

OGC e SFS

# Extensão espacial

- SGBD-OR são estendidos para suportar:
  - Tipos de dados espaciais: polígono, ponto, linha, etc;
  - Operadores e funções utilizados na SQL para manipular dados espaciais (consultas e junção)
  - Métodos eficientes de acesso aos dados espaciais
- Extensões existentes:
  - Comerciais
    - Oracle Spatial
    - IBM DB2 Spatial Extender
  - Livres
    - PostGIS
    - Extensão espacial para MySQL

# OpenGIS

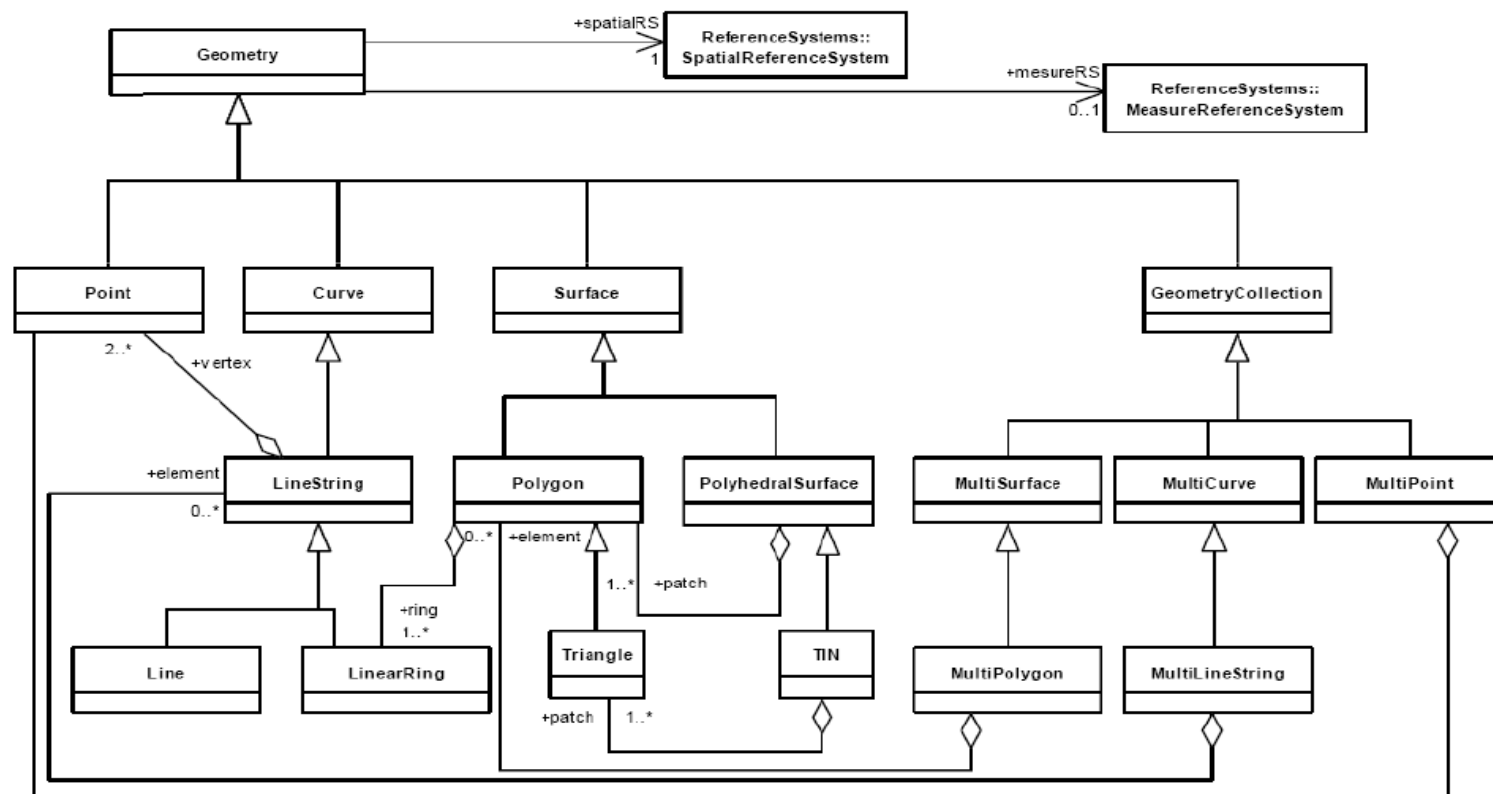
- Consórcio entre companhias, universidade e agências governamentais
- Objetivo: promover o desenvolvimento de tecnologias que facilitem a interoperabilidade entre sistemas envolvendo informação geo-espacial
- Os produtos do trabalho do OGC são apresentados sob forma de especificações de interfaces e padrões de intercâmbio

# OpenGIS

- Algumas especificações OGC:
  - **GML** (Geography Markup Language): intercâmbio de dados
  - **OWS** (OGC Web Service): especificações de serviços WEB
    - WFS: Web Feature Service
    - WMS: Web Map Server
  - **SFSQL** (Simple Feature Specification For SQL): especificações sobre o armazenamento e recuperação de dados espaciais em SGBD's OR

# OpenGIS - SFSQL

Tipos de geometrias vetoriais:



# WKT – Well Known Text for geometry

Existe uma gramática que define como representar textualmente todos as diferentes instâncias de geometrias. Exemplos:

Geometry Type	Text Literal Representation	Comment
Point	Point (10 10)	a Point
LineString	LineString ( 10 10, 20 20, 30 40)	a LineString with 3 points
Polygon	Polygon ((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10))	a Polygon with 1 exteriorRing and 0 interiorRings

# WKT

Multipoint	MultiPoint ((10 10), (20 20))	a MultiPoint with 2 points
MultiLineString	MultiLineString ( (10 10, 20 20), (15 15, 30 15) )	a MultiLineString with 2 linestrings
MultiPolygon	MultiPolygon ( ((10 10, 10 20, 20 20, 20 15, 10 10)), ((60 60, 70 70, 80 60, 60 60 )) )	a MultiPolygon with 2 polygons
GeomCollection	GeometryCollection ( POINT (10 10), POINT (30 30), LINESTRING (15 15, 20 20) )	a GeometryCollection consisting of 2 Point values and a LineString value
PolyhedralSurface	PolyhedralSurface Z ( ((0 0 0, 0 0 1, 0 1 1, 0 1 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 0 1 0, 1 1 0, 1 0 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 1 0 0, 1 0 1, 0 0 1, 0 0 0)), ((1 1 0, 1 1 1, 1 0 1, 1 0 0, 1 1 0)), ((0 1 0, 0 1 1, 1 1 1, 1 1 0, 0 1 0)), ((0 0 1, 1 0 1, 1 1 1, 0 1 1, 0 0 1)) )	A polyhedron cube, corner at the origin and opposite corner at (1, 1, 1).

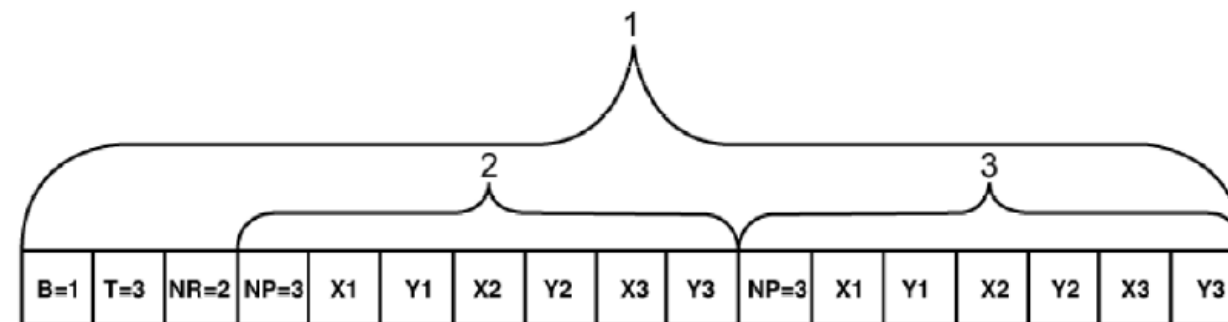
# WKT

Tin	Tin Z ( ((0 0 0, 0 0 1, 0 1 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 0 1 0, 1 0 0, 0 0 0)), ((0 0 0, 1 0 0, 0 0 1, 0 0 0)), ((1 0 0, 0 1 0, 0 0 1, 1 0 0)), )	A tetrahedron (4 triangular faces), corner at the origin and each unit coordinate digit.
Point	Point Z (10 10 5)	a 3D Point
Point	Point ZM (10 10 5 40)	the same 3D Point with M value of 40
Point	Point M (10 10 40)	a 2D Point with M value of 40



# WKB – Well Known Binary for geometry

Existe também uma versão binária para representar as geometrias. Pode ser usada na especificação do armazenamento



Key

- 1 WKB Polygon
- 2 ring 1
- 3 ring 2

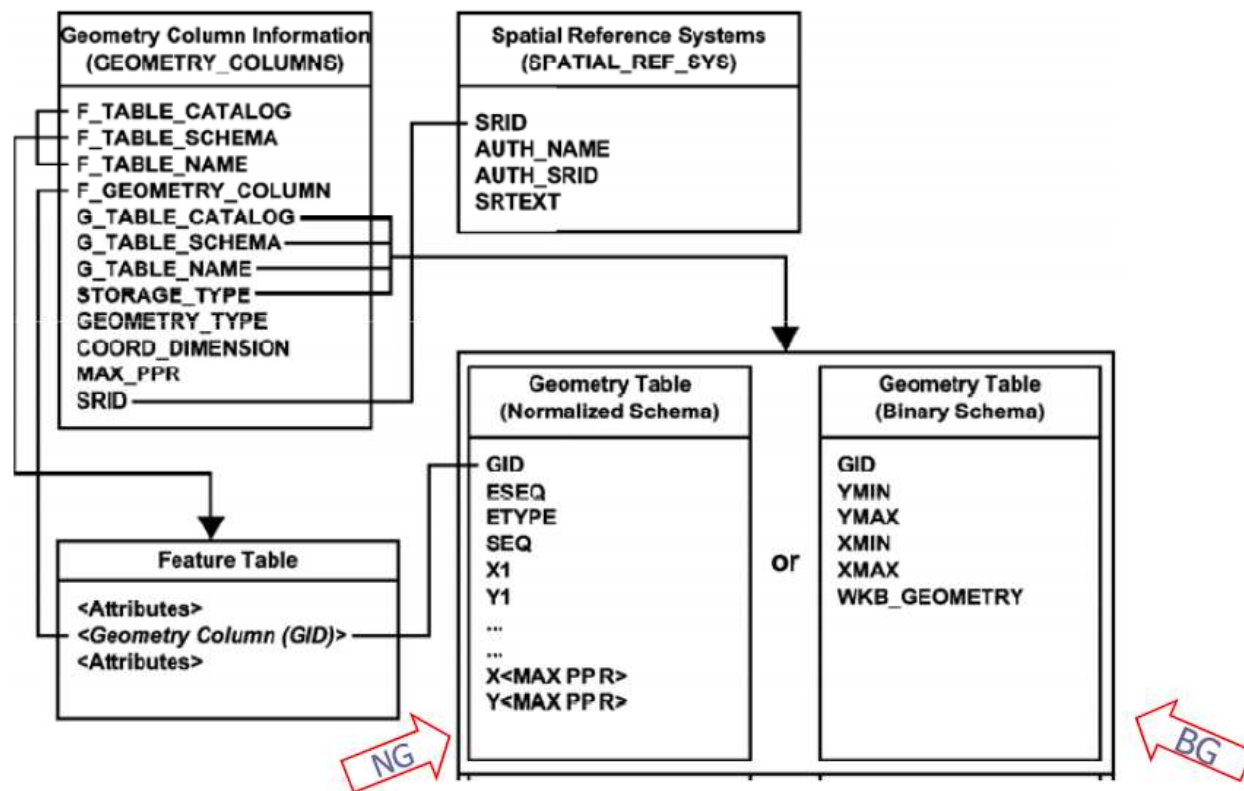
Figure 25: Well-known Binary Representation for a geometric object  
in NDR format (**B** = 1)  
of type Polygon (**T** = 3)  
with 2 LinearRings (**NR** = 2)  
each LinearRing having 3 points (**NP** = 3)

# Códigos para as geometrias

Type	Code	Type	Code	Type	Code	Type	Code
Geometry	0	Geometry Z	1000	Geometry M	2000	Geometry ZM	3000
Point	1	Point Z	1001	Point M	2001	Point ZM	3001
LineString	2	LineString Z	1002	LineString M	2002	LineString ZM	3002
Polygon	3	Polygon Z	1003	Polygon M	2003	Polygon ZM	3003
MultiPoint	4	MultiPoint Z	1004	MultiPoint M	2004	MultiPoint ZM	3004
MultiLineString	5	MultiLineString Z	1005	MultiLineString M	2005	MultiLineString ZM	3005
MultiPolygon	6	MultiPolygon Z	1006	MultiPolygon M	2006	MultiPolygon ZM	3006
GeometryCollection	7	GeometryCollection Z	1007	GeometryCollection M	2007	GeometryCollection ZM	3007
CircularString	8	CircularString Z	1008	CircularString M	2008	CircularString ZM	3008
CompoundCurve	9	CompoundCurve Z	1009	CompoundCurve M	2009	CompoundCurve ZM	3009
CurvePolygon	10	CurvePolygon Z	1010	CurvePolygon M	2010	CurvePolygon ZM	3010
MultiCurve	11	MultiCurve Z	1011	MultiCurve M	2011	MultiCurve ZM	3011
MultiSurface	12	MultiSurface Z	1012	MultiSurface M	2012	MultiSurface ZM	3012
Curve	13	Curve Z	1013	Curve M	2013	Curve ZM	3013
Surface	14	Surface Z	1014	Surface M	2014	Surface ZM	3014
PolyhedralSurface	15	PolyhedralSurface Z	1015	PolyhedralSurface M	2015	PolyhedralSurface ZM	3015
TIN	16	TIN Z	1016	TIN M	2016	TIN ZM	3016

# OpenGIS - SFSQL

## Esquema de metadatos



# OpenGIS - SFSQL

- Tipos de geometrias vetoriais - exemplos:
  - Criar uma tabela para armazenar os municípios de São Paulo:

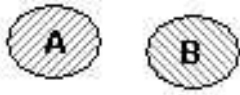

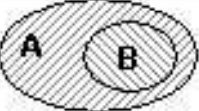

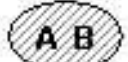



```
CREATE TABLE municípiossp
(cod          INTEGER,
nomemunicp   VARCHAR(255) NULL,
populacao    REAL
geometria     POLYGON);
```

- Criar uma tabela para armazenar os rios de São Paulo:

```
CREATE TABLE drenagemsp
( cod          INTEGER,
numero        VARCHAR(255) NULL,
geometria     LINESTRING);
```

# OpenGIS - SFSQL

- Spatial SQL:
  - Operadores topológicos baseados na matriz de 9-Interseções estendida dimensionalmente (DE-9IM) : touches, equals, overlaps, disjoints, intersects, contains, insides, covers, coveredBy.

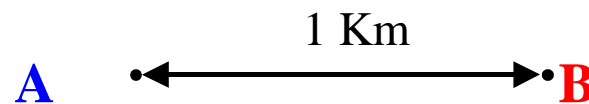
 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{bmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>disjoint</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{bmatrix} \neg\emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>meet</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{bmatrix} \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>contains</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{bmatrix} \neg\emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>covers</b></p>
 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{bmatrix} \neg\emptyset & \emptyset & \emptyset \\ \emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ \emptyset & \emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>equal</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{bmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>overlap</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{bmatrix} \emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ \emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>inside</b></p>	 $\begin{matrix} \partial B & B^\circ & B^- \\ \partial A \begin{bmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ \emptyset & \neg\emptyset & \emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix} \\ A^\circ \\ A^- \end{matrix}$ <p><b>covered by</b></p>

# Relações Espaciais

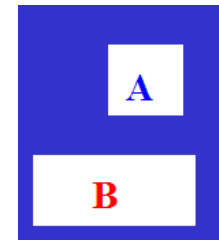
**Relações topológicas:** contém, cruza, etc.



**Relações métricas**



**Relações direcionais:** ao norte, ao sul, etc.



# Relações Topológicas

Relações topológicas são definidas usando conceitos de topologia como interior e borda

Por exemplo:

A **borda** de uma região consiste de um conjunto de curvas que separa a região do resto do espaço de coordenadas

O **interior** de uma região consiste de todos os pontos da região que não correspondem a sua borda

Considerando isso, duas regiões são:

**Adjacentes** se elas compartilham uma parte da borda mas não compartilham nem um ponto do seu interior



# Relações Topológicas

- Matriz de 4-interseções para relacionamentos topológicos entre regiões
- Definida com base na matriz de interseção entre a borda e o interior de duas regiões A e B

$$\begin{pmatrix} b(A) \cap b(B) & b(A) \cap i(B) \\ i(A) \cap b(B) & i(A) \cap i(B) \end{pmatrix}$$

- Cada entrada da matriz é vazia ou não vazia. Exemplo:

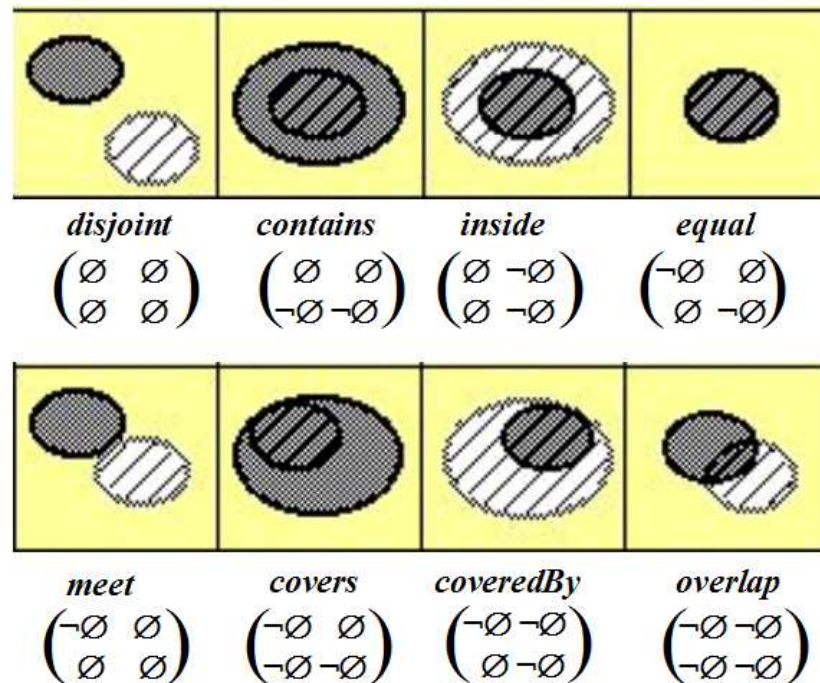
$$\begin{pmatrix} \neg \emptyset & \emptyset \\ \emptyset & \emptyset \end{pmatrix}$$





# Matriz de 4-intersecções (Egenhofer)

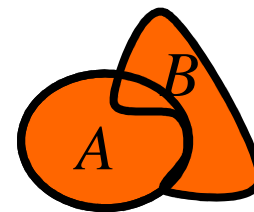
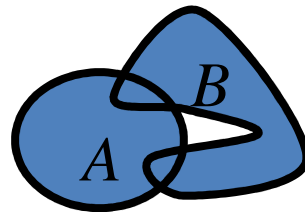
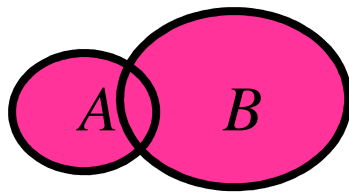
- De todas as possíveis configurações que podem ser obtidas associando valores vazio/não vazio para cada entrada da matriz, 8 delas são possíveis para regiões sem buracos



# Pros e contras

- Modelo simples e bem aceito
- Não distingue entre duas situações conceitualmente distintas.

Exemplo:

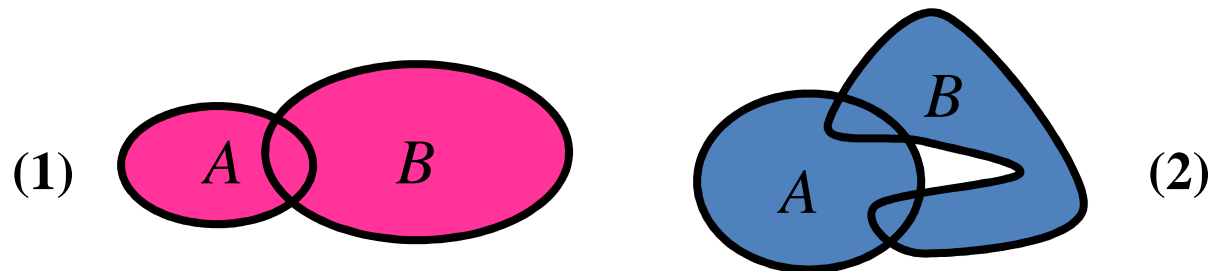


- Todas as 3 situações correspondem a mesma matriz

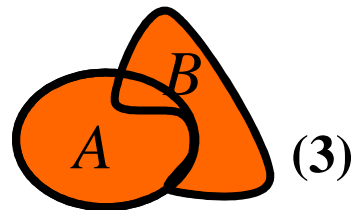
$$\begin{bmatrix} \neg\emptyset & \neg\emptyset \\ \neg\emptyset & \neg\emptyset \end{bmatrix}$$

# Extensão possível

- Usar valores diferentes na matriz. Por exemplo:
  - o número de componentes conectados nas intersecções pode ser usado para distinguir entre (1) and (2)



- adicionar a dimensão de cada componente pode distinguir o caso (3)

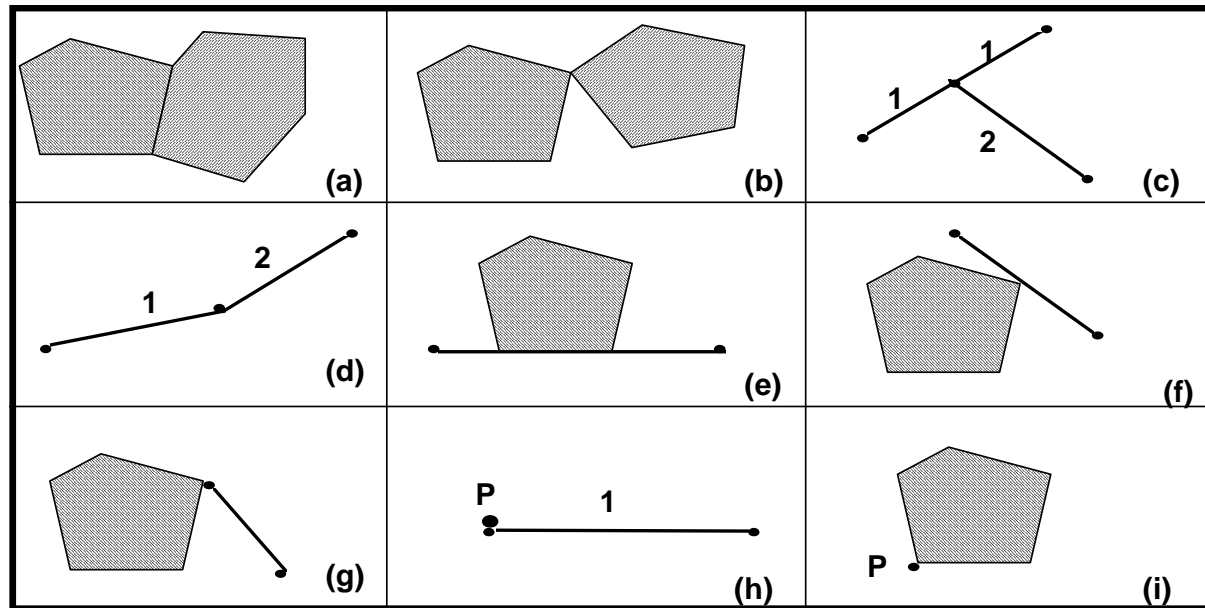


## Matriz de 9-interseções de Egenhofer

- Matriz de 9-interseções para relacionamentos topológicos entre conjuntos genéricos de entidades espaciais (não apenas região/região): considera interior, borda e exterior
- As entradas da matriz podem ser vazio/não-vazio ou outras propriedades como visto anteriormente

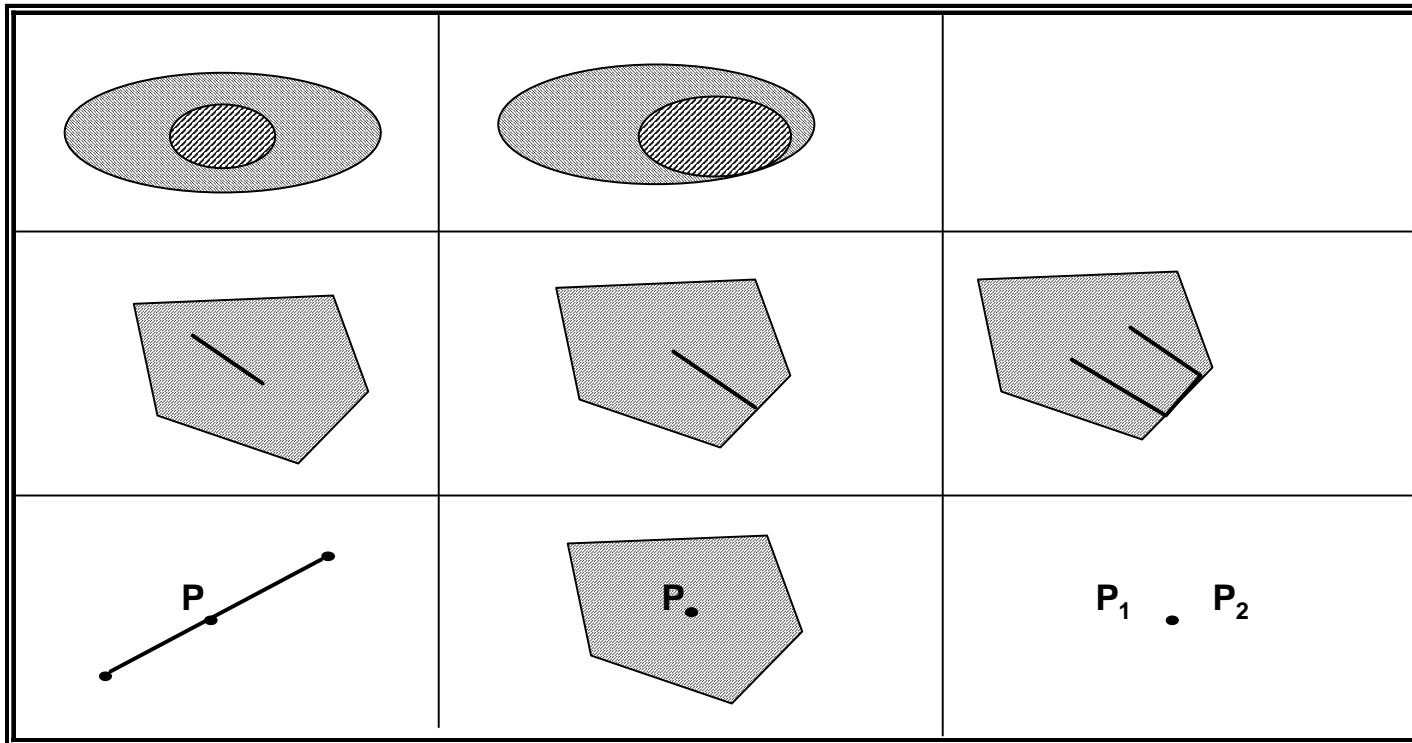
$$\begin{pmatrix} b(A) \cap b(B) & b(A) \cap i(B) & b(A) \cap e(B) \\ i(A) \cap b(B) & i(A) \cap i(B) & i(A) \cap e(B) \\ e(A) \cap b(B) & e(A) \cap i(B) & e(A) \cap e(B) \end{pmatrix}$$

# Relacionamentos Topológicos



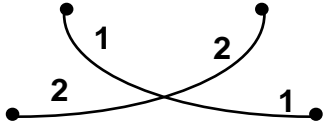
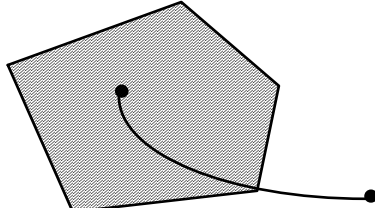
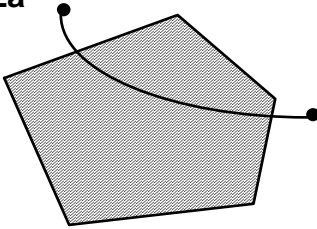
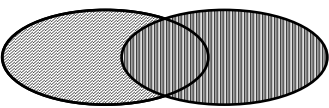
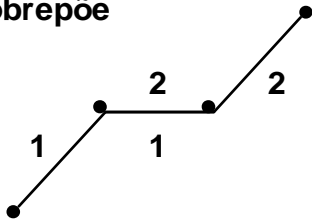
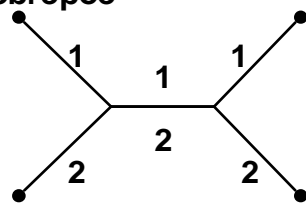
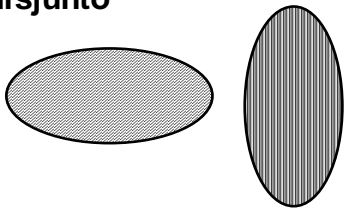
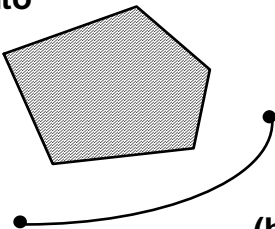

Toca - única interseção é nas bordas

# Relacionamentos Topológicos



“Dentro de” : intersecção no interior

# Relacionamentos Topológicos

<p>cruza</p>  <p>(a)</p>	<p>cruza</p>  <p>(b)</p>	<p>cruza</p>  <p>(c)</p>
<p>sobreposição</p>  <p>(d)</p>	<p>sobreposição</p>  <p>(e)</p>	<p>sobreposição</p>  <p>(f)</p>
<p>disjunto</p>  <p>(g)</p>	<p>disjunto</p>  <p>(h)</p>	<p>disjunto</p>  <p>(i)</p>

# OpenGIS - SFSQL

- Spatial SQL:
  - Outros operadores: `distance`, `buffer`, `convexHull`, `intersection`,  
`union`, `difference`, `area`, `centroid` e `pointOnSurface`



# OpenGIS - SFSQL

- Spatial SQL - Exemplos:
  - Encontre todos os municípios de SP que são vizinhos do município de São Paulo:

```
SELECT d2.nomemunicp
FROM municipiossp d1, municipiossp d2
WHERE TOUCHES(d1.geometria, d2.geometria)
AND (d2.nomemunicp <> 'SAO PAULO')
AND (d1.nomemunicp = 'SAO PAULO');
```

# OpenGIS - SFSQL

- Spatial SQL - Exemplos:
  - Encontre todos os municípios de SP que estão num raio de 3Km do rio X:

```
SELECT nomemunicp
FROM      municipiosp, drenagemsp
WHERE INTERSECTS
      (BUFFER(drenagemsp.geometria, 3000),
      municipiosp.geometria)
AND      drenagemsp.numerio = 'X';
```