SRID	NUMBER(38)
AUTH_NAME	VARCHAR2(256)
WKTEXT	VARCHAR2(2046)
SC_BOUDS	SDO_GEOMETRY

USER_SDO_GEOM_METADATA

TABLE_NAME	VARCHAR2(32)
COLUMN_NAME	VARCHAR2(32)
DIMINFO	SDO_DIM_ARRAY
SRID	NUMBER

USER_SDO_INDEX_INFO

SDO_INDEX_OWNER	VARCHAR2(32)
INDEX_NAME	VARCHAR2(32)
TABLE_NAME	VARCHAR2(32)
COLUMN_NAME	VARCHAR2(32)
SDO_INDEX_TYPE	VARCHAR2(32)
SDO_INDEX_TABLE	VARCHAR2(32)
SDO_INDEX_STATUS	VARCHAR2(32)



Oracle Spatial – Metadados

- Inserindo metadados:

```
INSERT INTO USER_SDO_GEOM_METADATA  
VALUES ('distritosp' , 'spatial_data' ,  
MDSYS.SDO_DIM_ARRAY(  
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('X', 275.9670, 429.567, 0.0005),  
MDSYS.SDO_DIM_ELEMENT('Y', 833.0355, 582.15, 0.0005)),  
NULL);
```



Oracle Spatial – Metadados

- Exercício SQLPlus:

- DESC USER_SDO_GEOM_METADATA;

- SELECT * FROM USER_SDO_GEOM_METADATA
WHERE table_name = 'POLYGONS1';



Oracle Spatial – Indexação Espacial

- Criando índices espaciais (RTree):

- Distritos de São Paulo:

```
CREATE INDEX DistritosSP_IDX ON  
DistritosSP(SPATIAL_DATA)  
INDEXTYPE IS MDSYS.SPATIAL_INDEX
```



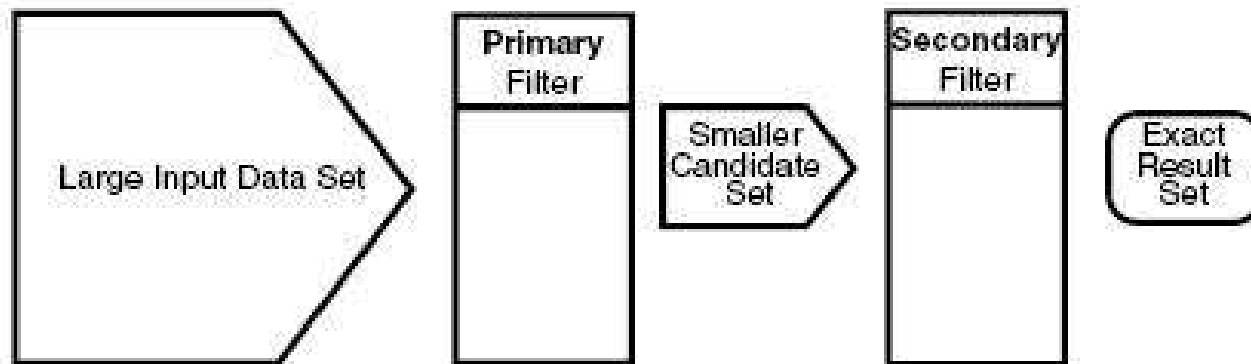
Oracle Spatial – Indexação Espacial

- Indexação espacial (RTree):
 - Funções para avaliar a performance dos índices:
 - SDO_TUNE.QUALITY_DEGRADATION
 - Funções para reconstruí-lo:
 - ALTER INDEX REBUILD
 - Após a criação de índices espaciais, a extensão atualiza, automaticamente, as tabelas de metadados sobre indexação. Essas tabelas são mantidas pela extensão e não devem ser alteradas pelos usuários



Oracle Spatial – Consultas Espaciais

- O Oracle Spatial fornece um conjunto de **operadores** e **funções** para manipular e consultar dados espaciais
- As consultas são executadas em duas etapas:





Oracle Spatial – Consultas Espaciais

■ Operadores

- Utilizados na cláusula WHERE de uma consulta SQL
- Utiliza indexação espacial

Operadores	Descrição
SDO_FILTER	Implementa o primeiro filtro do modelo de consulta (baseado nos MBR)
SDO_RELATE (SDO_TOUCH, SDO_ON, SDO_INSIDE)	Avalia se as geometrias possuem uma determinada relação topológica
SDO_WITHIN_DISTANCE	Verifica se duas geometrias estão dentro de uma determinada distância.
SDO_NN	Identifica os n vizinhos mais próximos de uma geometria



Oracle Spatial – Consultas Espaciais

- SDO_RELATE: computa uma ou uma combinação (OR) de relações topológicas
 - ☐ EQUAL
 - ☐ DISJOINT
 - ☐ ANYINTERACT
 - ☐ TOUCH
 - ☐ INSIDE
 - ☐ ON
 - ☐ CONTAINS
 - ☐ COVERS - COVERREDBY
 - ☐ OVERLAPBDYINTERSECT
 - ☐ OVERLAPBDYDISJOINT



Oracle Spatial – Consultas Espaciais

■ Funções:

- Definidas como subprogramas PL/SQL
- Usados na cláusula WHERE ou em SUBCONSULTAS
- Podem ser utilizadas sobre colunas espaciais não indexadas

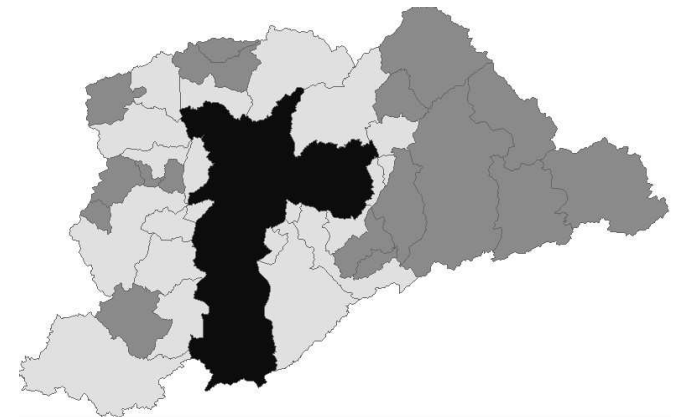
Funções	Descrição
SDO_INTERSECTION, SDO_UNION SDO_DIFFERENCE, SDO_XOR	Operações de conjunto
SDO_BUFFER, SDO_CENTROID, SDO_CONVEXHULL	Operações que geram novas geometrias
SDO_AREA, SDO_LENGTH, SDO_DISTANCE	Operações métricas



Consulta 1

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

```
SELECT a1.nomemunicp
FROM
(Polygons6 p1 INNER JOIN GrandeSP a1 ON p1.object_id =
a1.object_id_6),
(Polygons6 p2 INNER JOIN GrandeSP a2 ON p2.object_id =
a2.object_id_6)
WHERE
SDO_RELATE(p1.spatial_data, p2.spatial_data,
'mask=TOUCH') = 'TRUE'
AND a2.nomemunicp = 'SAO PAULO'
```

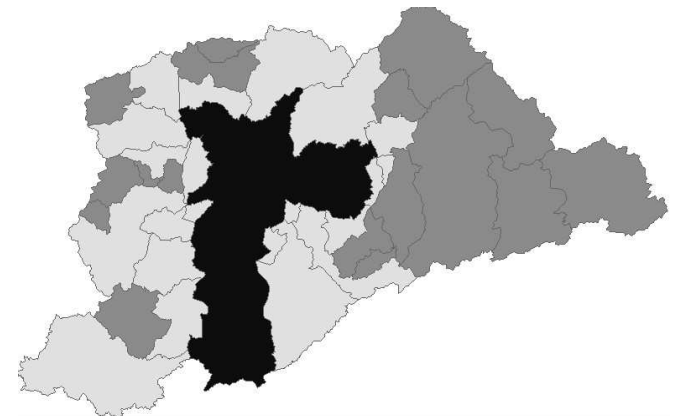




Consulta 1

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

```
SELECT a1.nomemunicp
FROM
(Polygons6 p1 INNER JOIN GrandeSP a1 ON p1.object_id =
a1.object_id_6),
(Polygons6 p2 INNER JOIN GrandeSP a2 ON p2.object_id =
a2.object_id_6)
WHERE
SDO_TOUCH(p1.spatial_data,p2.spatial_data) = 'TRUE'
AND a2.nomemunicp = 'SAO PAULO'
```

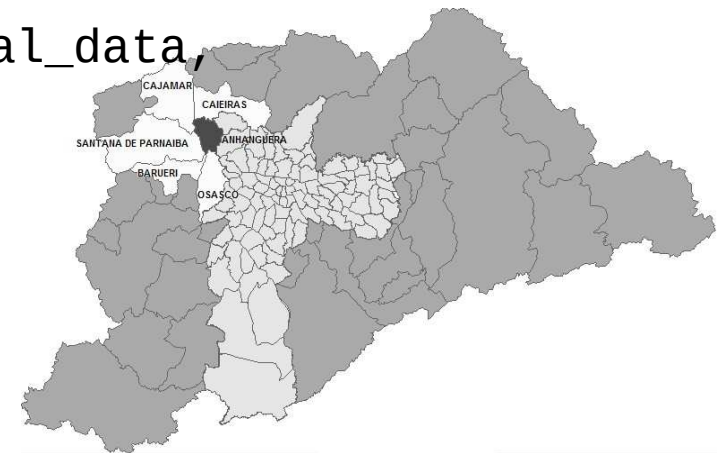




Consulta 2

- “Recuperar o nome de todos os municípios da grande São Paulo que são vizinhos ao distrito Anhanguera da cidade de São Paulo”

```
SELECT a1.nomemunicp
FROM
(Polygons6 p1 INNER JOIN GrandeSP a1 ON p1.object_id =
a1.object_id_6),
(Polygons2 p2 INNER JOIN Mapa_Distritos a2 ON
p2.object_id = a2.object_id_2)
WHERE
SDO_RELATE(p1.spatial_data, p2.spatial_data,
'mask=TOUCH') = 'TRUE'
AND a2.deno = 'ANHANGUERA'
```

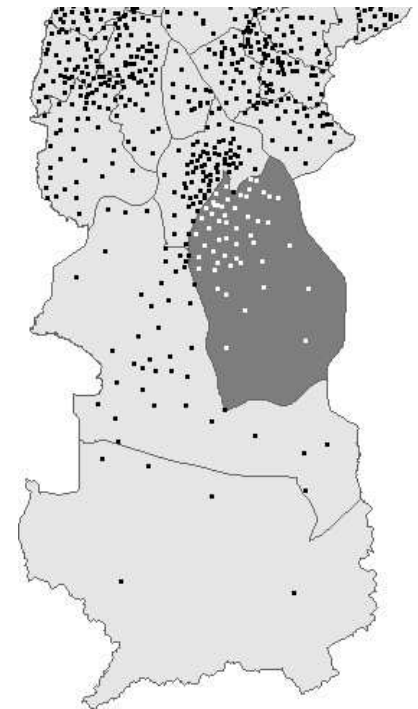




Consulta 3

- “Recuperar o número de bairros contidos no distrito Grajau”

```
SELECT COUNT(*)  
FROM Points4 p1,  
(Polygons2 p2 INNER JOIN Mapa_Distritos a1  
ON p2.object_id = a1.object_id_2)  
WHERE  
SDO_INSIDE (p1.spatial_data,  
p2.spatial_data) = 'TRUE'  
AND a1.deno = 'GRAJAU'
```

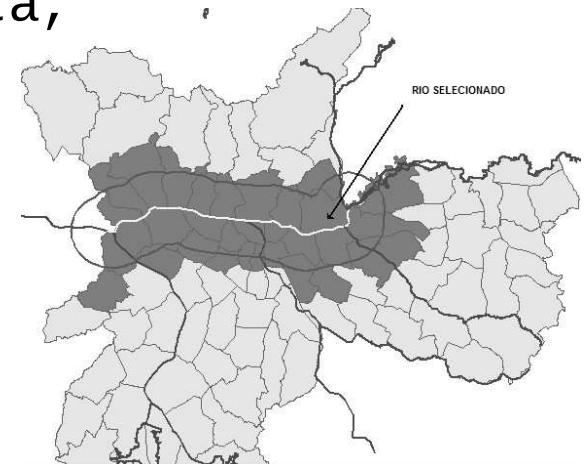




Consulta 4

- “Recuperar todos os distritos que estão num raio de 3Km de um determinado rio”

```
SELECT a1.deno
FROM (Polygons2 p1 INNER JOIN Mapa_Distritos
a1 ON p1.object_id = a1.object_id_2),
Lines5 p2, user_sdo_geom_metadata m
WHERE
SDO_RELATE (p1.spatial_data,
SDO_GEOM.SDO_BUFFER(p2.spatial_data,
m.diminfo, 3000),
'mask=ANYINTERACT') = 'TRUE'
AND m.table_name = 'LINES5'
AND m.column_name = 'SPATIAL_DATA'
AND p2.object_id = '59'
```





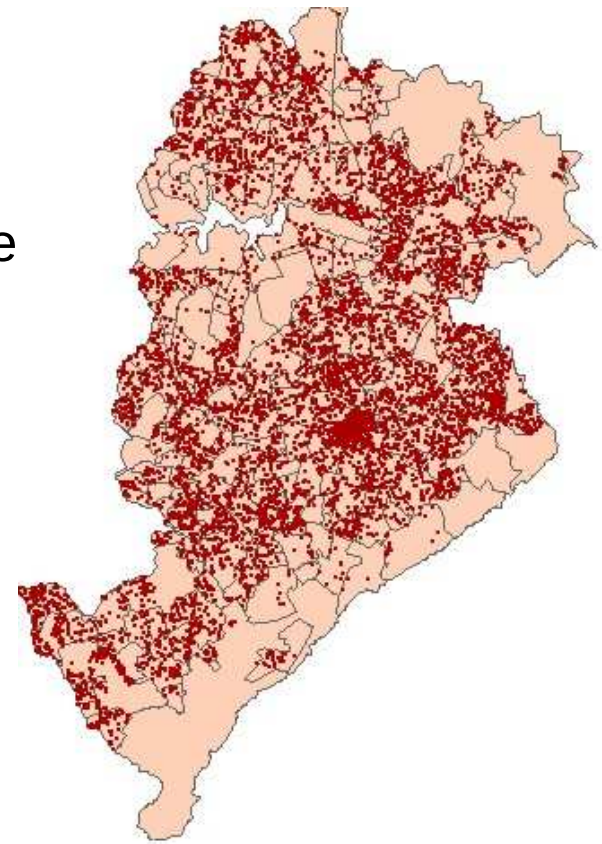
Consulta 5

- “Recuperar todos os bairros que estejam a menos de 3Km do bairro Boacava”.

```
SELECT DISTINCT a1.BAIRRO
FROM
  (Points4 p1 INNER JOIN Bairros_pt a1 ON
   p1.object_id = a1.object_id_4),
  (Points4 p2 INNER JOIN Bairros_pt a2 ON
   p2.object_id = a2.object_id_4)
WHERE
  SDO_GEOM.SDO_DISTANCE (p1.spatial_data,
    p2.spatial_data, 0.00005) < 3000
AND a2.bairro = 'BOACAVA'
AND a1.bairro <> 'BOACAVA'
```

Oracle Spatial – Consultas Espaciais

- Para executar as consultas dos próximos exercícios considere as tabelas já criadas:
 - Bairros de Belo Horizonte:
 - Geometria: Polygons1
 - Atributos: Bairros_pol
 - Ocorrências de crime em Belo Horizonte
 - Geometria: Points2
 - Atributos: Ocorrencias_Ago2003_pt





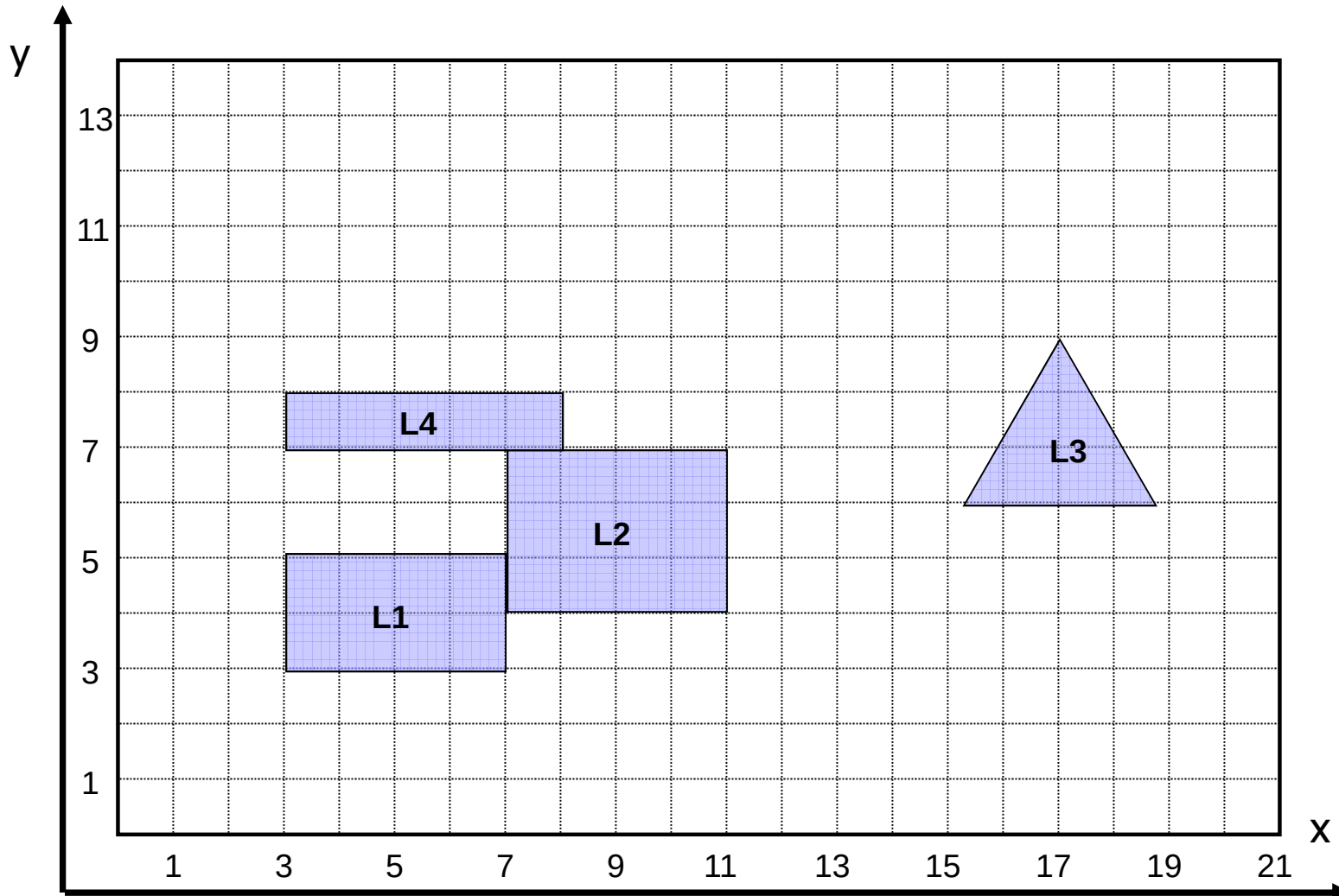
Oracle Spatial – Consultas Espaciais

1. Selecionar os bairros vizinhos (adjacentes) do bairro 'Centro' (object_id =1);
2. Selecionar os crimes que ocorreram no bairro 'Centro';
3. Para cada bairro, selecionar quantos crimes ocorreram dentro dele;
4. Selecione todos os crimes que ocorreram a uma distância de 1.000 metros do crime de identificador 45 (object_id = 45)



Oracle Spatial – Exercícios

- Considerando os lotes abaixo:





Oracle Spatial – Exercícios

1. Criar uma tabela chamada “*nomeAluno_ft_lotes*” para armazenar dos lotes;
2. Registrá-la na tabela de metadados (USER_SDO_GEOM_METADATA);
3. Inserir os lotes L1 e L2 usando o SDO_GEOMETRY;
4. Inserir os lotes L3 e L4 usando o formato WKT;
5. Criar um índice espacial (RTree) chamado “*nomeAluno_ft_lotes_idx*”;
6. Selecionar todos os lotes que são vizinhos (adjacentes) do lote L2;