



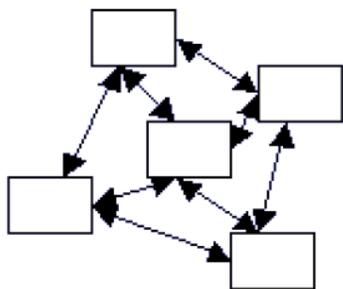
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Banco de Dados Geográficos

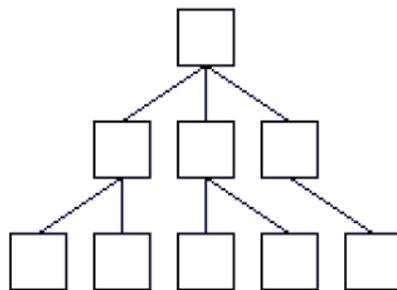
Arquiteturas



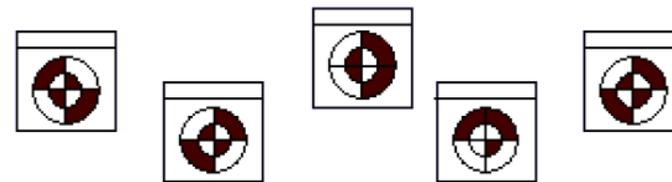
Modelos de SGBD



Rede



Hierárquico



Objeto

P-Id	Nome	Sobrenome	Cidade
1	Lais	Costa	SJC
2	Maria	Silva	SP

Cidade	População	Renda
SJC	1000000	32244
...

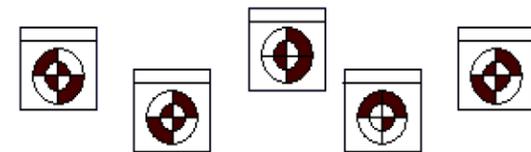
Relacional



Modelos de SGBD

P-Id	Nome	Sobrenome	Cidade	Cidade	População	Renda
1	Lais	Costa	SJC	SJC	1000000	32244
...

Relacional



Objeto

ID	XY	DF	ER
56		XXX	
45		YYY	
...

Objeto-Relacional



Modelagem

	Mundo Real	Banco de Dados												
Esquema	 Planta	<table border="1"><thead><tr><th>P-Id</th><th>Nome</th><th>Sobrenome</th><th>Cidade</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	P-Id	Nome	Sobrenome	Cidade								
P-Id	Nome	Sobrenome	Cidade											
Instância	 Casas	<table border="1"><thead><tr><th>P-Id</th><th>Nome</th><th>Sobrenome</th><th>Cidade</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>Lais</td><td>Costa</td><td>SJC</td></tr><tr><td>2</td><td>Maria</td><td>Silva</td><td>SP</td></tr></tbody></table>	P-Id	Nome	Sobrenome	Cidade	1	Lais	Costa	SJC	2	Maria	Silva	SP
P-Id	Nome	Sobrenome	Cidade											
1	Lais	Costa	SJC											
2	Maria	Silva	SP											

Esquema x Instância



Modelagem





Modelagem

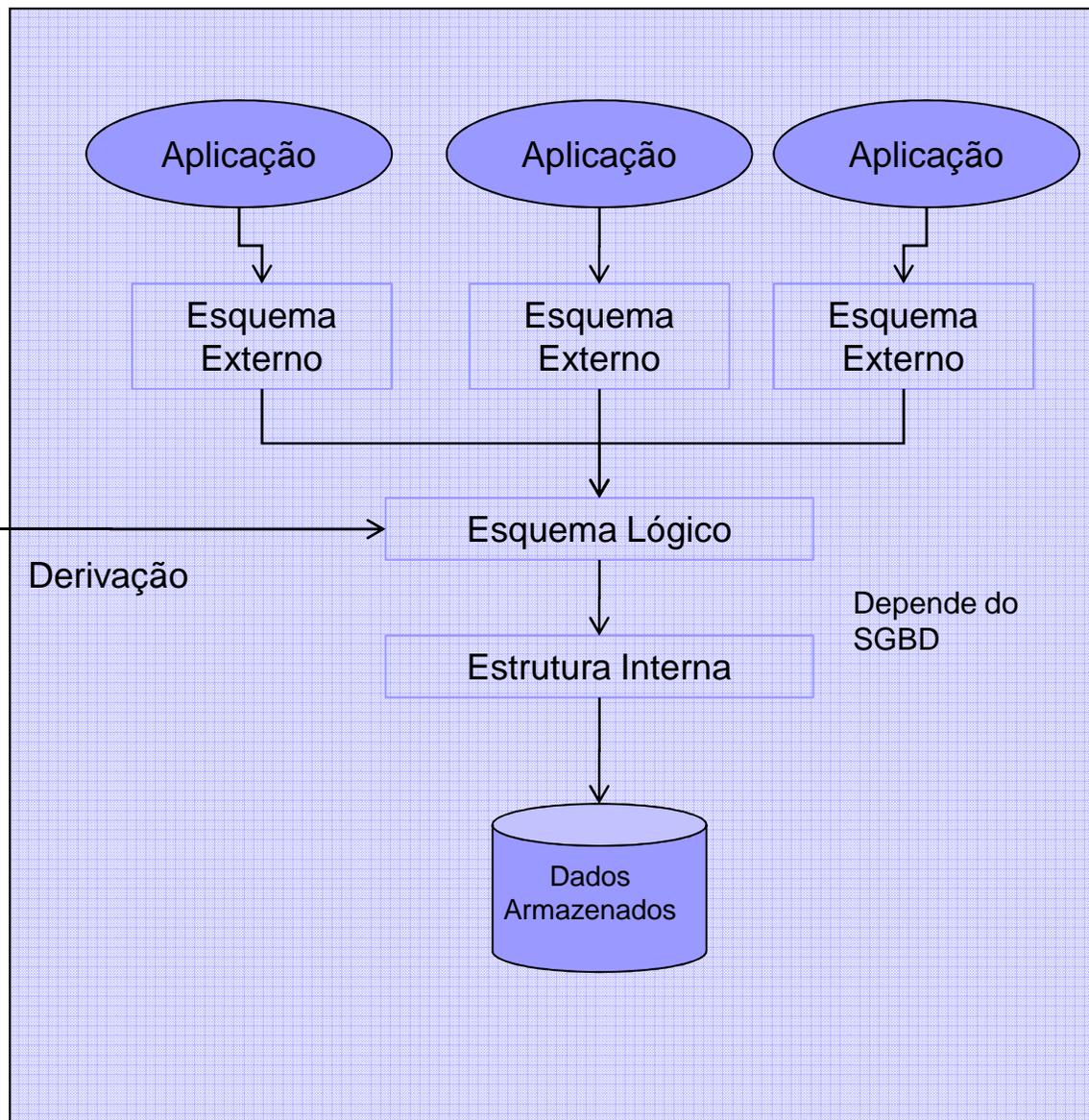
Mundo Real



Modelagem

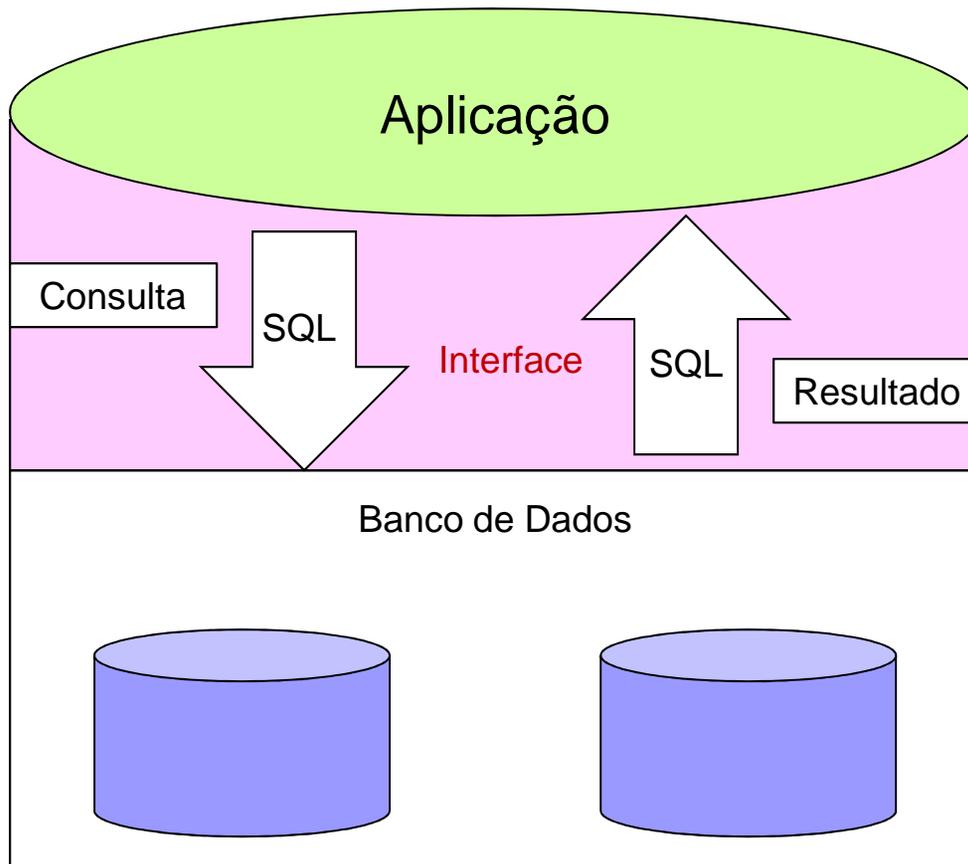
Modelo Conceitual

Independente do SGBD



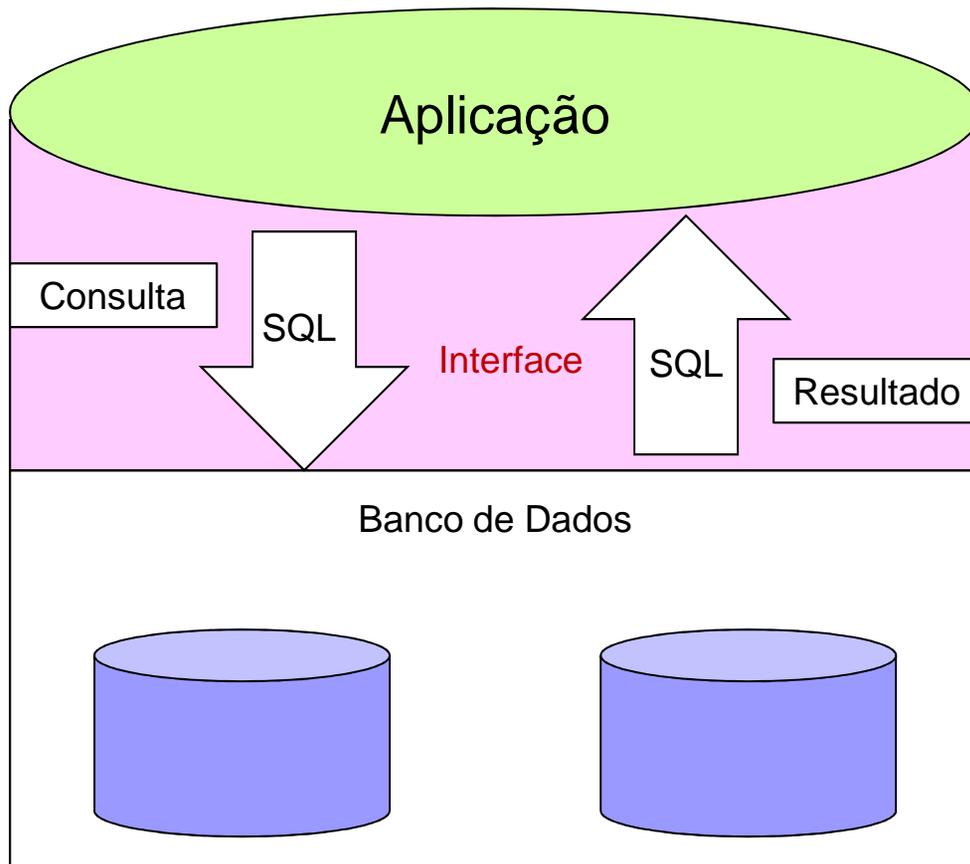


Interfaces para bancos de dados





Interfaces para bancos de dados



TAM logo and navigation links: "Número Fidelidade", "Assinatura Eletrônica", "Esqueci meu nº fidelidade", "Esqueci minha assinatura eletrônica", "OK".

INSTITUCIONAL : SERVIÇOS : INFORMAÇÕES : TAM FIDELIDADE : EXPERIÊNCIA : CONTATO

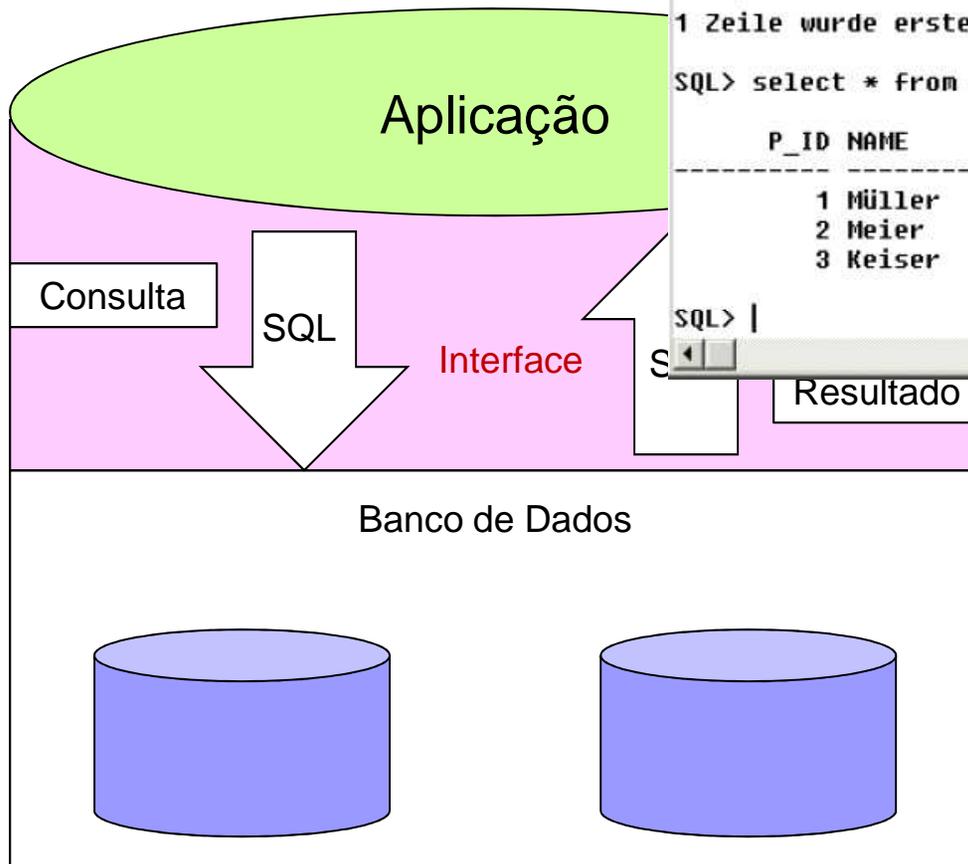
Search and offers section. Includes a "This Content Component encountered an error" message. Search criteria: "De:" (origin), "Para:" (destination), "Partida:" (departure), "Retorno:" (return), "Adultos", "Crianças". Offers: "De SP(Guarulhos) para: Florianópolis: R\$131,00*, Foz do Iguaçu: R\$129,00*".

STATUS DO VOO form. Fields: "Companhia Aérea:" (TAM(LJ)), "Número do Voo:", "Dia:" (Hoje), "OK".

Formulário



Interfaces para bancos de dados

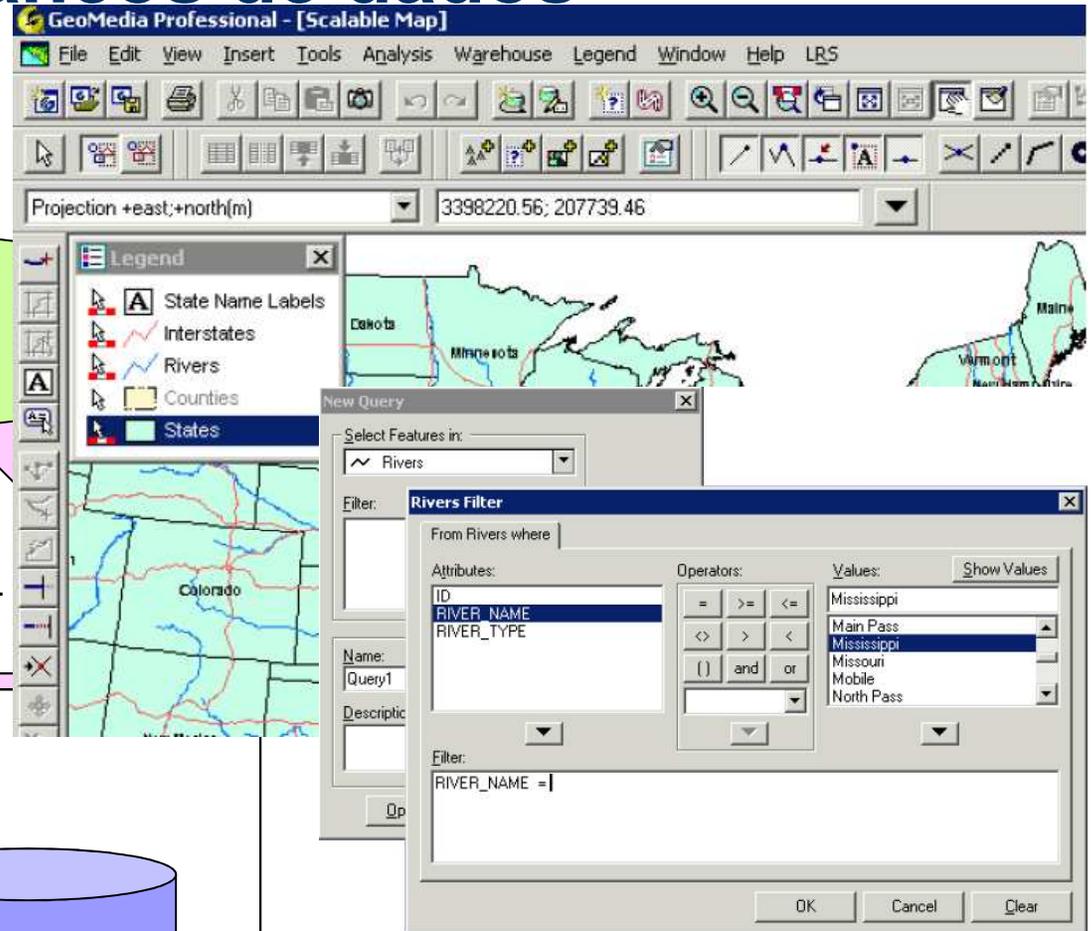
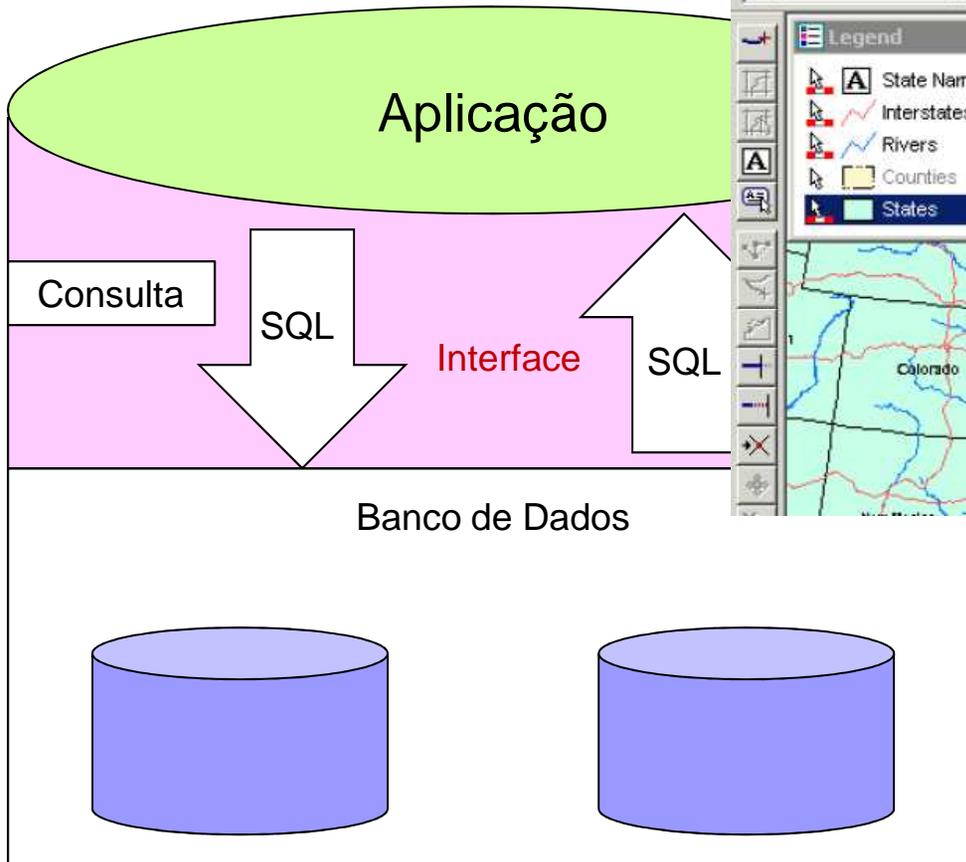


```
Oracle SQL*Plus
Datei Bearbeiten Suchen Optionen Hilfe
SQL> insert into adressen values (3, 'Keiser', 'Josef', 'Unterdorf');
1 Zeile wurde erstellt.
SQL> select * from adressen;
P_ID NAME          VORNAME          ORT
-----
1 Müller          Hans             Oberdorf
2 Meier           Jakob            Hinterwil
3 Keiser          Josef            Unterdorf
SQL> |
```

Texto



Interfaces para bancos de dados



SIG



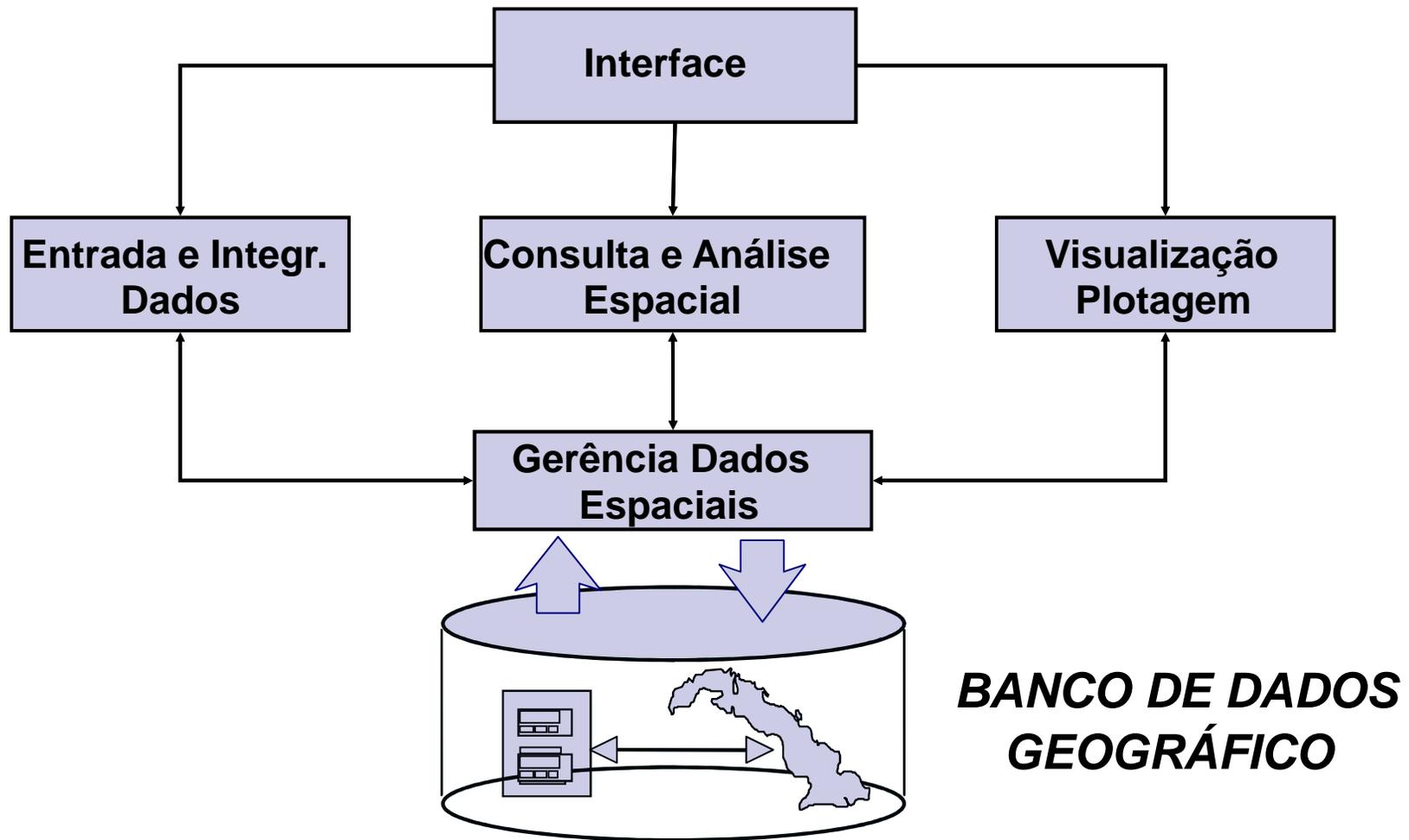
Sistemas de Informação Geográfica - SIG

- Sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos

- Funcionalidades de um SIG:
 - Entrada e validação de dados espaciais
 - Armazenamento e gerenciamento desses dados
 - Saída e apresentação visual desses dados
 - Transformação de dados espaciais
 - Interação com o usuário
 - Combinação de dados espaciais para criar novas representações do espaço geográfico
 - Ferramentas para análise espacial



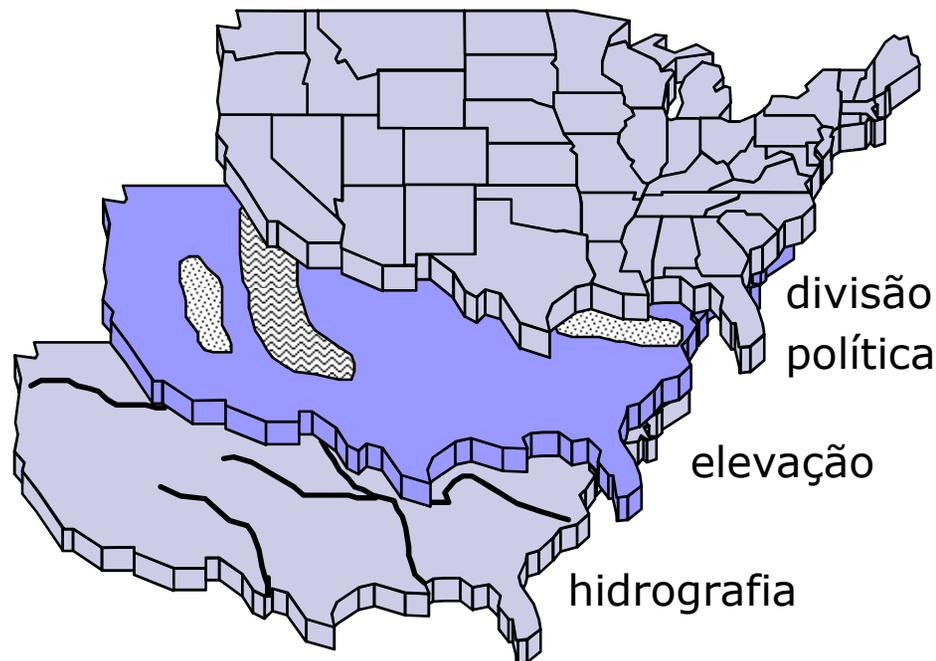
Visão Geral de um SIG





Organização lógica de dados em um SIG

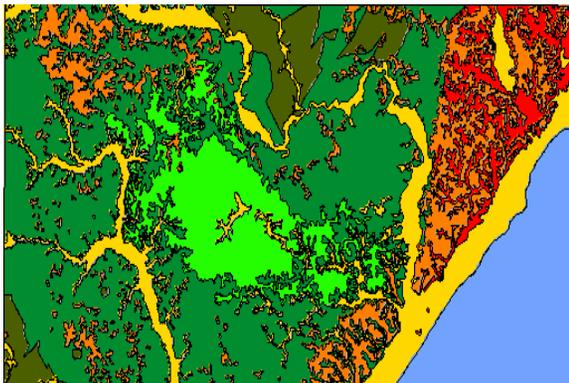
- Organização por camadas ou planos de informação
 - cada camada trata de um dado específico



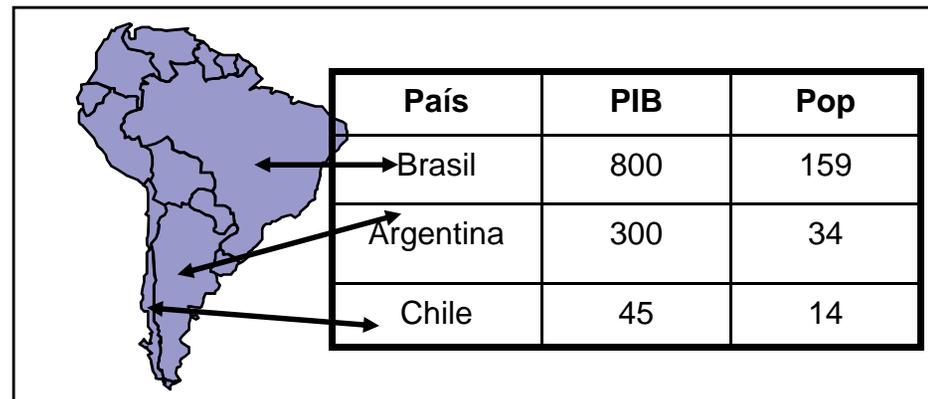


Organização lógica de dados em um SIG

- Plano de informação (nível, camada, *layer*)
 - contém informações referentes a um único tipo de dados
 - restrição: área geográfica definida. Exs:
 - geologia de uma área
 - conjunto de lotes (objetos)



PI com Campo (Geologia)



PI com Objetos (Países)



Evolução das arquiteturas de SIG

- SIG “desktop” (~1983-1990)
 - Ambiente monousuário
 - Ênfase em interfaces amigáveis e funções de análise

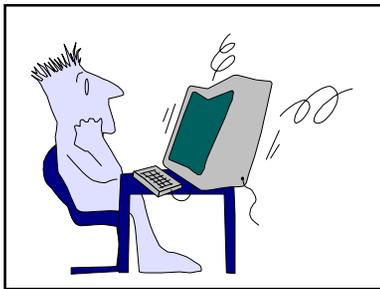
- SIG distribuído (~1990-2000)
 - Ambiente multiusuário
 - Compartilhamento de dados
 - Ênfase em controle de acesso e manutenção de integridade

- Servidores Web (~2000)
 - Uso da Internet para disseminar dados
 - Ênfase em eficiência de acesso e interfaces de navegação



Evolução das arquiteturas de SIG

SIG
Desktop



BD Geográfico
Institucional

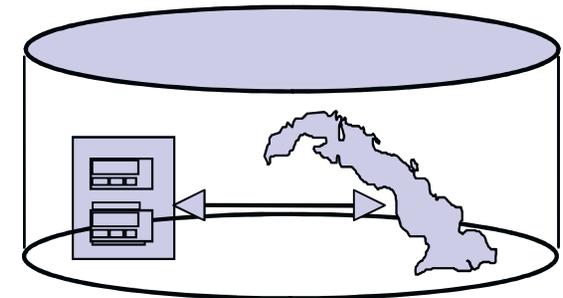


Centro de Dados
Global



Internet

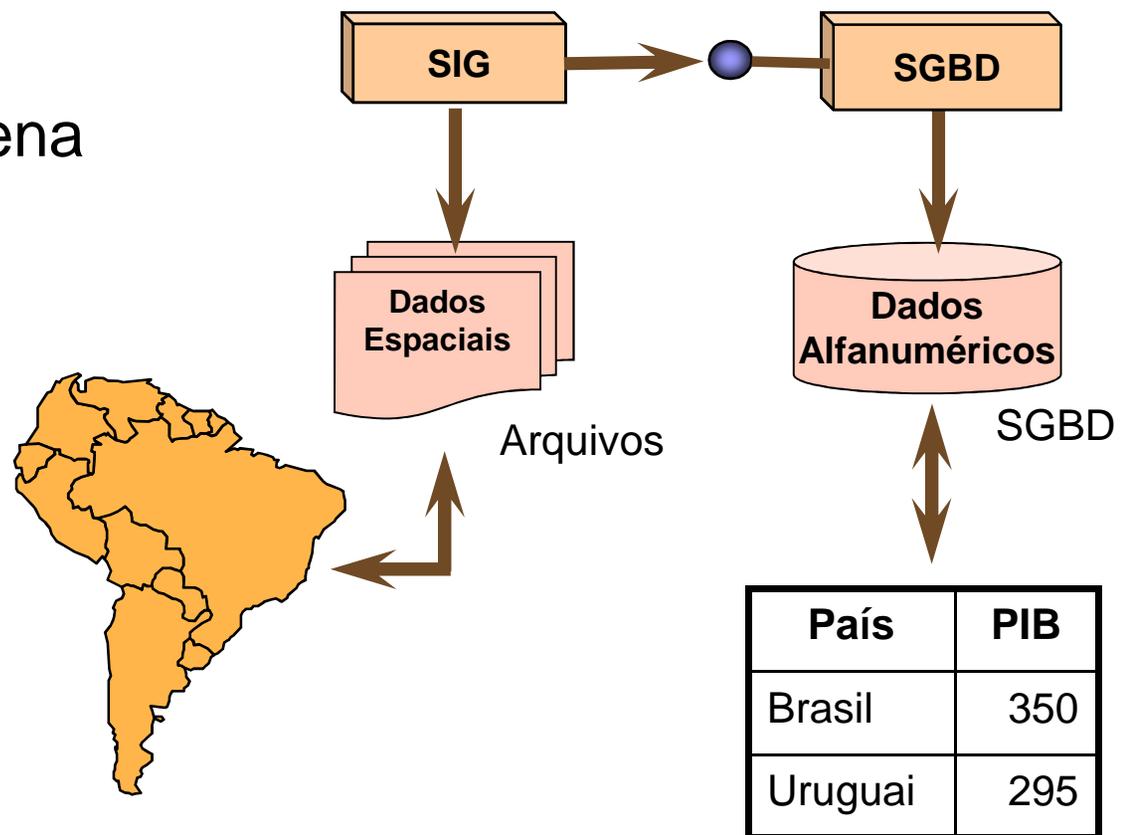
Banco de Dados
Geográfico





Arquitetura Dual

- SGBD relacional: armazena dados alfanuméricos
- Arquivos: armazena dados espaciais





Arquitetura Dual

**FAZENDA FLORESTAL
205017**

MAPA NO SIG

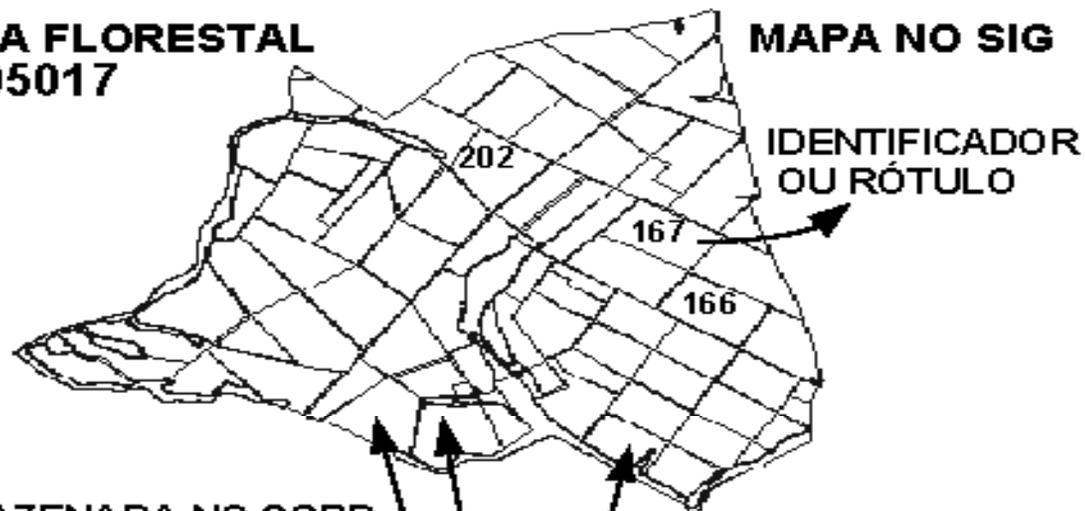


TABELA ARMAZENADA NO SGBD

CODPAR	CODFAZ	CODPROJ	TALHÃO	AREATOT	DTPLAN
5	205017	105	147	9,91	31/10/89
5	205017	105	148	25,66	18/12/89
5	205017	068	152	26,34	7/10/93
5	205017	068	153	21,65	14/10/93
5	205017	068	154	27,90	21/10/93
5	205017	068	155	23,52	23/11/93
5	205017	109	162	26,29	5/11/89
5	205017	109	163	27,57	9/11/89

CODPAR = código do parque florestal ; CODFAZ = código da fazenda
CODPROJ = código do projeto; TALHÃO = número do talhão
AREATOT = Área total plantada; DTPLAN = Data do plantio



Arquitetura Dual - Exemplos

■ SPRING

- Dados alfanuméricos: SGBD relacional (DBase, Access, MySQL, Oracle, PostgreSQL)
- Dados espaciais: arquivos com formato específico

■ ArcView

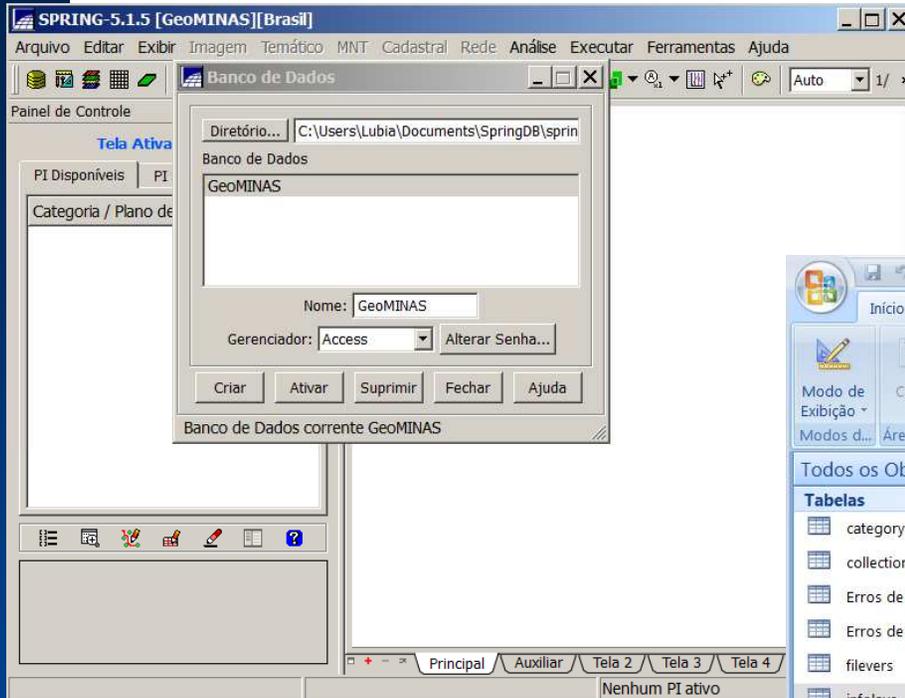
- Dados alfanuméricos: SGBD relacional
- Dados espaciais: “shapefiles”

■ IDRISI

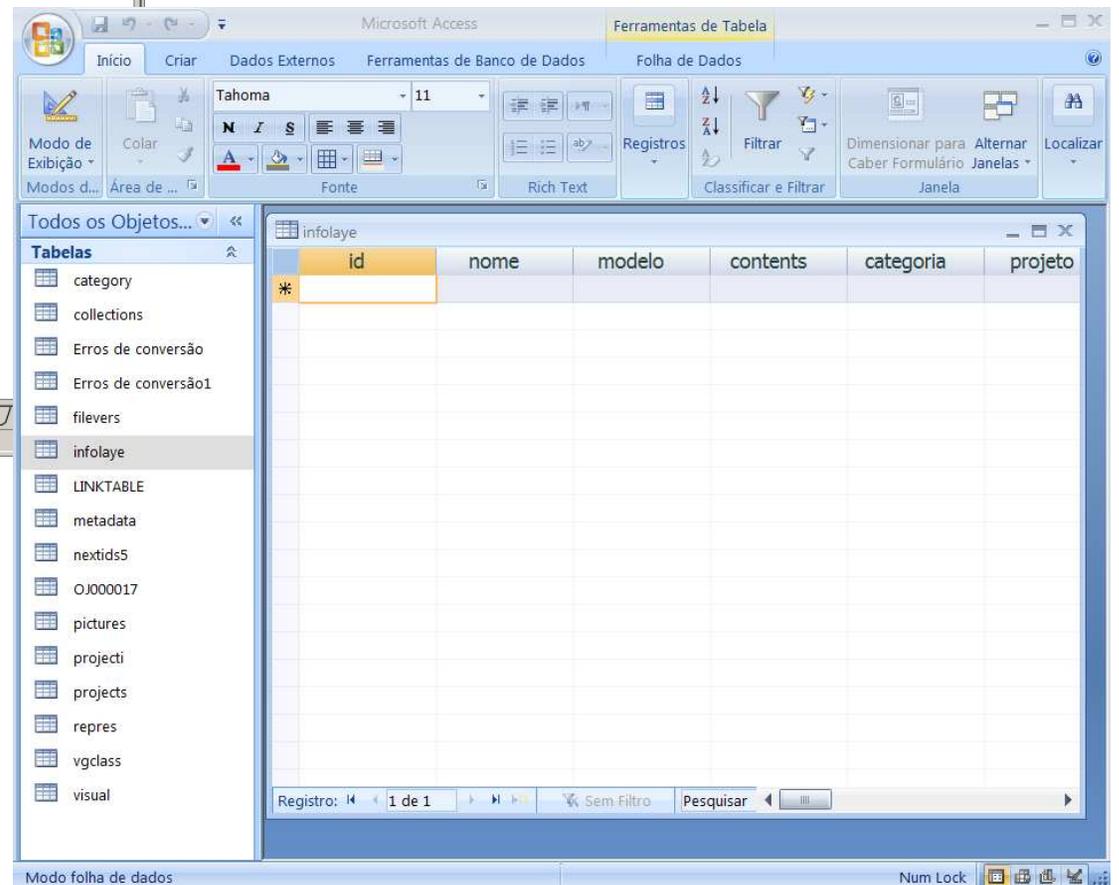
- Dados alfanuméricos: SGBD relacional
- Dados espaciais: matrizes



Arquitetura Dual – Ex. SPRING



Dados de controle que garantem o modelo conceitual





Arquitetura Dual – Ex. SPRING

SPRING-5.1.5 [GeoMINAS][Brasil]

Arquivo Editar Exibir Imagem Temático MNT Cadastral Rede Análise Executar Ferramentas Ajuda

Auto 1/ 5.744 Inativa

Painel de Controle

Tela Ativa : Principal

PI Disponíveis PI Selecionados

Categoria / Plano de Informação

- (V) Divisão_Estadual
- (LO) Estados

Pontos Objetos

Linhas Texto

Principal Auxiliar Tela 2 Tela 3 Tela 4

ID	NOME	ROTULO	AREA	PERIMETRO	NOMEST	UF	REGIAO
1	1	11	242382995456.000000	2569002.000000	Rondônia	RO	NO
2	2	12	154725613568.000000	2186756.750000	Acre	AC	NO
3	3	13	1601675460608.000000	6867057.000000	Amazonas	AM	NO
4	4	14	244841725952.000000	2734870.250000	Roraima	RR	NO
5	5	15	1214210244608.000000	9566247.000000	Pará	PA	NO
6	6	16	136242733056.000000	2136702.000000	Amapá	AP	NO
7	7	17	275466813440.000000	3121278.250000	Tocantins	TO	NO
8	8	21	330188423168.000000	4047137.750000	Maranhão	MA	NE
9	9	22	255173640192.000000	2697939.000000	Piauí	PI	NE
10	10	23	149907668992.000000	1773150.750000	Ceará	CE	NE

PI: Estados

Brasil

Libraries Documents SpringDB springdb GeoMINAS Brasil

File Edit View Tools Help

Organize Open Share with E-mail Burn New folder

Favorites Desktop Downloads Recent Places

Documents library

Brasil

Name

- V000002.an1
- V000002.an2
- V000002.bk
- V000002.in
- V000002.no1
- V000002.no2
- V000002.po1**
- V000002.po2
- BrasLInfo
- V000002.rta
- V000002.rtl
- V000002.rtp

Microsoft Access

Ferramentas de Tabela

Início Criar Dados Externos Ferramentas de Banco de Dados Folha de Dados

Tahoma 11

Modo de Exibição Colar Modos d... Área de ... Fonte Rich Text

Registros Filtrar Dimensionar para Alternar Localizar Caber Formulário Janelas Janela

Todos os Objetos... Tabelas

- category
- CG000018
- collections
- Erros de conversão
- Erros de conversão1
- Erros de conversão2
- filevers
- GA000002
- infolaye
- LINKTABLE
- metadata
- nextids5
- OJ000017
- OJ000018
- pictures
- projecti
- projects

infolaye

id	nome	modelo	contents	categoria	projeto
2	Estados	64	12	9	

Registro: 1 de 1 Sem Filtro Pesquisar

CG000018

GEOID	NOMEST	UF	REGIAO
1	Rondônia	RO	NO
2	Acre	AC	NO
3	Amazonas	AM	NO
4	Roraima	RR	NO
5	Pará	PA	NO
6	Amapá	AP	NO
7	Tocantins	TO	NO
8	Maranhão	MA	NE
9	Piauí	PI	NE
10	Ceará	CE	NE
11	Rio Grande do RN	RN	NE

Registro: 1 de 27 Sem Filtro Pesquisar

Modo folha de dados Num Lock



Arquitetura Dual - Ex. ArcExplorer

- Shapefile: Estados.shp, Estados.shx, Estados.dbf

The screenshot displays the ArcView GIS interface. The main map window shows a map of Brazil with a grid of polygons. One polygon is highlighted in yellow. The 'Attributes of Sampa.shp' table is open, showing the following data:

Shape	Id	Name_1	Name_2	Parts	Points	Length
Polygon	35503031	DI31	Guaianazes	1.00000	193.00000	
Polygon	35503093	DI93	Vila Matilde	1.00000	170.00000	
Polygon	35503088	DI88	Vila Guilherme	1.00000	54.00000	
Polygon	35503008	DI08	Belem	1.00000	62.00000	
Polygon	35503010	DI10	Bras	1.00000	86.00000	
Polygon	35503057	DI57	Pari	1.00000	56.00000	
Polygon	35503082	DI82	Tatuape	1.00000	101.00000	
Polygon	35503091	DI91	Vila Maria	1.00000	97.00000	
Polygon	35503060	DI60	Penha	1.00000	115.00000	
Polygon	35503038	DI38	Jacana	1.00000	139.00000	
Polygon	35503094	DI94	Vila Medeiros	1.00000	91.00000	
Polygon	35503004	DI04	T...	1.00000	130.00000	



Como consultar a base? Ex. apontamento.

SPRING-5.1.5 [GeomINAS][Brasil]

Arquivo Editar Exibir Imagem Temático MNT Cadastral Rede Análise Executar Ferramentas Ajuda

Painel de Controle

Tela Ativa : Principal

PI Disponíveis PI Selecionados

Categoria / Plano de Informação

(V) Divisão_Estadual
(LO) Estados

Pontos Objetos
 Linhas Texto

Tabela

ID	NOME	ROTULO	AREA	PERIMETRO	NOMEEST	UF	REGIAO
19	33	33	42120876032.000000	1581134.375000	Rio de J...	RJ	SE
20	35	35	247546937344.000000	2912832.500000	São Paulo	SP	SE
21	41	41	196600905728.000000	2331258.500000	Paraná	PR	SU
22	42	42	95387869184.000000	2012606.500000	Santa C...	SC	SU
23	43	43	271939272704.000000	3233131.500000	Rio Gra...	RS	SU
24	50	50	361756459008.000000	2783440.250000	Mato Gr...	MS	CO
25	51	51	898282422272.000000	4755015.000000	Mato Gr...	MT	CO
26	52	52	338731171840.000000	3100251.000000	Goiás	GO	CO
27	53	53	6123834368.000000	312854.906250	Distrito ...	DF	CO

PI: Estados

1. Capture o ponto da tela
2. Transforme em coordenadas
3. Busque nos arquivos proprietários qual geometria contém esse ponto
4. Recupere o ID do objeto associado a geometria
5. Envie consulta ao SGDB:

```
SELECT * FROM estados where  
ID = xxx;
```
6. Acenda a linha correspondente ao resultado da consulta

Feito pelo SIG

Feito pelo SGBD



Como consultar sobre a base?

Quais são os estados da região NE?

```
SELECT nomeest, UF  
FROM estados  
WHERE regiao= 'NE';
```

Não espacial

Encontre estados que tocam (fazem fronteira) com o estado de Minas Gerais?

```
SELECT nomeest FROM estados e1, cidades e2  
WHERE (e1.nomeest = 'Minas Gerais' AND  
       e2.nomeest <> 'Minas Gerais' AND  
       DISTANCE (e1.geometry, e2.geometry) < 100)
```

Espacial

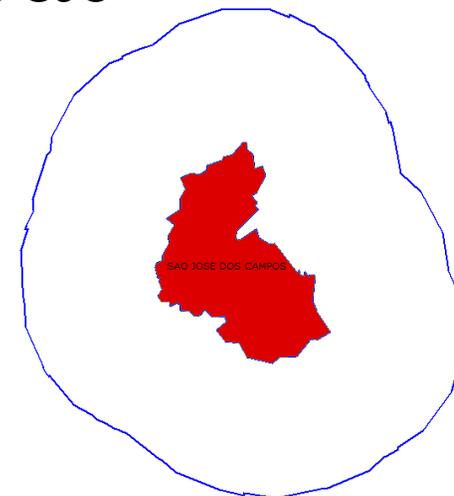


Operações e consultas espaciais

- Unárias, com resultado **Booleano**:
São José dos Campos é convexo? V ou F

- Unárias com resultado **Escalar**:
Qual a área do município de SJC?

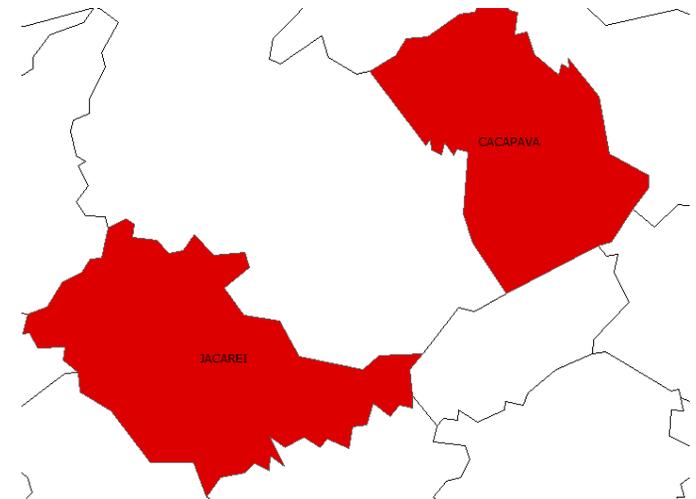
- Unária com resultado **Espacial**:
Determine um buffer de 100 kms sobre o município de SJC





Operações e consultas espaciais

- Binárias com resultado **Booleano** (predicados espaciais)
Caçapava é vizinha de Jacareí?
- Binárias com resultado **Escalar**
Qual a distância entre a sede de Jacareí e a sede de Caçapava?
- Binárias com resultado **Espacial** (operações de conjuntos)
Quais os trechos da Rod. Dutra que cruzam SJC?



Seleção espacial

- Dados um conjunto de objetos espaciais D e um predicado de seleção espacial p sobre atributos espaciais dos objetos em D , determine todos os objetos em D cujas geometrias satisfazem p .



Seleção por ponto



Seleção por região



Seleção por janela



Junção espacial

- Dados dois conjuntos de objetos espaciais D_1 e D_2 e um predicado de seleção espacial θ determine todos os pares $(d_1, d_2) \in D_1 \times D_2$ cujas geometrias satisfazem θ .

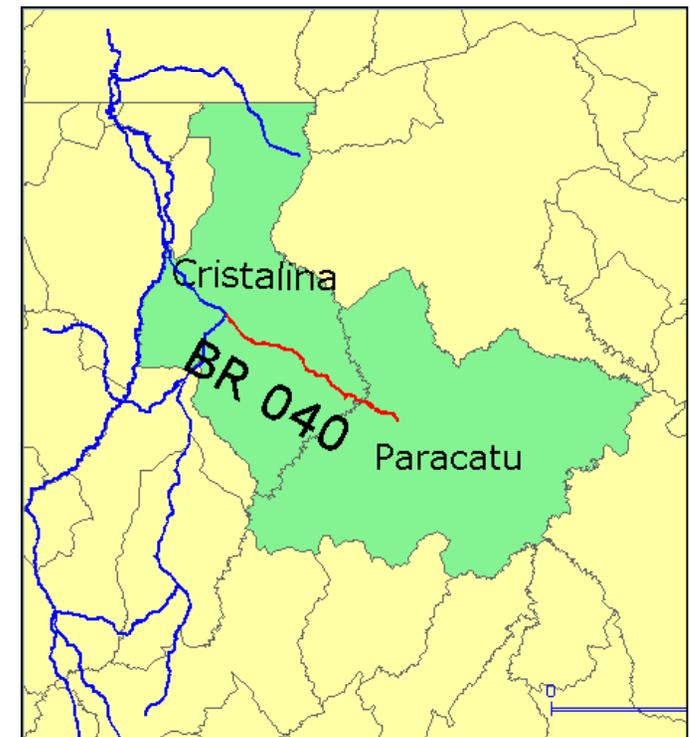
Ex: Para cada via selecione as escolas que estão a uma distância menor ou igual a 1km.





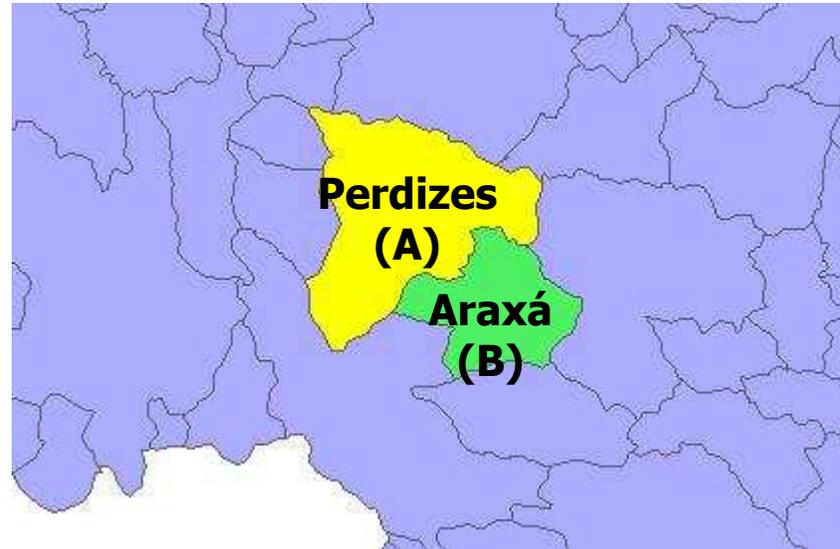
Predicados Topológicos

- Freqüentemente utilizados nas consultas espaciais para analisar informações.
- Definem restrições baseadas no relacionamento espacial entre os objetos.
- Aparecem em consultas como:
 - Cristalina e Paracatu são vizinhas?
 - O trecho em vermelho da BR-040 cruza quais municípios?

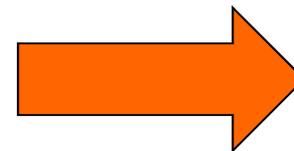




Predicados Topológicos: Matriz 9-Interseções



$$\begin{array}{l} \partial \mathbf{A} \\ \mathbf{A}^{\circ} \\ \mathbf{A}^{-} \end{array} \begin{pmatrix} \partial \mathbf{B} & \mathbf{B}^{\circ} & \mathbf{B}^{-} \\ \neg \emptyset & \emptyset & \neg \emptyset \\ \emptyset & \emptyset & \neg \emptyset \\ \neg \emptyset & \neg \emptyset & \neg \emptyset \end{pmatrix}$$



TOCA

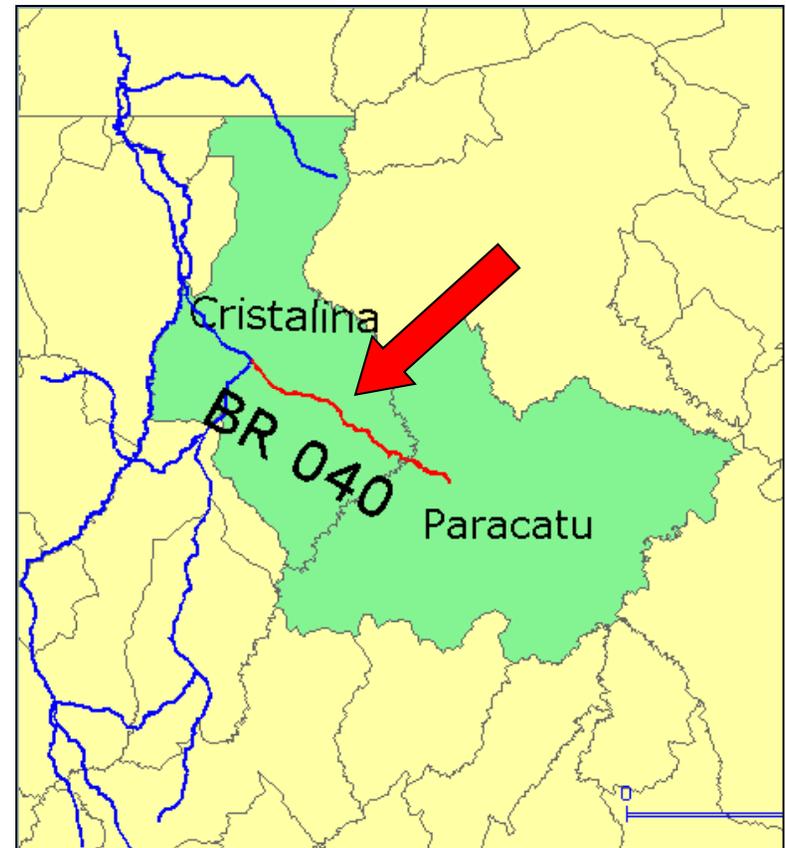


Processamento de Consultas Espaciais

- Por quais municípios brasileiros passa o trecho da BR-040 destacado?
- Métodos de Acesso Multidimensionais:

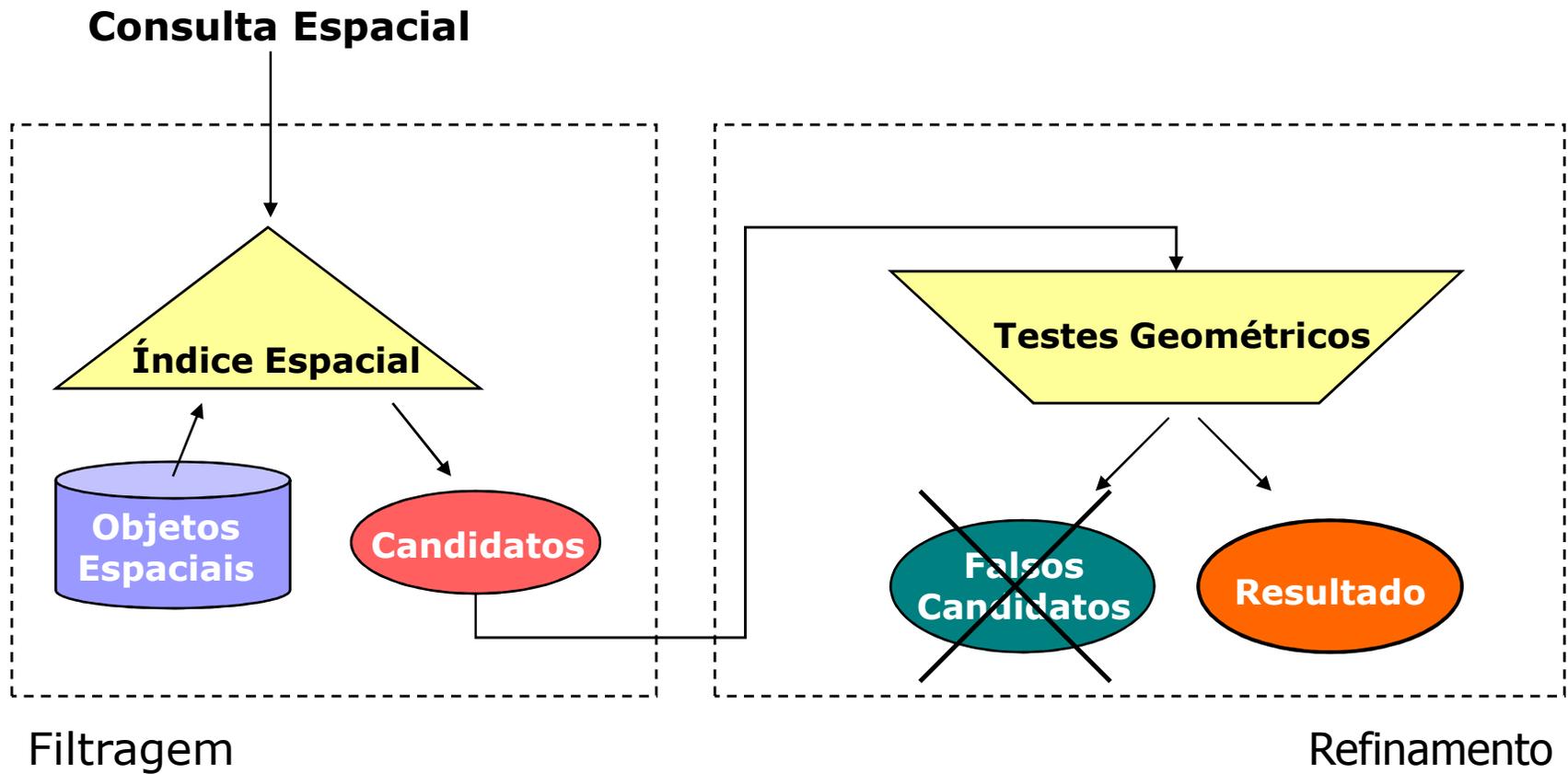


Aproximação pelo **Retângulo Envolvente Mínimo**
(REM ou Bounding Box ou MBR)





Processamento de Consultas Espaciais





Arquitetura Dual

■ Vantagens

- Acesso externo aos atributos via SQL
- Acesso a ferramentas do SGBD (ex. formulários e relatórios)

■ Problemas

- Falta de interoperabilidade
- Consultas são divididas em duas partes
- Dificuldade em manter a integridade entre os dados espaciais e atributos
- Não permite ambiente multiusuário
- Métodos de acesso e otimizados de consulta devem ser implementados pelo SIG



Arquitetura Dual

- Características:
 - Apropriada para SIG “desktop”
 - Cada usuário gerencia seus dados

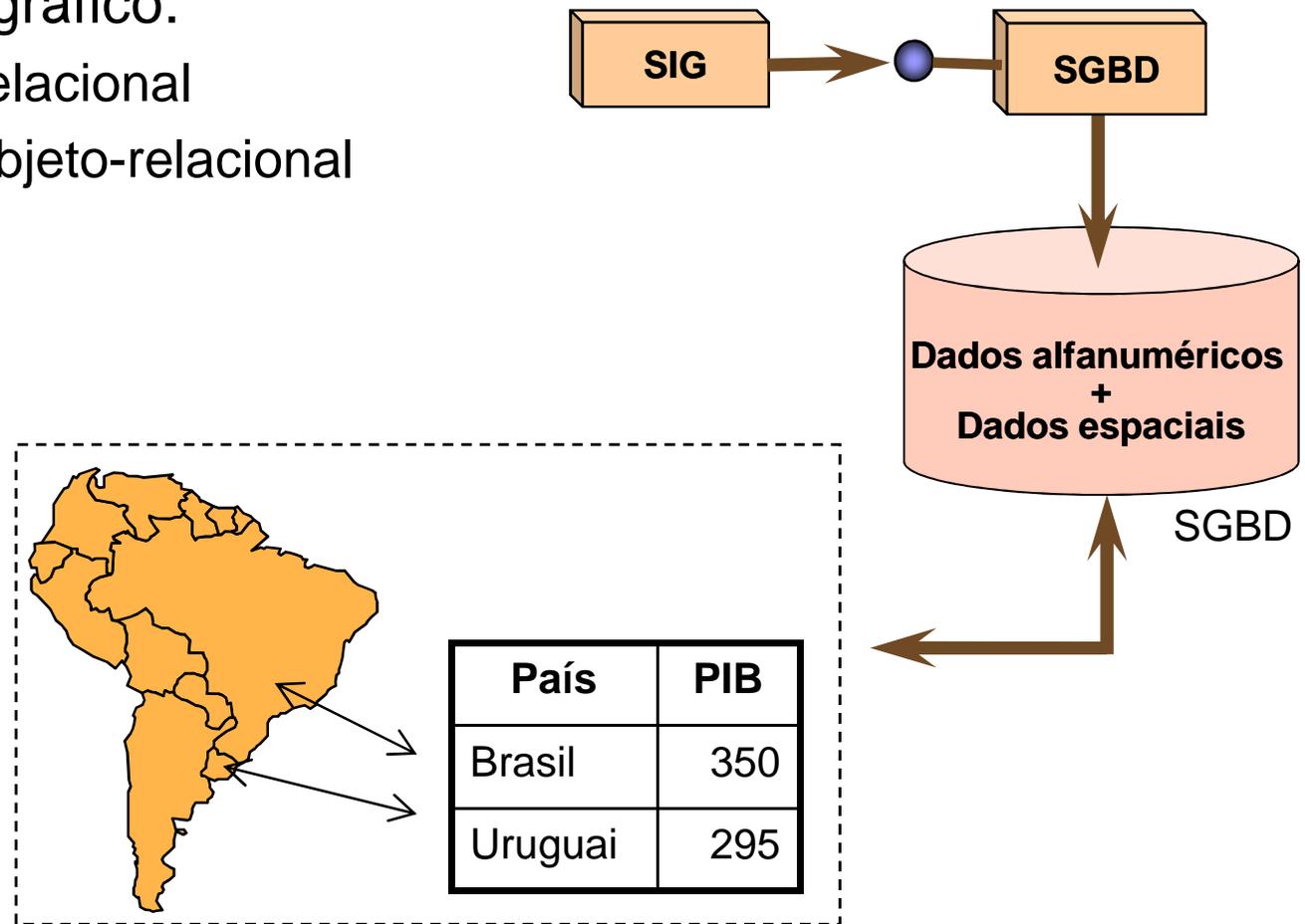
 - Compartilhamento de dados
 - Exige duplicação dos dados

 - Atualização da informação
 - Requer nova cópia para todos os usuários



Arquitetura Integrada

- SGBD: para armazenar o dados geográfico:
 - SGBD relacional
 - SGBD objeto-relacional





Arquitetura Integrada - SGBD Relacional

- Modelo relacional

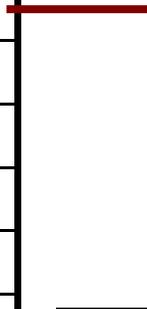
- Banco de dados é organizado em uma coleção de relações ou tabelas relacionadas entre si

Aluno

MATRICULA	NOME	CURSOID
98765	João	MAT
67765	José	BIO
84562	Maria	ENG
34256	Luis	INFO
3452672	Ana	MAT
34529	Luana	MAT

Curso

CURSOID	TITULO	DURAÇÃO
INFO	Informática Indust.	4
BIO	Biologia	4
ENG	Engenharia Civil	5
MAT	Licenciatura Mat.	4

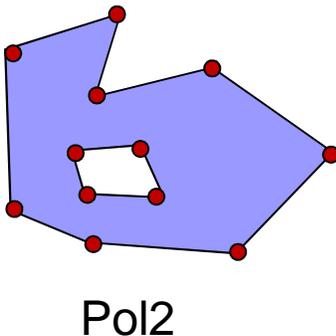
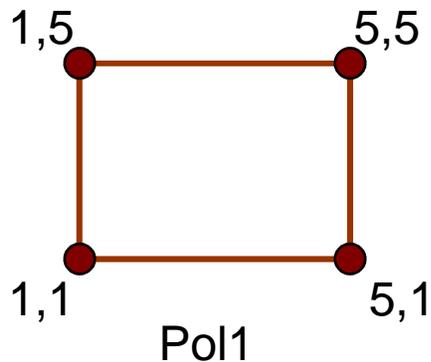




Arquitetura Integrada - SGBD Relacional

- Como armazenar um polígono em um SGBD-R?

Alternativa 1: tabelas de pontos (x,y)



Poligonos

id	num_coords	num_holes
pol1	4	0
pol2	12	1

Pts_pol

id	pt
pol1	1
pol1	2
pol1	3
pol1	4
pol1	5

Pontos

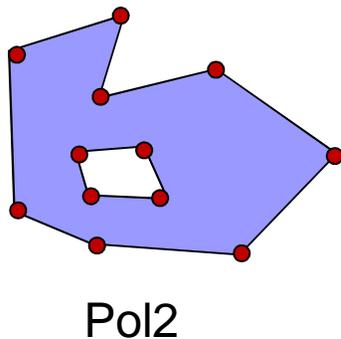
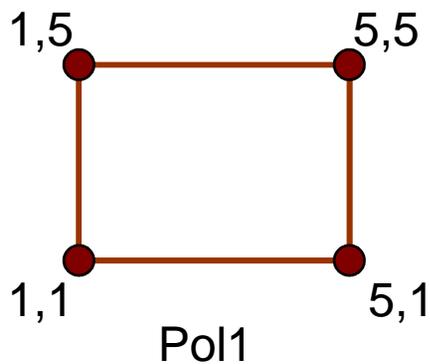
id	x	y
1	1	5
2	5	5
3	5	1
4	1	1
5	1	5



Arquitetura Integrada - SGBD Relacional

- Como armazenar um polígono em um SGBD-R?

Alternativa 2: campo longo binário (BLOB), uma sequência de bits sem significado para o banco



Poligonos

id	num_coords	num_holes	poligono
pol1	4	0	(xy, xy, xy...)
pol2	12	1	(xy, xy, xy...)

Tipo BLOB





Arquitetura Integrada - SGBD Relacional

■ Vantagens

- Facilidade na manutenção de integridade entre a componente espacial e alfanumérica
- Uso dos recursos do SGBD:
 - transação, recuperação de falhas, controle de acesso concorrente, etc.

■ Desvantagens

- Perda de semântica dos dados espaciais
- Limitações da SQL para manipular BLOBs
- Métodos de acesso e otimizados de consulta devem ser implementados pelo SIG



Arquitetura Integrada - SGBD-ORelacional

- Utiliza extensões espaciais construídas sobre SGBD-OR para armazenar, gerenciar e acessar dados espaciais
- SGBD-OR: modelo objeto-relacional
 - Combina benefícios do modelo Relacional com a capacidade de modelagem do modelo OO
 - Fornecem suporte para:
 - Criar objetos complexos
 - Executar consultas complexas sobre dados complexos
 - O modelo de dados OR é uma extensão do modelo Relacional



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

- Exemplos:
 - Proprietários
 - Oracle Spatial
 - IBM DB2 Spatial Extender

 - Livres de licença
 - PostGIS
 - Extensão espacial para MySQL

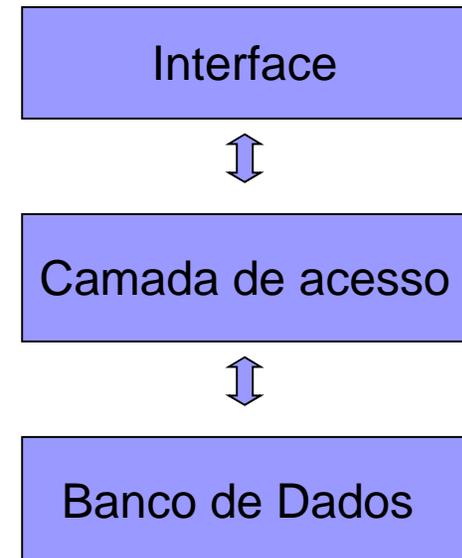


Componentes da Arquitetura Integrada

- Banco de dados (alternativas)
 - Apenas suporte para campos longos (ex. MySQL, Access)
 - Interface para tipos de dados espaciais (ex. PostGIS)

- Camada de Acesso
 - Bibliotecas de funções
 - TerraLib, ArcSDE

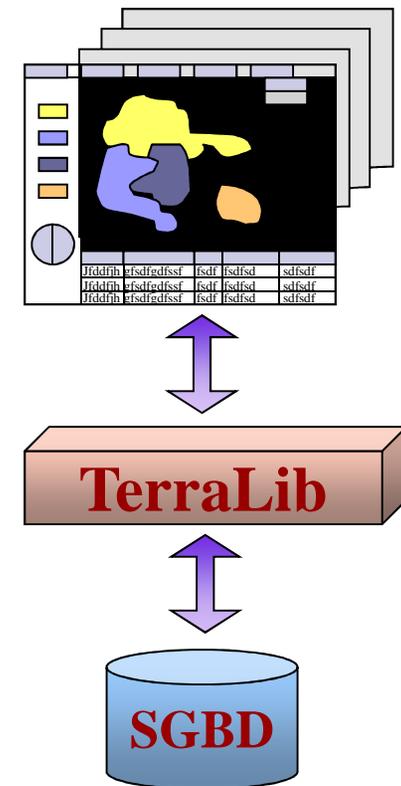
- Interface
 - Integrada com camada de acesso
 - TerraView
 - Cliente-Servidor
 - SIGMUN, ArcGIS 8.0





TerraLib

- É uma biblioteca de software, livre e de código fonte aberto, que oferece suporte para a construção de aplicativos geográficos baseados na arquitetura integrada.
- Desenvolvida em C++
- Suporta:
 - SGBD relacional
 - Access, Oracle, Postgres, MySQL, SQLServer
 - SGBD OR
 - Oracle Spatial, PostGIS

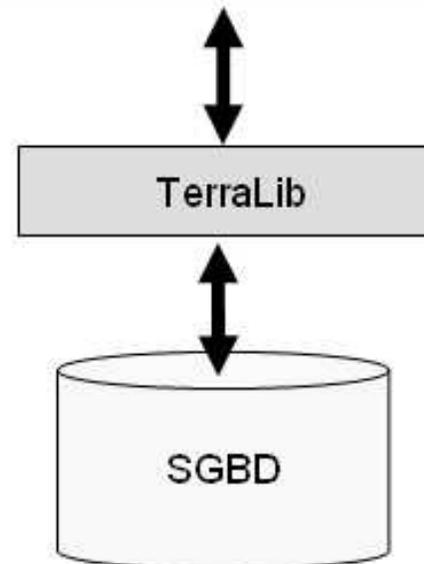
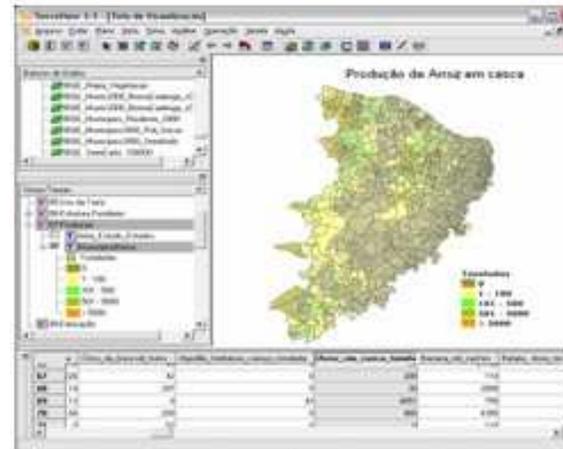




TerraView

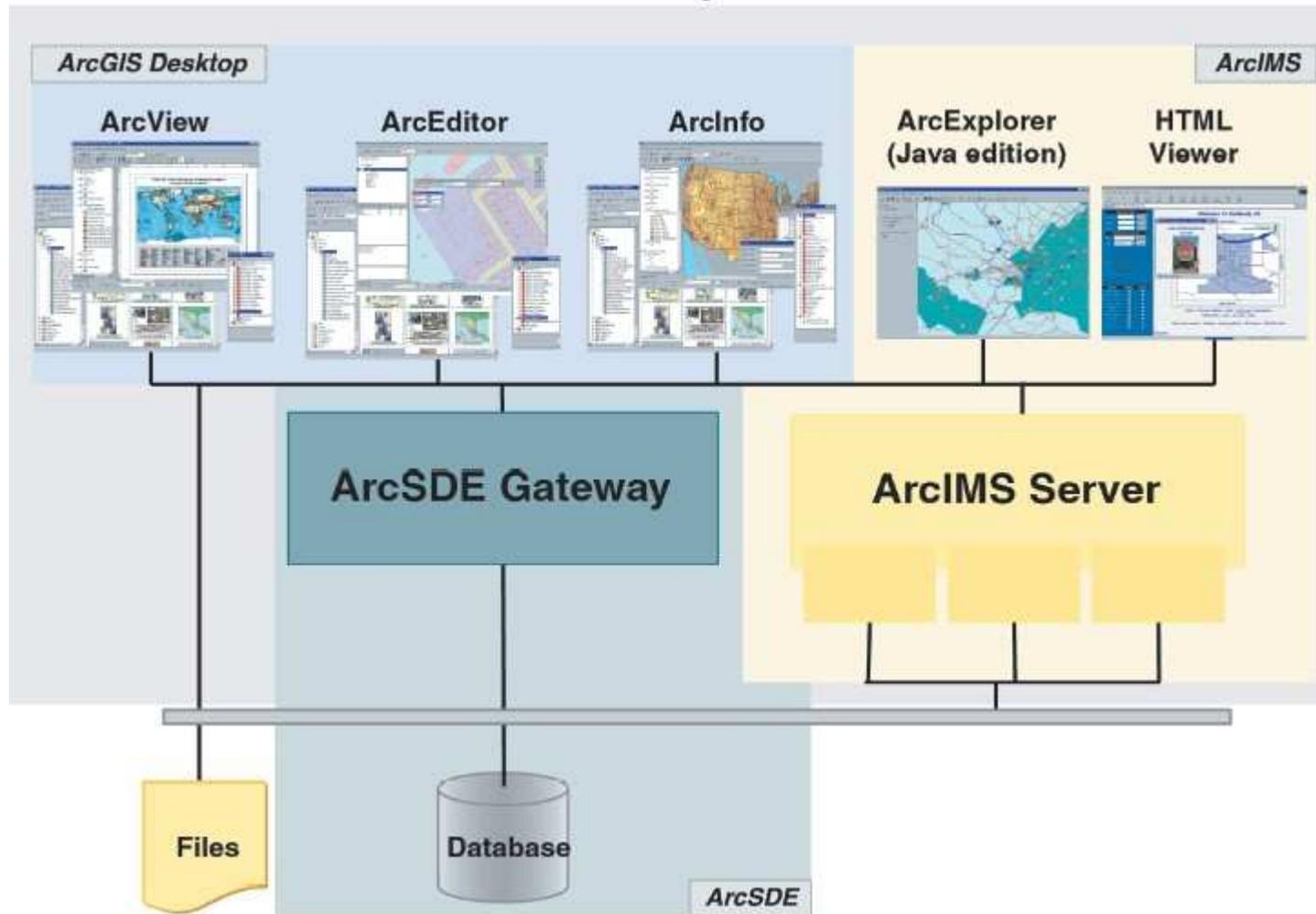
- Interface
 - TerraView
- Camada de acesso
 - TerraLib
- SGBD
 - Access, Oracle, MySQL, PostGIS...

TerraView





ArcGIS e ArcSDE





ArcSDE

- Interface entre os softwares do ArcGIS e os SGBDs
- Responsável pelo armazenamento, gerenciamento e recuperação dos dados geográficos nos SGBDs:
 - IBM DB2 com extensão espacial
 - IBM Informix com extensão espacial
 - Microsoft SQL Server
 - Oracle
 - Oracle com extensão espacial ou Locator



ArcSDE

- Dados vetoriais são armazenados em tipos de dados espaciais (SGBD com extensão espacial) ou em BLOBs (SGBD sem extensão)
- Dados matriciais são armazenados em BLOBs em todos os SGBDs

Dados Vetoriais

DBMS	Geometry Storage	DBMS Type
Oracle	ArcSDE Compressed Binary Oracle9i Spatial and 9i Locator Oracle10g Locator and 10g Spatial	Long Raw, BLOB SDO_Geometry SDO_Geometry
Microsoft SQL Server	ArcSDE Compressed Binary	Image
Informix	Informix Spatial DataBlade	ST_Geometry
IBM DB2	DB2 Spatial Extender	ST_Geometry



Arquitetura Integrada

■ Considerações

- Permite construir SIG distribuídos
- Tem controle de integridade dos dados espaciais
- Permite acesso e atualização multiusuário
- Interoperabilidade



Arquiteturas – Sumário

<i>Tipo</i>	<i>Características</i>	<i>Exemplo</i>
Dual	<ul style="list-style-type: none">- uso de SGBD relacional de mercado para atributos- dificuldade de garantir integridade entre atributos e dados espaciais	SPRING ArcView
Integrada ou Camadas (SGBD Relacional)	<ul style="list-style-type: none">- armazenamento de atributos e geometrias na mesma base- uso de campos longos para geometrias- problema de semântica dos dados	Terralib ArcSDE
Integrada ou Camadas (SGBD OR)	<ul style="list-style-type: none">- definição de tipos de dados geométricos- extensão da linguagem SQL	Oracle Spatial TerraLIB IBM DB2 PostGIS