

Bases de Dados Espaciais

Joana Simões

February 21, 2013

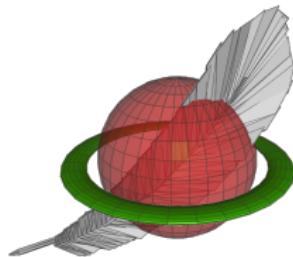


Table of contents

1 Introdução

2 Conceitos Gerais de Base de Dados

- BD como Modelos de Realidade
- BD Relacionais
- SQL
- Sistemas de Gestão de Base de Dados

3 Base de Dados Espaciais

- O que são BD Espaciais
- BD e SIG
- Extensões Espaciais

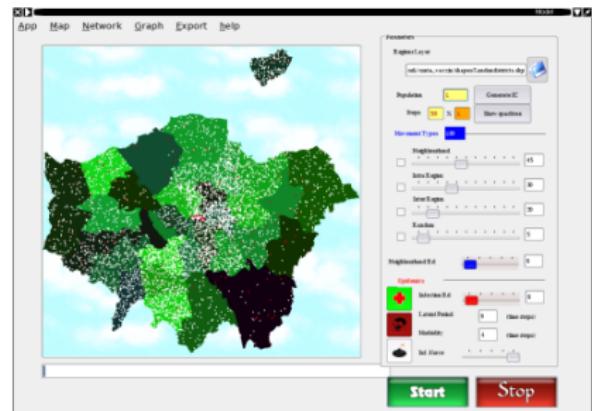
4 Um Exemplo

- <https://sqlite.org/>
- SpatialLite
- <http://www.gaia-gis.it/gaia-sins/>
- Demo

GNU Free Documentation License 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS 2. VERBATIM COPYING 3. COPYING IN QUANTITY 4. MODIFICATIONS 5. COMBINING DOCUMENTS 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS 8. TRANSLATION 9. TERMINATION 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE 11. RELICENSING ADDENDUM: How to use this License for your documents

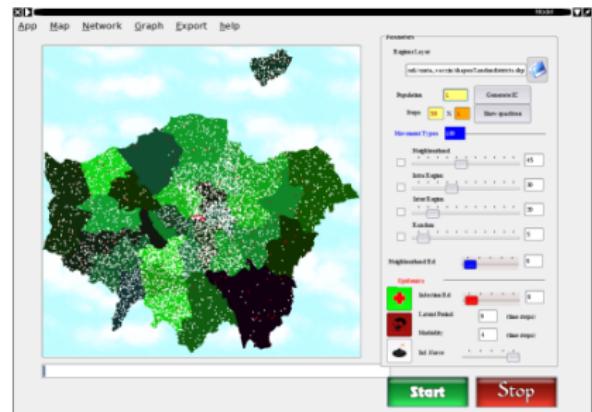
Apresentação

- PhD CASA, UCL: "An Agent-based Approach to Epidemics through GIS"



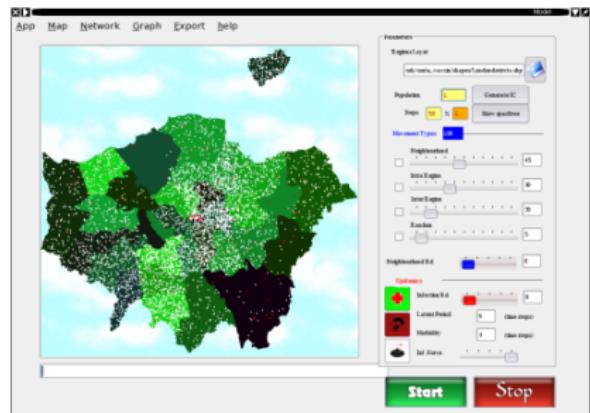
Apresentação

- PhD CASA, UCL: "An Agent-based Approach to Epidemics through GIS"
- membro do grupo de "Modelação Geográfica, Cidades e Ordenamento Do Território", e-GEO



Apresentação

- PhD CASA, UCL: "An Agent-based Approach to Epidemics through GIS"
- membro do grupo de "Modelação Geográfica, Cidades e Ordenamento Do Território", e-GEO
- + 2 anos na FAO-UN, como consultora de diversos aspectos relacionados com Software (programação, Bases de Dados e SIG)



Motivação para Este Talk/Workshop

Motivação para Este Talk/Workshop

- Partilha de conhecimentos, que poderão ser relevantes para pessoas que trabalhem com “tecnologias espaciais”

Motivação para Este Talk/Workshop

- Partilha de conhecimentos, que poderão ser relevantes para pessoas que trabalhem com “tecnologias espaciais”
- Contributo para grupo o de "Modelação Geográfica, Cidades e Ordenamento Do Território“

Motivação para Este Talk/Workshop

- Partilha de conhecimentos, que poderão ser relevantes para pessoas que trabalhem com “tecnologias espaciais”
- Contributo para grupo o de "Modelação Geográfica, Cidades e Ordenamento Do Território"
- Pretexto para reunir pessoas com interesse nesta área (*social networking*)

O que este Talk não é...

O que este Talk não é...

- Não é uma introdução ao SQL.

O que este Talk não é...

- Não é uma introdução ao SQL.
- Não é um tutorial de SpatialLite.

O que são Bases de Dados...?



O que são Bases de Dados...? (+)



O que são Bases de Dados...? (+)

- As BD servem para organizar informação;



O que são Bases de Dados...? (+)

- As BD servem para organizar informação;
- Exemplos de BD: arquivo de uma biblioteca, folha de cálculo ou ficheiro de texto;



O que são Bases de Dados...? (+)



© Alamy

Calendário Maya.

O que são Bases de Dados...? (+)

Os computadores/Internet geram um volume de dados muito grande e necessitamos de ferramentas adequadas para tirar partido deles.



Cloud Computing; Data Mining; Grid Computing; Data Warehouses; Big Data;

BD Relacionais

O modelo relacional foi formulado por Edgar F. Codd (1969/1970?).

Este modelo representa a realidade através de: **tabelas, linhas e colunas.**

BD Relacionais

O modelo relacional foi formulado por Edgar F. Codd (1969/1970?).

Este modelo representa a realidade através de: **tabelas, linhas e colunas.**

- Os dados são armazenados em **tabelas**.

BD Relacionais

O modelo relacional foi formulado por Edgar F. Codd (1969/1970?).

Este modelo representa a realidade através de: **tabelas, linhas e colunas.**

- Os dados são armazenados em **tabelas**.
- Os dados correspondentes a uma *instância* única da tabela são armazenados numa **linha**.

BD Relacionais

O modelo relacional foi formulado por Edgar F. Codd (1969/1970?).

Este modelo representa a realidade através de: **tabelas, linhas e colunas.**

- Os dados são armazenados em **tabelas**.
- Os dados correspondentes a uma *instância* unica da tabela sao armazenados numa **linha**.
- As linhas são organizadas por **colunas**; cada coluna guarda um *tipo* de dados (inteiro, real, caracter, BLOB,...).

BD Relacionais

O modelo relacional foi formulado por Edgar F. Codd (1969/1970?).

Este modelo representa a realidade através de: **tabelas, linhas e colunas**.

- Os dados são armazenados em **tabelas**.
- Os dados correspondentes a uma *instância* unica da tabela sao armazenados numa **linha**.
- As linhas são organizadas por **colunas**; cada coluna guarda um *tipo* de dados (inteiro, real, caracter, BLOB,...).
- As tabelas tipicamente apresentam **chaves** - uma ou mais colunas que identificam unicamente essa linha dentro da tabela.

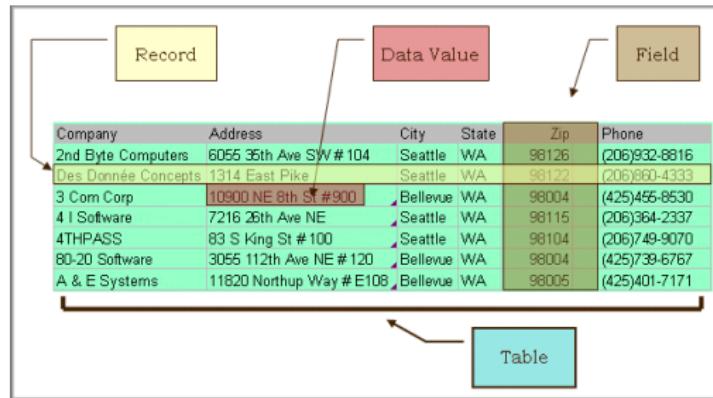
BD Relacionais

O modelo relacional foi formulado por Edgar F. Codd (1969/1970?).

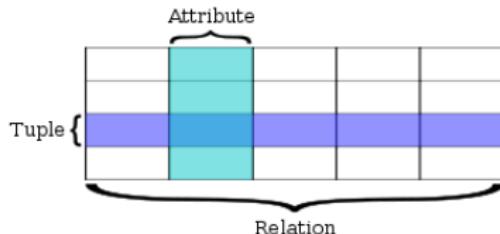
Este modelo representa a realidade através de: **tabelas, linhas e colunas.**

- Os dados são armazenados em **tabelas**.
- Os dados correspondentes a uma *instância* unica da tabela sao armazenados numa **linha**.
- As linhas são organizadas por **colunas**; cada coluna guarda um *tipo* de dados (inteiro, real, caracter, BLOB,...).
- As tabelas tipicamente apresentam **chaves** - uma ou mais colunas que identificam unicamente essa linha dentro da tabela.
- Para tornar o acesso a tabela mais rápido, é definido um **índice**. Um índice possibilita buscas rápidas na tabela, baseadas numa ou mais colunas (chave).

BD Relacionais (+)

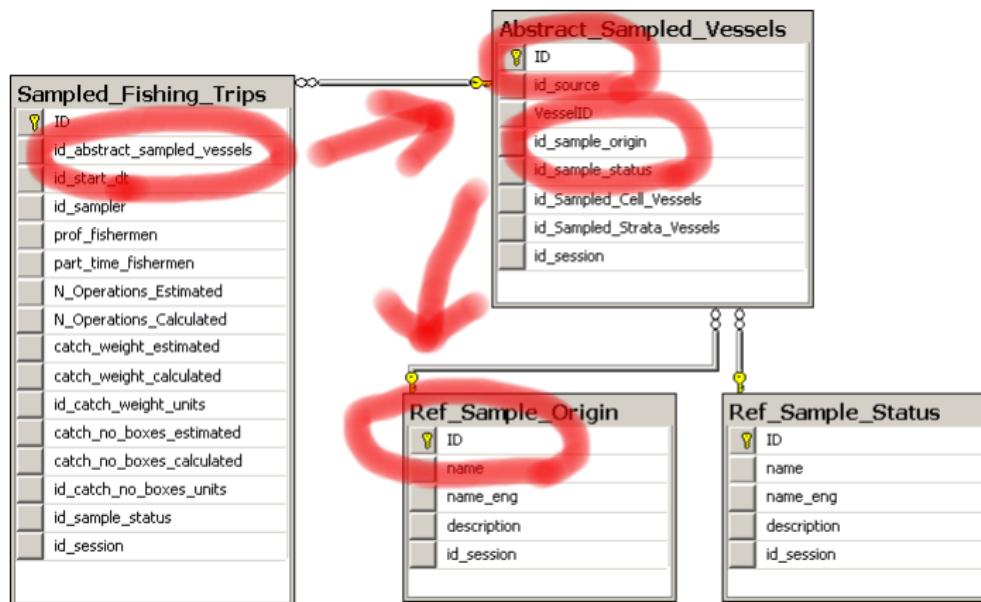


Relação: conjunto de registos com os mesmos atributos (*i.e.*: mesmo domínio).



BD Relacionais (+)

Relações entre tabelas:



BD Relacionais (+)

O objectivo do modelo relacional é possibilitar um método declarativo para especificar dados e *queries*.

BD Relacionais (+)

O objectivo do modelo relacional é possibilitar um método declarativo para especificar dados e *queries*.

- 1 Os utilizadores declaram que informação contém a BD e que informação querem extrair dela.

BD Relacionais (+)

O objectivo do modelo relacional é possibilitar um método declarativo para especificar dados e *queries*.

- ① Os utilizadores declaram que informação contém a BD e que informação querem extrair dela.
- ② O software encarrega-se de descrever as estruturas de dados para armazenamento, e dos procedimentos de recuperação dos dados para responder ás *queries*.

SQL

A maior parte das implementações do modelo relacional usam o **SQL** como linguagem de definição de dados e de *queries*.

SQL

A maior parte das implementações do modelo relacional usam o **SQL** como linguagem de definição de dados e de *queries*.

- Linguagem estruturada de pesquisa (**S**tructured **Q**uery **L**anguage).

SQL

A maior parte das implementações do modelo relacional usam o **SQL** como linguagem de definição de dados e de *queries*.

- Linguagem estruturada de pesquisa (**Structured Query Language**).
- Embora não subscreva a 100% o modelo proposto por Todd (1970), tornou-se a linguagem de BD mais utilizada.

SQL

A maior parte das implementações do modelo relacional usam o **SQL** como linguagem de definição de dados e de *queries*.

- Linguagem estruturada de pesquisa (**Structured Query Language**).
- Embora não subscreva a 100% o modelo proposto por Todd (1970), tornou-se a linguagem de BD mais utilizada.
- Originalmente baseada na álgebra relacional, foi extendendo o seu âmbito (e.g.: inserção de dados, pesquisa, actualização, remoção, etc)

SQL (+)

```
SELECT * FROM STUDENTS WHERE YR >2012;  
SELECT (1+1);  
ALTER TABLE MyTable ADD myField4 NUMBER(3);  
DROP DATABASE MYDB;
```

SQL (+)

```

SELECT Ref_Vessels.Name
FROM      dbo.FR_ALS2Vessel INNER JOIN
dbo.Ref_Vessels ON dbo.FR_ALS2Vessel.vesselID = dbo.Ref_Vessels.VesselID
WHERE     (dbo.FR_ALS2Vessel.id_sub_frame =
(SELECT    ID
FROM      dbo.FR_Sub_Frame
WHERE    (Type =
(SELECT    ID
FROM      dbo.Ref_Frame
WHERE    (Name = 'root'))) AND (id_frame = 8)))
AND (dbo.FR_ALS2Vessel.id_abstract_landsite =
(SELECT    id_abstract_LandingSite
FROM      dbo.Sampled_Cell
WHERE    (ID = 53)))
AND (dbo.FR_ALS2Vessel.vesselID NOT IN
(SELECT    VesselID
FROM      dbo.Changes_Temp_Vessel
WHERE    (id_cell = 53) AND (To_LS =
(SELECT    ID
FROM      dbo.Ref_Abstract_LandingSite
WHERE    (Name = 'outside')))))
UNION
SELECT Ref_Vessels.Name
FROM      dbo.FR_ALS2Vessel INNER JOIN
dbo.Ref_Vessels ON dbo.FR_ALS2Vessel.vesselID = dbo.Ref_Vessels.VesselID
WHERE     (dbo.Ref_Vessels.VesselID IN
(SELECT    VesselID
FROM      dbo.Changes_Temp_Vessel
WHERE    (id_cell = 53) AND (To_LS =
(SELECT    id_abstract_LandingSite FROM Sampled_Cell WHERE ID=53)
```

```

# SGBD

Um **Sistema de Gestão De Base de Dados** é o software que controla o armazenamento, recuperação, remoção, segurança e integridade dos dados dentro da BD.

Algumas vantagens dos SGBDR:

# SGBD

Um **Sistema de Gestão De Base de Dados** é o software que controla o armazenamento, recuperação, remoção, segurança e integridade dos dados dentro da BD.

Algumas vantagens dos SGBDR:

- Reduzir a redundância;

# SGBD

Um **Sistema de Gestão De Base de Dados** é o software que controla o armazenamento, recuperação, remoção, segurança e integridade dos dados dentro da BD.

Algumas vantagens dos SGBDR:

- Reduzir a redundância;
- Independência dos dados;

# SGBD

Um **Sistema de Gestão De Base de Dados** é o software que controla o armazenamento, recuperação, remoção, segurança e integridade dos dados dentro da BD.

Algumas vantagens dos SGBDR:

- Reduzir a redundância;
- Independência dos dados;
- Assegurar a integridade dos dados;

# SGBD

Um **Sistema de Gestão De Base de Dados** é o software que controla o armazenamento, recuperação, remoção, segurança e integridade dos dados dentro da BD.

Algumas vantagens dos SGBDR:

- Reduzir a redundância;
- Independência dos dados;
- Assegurar a integridade dos dados;
- Partilha de dados;

# SGBD

Um **Sistema de Gestão De Base de Dados** é o software que controla o armazenamento, recuperação, remoção, segurança e integridade dos dados dentro da BD.

Algumas vantagens dos SGBDR:

- Reduzir a redundância;
- Independência dos dados;
- Assegurar a integridade dos dados;
- Partilha de dados;

# SGBD

Um **Sistema de Gestão De Base de Dados** é o software que controla o armazenamento, recuperação, remoção, segurança e integridade dos dados dentro da BD.

Algumas vantagens dos SGBDR:

- Reduzir a redundância;
- Independência dos dados;
- Assegurar a integridade dos dados;
- Partilha de dados;
- Recuperação a partir de uma falha;

# SGBD

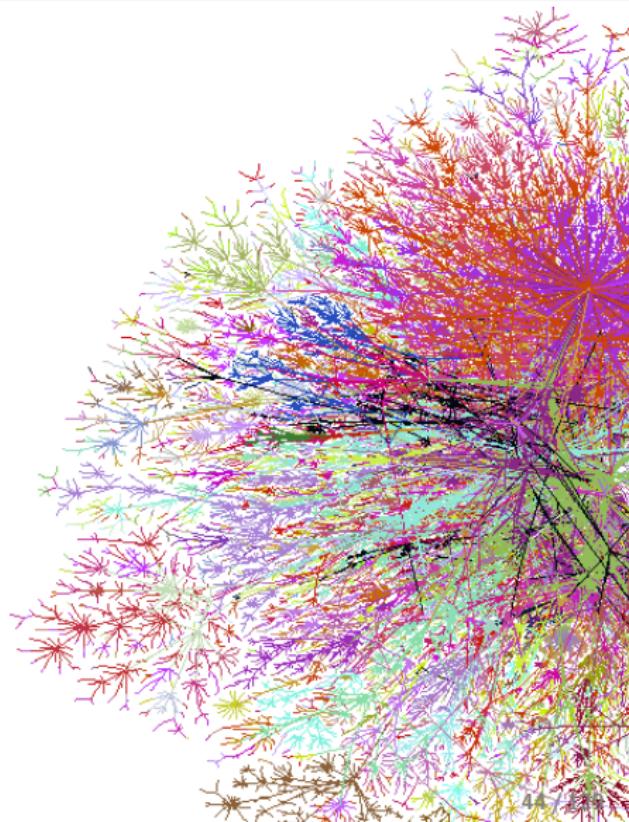
Um **Sistema de Gestão De Base de Dados** é o software que controla o armazenamento, recuperação, remoção, segurança e integridade dos dados dentro da BD.

Algumas vantagens dos SGBDR:

- Reduzir a redundância;
- Independência dos dados;
- Assegurar a integridade dos dados;
- Partilha de dados;
- Recuperação a partir de uma falha;
- Segurança e privacidade;

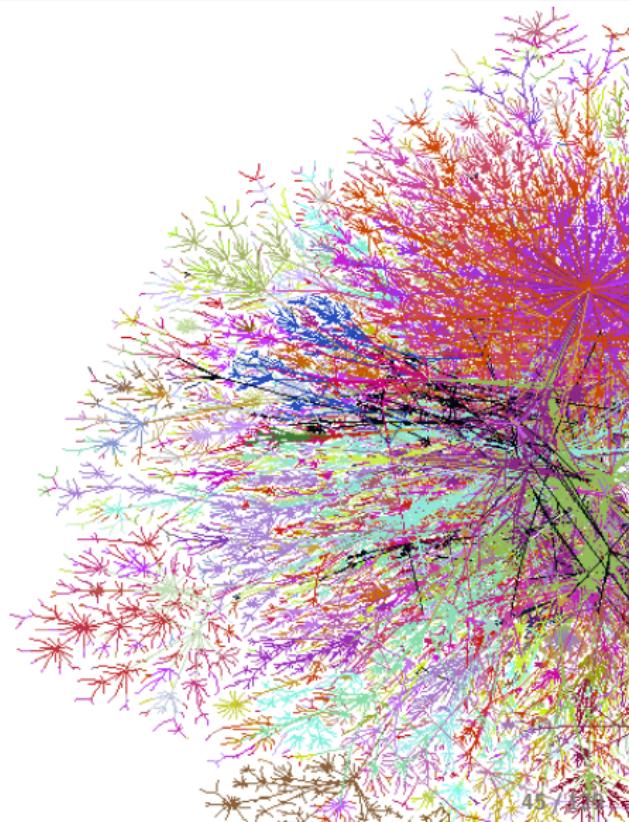
# O que são BD Espaciais

- Se as BD são um conjunto integrado de informação sobre um determinado tema, as BD espaciais contêm dados **espaciais**, sobre um determinado tema e numa determinada **dimensão espacial**.



# O que são BD Espaciais

- Se as BD são um conjunto integrado de informação sobre um determinado tema, as BD espaciais contêm dados **espaciais**, sobre um determinado tema e numa determinada **dimensão espacial**.
- BD espaciais != BD Geográficas



# BD e SIG

Históricamente os SIG sempre incluiram BD (modelos de dados).

# BD e SIG

Históricamente os SIG sempre incluiram BD (modelos de dados).

- A primeira geração de SIG tinha representações de dados em ficheiros físicos (e.g.: Shapefile).

| Attribute Table - Country.shp :: 0 / 251 feature(s) selected |           |          |                   |                   |               |                   |                   |                |            |               |           |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------|-----------|----------|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|-------------------|----------------|------------|---------------|-----------|-----|-----|-----|
| ObjectID                                                     | FIPS_CTRY | GML_CTRY | RU                | ISO_2DIGIT        | ISO_3DIGIT    | CNTRY_NAME        | LONG_NAME         | SOVEREIGN      | POP_CTRY   | CURR_TYPE     | CURR_CODE | LA1 | LA2 | LA3 |
| 0                                                            | RUS       | RUS      | Russia            | Russia            | Russia        | Russia            | Russia            | Russia         | 151827600  | Ruble         | RUR       | N   |     |     |
| 1                                                            | MNG       | MNG      | Mongolia          | Mongolia          | Mongolia      | Mongolia          | Mongolia          | Mongolia       | 2228222    | Tugrik        | MNT       | Y   |     |     |
| 2                                                            | USA       | USA      | United States     | United States     | United States | United States     | United States     | United States  | 258833000  | US Dollar     | USD       | N   |     |     |
| 3                                                            | PRK       | PRK      | North Korea       | Korea, Democ...   | PRK           | North Korea       | North Korea       | North Korea    | 2034990    | Won           | KPW       | N   |     |     |
| 4                                                            | JPN       | JPN      | Japan             | Japan             | JPN           | Japan             | Japan             | Japan          | 125746300  | Yen           | JPY       | N   |     |     |
| 5                                                            | CHN       | CN       | China             | China             | CHN           | China             | China             | China          | 1281396894 | Renminbi Yuan | CNY       | N   |     |     |
| 6                                                            | IDN       | ID       | Indonesia         | Indonesia         | IDN           | Indonesia         | Indonesia         | Indonesia      | 188474200  | Rupiah        | IDR       | N   |     |     |
| 7                                                            | BR        | BR       | Brazil            | Brazil            | BR            | Brazil            | Brazil            | Brazil         | 151525400  | Cruzeiro Real | BRL       | N   |     |     |
| 8                                                            | PER       | PE       | Peru              | Peru              | PER           | Peru              | Peru              | Peru           | 24496400   | Nuevo Sol     | PEN       | N   |     |     |
| 9                                                            | TKL       | TK       | Tokelau           | Tokelau           | TKL           | Tokelau           | Tokelau           | Tokelau        | 1600       | NZ Dollar     | NZD       | N   |     |     |
| 10                                                           | BOL       | BO       | Bolivia           | Bolivia           | BOL           | Bolivia           | Bolivia           | Bolivia        | 7648315    | Boliviano     | BOB       | Y   |     |     |
| 11                                                           | WSM       | WS       | Samoa             | Samoa             | WSM           | Samoa             | Samoa             | Samoa          | 159000     | Tala          | WST       | N   |     |     |
| 12                                                           | WLF       | WF       | Wallis & Futu...  | Wallis & Futu...  | WLF           | Wallis & Futu...  | Wallis & Futu...  | France         | 14000      | Euro          | EUR       | N   |     |     |
| 13                                                           | ASM       | AS       | American Samoa    | American Samoa    | ASM           | American Samoa    | American Samoa    | United States  | 53000      | US Dollar     | USD       | N   |     |     |
| 14                                                           | SHN       | SH       | St. Helena        | St. Helena        | SHN           | St. Helena        | St. Helena        | United Kingdom | 6782       | Pound         | SHP       | N   |     |     |
| 15                                                           | PFY       | PF       | French Polynesia  | French Polynesia  | PFY           | French Polynesia  | French Polynesia  | France         | 217000     | Euro          | EUR       | N   |     |     |
| 16                                                           | NEU       | NU       | Niue              | Niue              | NEU           | Niue              | Niue              | New Zealand    | 2000       | NZ Dollar     | NZD       | N   |     |     |
| 17                                                           | PA        | PY       | Paraguay          | Paraguay          | PRY           | Paraguay          | Paraguay          | Paraguay       | 4773464    | Guarani       | PYG       | Y   |     |     |
| 18                                                           | TON       | TO       | Tonga             | Tonga             | TON           | Tonga             | Tonga             | Tonga          | 98000      | Pa'anga       | TOP       | N   |     |     |
| 19                                                           | CW        | CK       | Cook Islands      | Cook Islands      | COK           | Cook Islands      | Cook Islands      | New Zealand    | 17000      | NZ Dollar     | NZD       | N   |     |     |
| 20                                                           | ARG       | AR       | Argentina         | Argentina         | ARG           | Argentina         | Argentina         | Argentina      | 33794670   | Peso          | ARP       | N   |     |     |
| 21                                                           | PCN       | PN       | Pitcairn Islands  | Pitcairn Islands  | PCN           | Pitcairn Islands  | Pitcairn Islands  | United Kingdom | 56         | NZ Dollar     | NZD       | N   |     |     |
| 22                                                           | URY       | UY       | Uruguay           | Uruguay           | URY           | Uruguay           | Uruguay           | Uruguay        | 3084641    | Peso          | UYU       | N   |     |     |
| 23                                                           | NZL       | NZ       | New Zealand       | New Zealand       | NZL           | New Zealand       | New Zealand       | New Zealand    | 3528197    | NZ Dollar     | NZD       | N   |     |     |
| 24                                                           | FK        | FLK      | Falkland Is.      | Falkland Is.      | FLK           | Falkland Is.      | Falkland Is.      | United Kingdom | 2136       | Pound         | FKP       | N   |     |     |
| 25                                                           | SX        | GS       | South Georgia ... | South Georgia ... | SX            | South Georgia ... | South Georgia ... | United Kingdom | -99999     | NULL          | NCIC      | N   |     |     |
| 26                                                           | CI        | CHL      | Chile             | Chile             | CL            | Chile             | Chile             | Chile          | 13772710   | Peso          | CLP       | N   |     |     |
| 27                                                           | AY        | ATA      | Antarctica        | Antarctica        | AQ            | Antarctica        | Antarctica        | Antarctica     | -99999     | NULL          | NCIC      | N   |     |     |
| 28                                                           | CA        | CAN      | Canada            | Canada            | CAN           | Canada            | Canada            | Canada         | 28402320   | Dollar        | CAD       | N   |     |     |

## BD e SIG (+)

- Com a generalização dos SGBDR, alguns fabricantes de SIG Desktop (e.g.: ESRI, Mapinfo) começaram a desenvolver produtos de *middleware*, que usavam os SGBDR como repositórios de dados ("segunda geração de SIG").

## BD e SIG (+)

- Com a generalização dos SGBDR, alguns fabricantes de SIG Desktop (e.g.: ESRI, Mapinfo) começaram a desenvolver produtos de *middleware*, que usavam os SGBDR como repositórios de dados ("segunda geração de SIG").
- A "terceira geração de SIG" nasce da motivação de aproveitar a 100% as capacidades dos SGBDR e de criar uma certa independência de APIs proprietárias. Isto foi alcançado *movendo* a gestão primária dos dados para a BD e *expandindo* a sintaxe do SQL.

# SGBD com Extensão Espacial

Uma BD espacial é uma BD que *compreende* informação espacial, em adição a outros tipos de informação (inteiros, caracteres, binário, etc). Podemos considerá-la como uma *extensão* de uma BD *tradicional*, adicionando a capacidade de armazenamento de *features* geométricas (e.g.: pontos, linhas, polígonos) e uma série de operações que podemos processar sobre estas *features* (e.g.: *buffering*, intersecção). De facto muitas BD espaciais são distribuídas como extensões de BD relacionais existentes.

# SGBD com Extensão Espacial

Uma BD espacial é uma BD que *compreende* informação espacial, em adição a outros tipos de informação (inteiros, caracteres, binário, etc). Podemos considerá-la como uma *extensão* de uma BD *tradicional*, adicionando a capacidade de armazenamento de *features* geométricas (e.g.: pontos, linhas, polígonos) e uma série de operações que podemos processar sobre estas *features* (e.g.: *buffering*, intersecção). De facto muitas BD espaciais são distribuídas como extensões de BD relacionais existentes.

- PostGIS *extende* o Postgres SQL;
- MySQL Spatial *extende* o MySQL;
- SQL Spatial *extende* o SQL Server;
- Oracle Spatial *extende* o Oracle;
- Spatialite *extende* o SQLite;
- ...

# Pesquisas Espaciais

**Indices Espaciais** são indices que optimizam as pesquisas espaciais (e.g.: *Quadtree*). O **Open Geospatial Consortium** (OGC) suporta os seguintes tipos de pesquisas espaciais:

# Pesquisas Espaciais

**Indices Espaciais** são índices que optimizam as pesquisas espaciais (e.g.: *Quadtree*). O **Open Geospatial Consortium** (OGC) suporta os seguintes tipos de pesquisas espaciais:

- **Medições Espaciais** (e.g.: encontrar a distância entre dois pontos, área de um polígono, etc);

# Pesquisas Espaciais

**Indices Espaciais** são índices que optimizam as pesquisas espaciais (e.g.: *Quadtree*). O **Open Geospatial Consortium** (OGC) suporta os seguintes tipos de pesquisas espaciais:

- **Medições Espaciais** (e.g.: encontrar a distância entre dois pontos, área de um polígono, etc);
- **Funções Espaciais**: Modificar *features* existentes para criar novas (e.g.: *buffer*, intersecção, etc);

# Pesquisas Espaciais

**Indices Espaciais** são indices que optimizam as pesquisas espaciais (e.g.: *Quadtree*). O **Open Geospatial Consortium** (OGC) suporta os seguintes tipos de pesquisas espaciais:

- **Medições Espaciais** (e.g.: encontrar a distância entre dois pontos, área de um polígono, etc);
- **Funções Espaciais**: Modificar *features* existentes para criar novas (e.g.: *buffer*, intersecção, etc);
- **Predicados Espaciais**: permitir pesquisas de resultado booleano (e.g.: *existe um campo de petróleo dentro de uma distância de uma área protegida que pretendemos implementar?*);

# Pesquisas Espaciais

**Indices Espaciais** são indices que optimizam as pesquisas espaciais (e.g.: *Quadtree*). O **Open Geospatial Consortium** (OGC) suporta os seguintes tipos de pesquisas espaciais:

- **Medições Espaciais** (e.g.: encontrar a distância entre dois pontos, área de um polígono, etc);
- **Funções Espaciais**: Modificar *features* existentes para criar novas (e.g.: *buffer*, intersecção, etc);
- **Predicados Espaciais**: permitir pesquisas de resultado booleano (e.g.: *existe um campo de petróleo dentro de uma distância de uma área protegida que pretendemos implementar?*);
- **Construtores**: criar novas *features* com uma expressão de SQL (e.g.: criar linhas pela especificação dos vértices);

# Pesquisas Espaciais

**Indices Espaciais** são indices que optimizam as pesquisas espaciais (e.g.: *Quadtree*). O **Open Geospatial Consortium** (OGC) suporta os seguintes tipos de pesquisas espaciais:

- **Medições Espaciais** (e.g.: encontrar a distância entre dois pontos, área de um polígono, etc);
- **Funções Espaciais**: Modificar *features* existentes para criar novas (e.g.: *buffer*, intersecção, etc);
- **Predicados Espaciais**: permitir pesquisas de resultado booleano (e.g.: *existe um campo de petróleo dentro de uma distância de uma área protegida que pretendemos implementar?*);
- **Construtores**: criar novas *features* com uma expressão de SQL (e.g.: criar linhas pela especificação dos vértices);
- **Funções de Observação**: pesquisas que retornam informação específica sobre uma *feature* (e.g.: o centroide de um polígono);

# Porque usar SGBD com extensões Espaciais?

Apresentam todas as vantagens de um SGBD *tradicional*:

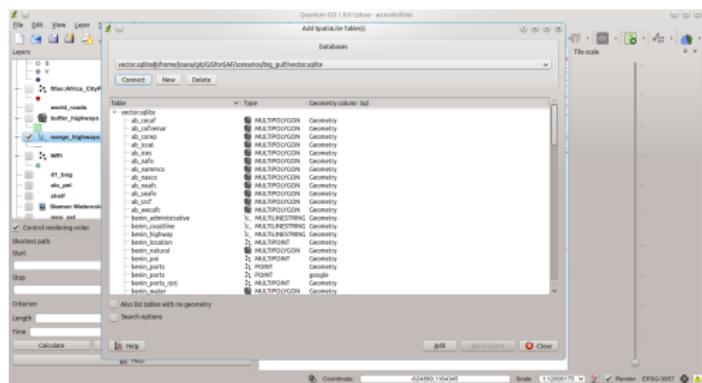
# Porque usar SGBD com extensões Espaciais?

Apresentam todas as vantagens de um SGBD *tradicional*:

- Eficiência de armazenamento;
- Funcionalidade de pesquisa;
- acesso concorrente;
- modelo de segurança;
- ...

## Porque usar SGBD com extensões Espaciais? (+)

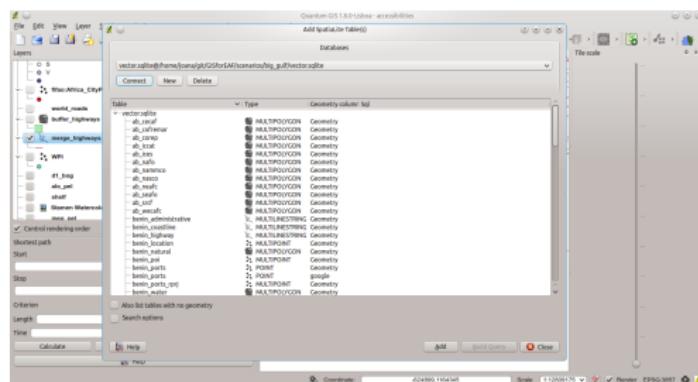
Hoje em dia a maior parte dos software de SIG interagem directamente com BD espaciais.



**Figure:** Adicionando um layer do SpatiaLite, no QGIS.

Porque usar SGBD com extensões Espaciais? (+)

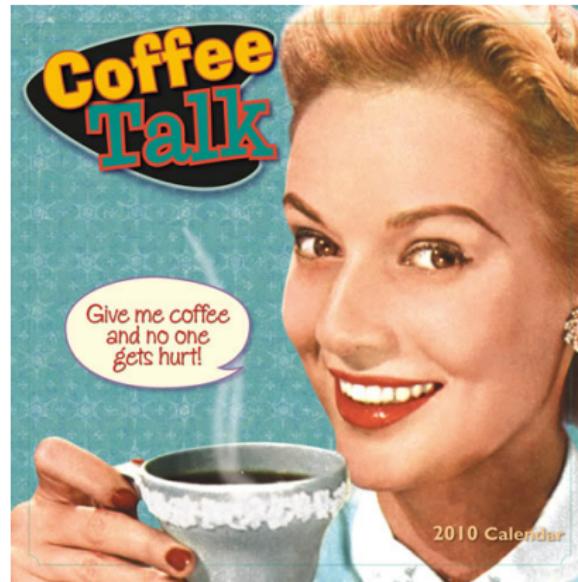
Hoje em dia a maior parte dos software de SIG interagem directamente com BD espaciais.



**Figure:** Adicionando um layer do SpatiaLite, no QGIS.

- Não há nenhum motivo para **não** utilizar os SGBD com extensões espaciais, como sistema de armazenamento e gestão da informação geográfica!

# BREAK?



# SQLite e SpatiaLite

**SpatiaLite** é a extensão espacial do **SQLite**.

O SQLite é o motor de BD mais utilizado no mundo. O código esta no domínio público.



# SQLite e SpatiaLite

**SpatiaLite** é a extensão espacial do **SQLite**.

O SQLite é o motor de BD mais utilizado no mundo. O código esta no domínio público.

- auto-contido;



# SQLite e SpatiaLite

**SpatiaLite** é a extensão espacial do **SQLite**.

O SQLite é o motor de BD mais utilizado no mundo. O código esta no domínio público.

- auto-contido;
- sem servidor;



# SQLite e SpatiaLite

**SpatiaLite** é a extensão espacial do **SQLite**.

O SQLite é o motor de BD mais utilizado no mundo. O código esta no domínio público.

- auto-contido;
- sem servidor;
- sem configuração;



# SQLite e SpatiaLite

**SpatiaLite** é a extensão espacial do **SQLite**.

O SQLite é o motor de BD mais utilizado no mundo. O código esta no domínio público.

- auto-contido;
- sem servidor;
- sem configuração;
- transaccional;



# LibspatiaLite

O SpatiaLite é uma biblioteca *livre e de código aberto*, simples, e leve.

Algumas vantagens:

# Libspatialite

O SpatiaLite é uma biblioteca *livre e de código aberto*, simples, e leve.

Algumas vantagens:

- A BD completa cabe num ficheiro (sem limites de tamanho);

# Libspatialite

O SpatiaLite é uma biblioteca *livre e de código aberto*, simples, e leve.

Algumas vantagens:

- A BD completa cabe num ficheiro (sem limites de tamanho);
- O ficheiro de BD é portável para diferentes Sistemas Operativos;

# Libspatialite

O SpatiaLite é uma biblioteca *livre e de código aberto*, simples, e leve.

Algumas vantagens:

- A BD completa cabe num ficheiro (sem limites de tamanho);
- O ficheiro de BD é portável para diferentes Sistemas Operativos;
- Nao requer instalação/configuração;

# Libspatialite

O SpatiaLite é uma biblioteca *livre e de código aberto*, simples, e leve.

Algumas vantagens:

- A BD completa cabe num ficheiro (sem limites de tamanho);
- O ficheiro de BD é portável para diferentes Sistemas Operativos;
- Não requer instalação/configuração;
- Implementação standard de SQL (quase completa SQL-92).

## Libspatialite

O SpatiaLite é uma biblioteca *livre e de código aberto*, simples, e leve.

Algumas vantagens:

- A BD completa cabe num ficheiro (sem limites de tamanho);
- O ficheiro de BD é portável para diferentes Sistemas Operativos;
- Não requer instalação/configuração;
- Implementação standard de SQL (quase completa SQL-92).
- Modelo de três licenças (uma para cada “gosto”!).

# FOSS

A definição de Software livre foi publicada pela *Free Software Foundation* (FSF) em 1985, como sendo software que respeita quatro liberdades fundamentais:



# FOSS

A definição de Software livre foi publicada pela *Free Software Foundation* (FSF) em 1985, como sendo software que respeita quatro liberdades fundamentais:

- Liberdade de executar o programa, com qualquer objectivo;



# FOSS

A definição de Software livre foi publicada pela *Free Software Foundation* (FSF) em 1985, como sendo software que respeita quatro liberdades fundamentais:

- Liberdade de executar o programa, com qualquer objectivo;
- Liberdade de estudar o código e modificá-lo, se assim o desejar;



# FOSS

A definição de Software livre foi publicada pela *Free Software Foundation* (FSF) em 1985, como sendo software que respeita quatro liberdades fundamentais:

- Liberdade de executar o programa, com qualquer objectivo;
- Liberdade de estudar o código e modificá-lo, se assim o desejar;
- Liberdade de redistribuir cópias;



# FOSS

A definição de Software livre foi publicada pela *Free Software Foundation* (FSF) em 1985, como sendo software que respeita quatro liberdades fundamentais:

- Liberdade de executar o programa, com qualquer objectivo;
- Liberdade de estudar o código e modificá-lo, se assim o desejar;
- Liberdade de redistribuir cópias;
- Liberdade de modificar o programa, e distribuir a versão modificada;



# Spatial Is Not Special

O SpatiaLite é um dos projectos Gaia-SINS

# Spatial Is Not Special

O SpatiaLite é um dos projectos Gaia-SINS

- **ReadOSM:** biblioteca para extrair dados do formato OpenStreet Map;

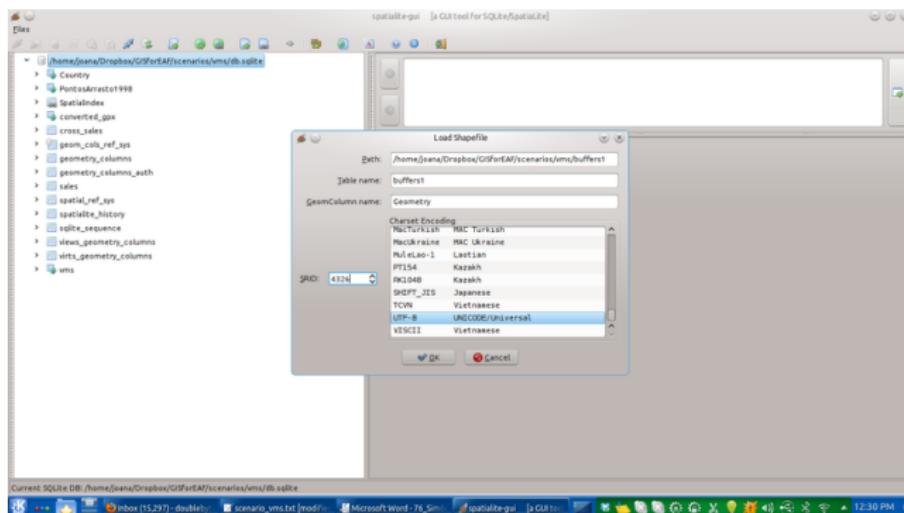
# Spatial Is Not Special

O SpatiaLite é um dos projectos Gaia-SINS

- **ReadOSM:** biblioteca para extrair dados do formato OpenStreet Map;
- **Spatialite-tools:** colecção de ferramentas de linha de comando (CLI) que suportam o SpatiaLite (e.g.:cliente, import/export)

# Spatial Is Not Special (+)

- **Spatialite-gui:** interface gráfica para utilizar o Spatialite;



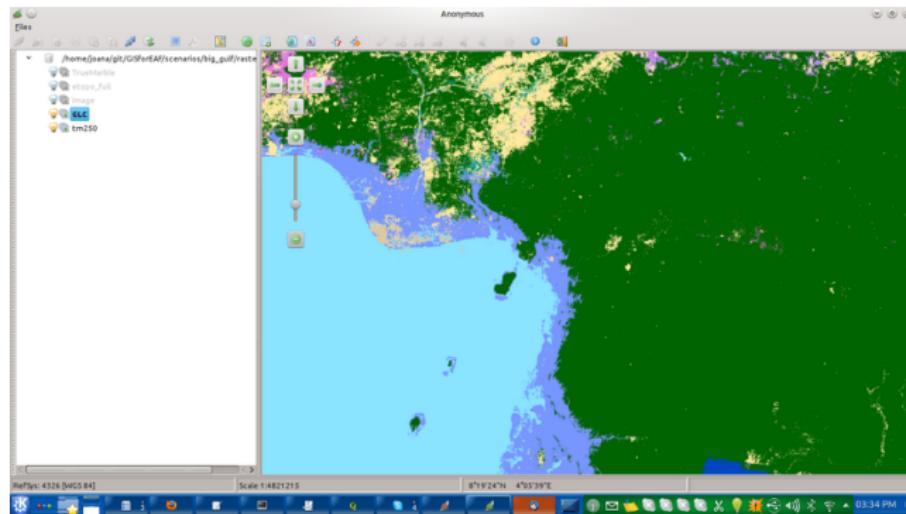
# Spatial Is Not Special (+)

- **Librasterlite:** biblioteca que extende o suporte do SpatiaLite a dados Raster;



# Spatial Is Not Special (+)

- **Spatialite-gis:** SIG minimal, construído sobre o SpatiaLite e o RasterLite;



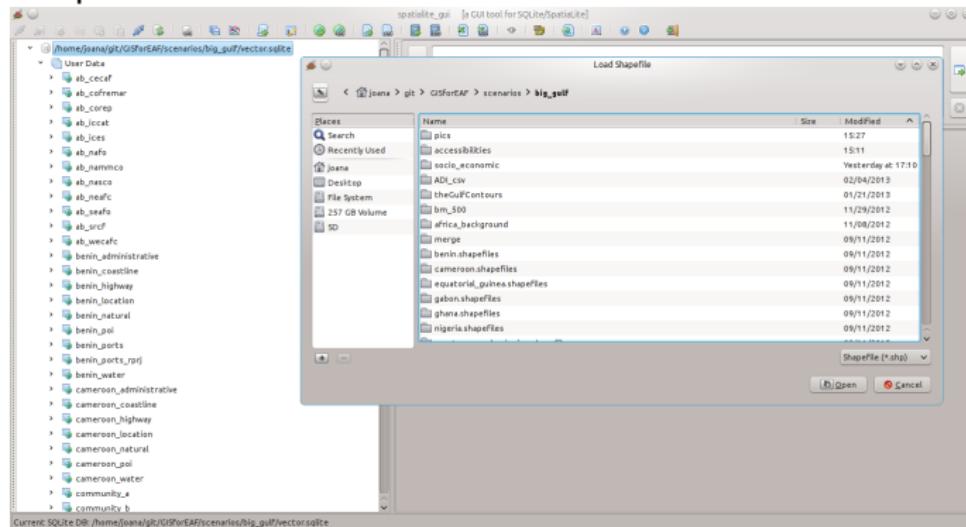
# Solucionando um problema Geográfico

*Use Case:* Temos uma série de portos de pesca, na area do Benin, e uma série de mercados, onde potencialmente se podem vender as capturas. O nosso objectivo é calcular uma matriz de distâncias, para saber que mercados distam mais próximos de cada porto. Os portos e os mercados estão armazenados em Shapefiles (WGS84).



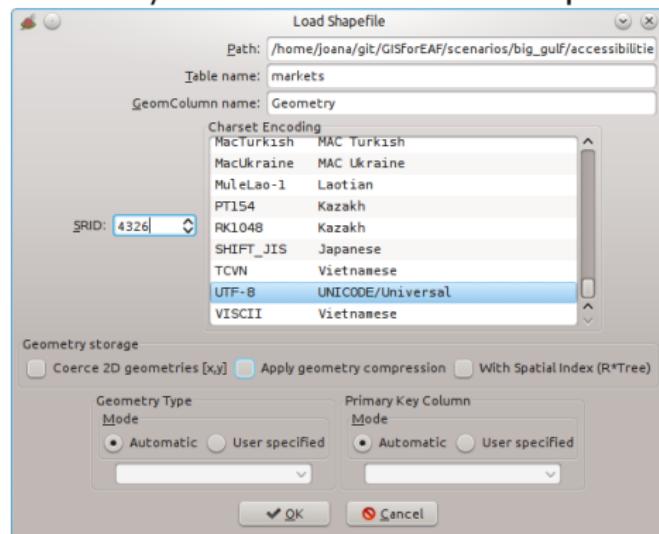
# Importar as Shapefiles

O spatialite\_gui tem um interface amigável para importar Shapefiles.



## Importar as Shapefiles (+)

A definição do SRID é muito importante.



## Análise do Problema

Podíamos calcular as distâncias em graus, mas é mais relevante faze-lo num sistema com unidades lineares (*e.g.: metros*).

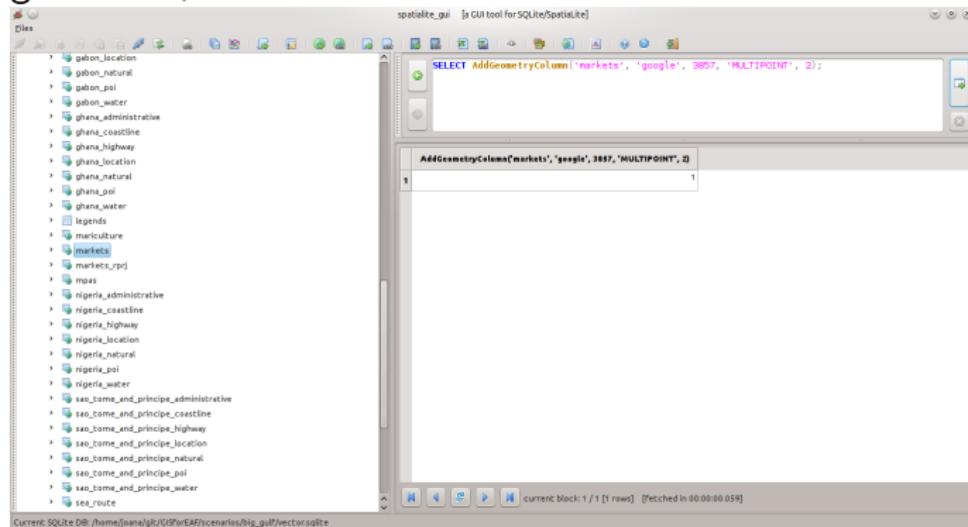
## Análise do Problema

Podíamos calcular as distâncias em graus, mas é mais relevante faze-lo num sistema com unidades lineares (*e.g.: metros*).

*Como faze-lo sem reprojectar o layer?*

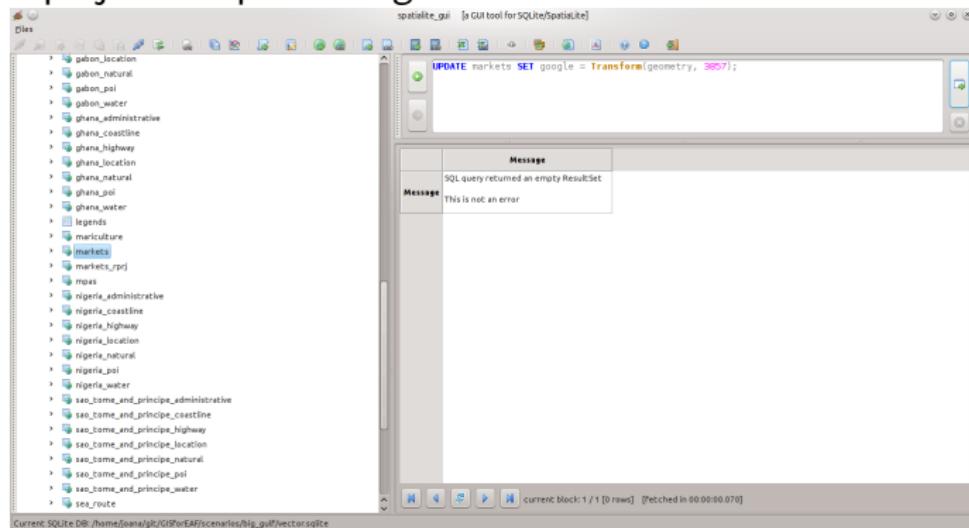
# Adicionar uma Coluna Geométrica

Não há nada que nos impeça de ter duas colunas contendo geometria, em diferentes CRS!



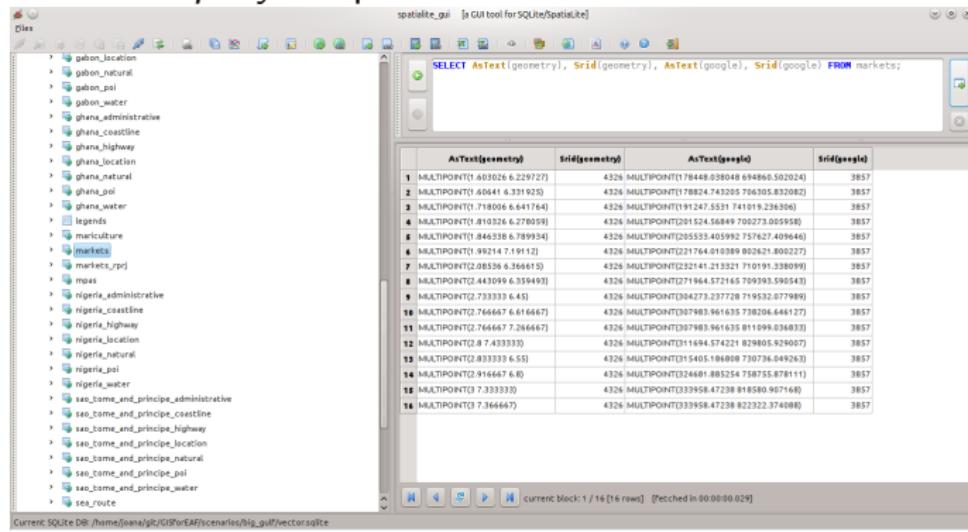
## Clonar a Geometria

Ao mesmo tempo que *clonamos* a geometria, podemos reprojecta-la para *Google Mercator*.



# Confirmar o Resultado

Podemos confirmar o SRID e a definição da geometria em texto, com uma *query simples*.



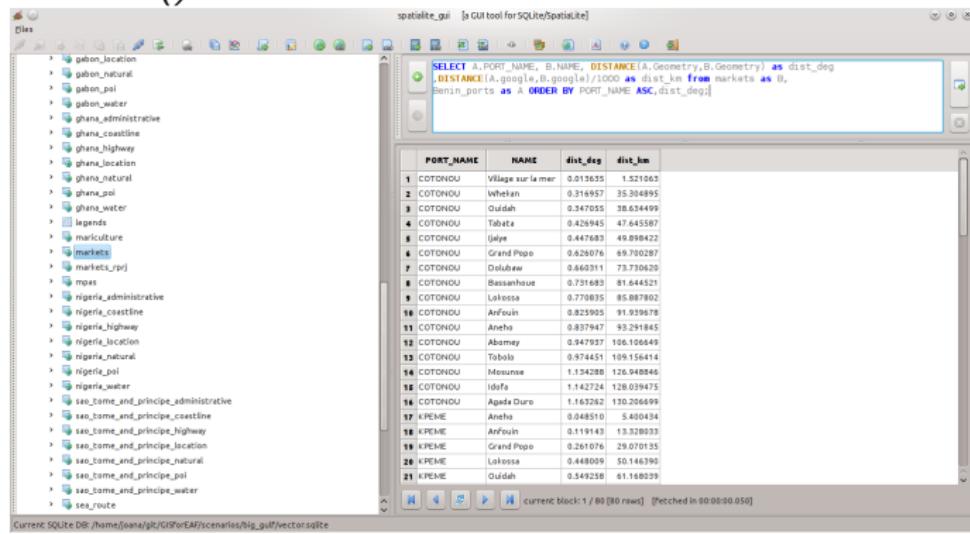
The screenshot shows the spatialite\_gui application interface. On the left is a tree view of database tables, including 'gabon\_location', 'gabon\_natural', 'gabon\_poi', 'gabon\_water', 'ghana\_administrative', 'ghana\_coastline', 'ghana\_highway', 'ghana\_location', 'ghana\_natural', 'ghana\_poi', 'ghana\_water', 'legends', 'mariculture', 'markets', 'markets\_rpt', 'maps', 'nigeria\_administrative', 'nigeria\_coastline', 'nigeria\_highway', 'nigeria\_location', 'nigeria\_natural', 'nigeria\_poi', 'nigeria\_water', 'sao\_tome\_and\_principe\_administrative', 'sao\_tome\_and\_principe\_coastline', 'sao\_tome\_and\_principe\_highway', 'sao\_tome\_and\_principe\_location', 'sao\_tome\_and\_principe\_natural', 'sao\_tome\_and\_principe\_poi', 'sao\_tome\_and\_principe\_water', and 'sea\_routes'. The main window displays a query results table titled 'AsText(geometry), Srid(geometry), AsText(google), Srid(google) FROM markets;'. The table has four columns: AsText(geometry), Srid(geometry), AsText(google), and Srid(google). The data consists of 16 rows, each representing a market location with its geometry definition, SRID, Google representation, and Google SRID.

|    | AsText(geometry)                | Srid(geometry) | AsText(google)                            | Srid(google) |
|----|---------------------------------|----------------|-------------------------------------------|--------------|
| 1  | MULTIPOINT((1 603026 6.229727)  | 4326           | MULTIPOINT((178448.038048 694860.502024)  | 3857         |
| 2  | MULTIPOINT((40441 6.319125)     | 4326           | MULTIPOINT((178824.743205 706305.832082)  | 3857         |
| 3  | MULTIPOINT((718006 6.641764)    | 4326           | MULTIPOINT((191247.5537 741019.236206)    | 3857         |
| 4  | MULTIPOINT((810326 6.278059)    | 4326           | MULTIPOINT((21524.5684 700273.059598)     | 3857         |
| 5  | MULTIPOINT((844338 6.789934)    | 4326           | MULTIPOINT((205533.405992 757627.409646)  | 3857         |
| 6  | MULTIPOINT((99214 7.19112)      | 4326           | MULTIPOINT((21764.010389 802621.800227)   | 3857         |
| 7  | MULTIPOINT((858336 6.386615)    | 4326           | MULTIPOINT((2132141.213231 710911.338099) | 3857         |
| 8  | MULTIPOINT((443099 6.359493))   | 4326           | MULTIPOINT((21964.572165 709391.590543)   | 3857         |
| 9  | MULTIPOINT((733337 6.45))       | 4326           | MULTIPOINT((24273.237728 71952.077989)    | 3857         |
| 10 | MULTIPOINT((764667 6.616667))   | 4326           | MULTIPOINT((37983.961635 738206.644127)   | 3857         |
| 11 | MULTIPOINT((2.764667 7.266667)) | 4326           | MULTIPOINT((37983.961635 811099.034833)   | 3857         |
| 12 | MULTIPOINT((2.8 7.43333))       | 4326           | MULTIPOINT((1644.574221 828085.929097)    | 3857         |
| 13 | MULTIPOINT((8.83333 6.55))      | 4326           | MULTIPOINT((5405.084908 730736.049263)    | 3857         |
| 14 | MULTIPOINT((916667 6.8))        | 4326           | MULTIPOINT((2464.485254 758755.878111)    | 3857         |
| 15 | MULTIPOINT((7.33333))           | 4326           | MULTIPOINT((33958.47238 818580.987168)    | 3857         |
| 16 | MULTIPOINT((7.346667))          | 4326           | MULTIPOINT((33958.47238 822222.374088)    | 3857         |

Current SQLite DB: /home/jean/gis/GISforCAI/scenarios/big\_gis/vector.sqlite

# Criando a Matriz de Distâncias

Depois de criar a coluna com a geometria reprojectada nos dois layers, podemos proceder ao cálculo das distâncias lineares. A matriz de distâncias é criada com uma *query* que usa a função *Distance()*.



The screenshot shows the spatialite\_gui interface. In the top-left pane, there is a tree view of various spatial datasets and tables. In the center, a query window displays the following SQL code:

```
SELECT A.PORT_NAME, B.NAME, DISTANCE(A.Geometry,B.Geometry) as dist_deg
, DISTANCE(A.google,B.google)/1000 as dist_km from markets as B,
Benin_ports as A ORDER BY PORT_NAME ASC,dist_deg;
```

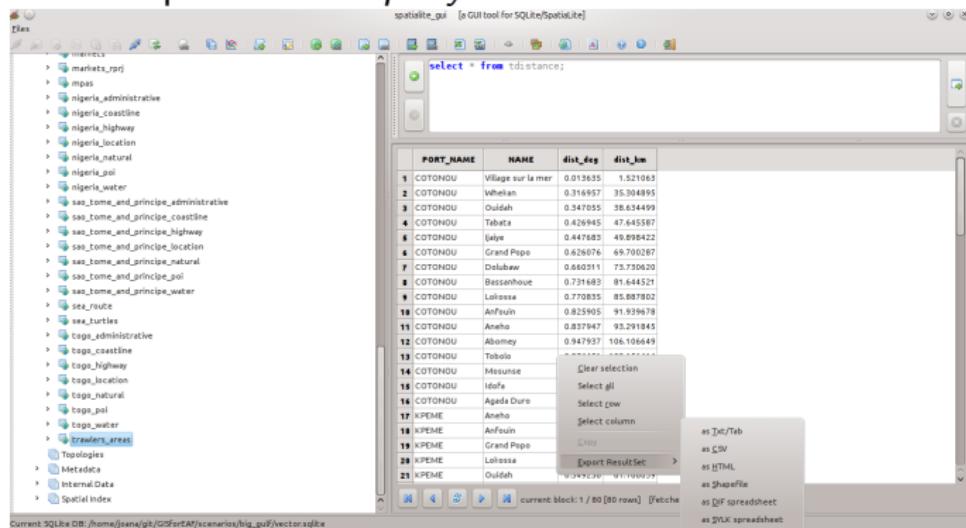
In the bottom-right pane, a table is displayed with the results of the query. The columns are PORT\_NAME, NAME, dist\_deg, and dist\_km. The data consists of 21 rows, each representing a port in Benin and its distance from other ports.

| PORT_NAME  | NAME               | dist_deg | dist_km    |
|------------|--------------------|----------|------------|
| 1 COTONOU  | Village sur la mer | 0.013635 | 1.521063   |
| 2 COTONOU  | Whelan             | 0.316957 | 35.304695  |
| 3 COTONOU  | Ouidah             | 0.347055 | 38.634499  |
| 4 COTONOU  | Talata             | 0.426945 | 47.645587  |
| 5 COTONOU  | Uiye               | 0.447683 | 49.898422  |
| 6 COTONOU  | Grand Popo         | 0.626076 | 69.700287  |
| 7 COTONOU  | Ouladew            | 0.660311 | 73.736620  |
| 8 COTONOU  | Bassanhouse        | 0.731683 | 81.644521  |
| 9 COTONOU  | Lakossa            | 0.770835 | 85.887802  |
| 10 COTONOU | Anfoun             | 0.825985 | 91.939678  |
| 11 COTONOU | Aného              | 0.837947 | 93.291845  |
| 12 COTONOU | Abomey             | 0.947937 | 106.106449 |
| 13 COTONOU | Tobolo             | 0.974451 | 109.156414 |
| 14 COTONOU | Mesunus            | 1.134288 | 126.948046 |
| 15 COTONOU | Iofa               | 1.142724 | 128.039475 |
| 16 COTONOU | Agade Duro         | 1.163262 | 130.206499 |
| 17 KPEME   | Aného              | 0.048510 | 5.400434   |
| 18 KPEME   | Anfoun             | 0.119143 | 13.328033  |
| 19 KPEME   | Grand Popo         | 0.261076 | 29.070335  |
| 20 KPEME   | Lakossa            | 0.448009 | 50.146390  |
| 21 KPEME   | Ouidah             | 0.349250 | 61.168039  |

Current SQLite DB: /home/janalg/GitorEAR/scenarios/big\_gulf/vectorsqlite

# Guardar os resultados

Para tornar os resultados permanentes, podemos exportá-los para um ficheiro de texto (.csv); ou ainda criar uma *View* ou uma tabela a partir desta *query*.



The screenshot shows the spatialite\_gui application interface. On the left is a tree view of database tables and spatial indices. In the center, a query window displays the following SQL command:

```
select * from tdistance;
```

Below the query window is a table with the following data:

| PORT_NAME | NAME               | dist_deg | dist_km   |
|-----------|--------------------|----------|-----------|
| COTONOU   | Village sur la mer | 0.019353 | 1.521083  |
| COTONOU   | Veléhan            | 0.316957 | 35.304995 |
| COTONOU   | Ouidah             | 0.347055 | 38.534499 |
| COTONOU   | Tibeta             | 0.426945 | 47.645587 |
| COTONOU   | Jalye              | 0.447685 | 49.998422 |
| COTONOU   | Grand Popo         | 0.426076 | 69.700287 |
| COTONOU   | Djelawar           | 0.640311 | 73.730648 |
| COTONOU   | Bessanhoué         | 0.731683 | 91.444521 |
| COTONOU   | Lokassa            | 0.770835 | 85.887902 |
| COTONOU   | Anfusin            | 0.825905 | 91.939678 |
| COTONOU   | Aneho              | 0.837947 | 92.291845 |
| COTONOU   | Abomey             | 0.947937 | 106.10649 |
| COTONOU   | Tobolo             |          |           |
| COTONOU   | Mosunse            |          |           |
| COTONOU   | Idofe              |          |           |
| COTONOU   | Agada Duro         |          |           |
| KPEME     | Anfusin            |          |           |
| KPEME     | Grand Popo         |          |           |
| KPEME     | Lokassa            |          |           |
| KPEME     | Ouidah             |          |           |

A context menu is open over the last three rows of the table, with the following options:

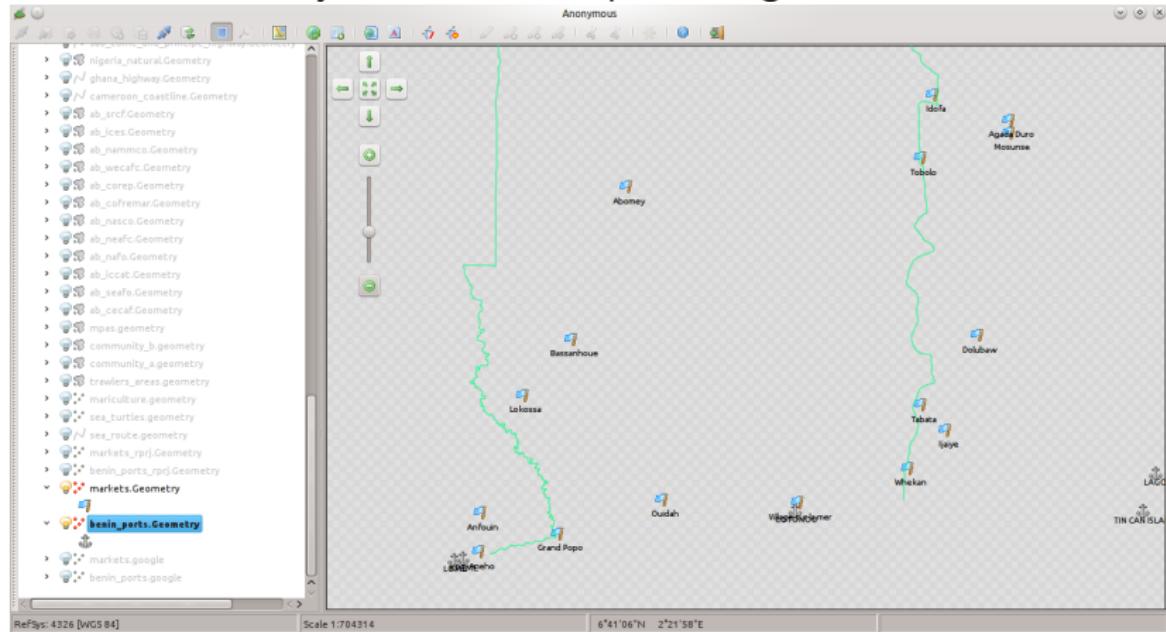
- Clear selection
- Select all
- Select row
- Select column
- COPY
- Export ResultSet >

Below the table, the status bar shows "current block: 1 / 80 [80 rows] [fetch]

Current SQLite DB : /home/jana/gb/GISforEA/scenarios/big\_guF/vector.sqlite

# Layers no Spatialite\_gis

Visualizando os layers criados no Spatialite\_gis.



# NoSQL



# NoSQL



O modelo relacional é um *top-down approach*, que se baseia em ideias *fortes* sobre os dados (*schema*). A realidade muitas vezes é outra...

## NoSQL (+)

No modelo NoSQL a **habilidade de armazenar e recuperar grandes quantidades de dados é mais importante do que as relações entre os elementos**. Algumas vantagens:

## NoSQL (+)

No modelo NoSQL a **habilidade de armazenar e recuperar grandes quantidades de dados é mais importante do que as relações entre os elementos**. Algumas vantagens:

- Adaptam-se bem ao modelo orientado para o objecto (e.g.: *trees*).
- São desenhados como sistemas distribuidos, e por isso *crescem* muito bem.
- Suportam a replicação de dados, para assegurar a disponibilidade e a recuperação em caso de desastre.



- <http://mgcotunl.wordpress.com/>
- Revista da ACCU (Associacao de Programadores de C e C++): <http://accu.org/>
- <http://doublebyte.net>
- Esta apresentação está publicada com licença GNU FDL



- <http://mgcotunl.wordpress.com/>
- Revista da ACCU (Associacao de Programadores de C e C++): <http://accu.org/>
- <http://doublebyte.net>
- Esta apresentação está publicada com licença GNU FDL

Obrigada pela vossa atencao!

# Licença

Copyright © 2013 Joana Simoes. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled *GNU Free Documentation License*.

# GNU Free Documentation License

Version 1.3, 3 November 2008

Copyright © 2000, 2001, 2002, 2007, 2008 Free Software Foundation, Inc.

<http://fsf.org/>

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

## Preamble

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other functional and useful document “free” in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and

redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondarily, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of “copyleft”, which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense.

It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

# 1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The

“**Document**”, below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as “**you**”. You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

A “**Modified Version**” of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A “**Secondary Section**” is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the

Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (Thus, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The “**Invariant Sections**” are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The “**Cover Texts**” are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice

that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A “**Transparent**” copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not “Transparent” is called “**Opaque**”.

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The “**Title Page**” means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, “Title Page” means the text near the most prominent appearance of the work’s

title, preceding the beginning of the body of the text.

The “**publisher**” means any person or entity that distributes copies of the Document to the public.

A section “**Entitled XYZ**” means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as “**Acknowledgements**”, “**Dedications**”, “**Endorsements**”, or “**History**”.) To “**Preserve the Title**” of such a section when you modify the Document means that it remains a section “Entitled XYZ” according to this definition. The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers

may have is void and has no effect on the meaning of this License.

## 2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

### 3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these

Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as

they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto

adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of

copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

## 4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

- A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same

title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.

- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.
- C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher.
- D. Preserve all the copyright notices of the Document.
- E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices.
- F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below.

- G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice.
- H. Include an unaltered copy of this License.
- I. Preserve the section Entitled "History", Preserve its Title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section Entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence.
- J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the

“History” section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission.

- K. For any section Entitled “Acknowledgements” or “Dedications”, Preserve the Title of the section, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein.
- L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles.
- M. Delete any section Entitled “Endorsements”. Such a section may not be included in the Modified Version.
- N. Do not retitle any existing section to be Entitled “Endorsements” or to conflict in title with any Invariant

Section.

O. Preserve any Warranty Disclaimers.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section Entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end

of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

## 5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all

of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections Entitled “History” in the various original documents, forming one section Entitled “History”; likewise combine any sections Entitled “Acknowledgements”, and any sections Entitled “Dedications”.

You must delete all sections Entitled “Endorsements”.

## 6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

## 7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT

# WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, is called an “aggregate” if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation’s users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one half of the entire aggregate, the Document’s Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket the whole aggregate.

## 8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled “Acknowledgements”, “Dedications”, or “History”, the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the

actual title.

## 9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to copy, modify, sublicense, or distribute it is void, and will automatically terminate your rights under this License.

However, if you cease all violation of this License, then your license from a particular copyright holder is reinstated (a) provisionally, unless and until the copyright holder explicitly and finally terminates your license, and (b) permanently, if the copyright holder fails to notify you of the violation by some reasonable means prior to 60 days after the cessation.

Moreover, your license from a particular copyright holder is reinstated permanently if the copyright holder notifies you of the violation by some reasonable means, this is the first time you have

received notice of violation of this License (for any work) from that copyright holder, and you cure the violation prior to 30 days after your receipt of the notice.

Termination of your rights under this section does not terminate the licenses of parties who have received copies or rights from you under this License. If your rights have been terminated and not permanently reinstated, receipt of a copy of some or all of the same material does not give you any rights to use it.

## 10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See

<http://www.gnu.org/copyleft/>.

Each version of the License is given a distinguishing version

number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License “or any later version” applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document specifies that a proxy can decide which future versions of this License can be used, that proxy’s public statement of acceptance of a version permanently authorizes you to choose that version for the Document.

## 11. RELICENSING

“Massive Multiauthor Collaboration Site” (or “MMC Site”) means any World Wide Web server that publishes copyrightable works and also provides prominent facilities for anybody to edit those

works. A public wiki that anybody can edit is an example of such a server. A “Massive Multiauthor Collaboration” (or “MMC”) contained in the site means any set of copyrightable works thus published on the MMC site.

“CC-BY-SA” means the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 license published by Creative Commons Corporation, a not-for-profit corporation with a principal place of business in San Francisco, California, as well as future copyleft versions of that license published by that same organization.

“Incorporate” means to publish or republish a Document, in whole or in part, as part of another Document.

An MMC is “eligible for relicensing” if it is licensed under this License, and if all works that were first published under this License somewhere other than this MMC, and subsequently incorporated in whole or in part into the MMC, (1) had no cover texts or invariant sections, and (2) were thus incorporated prior to

November 1, 2008.

The operator of an MMC Site may republish an MMC contained in the site under CC-BY-SA on the same site at any time before August 1, 2009, provided the MMC is eligible for relicensing.

## **ADDENDUM: How to use this License for your documents**

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

*Copyright © YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled “GNU Free Documentation License”.*

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the “with ... Texts.” line with this:

*with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.*

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.