

# Treinamento no desenvolvimento de aplicações GIS

Banco de dados espacial PostGIS





Esta obra está licenciada sob uma  
licença Creative Commons

<http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/br/>

# Ficha técnica

- **Autoria**

**Rodrigo Hjort**

Coordenação Estratégica de Tecnologia – Brasília

- **Revisão**

**José Ronaldo Agra de Souza Filho**

Coordenação Estratégica de Tecnologia – Brasília

**Alisson Coelho de Moraes**

Superintendência de Desenvolvimento – Curitiba

# Agenda

- Conceito de banco de dados espacial
- A extensão PostGIS
  - Instalação e configuração
- Carga de dados espaciais
  - Criação de tabelas georreferenciadas
  - Importação e exportação de shapefiles
- Funções e operadores espaciais
- Questões de performance
  - Índices espaciais



# O que é um banco de dados espacial?



# Banco de dados convencional

## **Tipos de dados**

texto, número, data/hora

## **Índices**

b-tree, hash

## **Funções e operadores**

length(), now(), +, >=

# Banco de dados espacial

## **Tipos de dados espaciais**

geometry, geography

## **Índices espaciais**

r-tree, quad-tree, kd-tree

## **Funções e operadores espaciais**

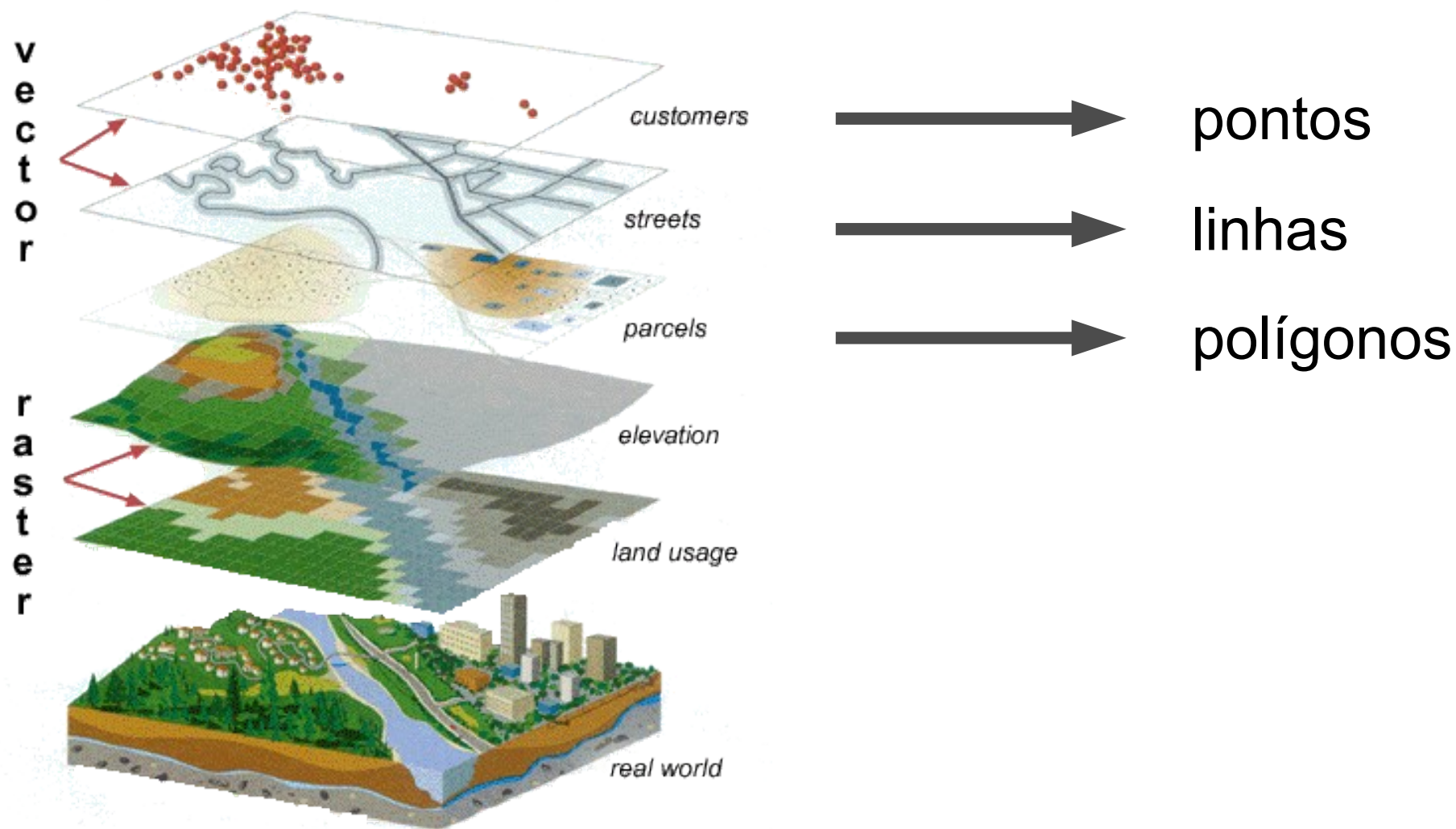
ST\_Length(), ST\_X(), &&, @

# Um banco de dados espacial...

armazena e manipula objetos  
espaciais como qualquer outro  
objeto do banco de dados



# A modelagem espacial



# O que é o ESRI Shapefile?

- formato popular de arquivo contendo **dados geoespaciais em forma de vetor** usado em GIS
- desenvolvido e regulamentado pela ESRI como um **especificação aberta** para interoperabilidade entre diversos fornecedores
- carregam **geometrias** (pontos, linhas, polígonos) acompanhadas de **atributos** que as descrevem



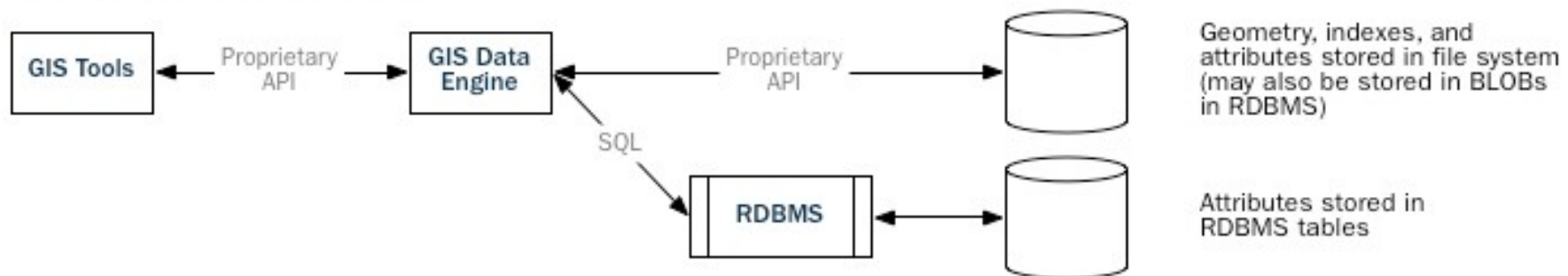
<http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf>

# Evolução das arquiteturas GIS

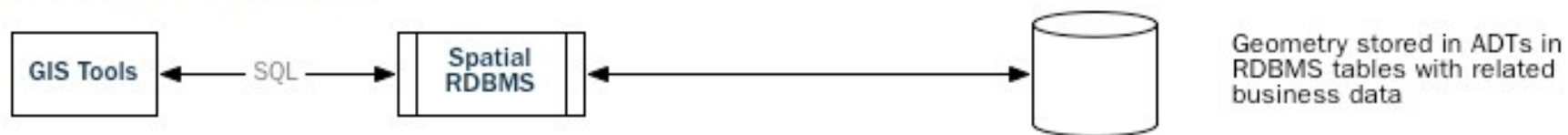
## First-Generation GIS:



## Second-Generation GIS:

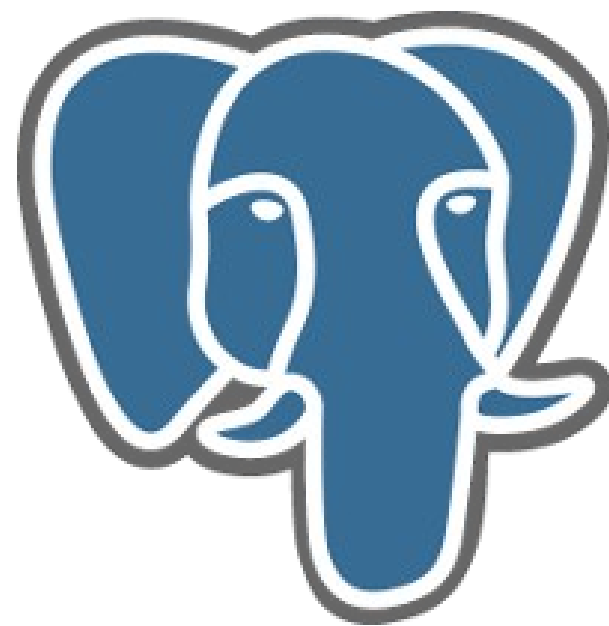


## Third-Generation GIS:



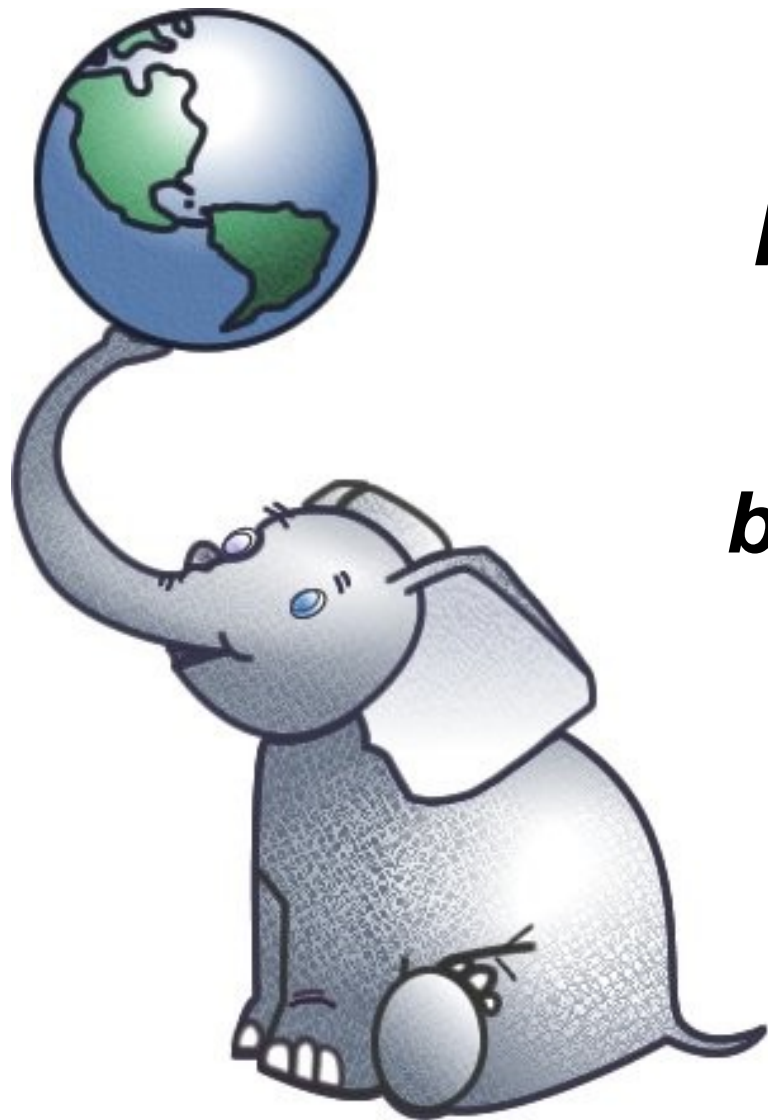
# O que é o PostgreSQL?

- SGBD objeto-relacional de código aberto
- inicialmente desenvolvido na UC Berkeley em 1986
- segue padrões SQL ANSI
- altamente extensível
- licença BSD
- ***“The world's most advanced open source database”***





# O que é o PostGIS?

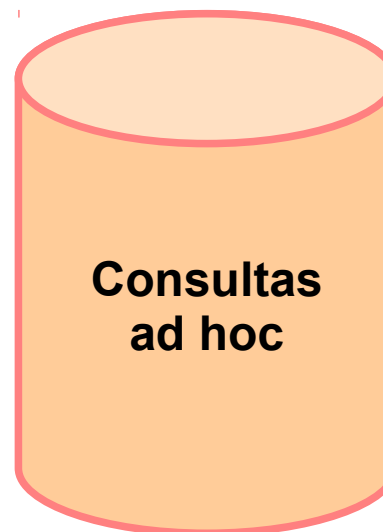
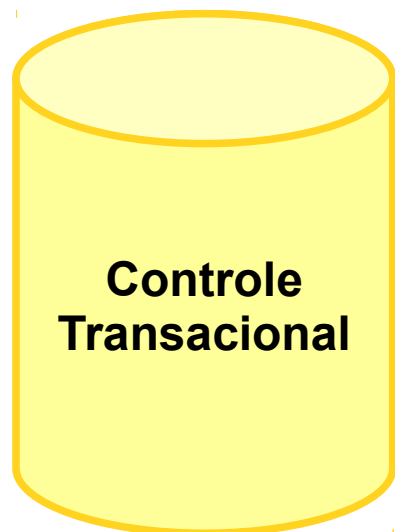


***PostGIS "spatially enables"  
the PostgreSQL server,  
allowing it to be used as a  
backend spatial database for  
geographic information  
systems (GIS)***



# Por que não usar shapefiles?

**Porque usar SGBD é muito melhor!**



# Instalando o PostGIS e utilitários

```
# apt-get install  
• postgresql-9.2-postgis-2.1  
• pgadmin3  
• qgis python-qgis qgis-plugin-grass  
  
• Repositórios (ver repositorios.txt)  
• Aceitar a não verificação de autenticidade
```

# Criando o banco modelo

```
# su postgres

$ createuser -P -s sa_gis

$ createdb -O sa_gis template_postgis

$ cd /usr/share/postgresql/9.2/contrib/postgis-2.1

$ psql template_postgis -f postgis.sql

$ psql template_postgis -f postgis_comments.sql

$ psql template_postgis -f spatial_ref_sys.sql
```

# Criando o banco “curso”

```
# su postgres
```

```
# createdb curso -O sa_gis \  
-T template_postgis
```

```
$ psql -h localhost -U sa_gis curso
```

# Verificando as versões

```
SELECT version();
```

PostgreSQL 9.2 on ...

```
SELECT postgis_version();
```

2.1 USE\_GEOS=1 USE\_PROJ=1 USE\_STATS=1

```
SELECT postgis_full_version();
```

POSTGIS="2.0.1 r9979" GEOS="3.3.3-CAPI-1.7.4"  
PROJ="Rel. 4.7.1, 23 September 2009" LIBXML="2.7.6"



# Analizando o banco “curso”

- [-] curso
  - [+] Catálogos (2)
  - [-] Esquemas (1)
    - [-] public
      - [+] Domínios (0)
      - [+] FTS Configurations (0)
      - [+] FTS Dictionaries (0)
      - [+] FTS Parsers (0)
      - [+] FTS Templates (0)
      - [+] Funções (525)
      - [+] Sequências (0)
      - [-] Tabelas (1)
        - [+] spatial\_ref\_sys
      - [+] Funções de Gatilho (2)
      - [-] Visões (2)
        - [+] geography\_columns
        - [+] geometry\_columns

curso=> \d+

Lista de relações

Esquema	Nome	Tipo
public	geography_columns	visão
public	geometry_columns	visão
public	spatial_ref_sys	tabela

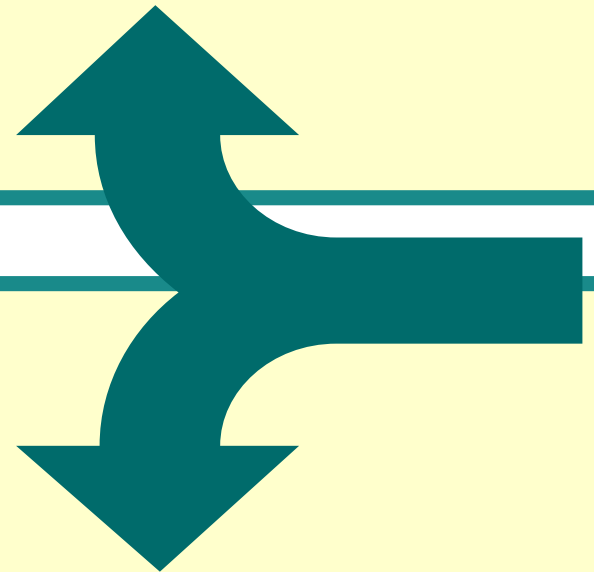
(3 registros)

# Criando geometrias no PostGIS

```
CREATE TABLE geometrias (  
  nome varchar,  
  geom geometry  
);
```

```
CREATE TABLE geometrias (  
  nome varchar  
);
```

```
SELECT AddGeometryColumn(  
  'geometrias', 'geom', 0, 'GEOMETRY', 2);
```



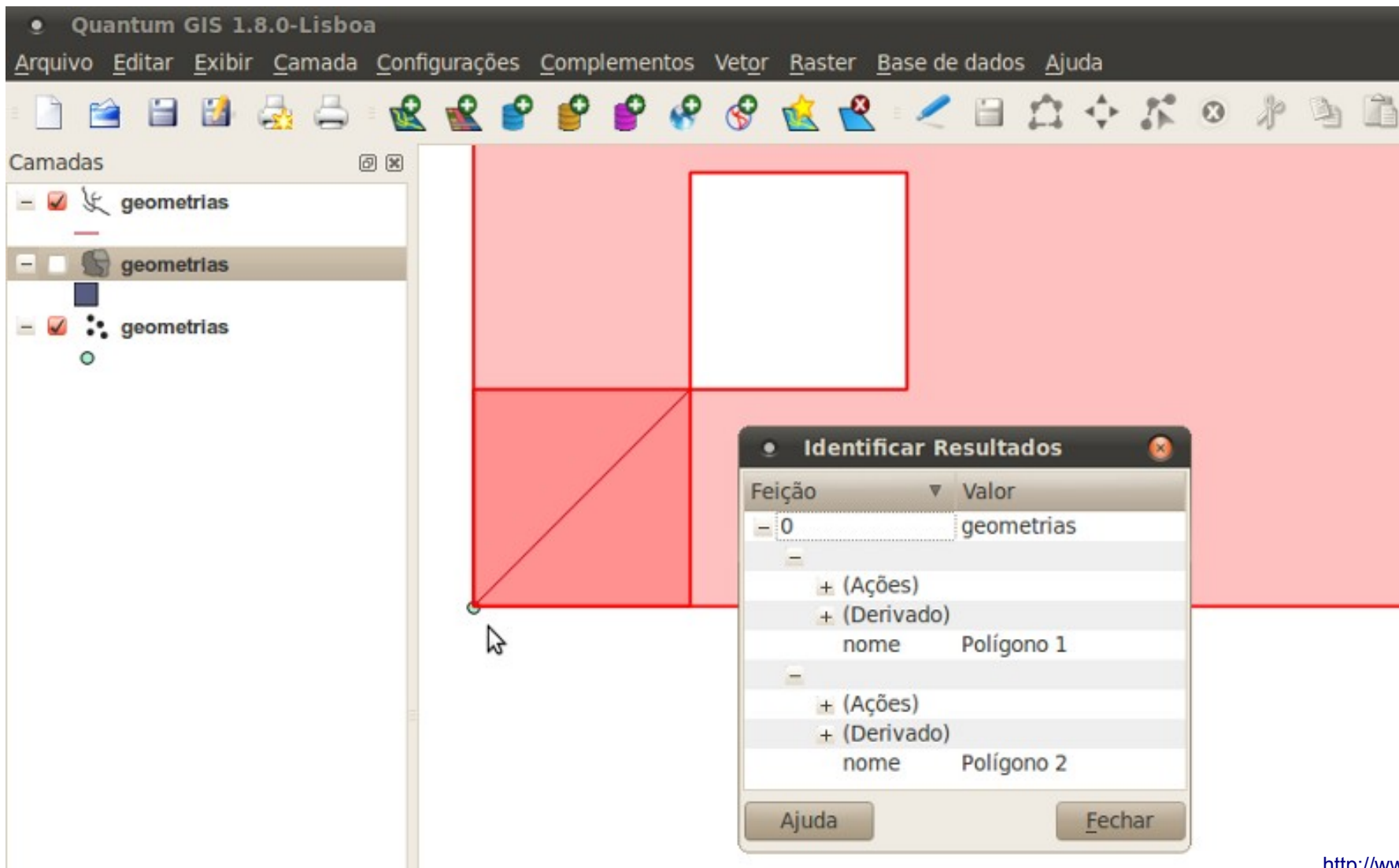
# Populando geometrias no PostGIS

```
INSERT INTO geometrias VALUES
('Ponto 1', 'POINT(0 0)'),
('Linha 1', 'LINESTRING(0 0, 1 1, 2 1, 2 2)'),
('Polígono 1', 'POLYGON((0 0, 1 0, 1 1, 0 1, 0 0))'),
('Polígono 2', 'POLYGON((0 0, 10 0, 10 10, 0 10, 0 0),
(1 1, 1 2, 2 2, 2 1, 1 1))'),
('Coleção 1', 'GEOMETRYCOLLECTION(POINT(2 0),
POLYGON((0 0, 1 0, 1 1, 0 1, 0 0)))');
```

```
SELECT * FROM geometrias;
```

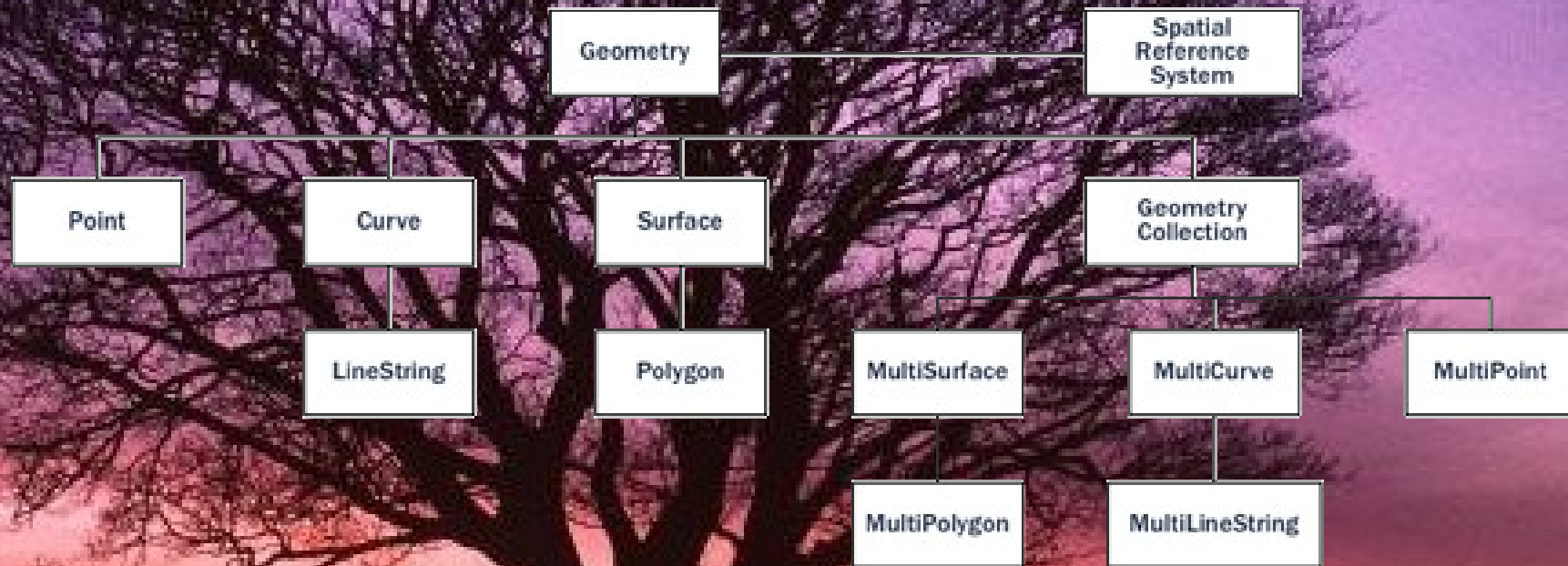
```
SELECT nome, GeometryType(geom), ST_NPoints(geom),
      ST_Length(geom), ST_Perimeter(geom),
      ST_Area(geom), ST_Summary(geom)
FROM geometrias;
```

# Visualizando no Quantum GIS



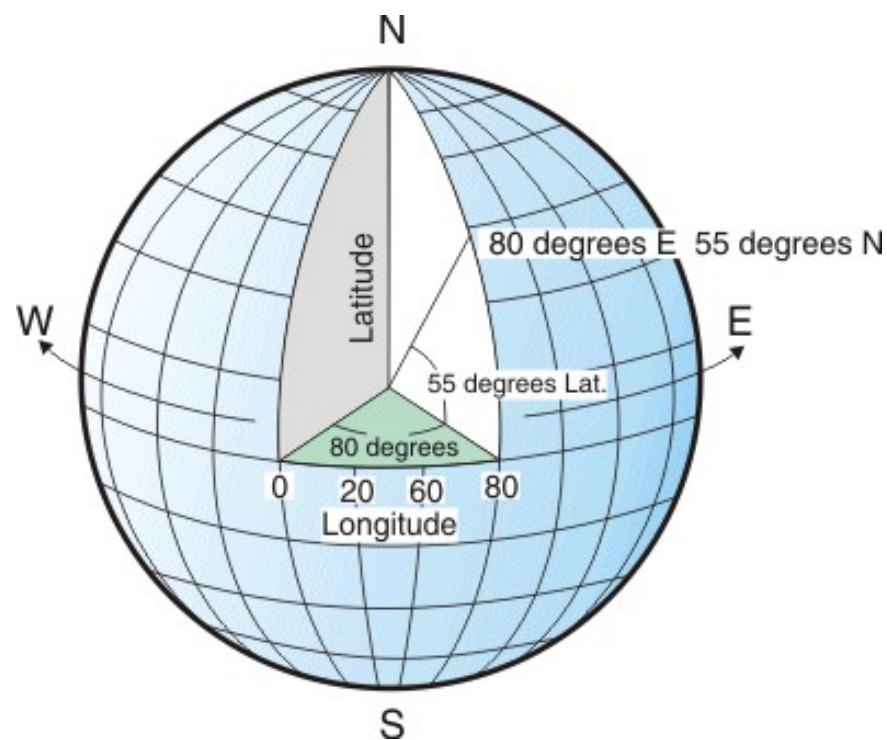
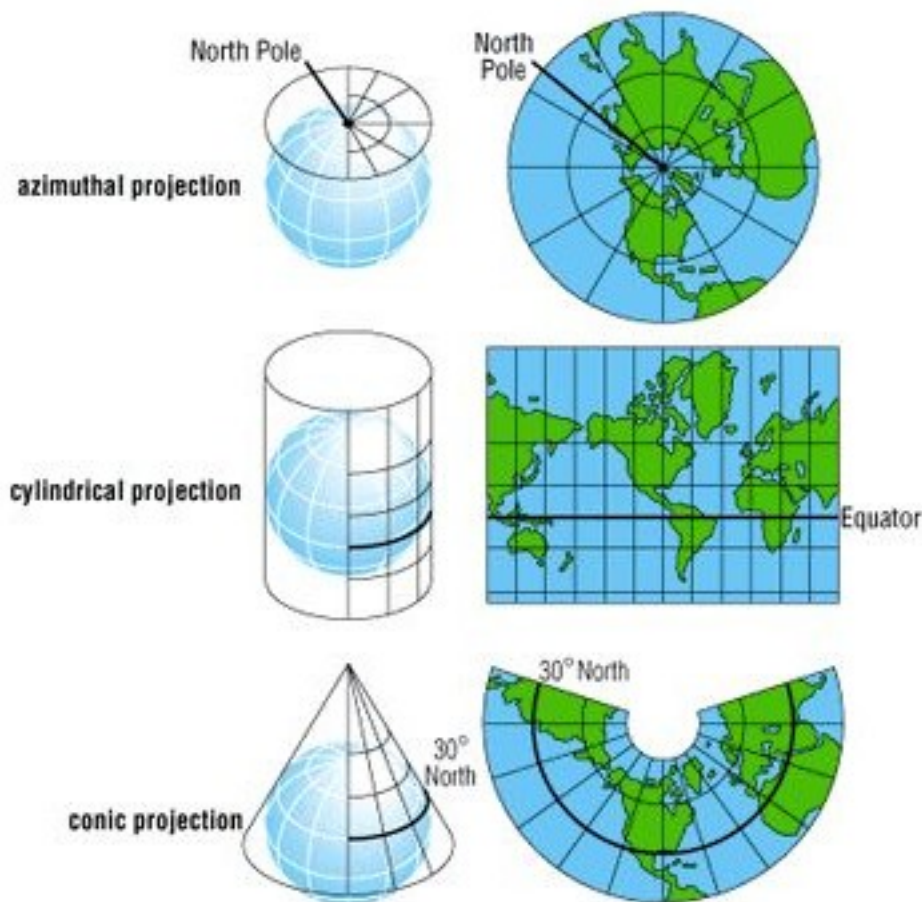
<http://www.qgis.org/>

# A hierarquia da geometria





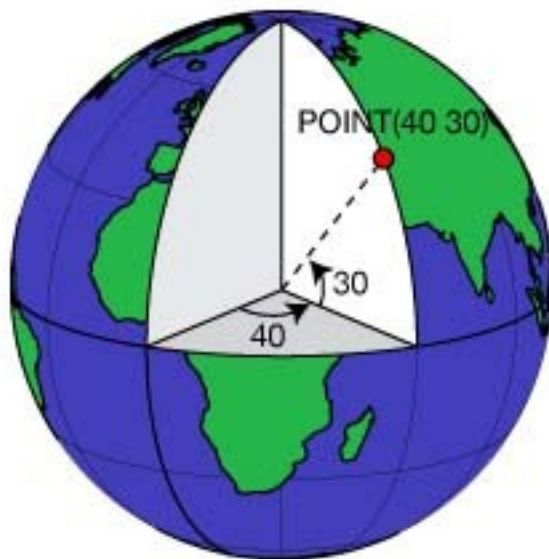
# Projeções e sistemas de coordenadas



<http://spatialreference.org/ref/epsg/4326/>

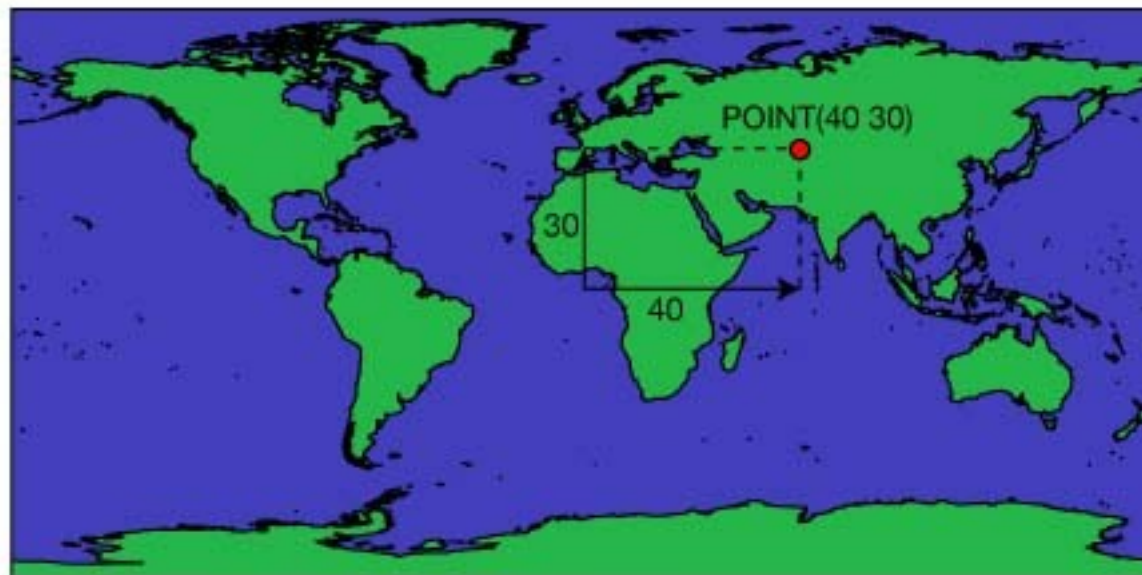
# O tipo de dados geográfico

geography datatype



Modelo  
Esférico

geometry datatype



Modelo Plano  
(Cartesiano)



# Usar geometria ou geografia?

<http://www.gcmap.com/mapui?P=LAX-CDG>



***A que distância da Islândia passa  
um voo de Los Angeles a Paris?***

# A tabela de sistemas de referências

Query - curso em postgres@127.0.0.1:5432 \*

Arquivo Editar Consulta Favoritos Macros Visualizar Ajuda

curso em postgres@127.0.0.1

SQL Editor Graphical Query Builder

```
SELECT *  
FROM spatial_ref_sys  
WHERE srid = 4326;
```

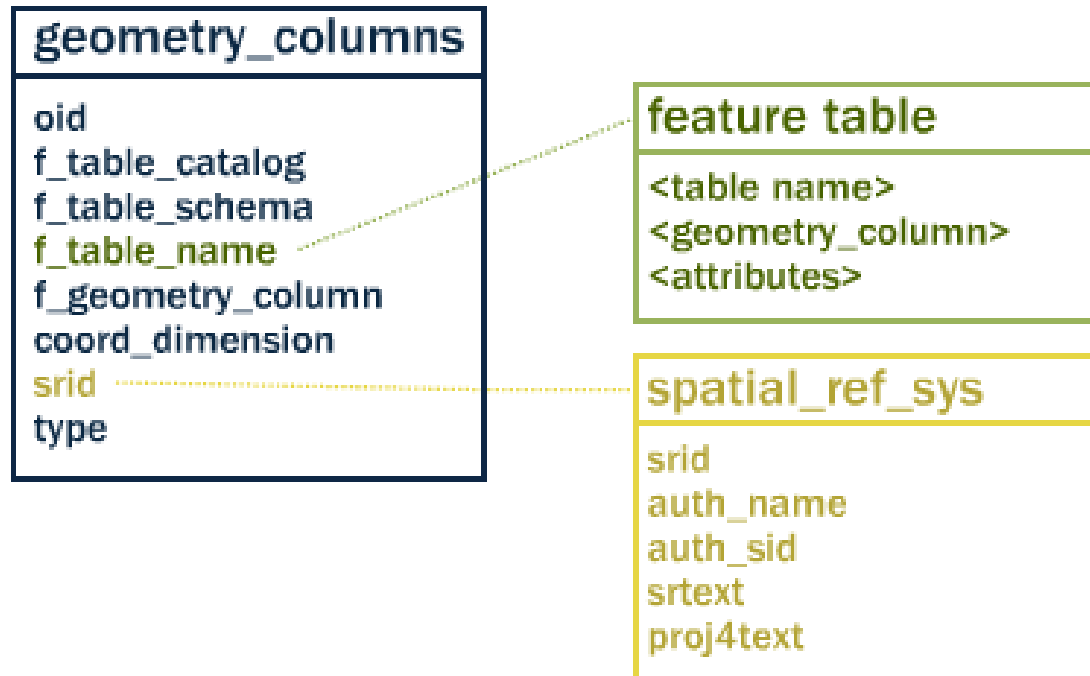
Painel de saída

Saída de Dados Explain Mensagens Histórico

	<b>srid</b> integer	<b>auth_name</b> character varying(256)	<b>auth_srid</b> integer	<b>srtext</b> character varying(2048)	<b>proj4text</b> character varying(2048)
1	4326	EPSG	4326	GEOGCS["WGS 84",DATUM["	+proj=longlat +datum=WG

OK. Unix Lin 3 Col 19 Ch 49 1 row. 13 ms

# A tabela de colunas geométricas



```
SELECT * FROM geometry_columns;
```



# Criando tabela de edifícios

```
CREATE TABLE edificios (  
  id serial NOT NULL PRIMARY KEY,  
  tipo char(1) NOT NULL,  
  nome varchar(30) NOT NULL,  
  sigla char(4) NOT NULL  
);  
  
SELECT AddGeometryColumn(  
  'edificios', 'local', 4326, 'POINT', 2);  
  
GRANT ALL ON edificios TO public;  
  
SELECT * FROM geometry_columns;
```

# Populando dados geolocalizados

```
INSERT INTO edificios (tipo, nome, sigla, local) VALUES  
( 'S', 'Sede', 'SEDE',  
ST_GeomFromText('POINT(-47.869905 -15.784105)', 4326)),  
( 'R', 'Regional Brasília', 'BSA',  
ST_GeomFromText('POINT(-47.872472 -15.78744)', 4326)),  
( 'R', 'Regional Curitiba', 'CTA',  
ST_GeomFromText('POINT(-49.272849 -25.411505)', 4326)),  
( 'R', 'Regional Fortaleza', 'FLA',  
ST_GeomFromText('POINT(-38.513370 -3.753282)', 4326)),  
( 'R', 'Reg. Rio de Janeiro - Horto', 'RJ0',  
ST_GeomFromText('POINT(-43.234656 -22.968657)', 4326)),  
( 'E', 'Escritório Manaus', 'MNS',  
ST_GeomFromText('POINT(-60.013399 -3.124259)', 4326));
```

*Longitude*

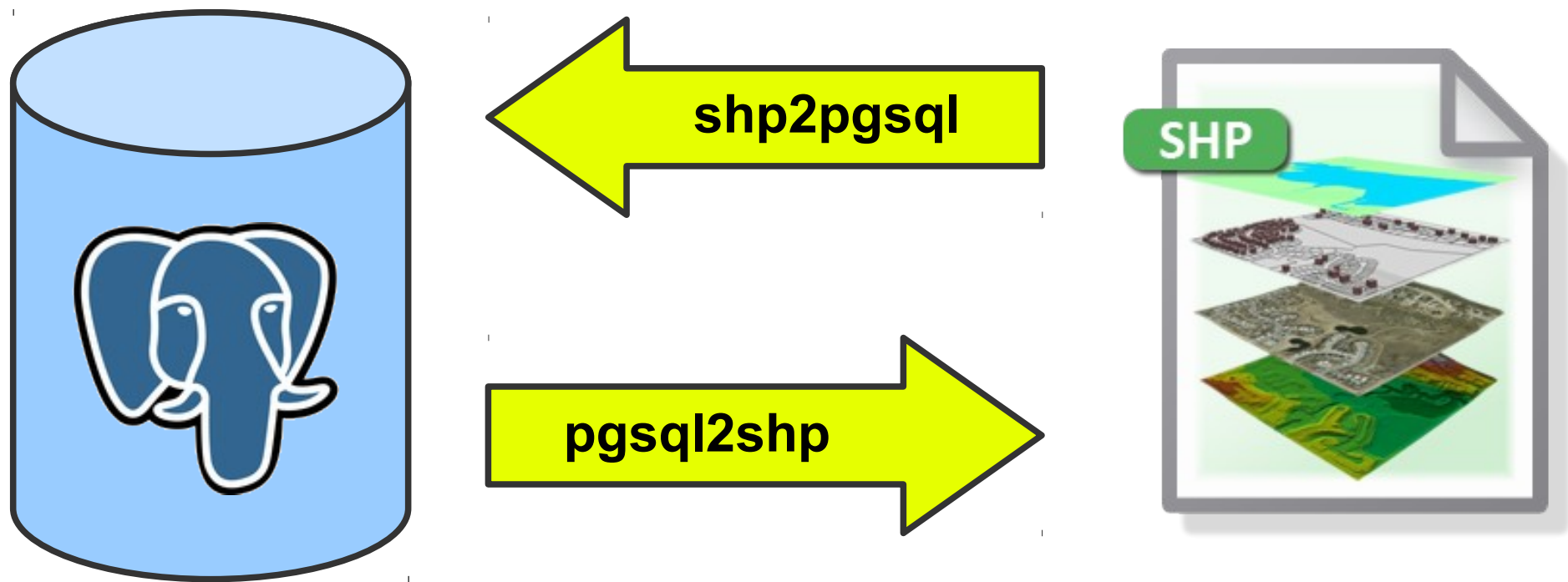
*Latitude*

*WGS 84*

# Visualizando os pontos no mapa

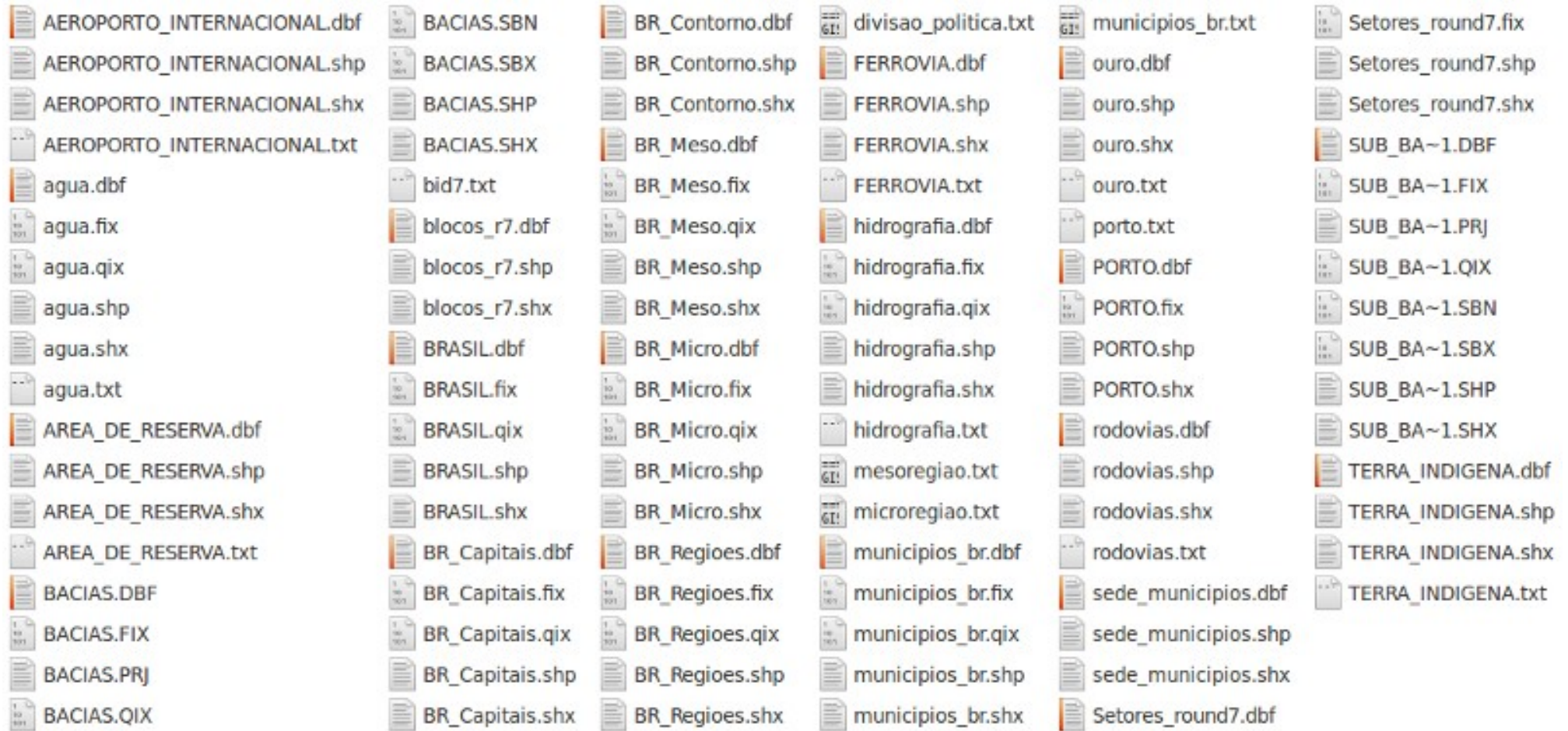


# Conversão de ESRI Shapefiles



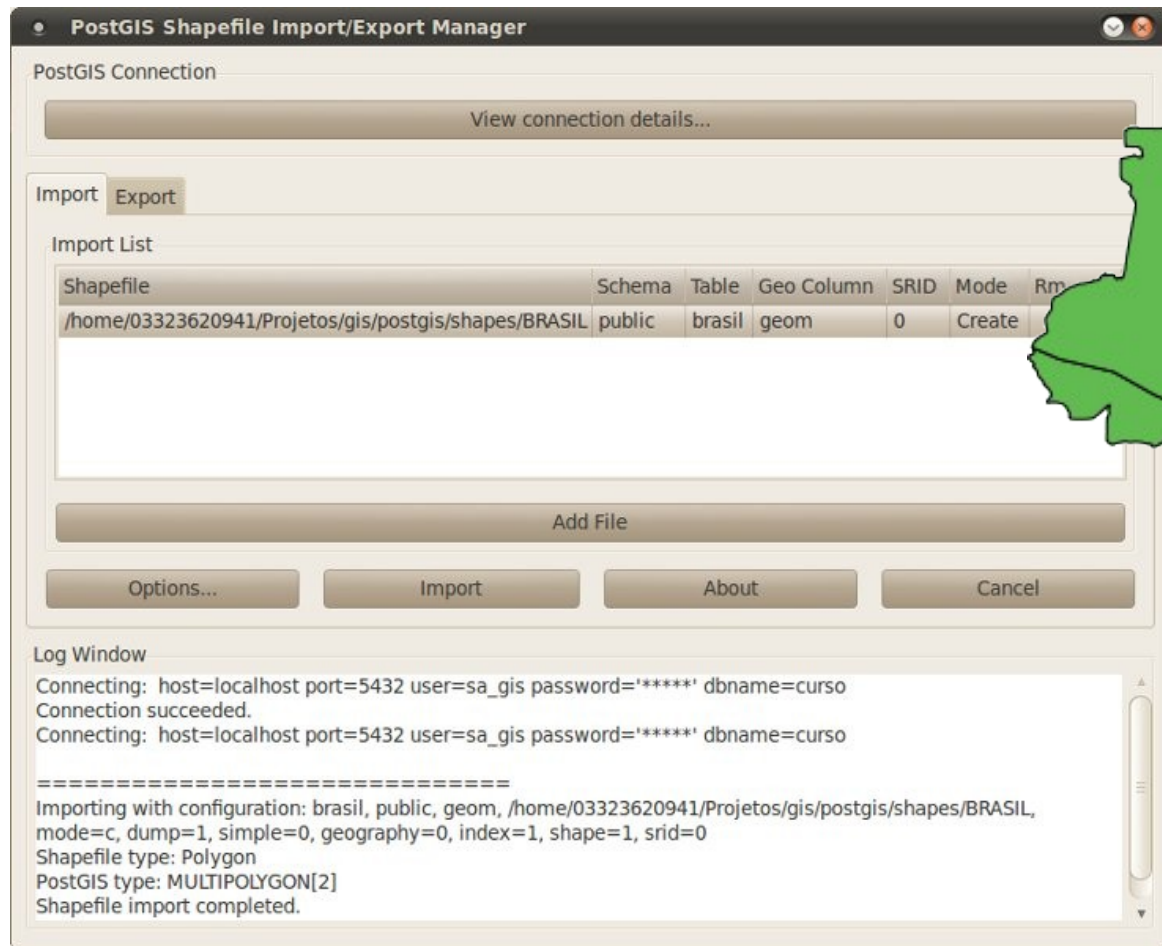


# Shapefiles de exemplo





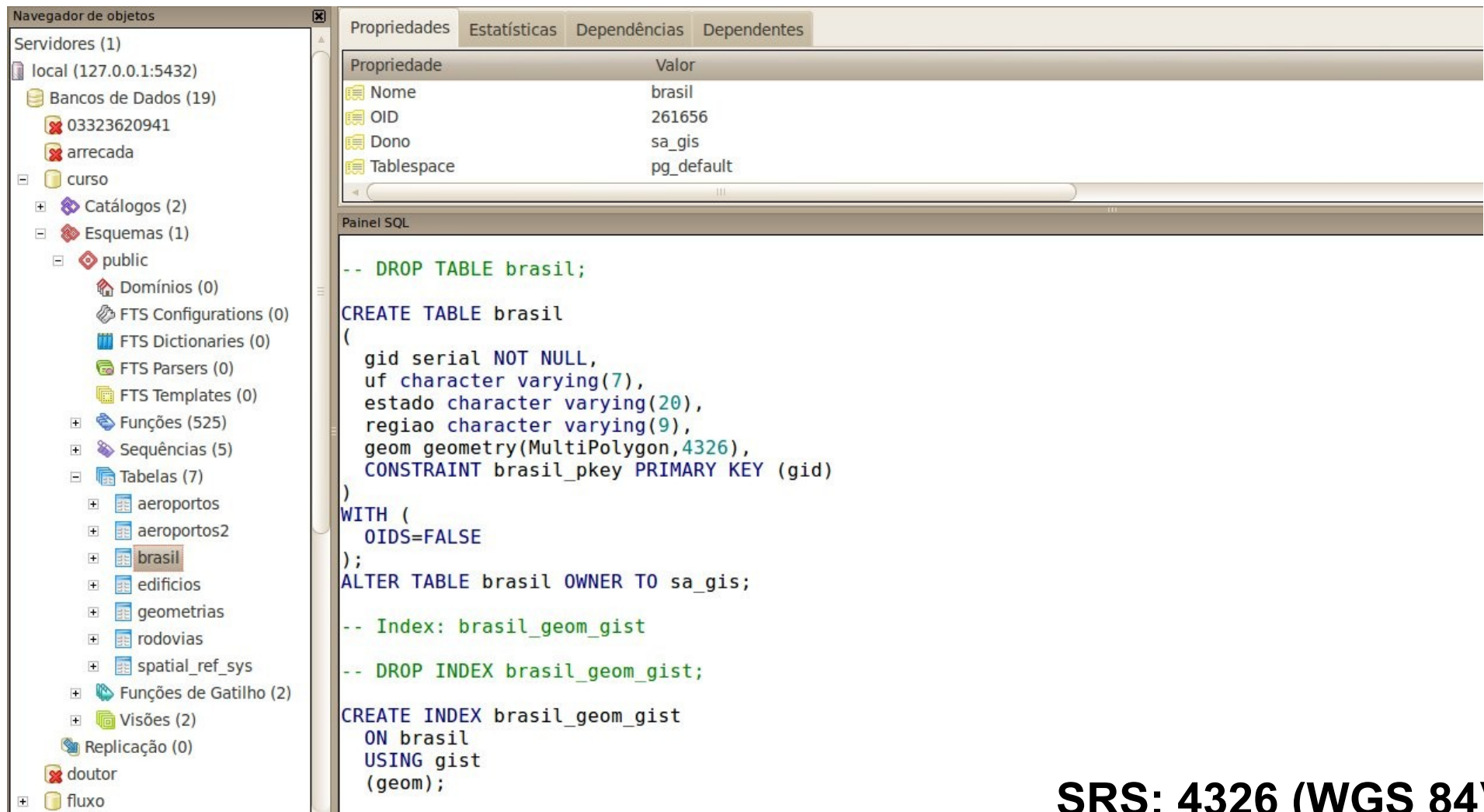
# Importando divisões do Brasil



(polígonos)

***shp2pgsql-gui***

# Verificando a estrutura importada



The screenshot displays the PostgreSQL Enterprise Console interface. On the left, the 'Navegador de objetos' (Object Navigator) shows the database hierarchy: 'Servidores (1)' > 'local (127.0.0.1:5432)' > 'Bancos de Dados (19)' > '03323620941' > 'arrecada' > 'curso'. Under 'curso', the 'Tabelas (7)' (Tables) folder is expanded, showing a list of tables including 'aeroportos', 'aeroportos2', 'brasil', 'edificios', 'geometrias', 'rodovias', and 'spatial\_ref\_sys'. The 'brasil' table is selected and highlighted.

On the right, the 'Propriedades' (Properties) tab is active, showing the table's metadata:

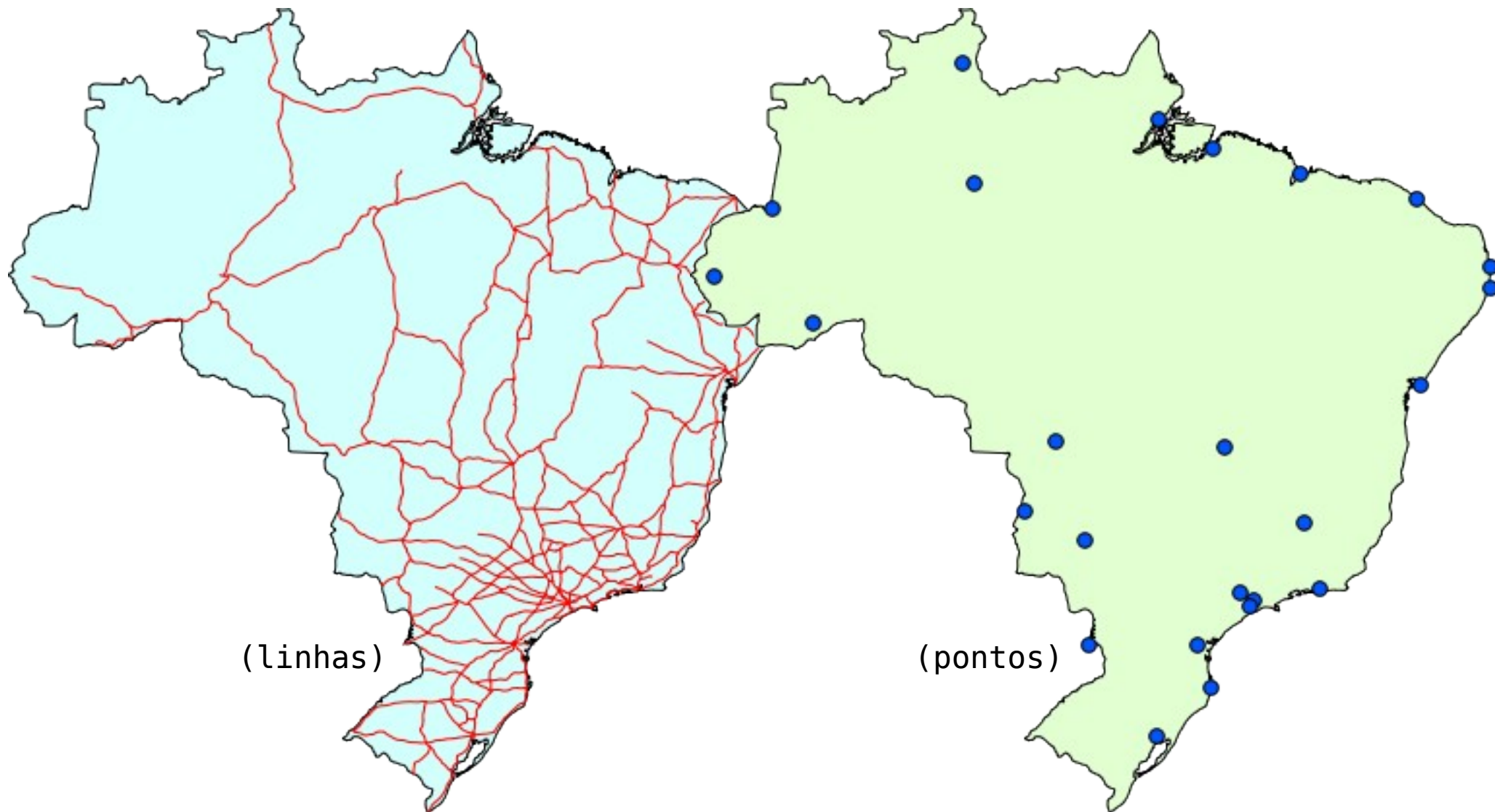
Propriedade	Valor
Nome	brasil
OID	261656
Dono	sa_gis
Tablespace	pg_default

Below the properties, the 'Painel SQL' (SQL Panel) contains the following SQL script:

```
-- DROP TABLE brasil;  
  
CREATE TABLE brasil  
(  
    gid serial NOT NULL,  
    uf character varying(7),  
    estado character varying(20),  
    regioao character varying(9),  
    geom geometry(MultiPolygon,4326),  
    CONSTRAINT brasil_pkey PRIMARY KEY (gid)  
)  
WITH (  
    OIDS=FALSE  
);  
ALTER TABLE brasil OWNER TO sa_gis;  
  
-- Index: brasil_geom_gist  
-- DROP INDEX brasil_geom_gist;  
  
CREATE INDEX brasil_geom_gist  
ON brasil  
USING gist  
(geom);
```

**SRS: 4326 (WGS 84)**

# Importando rodovias e aeroportos





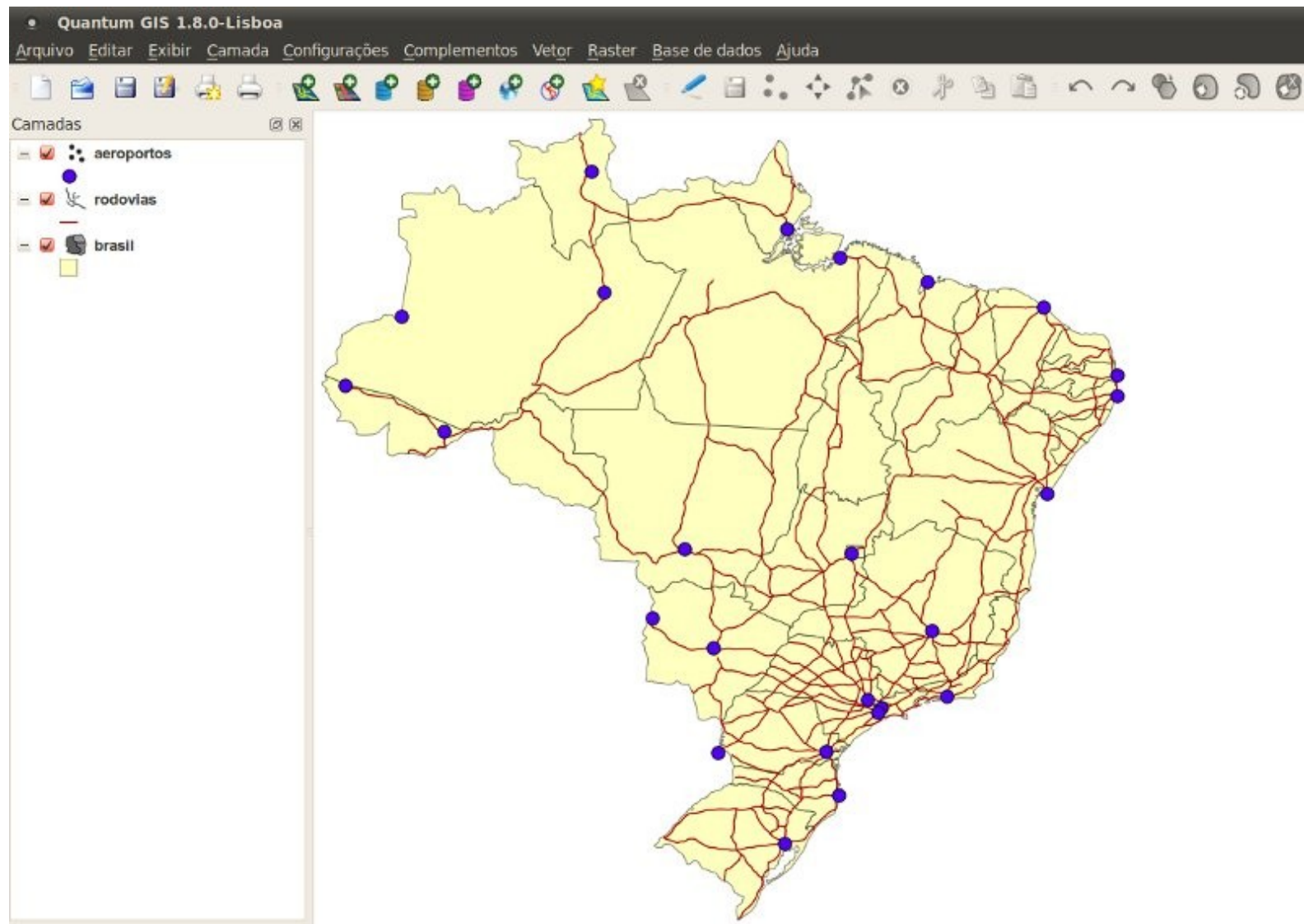
# Analizando o conteúdo importado

```
SELECT GeometryType(geom) AS type, ST_SRID(geom) AS srid,  
       count(1), avg(ST_NPoints(geom)) AS npoints,  
       avg(ST_Length(geom)) AS length, avg(ST_Area(geom)) AS area  
FROM brasil  
GROUP BY GeometryType(geom), ST_SRID(geom);
```

```
SELECT GeometryType(geom) AS type, ST_SRID(geom) AS srid,  
       count(1), avg(ST_NPoints(geom)) AS npoints,  
       avg(ST_Length(geom)) AS length, avg(ST_Area(geom)) AS area  
FROM rodovias  
GROUP BY GeometryType(geom), ST_SRID(geom);
```

```
SELECT GeometryType(geom) AS type, ST_SRID(geom) AS srid,  
       count(1), avg(ST_NPoints(geom)) AS npoints,  
       avg(ST_Length(geom)) AS length, avg(ST_Area(geom)) AS area  
FROM aeroportos  
GROUP BY GeometryType(geom), ST_SRID(geom);
```

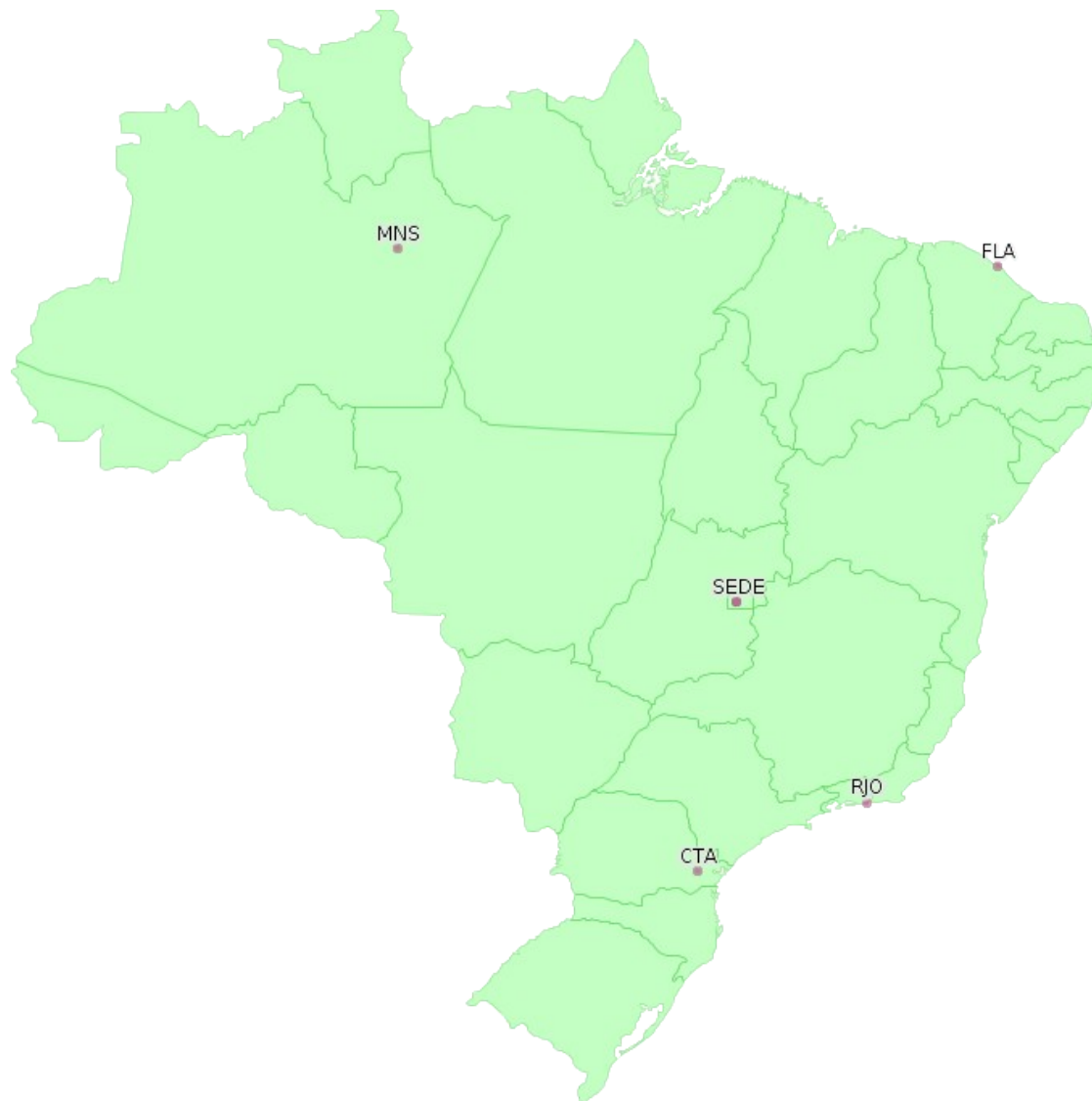
# Visualizando as camadas no mapa





# Exportando os edifícios do Serpro

*shp2pgsql-gui*  
*pgsql2shp*



Attribute table - edificios :: 0 / 6 feature(s) selected

	ID ▲	TIPO	NOME	SIGLA
0	12	S	Sede	SEDE
1	13	R	Regional Brasília	BSA
2	14	R	Regional Curitiba	CTA
3	15	R	Regional Fortaleza	FLA
4	16	R	Regional Rio - Horto	RJO
5	17	E	Escritório Manaus	MNS

# As mais de 300 funções espaciais

- **Construção:** conversão textual (WKT e WKB)
- **Saída:** WKT, WKB, GML, SVG, KML, GeoJSON
- **Atributos:** recuperação e alteração de valores
- **Decomposição:** extração de geometrias
- **Composição:** criação de geometrias
- **Medidas:** cálculos geométricos (distância, área)
- **Simplificação:** uso de resoluções menores
- **Operadores:** intersecta, contém, próximo a

# Funções sobre pontos

- Extraindo as coordenadas de um ponto

```
SELECT ST_X(local) AS lon, ST_Y(local) AS lat  
FROM edificios;
```

- Calculando as distâncias entre dois pontos

```
SELECT ST_Distance(a.local, b.local), a.sigla  
FROM edificios a, edificios b  
WHERE b.sigla = 'SEDE' AND b.id != a.id  
ORDER BY 1;
```

- Exportando para o formato KML

```
SELECT ST_AsKML(local), sigla  
FROM edificios;
```

# Funções sobre linhas

- Selecionando os maiores trechos de rodovias

```
SELECT ST_Length(geom::geography)/1e3 AS km, rodovia1  
FROM rodovias  
ORDER BY 1 DESC LIMIT 10;
```

- Listando as rodovias mais extensas

```
SELECT sum(ST_Length(geom::geography)/1e3), rodovia1  
FROM rodovias  
GROUP BY rodovia1  
ORDER BY 1 DESC LIMIT 5;
```

- Obtendo o número de pontos por trecho

```
SELECT ST_NPoints(geom), rodovia1, gid  
FROM rodovias;
```

# Funções sobre polígonos

- Calculando a área dos maiores estados do país

```
SELECT ST_Area(  
    ST_Transform(geom, 29100))/1e6 AS km_2, uf  
FROM brasil  
ORDER BY 1 DESC LIMIT 5;
```

- Obtendo o ponto centróide de cada estado

```
SELECT ST_AsText(ST_Centroid(geom)), uf  
FROM brasil;
```

- Obtendo a quantidade de anéis

```
SELECT ST_NRings(geom), uf  
FROM brasil  
ORDER BY 1 DESC;
```

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Anexo:Lista\\_de\\_unidades\\_federativas\\_do\\_Brasil\\_por\\_%C3%A1rea](http://pt.wikipedia.org/wiki/Anexo:Lista_de_unidades_federativas_do_Brasil_por_%C3%A1rea)



# As relações espaciais: intersecção

## ST\_Intersects(A, B)



Point & Multipoint



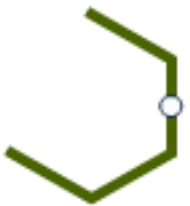
Multipoint & Multipoint



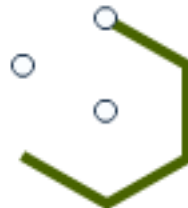
Linestring & Linestring



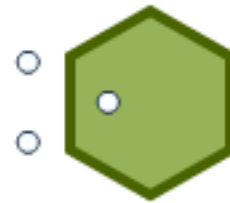
Linestring & Polygon



Point & Linestring



Multipoint & Linestring



Multipoint & Polygon

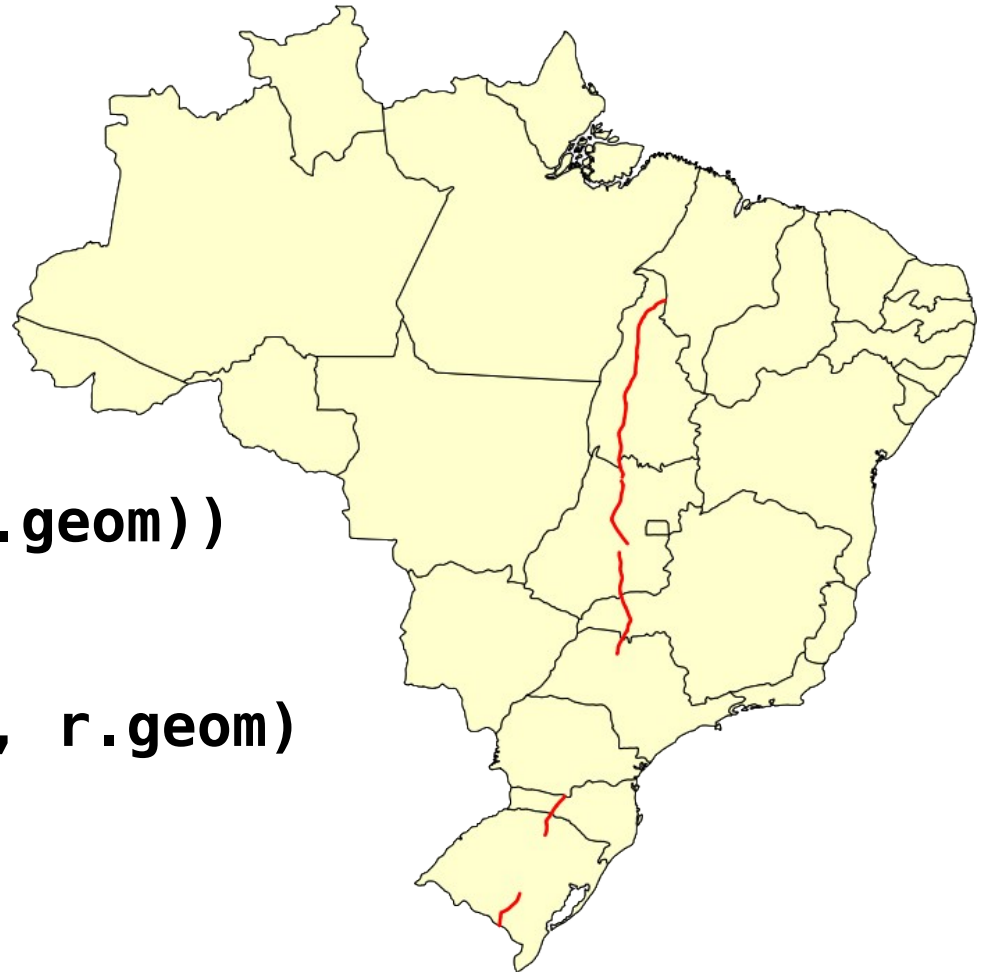


Linestring & Multipolygon

# Exemplo de intersecção

- Por quais estados do Brasil passa a BR-153?

```
SELECT uf, sum(ST_Length(r.geom))  
FROM brasil b, rodovias r  
WHERE rodovia1 = 'BR-153'  
      AND ST_Intersects(b.geom, r.geom)  
GROUP BY uf  
ORDER BY 2 DESC;
```



# As relações espaciais: contém

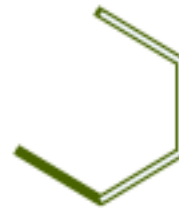
**ST\_Contains(A, B)**  
**ST\_Within(A, B)**



Point & Multipoint



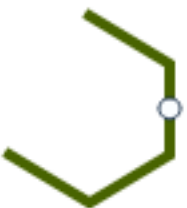
Multipoint & Multipoint



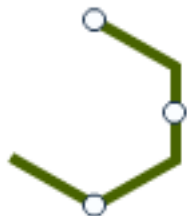
Linestring & Linestring



Linestring & Polygon



Point & Linestring



Multipoint & Linestring



Point & Polygon

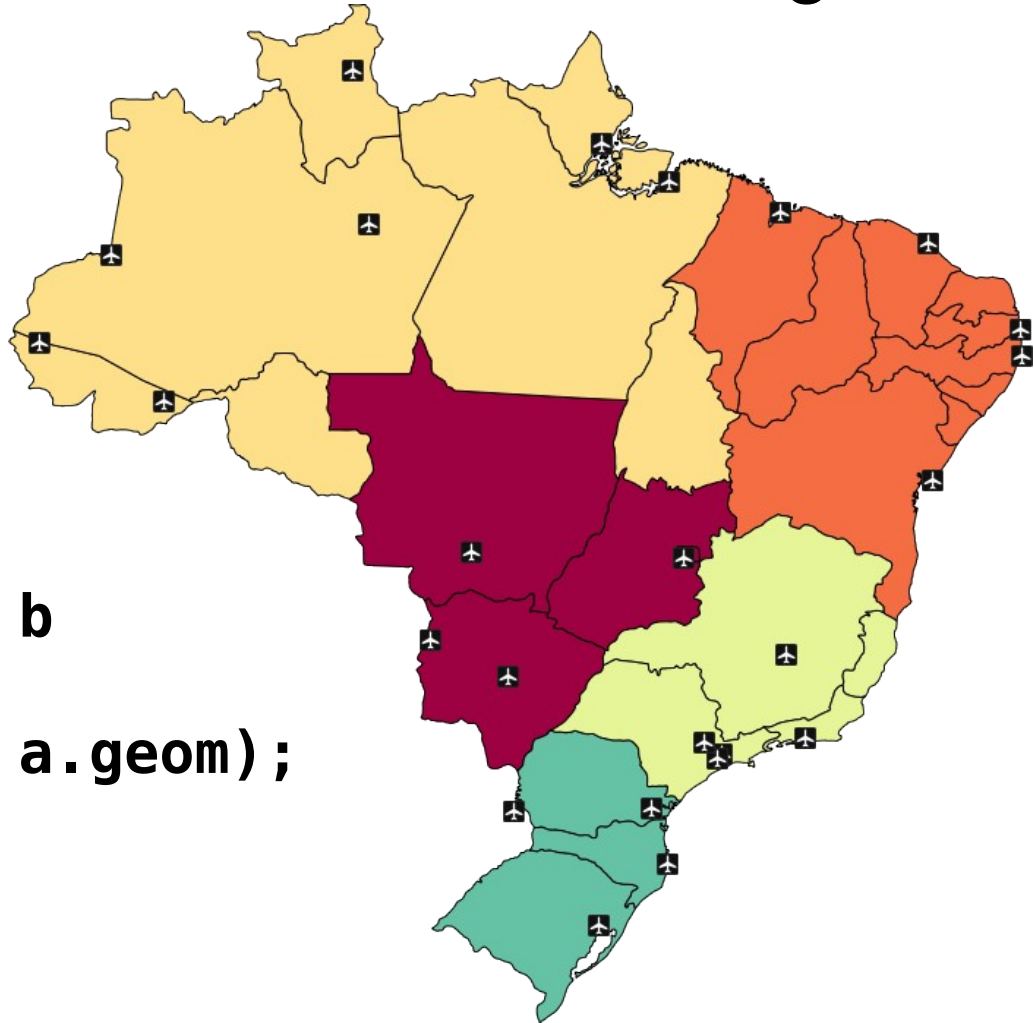


Multipoint & Polygon

# Exemplo de contém / está contido

- Quais são os aeroportos internacionais da região Norte do país?

```
SELECT nm_nome, uf  
FROM aeroportos a, brasil b  
WHERE regiao = 'N0'  
AND ST_Contains(b.geom, a.geom);
```

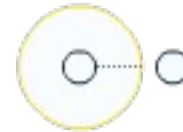


# As relações espaciais: proximidade

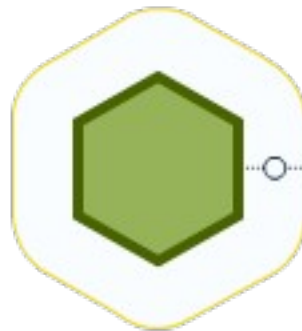
**ST\_DWithin(A, B, r)**



Point & Point (True)



Point & Point (False)



Polygon & Point (True)



Polygon & Point (False)



# Exemplo de proximidade

- Quais são as rodovias distantes de no máximo 20 km do aeroporto de Viracopos?

```
SELECT DISTINCT rodovia1
FROM rodovias r, aeroportos a
WHERE a.nm_nome = 'Viracopos'
AND ST_DWithin(
    r.geom::geography,
    a.geom::geography, 20000);
```

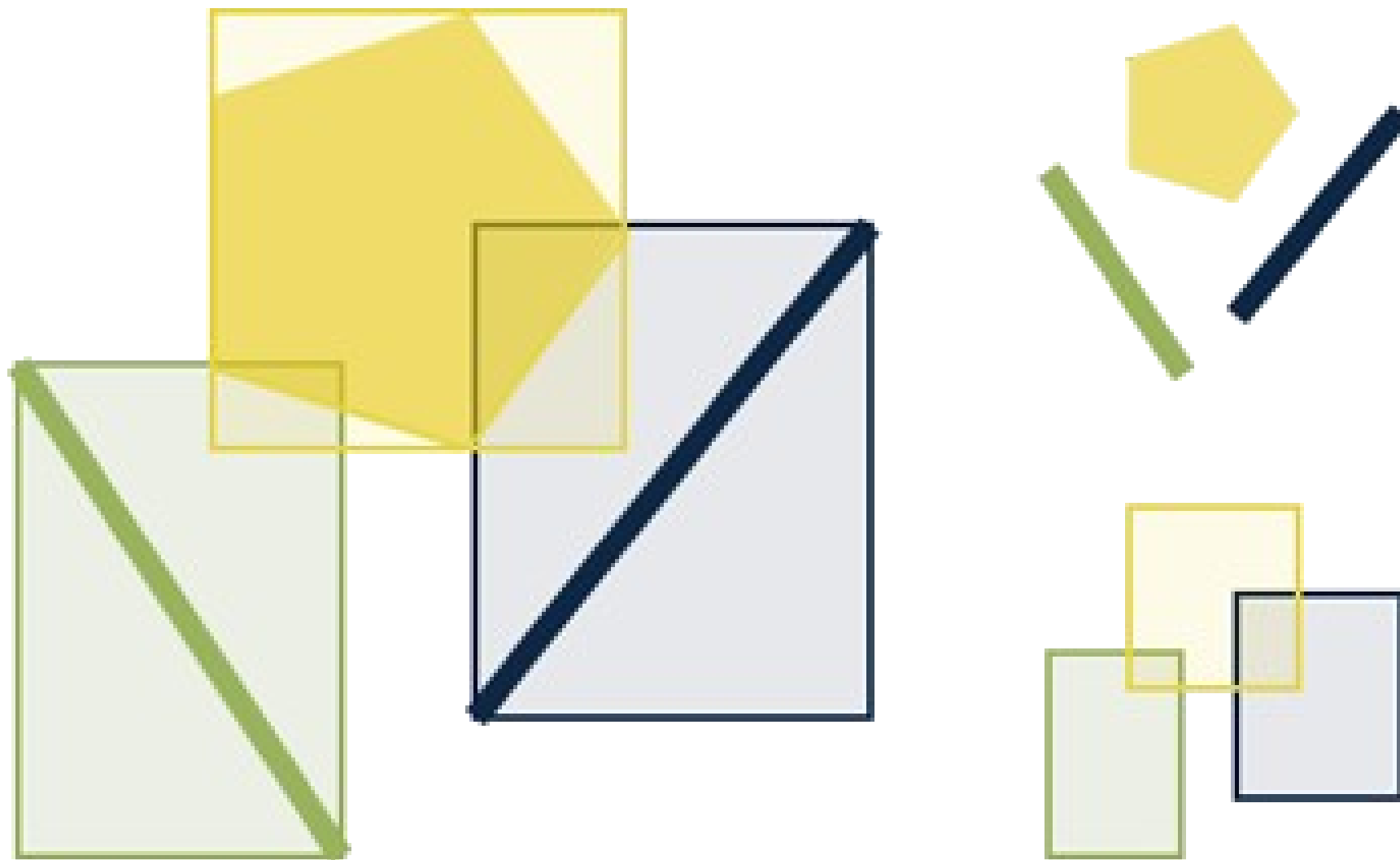


# Busca por retângulos (bounding box)

```
SELECT nm_nome, geom
FROM aeroportos
WHERE geom && ST_MakeEnvelope(
    -47.75, -22.39, -44.96, -24.87, 4326);
```



# Os índices espaciais



# Exercícios

- Criar banco de dados com suporte a GIS
- Importar shapefile de municípios (IBGE)
- Importar shapefile de mamíferos (IBAMA)
- Importar dados do Censo 2010 (IBGE)
- Responder as questões geoespaciais



# Bibliografia

- **PostgreSQL**

<http://www.postgresql.org/>

- **PostGIS**

<http://postgis.net/>

- **Comunidade Planet PostGIS**

<http://planet.postgis.net/>

- **Comunidade PostGIS US**

<http://www.postgis.us/>