

# Projeto de Banco de Dados Geográficos: mapeando esquemas *GeoFrame* para o SIG *Spring*

JUGURTA LISBOA FILHO<sup>1,2</sup>, ANDREIA CASTRO COSTA<sup>2</sup>, CIRANO IOCHPE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFV-Departamento de Informática, Campus Universitário, 36571-000 Viçosa, MG, Brasil

<sup>2</sup>UFRGS-Instituto de Informática, Caixa Postal 15064, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil

jugurta@dpi.ufv.br, {acosta, iochpe}@inf.ufrgs.br

**Abstract.** *GeoFrame* is a conceptual framework developed for geographic data conceptual modeling. This paper describes an experiment of mapping data conceptual schema developed on the basis of *GeoFrame*, into the Geographic Information System *Spring*.

**Resumo.** *GeoFrame* é um *framework* conceitual desenvolvido para modelagem conceitual de dados geográficos. Este artigo descreve um exercício de mapeamento de esquemas conceituais baseados no *GeoFrame*, no Sistema de Informação Geográfica *Spring*.

## 1 Introdução

Atualmente, cada sistema de informação geográfica (SIG) implementa seu próprio modelo de dados. Como consequência, não é possível definir um conjunto único de regras para o mapeamento de esquemas conceituais nos esquemas lógicos dos diversos SIG existentes. Com o avanço das pesquisas do consórcio OpenGIS [9], buscando a definição de um modelo de dados interoperável, será possível definir um conjunto de regras para o mapeamento no modelo de dados do OpenGIS.

O grupo de pesquisa em banco de dados geográficos do Instituto de Informática da UFRGS, tem investigado estratégias para projeto de bancos de dados geográficos (BDGeo), utilizando instrumentos de reutilização de esquemas, como *frameworks* e padrões de análise [5].

Um segundo tópico de investigação do grupo envolve a definição de regras para mapeamento de esquemas conceituais, elaborados com base no *framework GeoFrame* [8], em esquemas de um modelo de dados genérico. Entre outras, está sendo estudada, atualmente, a possibilidade de uso do padrão SAIF [2] como modelo genérico, já que este pode ser lido pelo software de conversão de dados FME [4].

O presente artigo descreve um exercício de mapeamento de esquemas *GeoFrame* no software *Spring* [7].

## 2 O framework *GeoFrame*

*GeoFrame* é um *framework* conceitual que fornece um diagrama de classes básicas para auxiliar o projetista na modelagem conceitual de dados geográficos e na especificação de padrões de análise em BDGeo [8].

Souza [12] define um *framework* como “um projeto genérico em um domínio que pode ser adaptado a aplicações específicas, servindo como um molde para a

construção de aplicações”. O *GeoFrame* foi elaborado sob este enfoque, fornecendo a base do projeto conceitual para uma família de aplicações geográficas.

A Figura 1 mostra o diagrama de classes do *GeoFrame*, o qual está especificado segundo as regras do formalismo da orientação a objetos, utilizando a notação gráfica da UML [1].

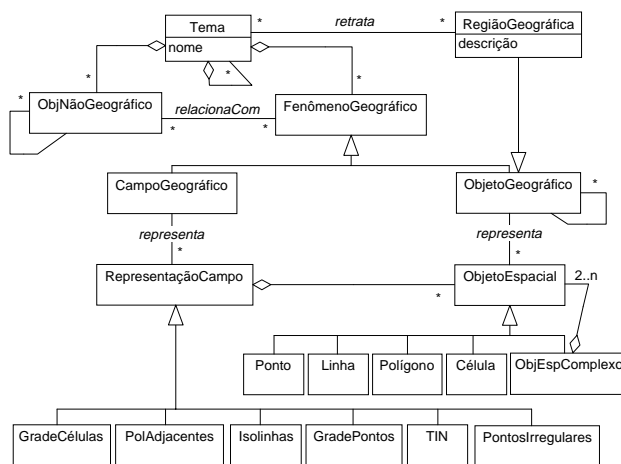


Figura 1: Diagrama de Classes do *GeoFrame*

As classes **TEMA** e **REGIÃO GEOGRÁFICA** formam a base das aplicações geográficas, que têm como objetivo a manipulação de um conjunto de dados para uma determinada região de interesse, constituindo o BDGeo.

Para cada região geográfica, pode-se especificar uma coleção de temas. O agrupamento de classes que descrevem os fenômenos geográficos, em temas, funciona como um mecanismo para redução da complexidade em grandes esquemas de dados. O uso de temas permite, ao projetista, dividir o esquema de dados em subesquemas coesos, nos quais são agrupadas classes que estão fortemente relacionadas entre si.

Para aumentar a legibilidade do esquema resultante, os temas definidos pelo projetista não são modelados como subclasses da classe TEMA, mas sim, utilizando-se o construtor *Pacote* da UML [1].

Em um BDGeo, podem existir, além dos dados referentes a fenômenos georreferenciados, objetos convencionais presentes em qualquer sistema de informação. Objetos que não possuem referência a uma posição geográfica dão origem a subclasses da classe OBJNÃOGEOGRÁFICO.

A classe FENÔMENOGEOGRÁFICO generaliza os fenômenos cuja localização em relação à superfície terrestre seja considerada. Por exemplo, um distrito municipal é uma instância de FENÔMENOGEOGRÁFICO, se seus atributos espaciais estiverem representados no BDGeo. Fenômenos geográficos e objetos não geográficos podem estar relacionados entre si.

Fenômenos geográficos são percebidos, na realidade geográfica, segundo as visões dicotômicas de campo e de objetos [6]. Essas duas visões implicam em diferentes formas de modelagem dos fenômenos geográficos. As classes CAMPOGEOGRÁFICO e OBJTOGEOGRÁFICO especializam a classe FENÔMENOGEOGRÁFICO, permitindo ao projetista especificar, de forma distinta, respectivamente, os campos e os objetos geográficos.

A classe OBJTOGEOGRÁFICO é uma generalização de todas as classes do domínio da aplicação que são percebidas na visão de objetos. Neste caso estão incluídas aquelas classes que representam fenômenos geográficos que podem ser individualizados, ou seja, que possuem identidade própria e suas características podem ser descritas através de atributos (ex.: *Estrada, Rio, Cidade*).

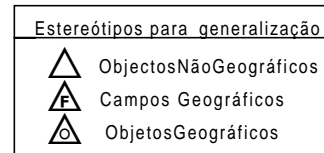
A classe CAMPOGEOGRÁFICO generaliza os fenômenos que se enquadram na visão de campo. Campos geográficos são modelados como funções sobre variáveis. Alguns campos referem-se a variáveis distribuídas sobre a superfície, de forma contínua (ex.: *Altimetria, Temperatura e Cobertura do Solo*), enquanto outros referem-se a variáveis distribuídas de forma discreta (ex.: *População e Ocorrências Epidemiológicas*) [11].

Com base no **GeoFrame**, cada classe do domínio da aplicação deve ser modelada como subclasse de OBJTOGEOGRÁFICO, CAMPOGEOGRÁFICO ou OBJTOGEOGRÁFICO. Para evitar a sobrecarga visual do diagrama resultante, são utilizados estereótipos [1].

Para substituir os relacionamentos de generalização entre as classes do domínio e as classes do **GeoFrame**, são utilizados três estereótipos (Figura 2).

Um dos princípios fundamentais da modelagem conceitual é o de que os esquemas conceituais gerados

devem conter, apenas, os elementos do domínio, desconsiderando os aspectos de implementação [10]. O objetivo de se incluir, no esquema conceitual, informações sobre objetos espaciais relacionados a fenômenos geográficos é o de permitir a abstração do componente espacial de cada fenômeno.



**Figura 2:** Estereótipos<sup>1</sup> para generalização

Portanto, quando se considera pontos, polígonos, isolinhas ou grade de células, no **GeoFrame**, estão sendo tratadas as formas de abstração do componente espacial dos fenômenos geográficos e não as formas com que eles serão armazenados no BDGeo. Isso não exclui o fato de certos SIG implementarem estruturas de dados muito semelhantes para o armazenamento destes construtores.

Alguns fenômenos geográficos podem apresentar dimensão espacial complexa, ou seja, composta por outros objetos espaciais (ex.: uma rede hidrográfica). A classe OBJTOESPACIAL generaliza as classes necessárias para a especificação do componente espacial dos fenômenos geográficos percebidos na visão de objetos.

Os aspectos espaciais de um campo geográfico são abstraídos de forma diferente dos aspectos espaciais de um objeto geográfico. Chrisman [3] descreve diversos modelos geográficos através dos quais pode-se abstrair o componente espacial da informação geográfica. Os modelos relacionados por Chrisman, os quais são adequados à modelagem de fenômenos na visão de campo, podem ser resumidos nos seis modelos espaciais descritos por Goodchild [6]. São eles: grade de células; polígonos adjacentes; isolinhas; grade de pontos; rede triangular irregular; e pontos amostrados irregularmente. No **GeoFrame**, esses seis modelos correspondem às subclasses da classe REPRESENTAÇÃOCAMPO.

Um mesmo campo geográfico pode ter seu componente espacial abstraído de diferentes formas, ou seja, através de mais de um desses modelos. Situação semelhante ocorre com os objetos geográficos. Assim, todo campo ou objeto geográfico pode estar associado a múltiplas instâncias das classes REPRESENTAÇÃOCAMPO e OBJTOESPACIAL, respectivamente.

A possibilidade de se ter múltiplas representações para um mesmo fenômeno geográfico é modelada através de

<sup>1</sup> Estes símbolos gráficos estão definidos em uma fonte especial de caracteres disponível em <http://www.inf.ufrgs.br/gpesquisa/sigmoda>.

diferentes associações entre o fenômeno geográfico e as possíveis formas de abstração de seu componente espacial (associação *representa* na Figura 1). No **GeoFrame** estas variações podem ser especificadas através da combinação livre de diferentes estereótipos em uma mesma classe, com documentação adicional no dicionário de dados.

Um segundo conjunto de estereótipos (Figura 3) é usado para substituir as associações que resultam da modelagem do componente espacial dos fenômenos geográficos. A semântica de cada estereótipo é a substituição de uma associação entre o fenômeno geográfico e seu componente espacial, além da indicação da forma geométrica de sua representação.

ObjetoEspacial	RepresentaçãoCampo	
• Ponto	GradeCélulas	GradePontos
— Linha	PolAdjacentes	TIN
⬢ Polígono	Isolinhas	PontosIrregulares
* ObjComplexo		

Figura 3: Estereótipos para associação

### 3 Mapeamento GeoFrame-Spring

O SIG *Spring* [7], desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi escolhido para o exercício de mapeamento de um esquema conceitual elaborado a partir do **GeoFrame** (ou esquema **GeoFrame**), para um esquema proprietário de SIG.

O *Spring* foi escolhido por utilizar um modelo de dados orientado a objetos de alto nível, ou seja, mais próximo do usuário do que a maioria dos SIG disponíveis comercialmente. As classes do modelo conceitual do *Spring* (Figura 4) são semelhantes às classes do **GeoFrame**. Como exemplo, pode-se citar a diferenciação entre geo-campos e geo-objetos. Isto torna muito simples o mapeamento de um esquema **GeoFrame** para o *Spring*.

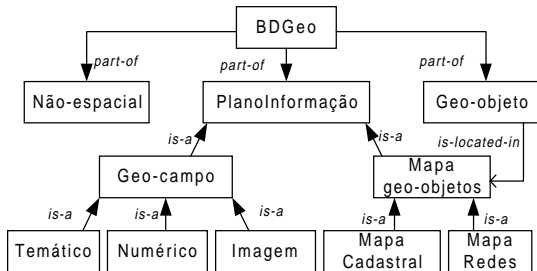


Figura 4: Nível conceitual do *Spring*

Uma diferença básica entre o diagrama de classes do **GeoFrame** e o modelo *Spring* é que o **GeoFrame** foi definido para servir de base à modelagem conceitual de aplicações que podem ser implementadas em qualquer SIG, ou seja, fornece uma descrição do BDGeo de forma

independente de aspectos de implementação. Por sua vez, o modelo *Spring* introduz elementos próprios de um software de SIG. Como exemplo, pode-se citar os conceitos de *plano de informação* e *mapa de geo-objetos*. Estes elementos do *Spring* fornecem as estruturas para a definição de mapas, o que no **GeoFrame** não tem correspondente.

No *Spring*, a especificação de um novo projeto inicia-se pela definição de um BDGeo, que corresponde à definição de um diretório, no qual são armazenados todos os dados e suas definições. Um esquema **GeoFrame** pode dar origem a um ou mais BDGeo, dependendo do tamanho e da complexidade do projeto modelado.

Cada região geográfica, especificada no esquema **GeoFrame**, dá origem a uma instância de *projeto*, cuja classe não consta no modelo *Spring* [7]. No *Spring* um *projeto* define realmente a área física de trabalho. Na criação de um *projeto* são definidos um nome, a projeção cartográfica e o retângulo envolvente. Um único BDGeo pode conter diversos projetos.

Os temas que aparecem no esquema **GeoFrame** (Figura 5) não são considerados durante o mapeamento. Eles têm a função, apenas, de servir como instrumento de redução da complexidade em grandes esquemas.

A tabela abaixo apresenta um resumo das transformações a serem realizadas para mapear um esquema **GeoFrame** em uma especificação no *Spring*.

	Obj Geo	GEOFRAME CampoGeo $\triangle$						Obj NãoGeo
	$\triangle$	•	—	⬢	*	⊠	$\triangle$	
<b>SPRING</b>	$\triangle$	•	—	⬢	*	⊠	$\triangle$	
Geo-objeto	x							
Temático	x*						x	
Númerico		x	x	x	x			
Imagem						x		
Cadastral	x							
Rede	x**							
Não-espacial							x	

Tabela 1: Classes do **GeoFrame** x classes *Spring*

Conforme descrito na Seção 2, as classes do domínio são modeladas como subclasses de classes do **GeoFrame**, ou seja, OBJETO GEOGRÁFICO, CAMPO GEOGRÁFICO ou OBJ NÃO GEOGRÁFICO. No *Spring*, estas subclasses são definidas como geo-objetos, planos de informação ou objetos não-espaciais.

As subclasses de OBJETO GEOGRÁFICO ( $\triangle$ ) podem ser especificadas de diferentes maneiras. A forma mais natural (identificada por um  $*$ ) é a definição de um *geo-objeto*, para conter os atributos da classe, e um *mapa cadastral* para conter as representações espaciais dos geo-objetos.

Um caso especial ocorre quando os fenômenos geográficos, embora sejam percebidos na visão de objetos, não estão individualizados. Por exemplo, as rodovias podem estar classificadas apenas pela sua jurisdição (*federal, estadual ou municipal*). Assim, embora uma rodovia seja um fenômeno geográfico na visão de objetos, cada instância de rodovia não está individualizada. Neste caso, a classe Rodovia é especificada como um plano de informação *temático* (identificado por  $\star^*$ ).

Por último, um objeto geográfico complexo ( $\boxtimes$ ) pode ser especificado como um *mapa de rede* ( $\star^{**}$ ).

Para as subclasses de CAMPOGEOGRÁFICO ( $\Delta$ ), o *Spring* fornece três opções de planos de informação: *temático*, *numérico* ou *imagem*. Um campo geográfico, cujo componente espacial esteja modelado como polígonos adjacentes ( $\boxtimes$ ) é definido na categoria de geo-campo *temático*.

Se o campo geográfico está associado a uma subclasse de objeto não geográfico ( $\Delta$ ), correspondente à função de mapeamento do campo, a subclasse ( $\Delta$ ) poderá ser especificada ou como uma lista de classes temáticas, ou como uma categoria de *objeto não-espacial*. Na Figura 5, a classe *TipoUsoSolo* foi mapeada como uma lista de classes temáticas na categoria *UsoCobSolo*.

Um campo geográfico com componente espacial modelado como grade de células ( $\boxplus$ ) é definido na categoria *imagem*. Os demais modelos espaciais de campos geográficos ( $\boxdot$ ,  $\boxtimes$ ,  $\boxtimes$ ) levam à definição de elementos na categoria *numérico*.

O mapeamento de um *ObjNãoGeográfico* ( $\Delta$ ) deveria ser feito em um elemento da categoria *objeto não-espacial*. Porém, na versão 3.3 do *Spring* esta categoria ainda não está disponível. Neste caso, a alternativa é especificá-lo como um geo-objeto.

A Figura 5 ilustra parte de um esquema **GeoFrame** referente à uma aplicação de controle de exploração de carvão mineral e o esquema correspondente no *Spring*.

#### 4 Conclusões

O mapeamento de esquemas **GeoFrame** em projetos no *Spring* é facilitado devido a este SIG prover um modelo de dados, de alto nível, no qual são definidos os elementos do domínio da aplicação. O projetista não necessita, em um primeiro instante, se preocupar com as estruturas de armazenamento dos dados.

Os estereótipos referentes ao componente espacial dos fenômenos geográficos, além de indicar o tipo de categoria a ser definida no *Spring*, também orienta o usuário no processo de criação da base de dados propriamente dita, indicando a forma geométrica de suas representações.

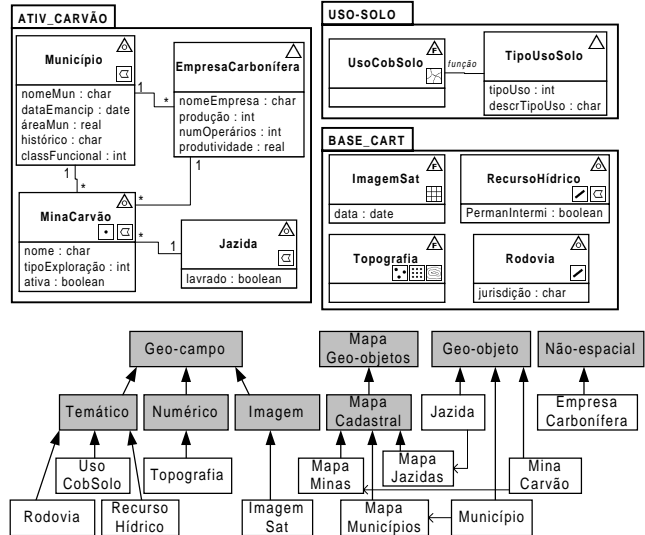


Figura 5: Exemplo de mapeamento **GeoFrame-Spring**

#### Referências

- [1] Booch, G., Jacobson, I. and Rumbaugh, J. *The Unified Modeling Language User Guide*. Addison-Wesley, 1998.
- [2] British Columbia. *Spatial Archive and Interchange Format*. British Columbia Specifications and Guidelines for Geomatics, 1995.
- [3] Chrisman, N. *Exploring Geographic Information Systems*. John Wiley & Sons, 1997.
- [4] Feature Manipulation Engine. *User Documentation Set*, 1999. Available at <http://www.safe.com/testdrv.htm>.
- [5] Fowler, M. *Analysis Patterns: Reusable Object Models*. Addison Wesley Longman, 1997.
- [6] Goodchild, M. F., "Geographical data modeling". *Computers & Geosciences*, 18, 4, (1992) p.401-408.
- [7] INPE. *Manuais do Spring 3.3*. INPE, 1999. (CD)
- [8] Lisboa F., J. and Iochpe, C. "Specifying analysis patterns for geographic databases on the basis of a conceptual framework". To appear in *Proc. 7<sup>th</sup> ACM GIS*, Kansas City, 1999.
- [9] OpenGIS. *The OpenGIS Guide*. K. Buehler and L Mckee (eds). Open GIS Consortium Technical Committee, 1998.
- [10] Parent, C. et al. "Modeling spatial data in the MADS conceptual model". In *Proc. Int. Symp. Spatial Data Handling*. Vancouver, 1998.
- [11] Pires, F. *Um ambiente computacional para modelagem de aplicações geográficas*. Unicamp, 1997. Tese de Doutorado.
- [12] Souza, C. R. B. *Um framework para editores de diagramas cooperativos baseados em anotações*. Unicamp, 1998. Dissertação de Mestrado.