

Extensões do SAIF para Multidatabase Geográficos

Julia Celia Mercedes Strauch(1,2)

e-mail: julia@cos.ufrj.br

Marta Lima de Queirós Mattoso(2)

e-mail: marta@cos.ufrj.br

Jano Moreira de Souza(2)

e-mail: jano@cos.ufrj.br

(1)EMBRAPA/CNPS - Rua Jardim Botânico, n° 1024, cep 22460-000
Rio de Janeiro, RJ, Tel (021) 274 4999, Fax (021) 274 5291

(2)COPPE/UFRJ - Prog. de Eng. de Sist. e Computação, cp 68511, cep: 21945-970
Rio de Janeiro, RJ, Tel (021) 590 2552, Fax (021) 290 6626

Resumo

O compartilhamento de dados entre Sistemas de Informações Geográficas (SIG) sempre foi uma necessidade presente na tecnologia de Geoprocessamento, uma vez que estas bases podem ter em comum o mesmo espaço geográfico descrito com uma certa proximidade semântica em relação ao mundo real. As soluções propostas à esta necessidade não atendem satisfatoriamente. O Sistema MultiSIG foi desenvolvido com o objetivo de suprir esta demanda. Todavia seu desenvolvimento requereu uma metodologia para integrar os esquemas de exportação. Esta metodologia, denominada MMultiSIG, normaliza as diferenças entre os modelos de dados usados e as modelagens dos esquemas locais de cada comunidade de informação empregando um modelo de dados comum (MDC). O MDC adotado foi uma extensão proposta para o metamodelo SAIF com regras para a criação do esquema de exportação. Este trabalho apresenta esta extensão e um estudo de caso, no qual parte do esquema do Projeto Pró-Guaíba é traduzido para o SAIF estendido de acordo com as regras especificadas. Este estudo de caso mostrou que a utilização deste modelo estendido se mostrou adequada ao Sistema MultiSIG.

Abstract

The data sharing among Geographical Information Systems (GIS) was always present in the Geomatic Technology, once these bases can have in common the same geographical space described with a certain semantic proximity in relation to the real world. The solutions proposals do not assist satisfactorily. The MultiGIS System was developed with the goal to supply this demand. However, its development requested a methodology to integrate the export schemas. This methodology, naming MMultiSIG, normalizes the differences among the data models and the local schema modeling of each information community using a common data model (CDM). The CDM adopted was an extension proposal to the SAIF metamodel with rules to create the export schema. This work presents this extension and a case study, in which part of Pró-Guaíba Project schema is translated to SAIF extended in agreement with the specified rules. This case study proved that the use of this extended model was adapted to the MultiSIG System.

1. Introdução

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) apresentam uma variedade de modelos de dados e se utilizam de diferentes plataformas no seu desenvolvimento (MATUSCHAK, 1996). Esta diversidade aumenta quando se considera que as bases de dados destes sistemas foram projetadas por instituições independentes, não cooperativas, onde cada instituição tem absoluta autoridade e controle sobre seus dados. Todavia, o compartilhamento destes dados é desejável, uma vez que seus objetos têm em comum o mesmo espaço geográfico e apresentam proximidade semântica em relação ao mundo real.

As soluções atualmente utilizadas para proporcionar este compartilhamento têm sido a conversão de formatos e o estabelecimento de padrões. A primeira solução consiste em converter arquivos de dados de um formato para outro. A segunda solução consiste em estabelecer um denominador comum entre os diferentes SIGs através da especificação de

padrões de dados que descrevem objetos geográficos. De modo geral, estas soluções requerem localizar os dados, compreender os formatos ou padrões de dados envolvidos para estabelecer o processo de conversão, não dispõem de facilidades para acomodar novos tipos de dados e exigem a necessidade de conversão e migração reversa de parte dos dados que foram atualizados, para evitar inconsistências entre sistemas (CLEMENT et al., 1997).

A tendência no compartilhamento de dados entre SIGs consiste em substituir os ambientes fechados com soluções orientadas a produtos por ambientes abertos caracterizados por diferentes plataformas, aplicativos e bases de dados que interoperam em tempo real (LAURINI, 1994; GOODMAN, 1994; GARDELS, 1997). Estas soluções são encontradas no âmbito da tecnologia de Banco de Dados, sob diversas denominações: Múltiplas Bases de Dados (MBD), Sistemas Heterogêneos, Base de Dados Federada e Sistemas Interoperáveis (SHETH & LARSON, 1990; BREITBART, 1990; BUNEMAN, 1997). Elas têm por objetivo preservar os sistemas existentes, mantendo suas autonomias, através de um sistema que possui facilidades para acessar e compartilhar os dados armazenados pelas base de dados locais.

O Sistema MultiSIG é um sistema MBD, desenvolvido com o objetivo de proporcionar uma federação de dados aberta, formada por múltiplas bases de dados geográficos, heterogêneas e distribuídas, sobre a rede global Internet. Esse sistema permite que os usuários de duas ou mais bases de dados de SIGs interajam sobre um ambiente distribuído, de forma que visualizem e recuperem dados e metadados. O desenvolvimento deste Sistema contemplou as diferenças entre: i) os modelos de dados usados pelos SIGs, e ii) as modelagens dos esquemas decorrentes das diversas áreas de aplicação através de uma metodologia, denominada MMultiSIG (STRAUCH et al., 1998a).

A MMultiSIG objetiva criar o esquema global externo, assegurando a inexistência de inconsistências resultantes da redundância de dados e conflitos entre os esquemas das bases de dados dos SIGs. Para alcançar este objetivo a MMultiSIG estabelece as atividades para: a) capturar a semântica dos esquemas das bases de dados dos SIGs locais; b) identificar os conflitos devidos as diferenças entre os espaços geográficos, as áreas de aplicação e a semântica dos esquemas das bases de dados dos SIGs; c) resolvê-los de forma que estabeleça uma concordância no conjunto compartilhado de termos e definições, e d) integrar os esquemas locais no esquema global interno.

O desenvolvimento desta metodologia necessitou da adoção de modelo de dados comum (MDC) para normalizar os diferentes modelos de dados usados para armazenar os dados geográficos e explicitar as diferenças semânticas entre as modelagens de cada comunidade de informação. A adoção deste modelo visou captar os requisitos de consistência semântica entre os dados e identificar as similaridades e diferenças entre eles.

O modelo de dados selecionado foi o padrão de dados SAIF (Spatial Archive And Interchange Format). Trata-se de um padrão de dados neutro, independente de plataforma/aplicativo e de área de aplicação. Ele foi selecionado devido o seu modelo de dados orientado a objeto oferecer hierarquias de classes adequadas às descrições dos esquemas de exportação e às características dos esquemas locais, considerando os aspectos espaços temporais dos objetos geográficos. Além disso, esse modelo oferece notações para descrever os esquemas das bases de dados locais no nível intencional e extencional. Entretanto, a utilização deste modelo apresenta duas questões que precisam ser consideradas ao adotá-lo como MDC.

A primeira questão leva em consideração a etapa de análise da MMultiSIG. Esta etapa trata dos contextos espacial, da aplicação e semântico. Apesar da riqueza de classes oferecida pelo modelo de dados do SAIF, ele é estendido com propriedades que complementam a descrição da localização geográfica, a fonte de informação e a finalidade da aplicação.

A segunda questão trata das regras de criação dos esquemas de exportação no SAIF. O SAIF estabelece regras de criação dos esquemas no seu metamodelo, porém estas regras não são adequadas a tradução dos esquemas para a federação MultiSIG, uma vez que estas regras criam novas classes, com novas denominações, para agregar as especializações de objetos geográficos que não existem nos esquemas locais. Essas regras além de não retratar adequadamente o esquema local, no mínimo duplica a quantidade de classes de cada esquema exportação, aumentando a complexidade das etapas de análise. Assim, a MMultiSIG propõe regras especiais de tradução dos modelo de dados locais para o SAIF estendido.

Este trabalho apresenta a extensão proposta para o SAIF e as regras para a criação dos esquemas de exportação no SAIF estendido. Um estudo de caso com parte do esquema do Projeto Pró-Guaíba mostrou que a utilização deste modelo estendido é adequada ao Sistema MultiSIG.

Assim, o presente trabalho, para melhor compreensão está organizado em sete seções. Inicialmente é apresentado na segunda seção as características das bases de dados geográficos, na terceira seção os requisitos de um modelo de dados para representar os esquemas de exportação de bases de dados geográficos, a quarta seção apresenta o SAIF estendido como um Modelo de Dados Comum e as regras propostas pela MMultiSIG para a criação do esquema de exportação sobre este modelo, a quinta seção apresenta a aplicação das regras a uma parte do esquema do Projeto Pró-Guaíba, a sexta seção faz uma comparação entre os SAIF estendido e os demais modelos de dados encontrados na literatura que são usados como MDC, e finalmente, a sétima seção apresenta as conclusões deste trabalho.

2. Características das Bases de Dados de SIG

As bases de dados dos SIGs são heterogêneas, distribuídas e gerenciadas por diferentes comunidades de informação. Elas armazenam dados geográficos que muitas vezes descrevem a mesma região geográfica de perspectivas diferentes, considerando os diversos aspectos temáticos, associados a uma dada realidade de uma área de aplicação, tais como: físico, cultural e econômico.

Isto é consequência dos requisitos de cada comunidade de informação que modela os dados geográficos, de acordo com a semântica necessária à área de aplicação e à finalidade da instituição a qual pertence a informação. Na coleta são empregadas estratégias de amostragem espacial e temporal, com acurácias e precisões diferentes, bem como podem ser usadas diversas abstrações cartográficas para representar o espaço geográfico amostrado. Além disto, as bases de dados geográficos possuem características decorrentes do ambiente de implementação e da adequação da modelagem dos dados ao aplicativo SIG, utilizado para o acesso, gerência e manipulação dos dados. Isto influencia no formato e na estrutura de armazenamento dos componentes gráficos e não gráficos, dos dados geográficos (STRAUCH et al., 1996).

Desta forma, a especificação de um esquema para uma base de dados geográficos de uma dada comunidade de informação reflete as seguintes questões: a área de aplicação, a finalidade, a modelagem da realidade geográfica, o modelo de dados utilizado, a coleta de dados, o aplicativo e a plataforma utilizada. Estas questões são geralmente bem compreendidas dentro de uma comunidade de informação, uma vez que ela possui um domínio específico de aplicação. Entretanto, em um ambiente formado por Múltiplas Bases de Dados (MBD) estas questões devem ser preservadas, ser bem compreendidas pelo administrador da federação e estar disponível, neste ambiente, aos usuários da federação de modo a possibilitar a compreensão das limitações dos dados e sua conveniência de uso nos vários contextos das aplicações. Nesse sentido, o modelo de representação dos esquemas locais deve ter mecanismos para armazená-la e torná-la disponível no ambiente MBD.

3. Requisitos de um modelo de dados para representar os das esquemas das bases de dados de SIG

A MMultiSIG tem como proposta considerar as diferenças entre modelos e os aspectos das modelagens das áreas de aplicação referentes a representação semântica e aos conceitos de espaço e tempo associados a cada comunidade de informação. Para isto a MMultiSIG precisa capturar a semântica e a estrutura dos dados geográficos. Esta semântica, denominada por BUEHLER & MCKEE (1996) como interpretação de seu conteúdo, está associada a cada comunidade de informação. A correta compreensão desta semântica capacita um conjunto de dados de uma base de dados ser efetivamente usado por outras comunidades de informação. Ela é capturada pela descrição do conjunto de informações relacionado ao esquema e a coleção de dados, também denominado de metadados.

Os metadados são empregados no desenvolvimento de um ambiente MBD de forma suportar as atividades da metodologia para integração de esquemas e a execução da consulta neste ambiente. Nas atividades da metodologia, os metadados capturam as informações necessárias para subsidiar o processo de integração e construção do esquema global. Na execução da consulta os metadados fornecem subsídios para localizar informações sobre as estruturas dos dados solicitados.

Desta forma, o desenvolvimento de um ambiente MBD requer a especificação de um conjunto mínimo de metadados que descrevam as bases de dados participantes da federação, de modo a permitir uma compreensão de seus esquemas e possibilitar a interoperabilidade lógica e física entre eles. Para o desenvolvimento de um ambiente MBD entre SIG esta especificação dos metadados é mais abrangente. Ela deve compreender a descrição das informações relacionadas a localização do esquema na rede; as características do aplicativo e o tipo de

plataforma; os aspectos da modelagem espaço-temporal, o conteúdo semântico dos dados geográficos e os aspectos relativos a qualidade dos dados de cada comunidade de informação.

A especificação dos metadados mínimos e necessários ao desenvolvimento de um ambiente MBD é realizada sobre um Modelo de Dados Comum (MDC), o qual estabelece uma forma padronizada de descrever os metadados. Esta especificação deve captar a semântica dos esquemas das bases de dados e as características, mesmo as implícitas, de cada sistema componente, bem como facilitar a identificação das diferenças e similaridades entre os esquemas (VERMEER & APERS, 1996).

Um MDC para suportar o desenvolvimento de um ambiente MBD para SIG deve inicialmente ser semanticamente mais rico que os modelos de dados utilizados pela tecnologia de SIG, oferecer expressividade e relativismo semântico para a modelagem dos objetos geográficos de forma a capacitar os dados serem modelados em um domínio específico. Esta modelagem sobre o MDC deve suportar extensões definidas pelo usuário para representar qualquer fenômeno ou feição da superfície terrestre em termos de propriedades e relacionamentos. Além disso, o MDC não deve estar preso aos ambientes locais (plataforma/aplicativo) ou a uma arquitetura de comunicação (SAIF, 1995, BUEHLER & MCKEE, 1996).

O MDC deve ter também componentes espaço-temporais, semânticos, estruturais e de qualidade dos dados. Os componentes espaciais tratam da geometria e a referência espaço-temporal, definida pela projeção, sistema de coordenadas e transformações permitidas. Os componentes semânticos definem o significado de elementos de objeto, em termos de modelo do mundo real. O componente estrutural trata de uma ampla variedade de estruturas utilizadas pelas bases de dados geográficos. O componente da qualidade descreve o histórico e qualidade dos dados armazenados pelo esquema. Este último, adicionado à descrição do esquema, determina a proximidade semântica em relação aos demais esquemas durante o processo de comparação.

Este modelo deve proporcionar, ao desenvolvedor das etapas da metodologia, uma correta compreensão dos dados quanto a sua estrutura, o domínio, a aplicação e a terminologia usada para as diferentes representações, nos esquemas das bases de dados projetadas independentemente. Em suma, ele deverá permitir a visualização das diferenças semânticas e estruturais entre os esquemas e ajudar a estabelecer relacionamentos entre objetos com diferentes semânticas, relacionadas a mesma região geográfica.

4. Modelo de Dados Comum selecionado: SAIF estendido

No estabelecimento de um MDC para a MMultiSIG foi levado em consideração que as informações relativas a área de aplicação, a finalidade e as questões cartográficas (sistema de referência, sistemas de projeção), estão, em geral implícitas, no esquema e na aplicação. Desta forma a metodologia selecionou um modelo capaz de lidar com metadados, que podem ser explicitamente derivados de dados privados ou inferidos de outras fontes.

A estratégia adotada para capturar a diversidade semântica dos dados geográficos foi adoção de um padrão para descrever objetos geográficos, uma vez que os esforços de padronização cobrem vários modelos de dados. Além disso, os modelos de dados usados por estes padrões oferecem meios para capturar a semântica de cada esquema, descrever os parâmetros para avaliação dos dados, requisitos dos dados, restrições de integridade, formatos de arquivos, procedimentos administrativos, hardware e software utilizados na implementação dos esquemas.

O padrão selecionado foi o metamodelo SAIF (Spatial Archive Interchange Format). Trata-se de um padrão de dados neutro, independente de aplicativo e de área de aplicação, que foi proposto pelo Survey and Resource Mapping Branch of the Ministry of Environment Lands and Parks (MELP) do Canadá, com o objetivo de padronizar modelos de dados em um ambiente aberto, de modo que os dados possam ser descritos, armazenados e acessados de modo coerente (CARR, 1994). Este metamodelo é orientado a objeto. Ele oferece classes básicas para descrever as estruturas de dados geográficos utilizadas pela tecnologia dos SIG. Estas classes podem ser especializadas pelo usuário para descrever seus esquemas locais.

O SAIF é centralizado no conceito de GeographicObject e possui uma hierarquia de classes de objetos complexos que oferece uma linguagem para uma descrição no espaço e no tempo de entidades e fenômenos que tenham localização e extensão espacial. O GeographicObject possui três componentes: objeto geométrico, objeto metadados e um conjunto de relacionamentos espaciais. O objeto geométrico é definido por classes que definem primitivas geométricas de pontos, linhas, áreas, volumes e imagens. O objeto metadados é definido por

classes que armazenam os parâmetros para descrever as referências espaço-temporal, a localização geográfica, a qualidade, o histórico, os aspectos administrativos, os procedimentos de atualização e os produtos gerados. Os objetos relacionamentos descrevem as associações espaciais entre os objetos tal como inclusão, proximidade, superposição.

O metamodelo SAIF não suporta múltipla herança diretamente. Entretanto, os objetos geográficos podem ser agregados em objetos geográficos composto, isto é o SAIF aceita a recursão do objeto geográfico de modo que objetos podem ser compostos por suas subclasses. O metamodelo SAIF não oferece métodos, porém ele poderá ser estendido pelo usuário para incluir operações de domínio para especificação comportamento específico

O SAIF possui uma linguagem denominada SAIF Talk, que oferece uma estrutura formal para expressar a definição de classes e objetos. Ela é baseada em texto e apresenta dois componentes: Class Syntax Notation (CSN) e Object Syntax Notation (OSN). O primeiro componente é utilizado para descrever classes e o segundo para construir representações legíveis de instancias de objetos que são descritos pelo metamodelo de dados do SAIF.

Dentre as vantagens de se adotar este padrão com MDC cabe destacar que ele permite descrever os objetos geográficos e pode ser estendido para qualquer área de aplicação (modelagem poderosa), independente do ambiente e da plataforma em que se encontram os dados (portabilidade). Ele suportar uma descrição do conteúdo temático e espaço temporal permitindo capturar o domínio dos metadados, incluindo associação de entidades, cardinalidade, dependência de existência, regras e nomes dos usuários. Além disto este padrão tende a evoluir com as Geotecnologias.

4.1. SAIF estendido

Na MMultiSIG, os metadados além de descreverem o esquema, descrevem informações sobre a localização das bases de dados na rede, as estruturas de dados usadas, o significado dos dados armazenados por estas estruturas, sobre a procedência, a atualidade e confiabilidade dos dados.

Deste modo, a MMultiSIG sugere a utilização da hierarquia Metadata proposta pelo SAIF, apresentada em STRAUCH et al. (1998b) e descrita no SAIF (1995), a qual é formada pelas hierarquias de classes que descrevem informações relacionadas, a saber:

- ⊗ SpatialReferencing - referência espacial;
- ⊗ TemporalReferencing - referência temporal;
- ⊗ GeneralLocation - localização geográfica;
- ⊗ Quality - a qualidade do GeographicObject;
- ⊗ Lineage - o histórico do GeographicObject;
- ⊗ Source - a fonte e localização do GeographicObject;
- ⊗ ProductionDescription - os tipos de produtos gerados; e
- ⊗ UpdateOperation - os mecanismos de atualização do GeographicObject.

Entretanto, para atender ao objetivo de integração, a MMultiSIG propõe estender as hierarquias SpatialReferencing, GeneralLocation e Source inserindo as seguintes propriedades nestas classes, conforme apresentado na Tabela 1. Estas hierarquias, para distingui-las do modelo original do SAIF, passarão a ser denominadas de SpatialReferencingMM, GeneralLocationMM e SourceMM.

Especialização do SAIF	Propriedades Propostas	Tipo
SpatialReferencingMM	BaseScaleInverse	Integer
GeneralLocationMM	GeographicRegion	Enumeration
SourceMM	DBInfo.queryLanguage	Enumeration
	DBInfo.operationSystem	Enumeration
	DBInfo.hardwareType	Enumeration
	DBInfo.platformName	Enumeration
	Project.applicationArea	Enumeration
	Project.projectObjective	Enumeration
	Project.projectSubsystem	List(String)

Tabela 1- Extensões do SAIF.

A propriedade `SpatialReferencingMM.baseScaleInverse` descreve a escala em que se encontram os dados armazenados pelo esquema local. O SAIF descreve a escala, para cada mapa, utilizada na aquisição dos dados, através da `GeneralLocationMM.tile.inverseScale`. Todavia, esta escala pode ser usada para a aquisição e posteriormente alterada em decorrência da aplicação de generalização cartográfica aos dados a serem armazenados.

A propriedade `GeneralLocationMM.geographicRegion`, permite à metodologia verificar o grau de relacionamento espacial com as outras bases que fazem parte da federação. Este grau de relacionamento permite compreender como o esquema fará parte da federação e determinar com quais esquemas, o novo esquema deverá ser integrado.

As propriedades propostas à classe `SourceMM.DBInfo` visam descrever a localização da base de dados na rede, as características do gerenciamento local do esquema, de modo a, posteriormente, fornecer informação para o acesso ao esquema local na rede. As propriedades propostas para a classe `SourceMM.Project` têm por objetivo ajudar a metodologia proposta a identificar os esquemas que possivelmente terão algum grau de proximidade semântica quanto à aplicação. Este grau de proximidade determina o quanto as classes dos esquemas representam o mesmo aspecto da realidade.

A `MMultiSIG` propõe que os metadados do esquema sejam descritos, usando as notações sintáticas de classes e objetos proposta pelo SAIF, através do procedimento de cadastro do esquema na federação.

4.2. Criação dos esquemas de exportação no SAIF estendido

Os esquemas das bases de dados geográficos representam o resultado da modelagem lógica do mundo real. Eles possuem características implícitas relacionadas às construções de suas bases de dados e as suas finalidades. Estas características, denominadas de atributos do esquema, definem as referências espaço-temporais, o histórico dos dados, a proveniência e a qualidade dos dados.

A `MMultiSIG` propõe descrever os esquemas das bases de dados de SIGs, no modelo de dados do SAIF, usando as notações sintáticas de classe e de objeto propostas por este modelo, CSN e OSN, respectivamente. Entretanto, a metodologia propõe que esta descrição seja realizada em dois níveis, dividindo esta etapa em duas atividades, a saber: descrição dos atributos do esquema e descrição do esquema de exportação.

A descrição dos atributos dos esquemas consiste em descrever os atributos implícitos, relacionados à construção e a finalidade da base de dados geográficos, utilizando a notação sintática de objetos proposta pelo SAIF. Esta descrição tem por objetivo permitir extrair informações sobre o domínio da aplicação, que muitas vezes não se apresentam nos esquemas.

A descrição do esquema de exportação consiste em traduzir a modelagem do esquema local para o modelo de dados do SAIF estendido pela metodologia, usando a notação sintática de classes. Contudo, as regras estabelecidas pelo SAIF para a criação de esquema no seu modelo de dados não são adequadas para a tradução dos esquemas na federação `MultiSIG`, uma vez que estas regras criam classes com novas denominações para agregar as especializações de `GeographicObject`, que não existem no esquema local. Isto além de não retratar adequadamente o esquema local, no mínimo duplica a quantidade de classes de cada esquema, aumentando a complexidade no processo de comparação. Assim, a metodologia propõe regras especiais de tradução dos esquemas para o SAIF.

4.2.1. Descrição dos atributos do esquema

Tendo em vista que o esquema de uma base de dados geográficos é criado para atender uma finalidade de aplicação e que um mesmo esquema pode apresentar, de acordo com as necessidades dos usuários locais, mais de uma abstração cartográfica para apresentar os planos de informação, esta atividade tem por objetivo caracterizar o domínio do esquema de exportação quanto à área de aplicação e a finalidade, e explicitar os diferentes sistemas de referência espaço-temporal. Estes atributos do esquema são comuns aos planos de informações e, em geral, não são armazenados pelos esquemas. Eles são do conhecimento dos administradores e usuários locais.

Para descrever estes atributos, a MMultiSIG utiliza a definição da classe do SAIF GeographicObject e o artifício, proposto pela notação sintática de classe do SAIF, para associar valores às classes e as suas especializações através da cláusula default.

A classe GeographicObject na sua definição é composta pela hierarquia Metadata. Esta hierarquia contém as classes e propriedades que descrevem os atributos do esquema. Através da cláusula default os valores instanciados para as classes da hierarquia Metadata são definidos e herdados pelas subclasses de GeographicObject.

Desta forma, a MMultiSIG propõe que, para cada esquema local, seja criado uma ou mais classes de GenericGeographicObject (ggo) especializadas de GeographicObject, que devem ser denotadas por:

`ggo::nomeDoEsquemaLocal.Abstração`

Para esta classe deve ser instanciada a propriedade Metadata, a qual é representada pelas classes que compõem a hierarquia Metadata do SAIF. As classes do esquema que possuem os mesmos atributos de esquema deverão ser especializadas a partir desta. Se houverem classes no esquema local que possuem outros níveis de abstração cartográfica, devem ser criadas tantas classes de GGO quantas forem as diferenças.

Os metadados definidos pelas classes da hierarquia Metadata que descreve SpatialReferencingMM, TemporalReferencing, SourceMM e GeneralLocationMM tratam de propriedades comuns a todas as classes do esquema que estão no mesmo nível de abstração, portanto estas classes devem obrigatoriamente ser instanciadas para a classe de ggo. O metadado referente a identificação da fonte, descrito pela propriedade SourceMM.database.DbInfo.dbIdentifier, deve ser instanciado para cada classe do esquema de forma a fornecer a localização das instâncias daquela classe. Os demais metadados, Quality, Lineage, ProductDescription e UpdateOperation, referentes a qualidade, histórico, produto e atualização, respectivamente, podem ser instanciadas para as classes do esquema, de acordo com a necessidade do usuário.

Para ilustrar, seja um esquema (e) com objetos geográficos que empregam dois níveis de abstrações cartográficas. O primeiro, abstração1, objetiva registrar os dados levantados em campo e o segundo, abstração2, divulgar a informação ao nível de município. Estes dois níveis de abstrações implicam no esquema utilizar dois sistemas de referência espacial, escalas e metodologias de aquisição dos dados adequadas a finalidade dos planos de informação. Assim, neste exemplo, ao descrever este esquema no SAIF serão criadas duas classes de GGO, de acordo com o nível de abstração e instanciados os seus metadados, a saber: ggo::e.abs1 e ggo::e.abs2. As classes deste esquema serão descritas no SAIF estendido como especializações do GGO, de acordo com o nível de abstração cartográfica utilizado por elas.

Assim, a MMultiSIG preconiza que para cada esquema local deve ser criado uma ou mais classes que representam os GenericGeographicObject (ggo), especializados de GeographicObject, e genéricos para todo o esquema, conforme as abstrações cartográficas empregadas no esquema. A partir destas classes as demais classes do esquema traduzidas para o SAIF estendido serão especializadas. Este objeto que tem a propriedade metadata, vincula os atributos da classe Metadata a todas as classes especializadas desta, através da cláusula default, que é herdada pelas suas subclasses.

4.2.2. Descrição do esquema de exportação

A descrição do esquema de exportação envolve a reconstrução semântica e mapeamento de um esquema, expresso no modelo de dados do SIG, para um esquema orientado a objeto do metamodelo SAIF. Isto requer a identificação do construtor apropriado para melhor descrever cada elemento expresso no modelo de dados do SIG.

Todavia, cada SIG oferece um modelo de dados próprio, ao qual está associado estruturas para representar o objeto de forma que o sistema possa manipulá-lo, através das operações oferecidas pela sua linguagem de consulta. Assim, a descrição do esquema no SAIF está extremamente associada à identificação da estrutura para armazenar o objeto geográfico. É preciso reconhecer as estruturas oferecidas por cada SIG, para armazenar o objeto geográfico, e identificá-las no SAIF.

A descrição do esquema de exportação, portanto, consiste em: i) distinguir as entidades do esquema local que possuem atributos gráficos das que não têm; ii) identificar a estrutura de dados, usada pela base de dados geográficos para representar o objeto geográfico; e iii)

especificar a semântica da classe transcrevendo seu nome, suas propriedades e respectivos domínios, relacionamentos e termos no glossário disponibilizado pelo Sistema MultiSIG que melhor descreva o objeto geográfico. Esta descrição utiliza as cláusulas proposta pela CSN.

Assim, cada entidade (e), do esquema original com chave (k), propriedades ($p_i \mid i > 0$) de domínio (d) e relacionamentos (r), será mapeada em uma classe especializada de ggo ou de AbstractObject. A classe será criada no SAIF estendido com o mesmo nome, mesma chave, mesmos atributos e relacionamentos, de acordo com as regras de mapeamentos (m) apresentadas abaixo, na ordem em que devem ser aplicadas:

1. entidades que não possuem atributos gráficos serão modeladas como classes especializadas de AbstractObject, na qual o administrador local transcreverá todas as suas propriedades;
2. entidades que possuem representação gráfica serão definidas como uma especialização da classe ggo, de acordo a abstração cartográfica usada na representação do esquema local.
3. tendo em vista que as entidades com representação gráfica são armazenadas na base de dados local, como planos de informações que contêm um conjunto de objetos geográficos de um tipo, cada plano de informação será traduzido para classes especializadas que representam conjuntos de objetos no SAIF, isto é: Coverage ou SpatialDataSet;
4. a geometria de cada objeto geográfico será escolhida de acordo com estrutura usada para representar o objeto geográfico no esquema local. Cada SIG oferece um modelo de dados próprio, ao qual estão associadas estruturas para representar o objeto geográfico. Desta forma, esta regra de mapeamento será especializada, posteriormente, para cada SIG, em função das estruturas oferecidas pelo modelo de dados por ele utilizado;
5. as denominações de cada classe serão formadas por seu nome no esquema local, seguido pelo nome do esquema de exportação, concatenado com a string "::";
6. as propriedades originais da classe selecionada no SAIF estendido, para representar o objeto geográfico deverão ser preservadas e a estas deverão ser acrescentadas as propriedades definidas para os objetos geográficos no esquema local, inclusive as propriedades pré-estabelecidas pelo SIG, se fizerem parte da modelagem de dados e aplicações locais;
7. para cada propriedade deverão ser descritos o nome, o formato, o domínio e o valor default. As propriedades chaves deverão ser indicadas com um asterisco na notação, após a sua denominação. O nome e o formato são descritos na cláusula classAttributes, o domínio na cláusula classAttributeValue, e o valor default na cláusula default da CSN. Quando o domínio da propriedade for um atômico ele será de um tipo básico Integer, Real ou String. Quando o domínio da propriedade tratar de uma classificação, isto é, o domínio for representado no SIG como uma tabela, esta propriedade será do tipo Enumeration. Esta classe poderá ser uma enumeração própria do SAIF ou uma nova especialização da classe Enumeration;
8. caso alguma das propriedades da entidade, no esquema original, apresente alguma restrição de integridade, ela deverá ser descrita usando as cláusulas restricted e constraints da CSN. A cláusula restricted deve ser usada para expressar restrições simples, aos valores dos atributos, e a cláusula constraints deve ser usada para expressar restrições que envolvam alguma lógica entre os atributos;
9. todos os relacionamentos entre as classes deverão ser transformados em classes de objetos especializadas da classe Relationship. Esta classe é estendida pela MMultiSIG com a propriedade relationAttribute. Assim, cada relacionamento no esquema original é descrito pelo seu nome no esquema local, pelas classes envolvidas e suas respectivas cardinalidades, e pelos atributos do relacionamento. Os relacionamentos temporais deverão ser expressos por especialização da classe TemporalRelationship. Os relacionamentos espaciais deverão ser especializados a partir da hierarquia de SpatialRelationship; e

10. a cláusula comments da SAIF CSN será utilizada pelo Sistema MultiSIG para permitir ao usuário introduzir os termos escolhidos no Thesaurus, que descrevam o objeto geográfico e suas propriedades.

4.2.3. Regras específicas

Tendo em vista aplicar estas regras a um estudo de caso, onde o esquema se encontra no aplicativo ARC/Info, produzido pela Environmental Systems Research Institute, é apresentado a seguir as regras de tradução deste modelo para o SAIF estendido.

Os objetos geográficos armazenados com as estruturas gráficas do ARC/INFO são definidos no SAIF estendido como classes especializadas de GGO e de uma classe da hierarquia de GeographicObject, com a geometria que será definida de acordo com o tipo de estrutura usada no ARC/Info, conforme a Tabela 2.

ARC/INFO	Classes no SAIF
Coverage Label point	PartitionedCoverage:position.Geometry: Point
Coverage Arc	PartitionedCoverage:position.Geometry: VectorLine
Coverage Node	PartitionedCoverage:position.Geometry: Point Segment(Arc)
Coverage Route	Graph: AcyclicNetwork Graph: SingleLineNetwork:
Coverage Section	Graph: SingleLineNetwork
Coverage Polygon	PartitionedCoverage: position.Geometry: VectorArea
Coverage Annotation	Annotation AbstractObject
Grid e Lattice	Raster: position.Geometry: Grid CategoricalRaster: position.Geometry: CellGrid2D
TIN	Field: position.Geometry: VectorSurface Grid IrregularDem: position.Geometry: MeasuredSurface IrregularDem: position.Geometry.masspoints{}:Point DEMPoint
Image	GeneralRaster: position.Geometry: ImageGrid2D

Tabela 2 - Correspondências entre as estruturas gráficas do ARC/Info e as classes do SAIF.

5. Estudo de caso

Para ilustrar a utilização do o SAIF estendido como modelo de dados comum foi selecionado parte da Modelagem de dados para o Programa de Desenvolvimento Racional, Recuperação e Gerenciamento Ambiental da Bacia Hidrográfica (Projeto Pró-Guaíba), realizada por GARRAFA (1998) para a Secretaria de Coordenação e Planejamento do Estado do Rio Grande do Sul. Este projeto objetiva o planejamento e monitoramento estratégico do uso da água e outros recursos naturais da Bacia do Hidrográfica do Rio Guaíba, no Estado do Rio Grande do Sul.

A parte da modelagem selecionada foi dividida em subsistemas para o gerenciamento do resíduo, meio ambiente, hidrografia, infra-estrutura e divisão territorial, apresentados nas Figuras 1 e 2, usando a abordagem Entidade-Relacionamento, com uso da notação IDEF1X, a mesma utilizada por GARRAFA (1998). Esta notação é estendida por pictogramas para representar a geometria de ponto, linha e área das entidades.

As estruturas cartográficas para a construção da base de dados forão adquiridas por digitalização das cartas da Diretoria do Serviço Geográfico de Excército (DSG) em 1:50.000. Estas estruturas são generalizadas para 1:250.000 de modo a produzir os mapas temáticos. Para ilustrar os diferentes níveis de abstrações cartográficas usadas em uma base de dados de SIG, foi selecionada uma outra parte do esquema cujas estruturas cartográficas forão adquiridas através de restituição em 1:10.000. Este esquema utiliza para as estruturas cartográficas os data SAD-69 e Imbituba no sistema de coordenadas geográficas.

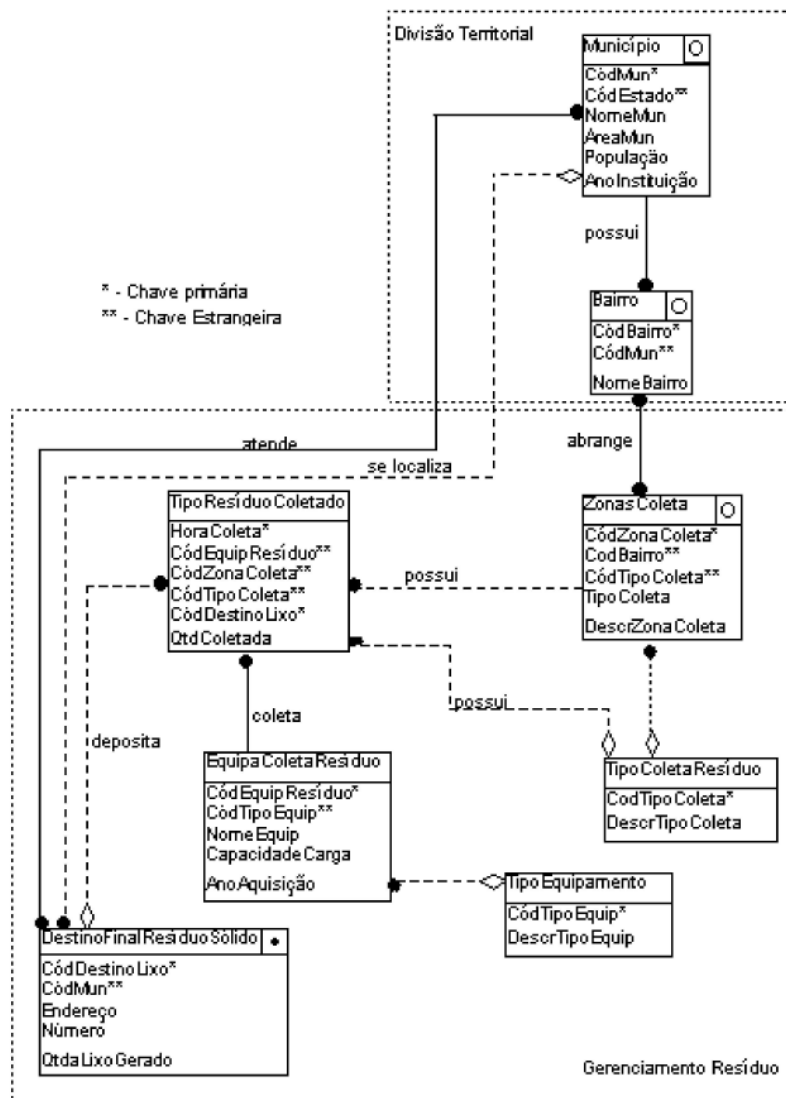


Figura 1- Esquema do projeto Pró-Guaíba: Abstração cartográfica em 1:10.000.

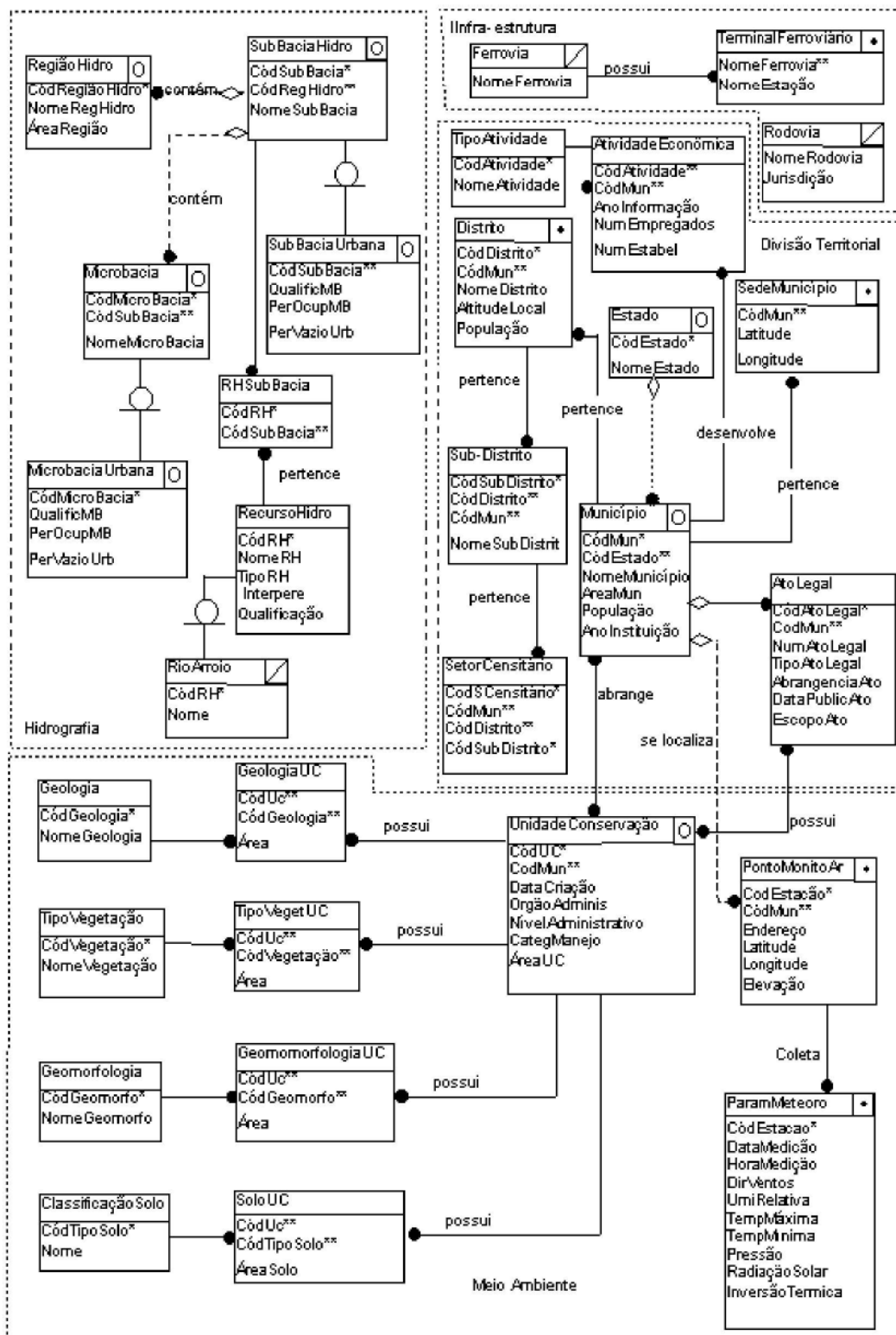


Figura 2 -Esquema do projeto Pró-Guaíba: Abstração cartográfica em 1:250.000.

A base de dados foram criadas no ARC/Info de acordo com as estruturas apresentadas nas Tabelas 3 e 4, a seguir:

Objetos Geográficos	Estrutura	Representação
Município	Coverage	Polygon
Bairro	Coverage	Polygon
Zonas Coleta	Coverage	Polygon
Tipo Resíduo Coletado	Tabela Info	
Equipa Coleta Resíduo	Tabela Info	
Destino Final Resíduo Sólido	Coverage	Point

TipoEquipamento	Tabela Info	
TipoColetaResíduo	Tabela Info	

Tabela 3 - Estruturas físicas usadas no ARC/Info para o esquema em 1:10.000.

Objetos Geográficos	Estrutura	Representação
Estado	Coverage	Polygon
Município	Coverage	Polygon
SedeMunicípio	Coverage	Point
Distrito	Coverage	Point
SubDistrito	Tabela Info	
SetorCensitário	Tabela Info	
UnidadeConservação	Coverage	Polygon
GeologiaUC	Tabela Info	
TipoVegetUC	Tabela Info	
GeomorfologiaUC	Tabela Info	
SoloUC	Tabela Info	
Geologia	Tabela Info	
TipoVegetação	Tabela Info	
Geomorfologia	Tabela Info	
ClassificaçãoSolo	Tabela Info	
RegiãoHidro	Coverage	Polygon
SubBaciaHidro	Coverage	Polygon
SubBaciaUrbana	Coverage	Polygon
Microbacia	Coverage	Polygon
MicroBaciaUrbana	Coverage	Polygon
RHSubBacia	Tabela Info	
RecursoHidro	Tabela Info	
RioArroio	Coverage	Arc
AtoLegal	Tabela Info	
AtividadeEconomica	Tabela Info	
TipoAtividade	Tabela Info	
Ferrovia	Coverage	Polygon
TerminalFerroviário	Coverage	Point
Rodovia	Coverage	Arc
PontoMonitoAr	Coverage	Point
ParamMeteoro	Coverage	Point

Tabela 4 - Estruturas físicas usadas no ARC/Info para o o esquema em 1:250.000.

5.1. Descrição dos atributos do esquema do Projeto Pró-Guaíba

Tendo em vista que as partes selecionadas do esquema do Projeto Pró-Guaíba se apresentam em duas escalas, 1:10.000 e 1:250.000, o esquema será cadastrado na federação proposta pelo Sistema MultiSIG com duas abstrações cartográficas: a primeira na escala de 1:10.000 e a segunda na escala de 1:250.000.

Este cadastro utiliza CSN para descrever os atributos do esquema conforme apresentado nos Quadros 1 e 2. Ressaltamos que a descrição apresentada neste trabalho se encontra resumida, enfatizando apenas o artifício de descrever as abstrações cartográficas como subclasses de GeographicObject e utilização da cláusula default. Esta descrição pode ser encontrada completa em STRAUCH (1998).

```

<<Superclass::GeographicObject
subclass: GGO::Guaiba.abs1
subclassing: "Definidas posteriormente de acordo com o cadastro"
attributes:
metadata: Metadata
defaults:
position.geometry.qualifier: definite
position.spatialReferencing: nil
position.geometry:"Coordinate:"^Coord2D|^Coord3D
comments: "Superclasse abstrata que armazena os metadados genéricos para todas as classes definidas como subclasse de GGO::Guaiba.abs1. As classes em 1:10.000 são traduzidas do Esquema do Projeto Pró-Guaiba como subclasses de GGO::Guaiba.abs1">

```

Quadro 1 - Descrição dos atributos do esquema da abstração cartográfica em 1:10.000.

```

<<Superclass::GeographicObject
subclass: GGO::Guaiba.abs2
subclassing: "Definidas posteriormente de acordo com o cadastro"
attributes:
metadata: Metadata
defaults:
position.geometry.qualifier: definite
position.spatialReferencing: nil
position.geometry:"Coordinate:"^Coord2D|^Coord3D
comments: "Superclasse abstrata que armazena os metadados genéricos para todas as classes definidas como subclasse de GGO::Guaiba.abs2. As classes em 1:250.000 traduzidas do Esquema do Projeto Pró-Guaiba serão definidas como subclasses de GGO::Guaiba.abs2">

```

Quadro 2 - Descrição dos atributos do esquema da abstração cartográfica em 1:250.000.

5.2.1. Descrição dos atributos do esquema de exportação para GGO::Guaiba.abs1

Esta descrição consiste em instanciar os atributos do esquema para cada abstração cartográfica de GeographicObject usando a OSN, conforme apresentado nas Tabelas 5 e 6, a seguir. Cabe ressaltar que neste trabalho são instanciadas apenas as propriedades das classes SpatialReferencingMM, GeneralLocationMM e SourceMM. A descrição completa pode ser encontrada em STRAUCH (1998).

<pre> GGO::Guaiba.abs1(metadata: Metadata (SpatialReferencing)MM([coordSystem]: GeodesicCoordinateSystem([coordinateUnits]: {degrees degrees meters} [cts]: ConventionalTerrestrialSystem(cts: CTSType(systemType: UGGI systemYear: 67) [horizontalReference]: GeodeticHorizontalReference(datumAdjustmentSystem: Sistema Geodésico Brasileiro - SAD 69 [ellipsoid]: GeodeticEllipsoid(ellipsoidType: UGGI [ellipsoidYear]: 1967 [semiMajorAxis]: 6378160,0 [flattening]: 0,00335) [verticalReference]: GeodeticVerticalReference([datumAdjustmentSystem]: Sistema Geodésico Brasileiro - Imbituba [surface]: seaMeanLevel) [hydrographic]: HydrographicReference([tidal]: TidalHydro([reference]: Imbituba [tidalHeight]: 0.0 [remarks]: Datum Vertical Nacional) baseInverseScale:10.000) </pre>	<pre> GeneralLocation)MM([range]: BoundingBox(minPoint: Point([coords]: Coord2D(c1: XMIN: c2: YMIN:)) maxPoint: Point([coords]: Coord2D(c1: XMAX: c2: YMAX:)) [tiles]: List {Tile}([mapSheetNumber]: [mapNumberingSystem]: [publicationDate]: Date([year]: [month]: [day]:) [mapSeriesName]: [mapSheetName]: [inverseScale]: 50.000) [mapNumberingSystem]: [publicationDate]: Date([year]: [month]: [day]:) [mapSeriesName]: [mapSheetName]: [inverseScale]: 50.000) geographicRegion: Vale do Rio Guaiba abrangendo os municípios da Bacia do Rio Guaiba) </pre>	<pre> Source)MM([terminus]: Set {Terminus([terminusType]: producer, consumer, distributor [terminusInfo]: Agency([contactPerson]: Iria M Garrafa [agencyName]: UFRGS [address]: [telephoneNumber]: [email]: [country]: Brasil)) [database]: Dbbf([dbmsIdentifier]: ARC/Info [queryLanguage]: AML [dbIdentifier]: / [operatingSystem]: UNIX [hardwareType]: SUN [platformName]: moscou.cos.ufrj.br) [project]: Set {Project([projectIdentifier]: Pró-Guaiba [projectObjective]: Planejamento e Monitoramento do Uso D'água [applicationArea]: Recursos naturais [projectSubsystem]: Meio Ambiente, Gerenciamento de Resíduos e Cartografia) [security]: Security([classification]: unclassified) [remarks]: String)) </pre>
---	--	--

Tabela 5 - Instanciação dos atributos do esquema para a abstração cartográfica em 1:10.000.

<p>GG0::Guaiba.abs2(metadata: <i>Metadata</i> <i>(SpatialReferencingMtd(</i> [coordSystem]: <i>GeodesicCoordinateSystem(</i> [coordinateUnits]: {degrees degrees meters} [cts]: <i>ConventionalTerrestrialSystem(</i> cts: CTSType(systemType: UGGI systemYear: 67) [horizontalReference]: <i>GeodeticHorizontalReference(</i> datumAdjustmentSystem: Sistema Geodésico Brasileiro - SAD-69 [ellipsoid]: <i>GeodeticEllipsoid(</i> ellipsoidType: UGGS [ellipsoidYear]: 1967 [semiMajorAxis]: 6378160.0 [flattening]: 0.00335) [verticalReference]: <i>GeodeticVerticalReference(</i> [datumAdjustmentSystem]: Sistema Geodésico Brasileiro - Imbituba [surface]: seaMeanLevel)) [hydrographic]: <i>HydrographicReference(</i> [tidal]: <i>TidalInfo(</i> [reference]: Imbituba [tidalHeight]: 0.0 [remarks]: Datum Vertical Nacional) baseInverseScale:250.000)</p>	<p><i>GeneralLocationMtd(</i> [range]: <i>BoundingBox(</i> minPoint: <i>Point(</i> [coords]: <i>Coord2D(</i> c1: XMIN: c2: YMIN:)) maxPoint: <i>Point(</i> [coords]: <i>Coord2D(</i> c1: XMAX: c2: YMAX:)) [files]: List {<i>Title(</i> [mapSheetNumber]: [mapNumberingSystem]: [publicationDate]: <i>Date(</i> [year]: [month]: [day]:) [mapSeriesName]: [mapSheetName]: [inverseScale]: 50.000) [mapSheetNumber]: [mapNumberingSystem]: [publicationDate]: <i>Date(</i> [year]: [month]: [day]:) [mapSeriesName]: [mapSheetName]: [inverseScale]: 50.000)) geographicRegion: Municípios da Bacia do Rio Guaíba, no estado do Rio Grande do Sul)</p>	<p><i>SourceMtd(</i> [terminus]: Set {<i>Terminus(</i> [terminusType]: producer, consumer, distributor [terminusInfo]: <i>Agency(</i> [contactPerson]: Iria M Garrafa [agencyName]: UFRGS [address]: [telephoneNumber]: [email]: [country]: Brasil)) [database]: <i>DbInfo(</i> [dbmsIdentifier]: ARC/INFO queryLanguage: AML [dbIdentifier]: / operationSystem: UNIX hardwareType: SUN platformName: moscou.cos.ufrj.br) [project]: Set {<i>Project(</i> [projectIdentifier]: Pró-Guaíba projectObjective : Planejamento e Monitoramento do Uso D'água applicationArea: Recursos naturais projectSubsystem: Meio Ambiente, Gerenciamento de Resíduos e Cartografia) [security]: <i>Security(</i> [classification]: unclassified) [remarks]: String))</p>
---	--	---

Tabela 6 - Instanciação dos atributos do esquema para a abstração cartográfica em 1:250.000.

5.2. Descrição dos esquemas de exportação

Esta atividade consiste em traduzir os esquemas expressos nos seus esquemas locais para o SAIF, usando as regras de mapeamento proposta pela MMultiSIG.

Nas figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 abaixo são apresentadas as classes descritas no SAIF estendido usando a notação gráfica OMT(Object Modelling Technique). Para melhor compreensão, as classes foram separadas de acordo com sua representação em: classes não gráficas, classes gráficas e enumeração.

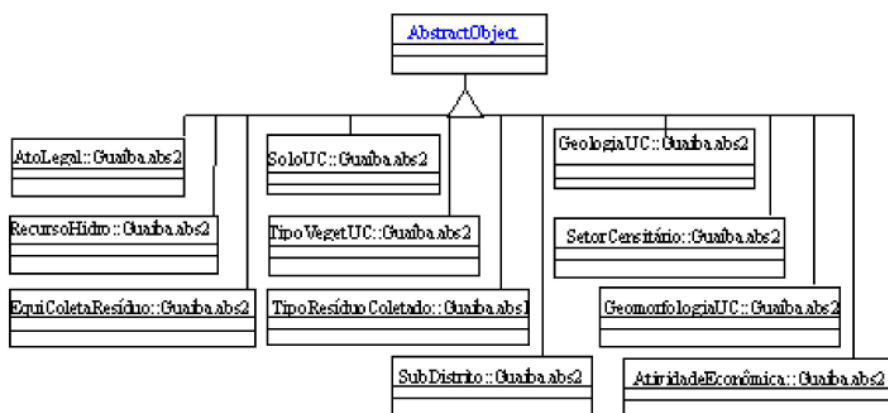


Figura 3 - Classes não gráficas especializadas de AbstractObject.

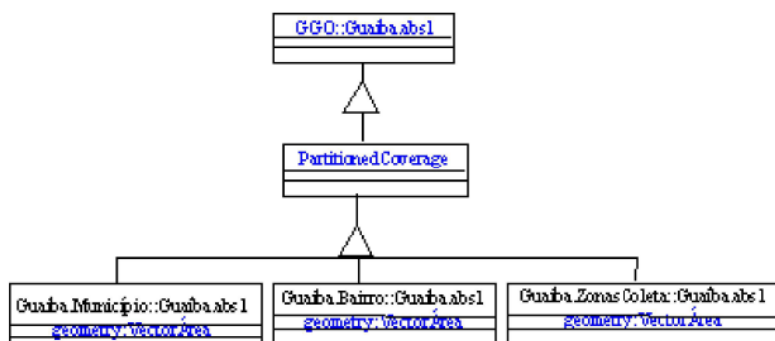


Figura 4 - Classes gráficas da abstração cartográfica de 1:10.000 com geometria de polígono.

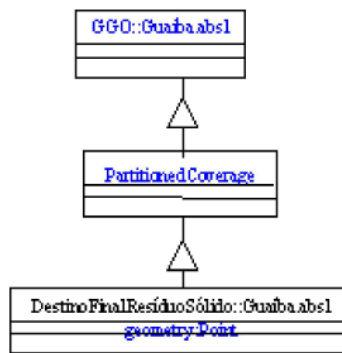


Figura 5 - Classes gráficas da abstração cartográfica de 1:10.000 com geometria de ponto.

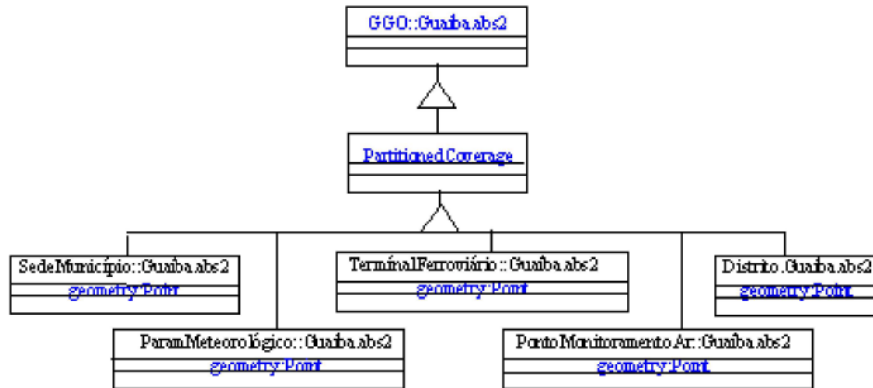


Figura 6 - Classes gráficas da abstração cartográfica de 1:250.000 com geometria de ponto.

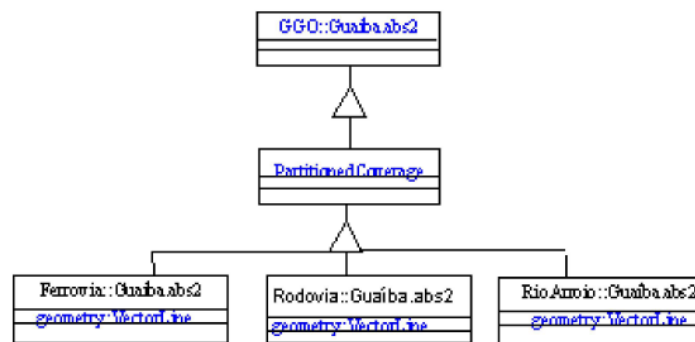


Figura 7 - Classes gráficas da abstração cartográfica de 1:250.000 com geometria de linha.

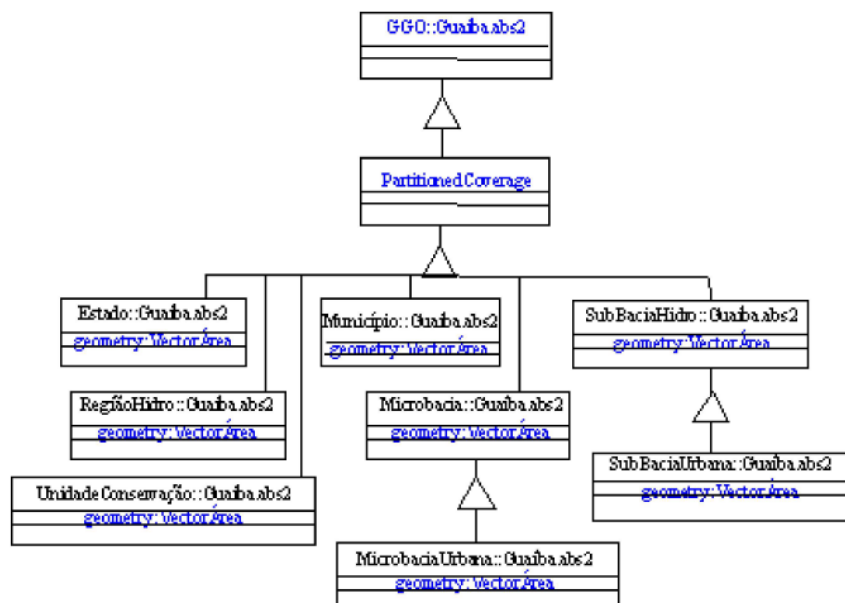


Figura 8 - Classes gráficas da abstração cartográfica de 1:250.000 com geometria de polígono.

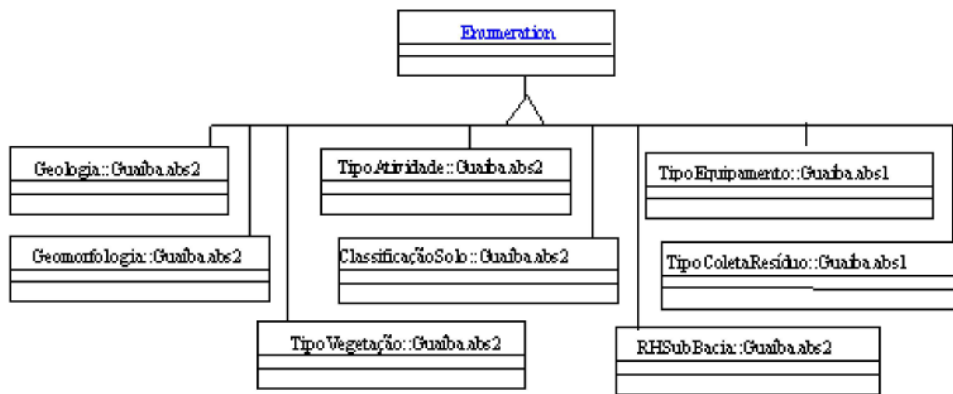


Figura 9 - Classes de enumeráveis.

6. Comparação entre o SAIF estendido e demais MDC encontrados na literatura

Na literatura são encontradas algumas propostas de utilização de modelos de dados para representar diferentes aplicações SIG. Um exemplo é o modelo de dados proposto por DBOUK et al. (1996) baseado na estrutura de objetos. Neste modelo o objeto geográfico é um conjunto (tupla) que permite o processamento relacional de objetos, isto é seleção com critério quantitativo. Este modelo representa um esquema através dois componentes: um conjunto de representação de objetos do mundo real e um conjunto de ligações explícitas que expressam os relacionamentos entre as entidades. Um outro exemplo é o MODEGEO2 (Modelo de Organização dos Dados Geográficos) proposto por PIRES et al.(1993) e usado por AGUIAR (1994) para integração das bases de dados da TELEBRÁS. O MODGEO2 é um modelo orientado a objeto que descreve as bases de dados através de um problema ou aplicação geográfica denominada de Projeto. Esta aplicação pode estar associada a uma ou mais regiões geográficas. Uma região geográfica possui atributos: que descrevem os parâmetros cartográficos e a localização geográfica. Sobre esta região os temas são estratificados em planos de informação temáticos de acordo com o modelo adotado para sua representação: modelo de campos e modelo de objetos. O modelo de objetos permite que os objetos geográficos sejam composto por objetos gráficos, não gráficos e temporal. O objeto gráfico pode estar associado a sua geometria e é usado para representar visualização gráfica do objeto temático. Os objetos não gráficos possui características não gráfica que descrevem dados associados a uma localização geográfica. O objeto temporal é uma agregação de objetos gráficos.

Infelizmente estas propostas não contemplam todas as questões de múltiplas representação dos planos de informação e aspectos cartográficos para ambiente formado por múltiplas bases de dados (MBD). O modelo proposto por DBOUK et al. (1996), por exemplo, não considera as características espaço-temporais dos objetos geográficos e nem as características relativas a qualidade dos dados. Já o modelo proposto por PIRES et al. (1993), apesar de considerar estas caraterísticas ele não oferece uma maior flexibilidade de representação da semântica, nem mecanismos para descrever a qualidade, o histórico e a organização dos dados no esquema local.

Desta forma, os autores buscaram soluções nos estudos de padronização, sendo analisados além do padrão SAIF, os padrões de dados geográficos: americanos Spatial Data Transfer Standard (STDS) e o Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST), e o padrão europeu proposto pelo Technical Committee (TC) 287 do European Standardisation Committee (CASSETTARI, 1993; KUCERA et al., 1993; ARMSTRONG & CARR, 1994; SAIF, 1995; TIMPF et al., 1997).

O SDTS é um padrão aprovado em 1992 como uma Federal Information Processing Standard (FIPS), Publication 173. Este padrão suporta a representação lógica, física e sobre o conteúdo dos diferentes modelos de dados usados pelos SIGs. Ele oferece componentes para representar os dados nas estruturas vetorial e matricial, e para definir referenciais, especificações para troca de dados, especificações sobre a qualidade dos dados e características cartográficas (CASSETTARI, 1993).

O DIGEST é um padrão desenvolvido pelo Digital Geographic Information Working Group (DGIWG) e aprovado como um padrão NATO (North Atlantic Treaty Organisation). Ele foi desenvolvido com a finalidade de atender às necessidades das agências militares, em trocar dados cartográficos digitais. Este padrão emprega um modelo de dados hierárquico que contempla estruturas vetoriais e matriciais. Ele permite empregar diferentes níveis de

descrição da topologia e dos atributos alfanuméricos, além de informações sobre a organização, a estrutura e a qualidade dos dados (CASSETTARI, 1993).

O padrão proposto pelo TC 287 define um esquema conceitual para metadados baseado em dois padrões, a saber: um para expressar a qualidade e outro para expressar as referências espaciais e o posicionamento dos objetos geográficos do esquema. Este padrão utiliza a linguagem Express, desenvolvida pelo International Standards Organization, para a definição formal de entidades e relações dos esquemas (TIMPF et al., 1997).

Enquanto os padrões SDTS, DIGEST e TC287 enfatizam a parte estrutural dos dados, o SAIF oferece um modelo com classes distribuídas em três níveis de abstração. Isto permite, além de descrever a sintaxe do esquema, capturar parte da semântica de cada esquema. Dentre as vantagens de se adotar este padrão como MDC, cabe destacar que ele cobre várias estruturas de SIG para representar os objetos geográficos e pode ser estendido para qualquer área de aplicação, independente do ambiente e da plataforma em que se encontram os dados. Ele suporta a descrição do conteúdo temático e espaço temporal, captura o domínio dos metadados, incluindo associação de entidades, cardinalidade, dependência de existência, restrições e nomes dos usuários. A sua notação de classes possui cláusulas que permitem descrever restrições (cláusulas restricted e constraints), associar valores a classes, subclasses e as suas propriedades (cláusulas default e ClassAttributeDefault), expor o domínio das propriedades das classes (cláusula ClassAttributeValue), e expressar informações que comentam o significado das classes e suas propriedades (cláusula comments). Além destas vantagens, este padrão pode evoluir com a tecnologia.

7. Conclusões

A MMultiSIG especifica as atividades necessárias à integração, tratando as diferenças entre modelos de dados de SIG e as diferenças entre as modelagens dos esquemas. Isto requer a adoção de um Modelo de Dados Comum (MDC) para normalizar os esquemas das bases de dados dos SIG.

A adoção do SAIF estendido à primeira atividade para a descrição do esquema de exportação se mostrou adequada como MDC, devido a riqueza de classes oferecida para descrever os metadados espaço-temporais dos esquemas locais, independente do SIG, conforme mostrado no estudo de caso do Projeto Pró-Guaíba. Além disto este modelo oferece facilidades para descrever os metadados usando as notações de classes e instâncias. Estas notações padronizam a descrição dos esquemas, facilitando a compreensão destes nas atividades de análise da MMultiSIG.

Cabe ressaltar ainda a flexibilidade da cláusula default da notação sintática de classes que permitiu vincular valores às classes e às suas subclasses. Isto facilita a descrição do conteúdo do esquema, uma vez que, em geral, os planos de informação de uma base de dados de um SIG possuem as mesmas abstrações cartográficas.

Agradecimentos: Ao CNPq e Embrapa Solos pelo suporte a esta pesquisa.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, C. D., 1995, Integração de Banco de Dados heterogêneos em aplicações de planejamento urbano. Dissertação de Mestrado, Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação, UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.
- ARMSTRONG, R. & CARR, J., 1994, "The SAIF Toolkit: Opening the data roads between GIS". In: Symposium of GIS 94, pp. 333-340, Vancouver, Fev.
- BREITBART, Y., 1990, "Multidatabase Interoperability", SIGMOD Record, v. 19, n. 3 (Set), pp. 53-60.
- BUEHLER, K. & MCKEE, L., 1996, "The OpenGIS guide: Introduction to interoperable Geoprocessing", Ed Open GIS Consortium, OGIS TC 96-001, Wayland, Massachusetts ou <http://www.ogis.org/guide/guide.html>.
- BUNEMAN, P, RASCID, L. & ULLMAN J., 1997, "Mediator language- a proposal for standard", SIGMOD Record, v. 26, n. 1 (Mar), pp. 39-46.
- CASSETTARI, S, 1993, Introduction to integrated Geo information management, 1a. ed, London, Capman & Hall.
- CLEMENT, G., LAROUCHE, C., GOUIN, D., MORIN, P. & KUCERA, H., 1997, "OGDI: Toward Interoperability among Geospatial Databases", SIGMOD Record, v. 26, n. 3 (Set), pp. 18-23.
- GARDELS, K., 1997, "Open GIS and on-line environmental libraries", SIGMOD Record, v. 26, n. 1 (Mar), pp. 32-38.

GARRAFA, I. M.; 1998 , Análise da adequação de uma hierarquia de classes básicas para modelagem conceitual de SIG, através de um estudo de caso. Dissertação de Mestrado, Instituto de Informática , UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil.

GOODMAN, J. N., 1994, "Alberta Land related Information System: a federated databases case study". In: Proc. of Annual Conference Urban and Regional Information System Association, pp. 421-431, Milkawakee.

KUCERA, H., CHIN, R. & JAMESON, L., 1993, "SAIF - Conceptualisation to realisation". In: Proc. GIS'93: Eyes on the future, Seventh Annual Symposium, Vancouver: British Columbia.

LAURINI, R., 1994, "Sharing geographic information in distributed databases". In: Proc. of Annual Conference Urban and Regional Information System Association, pp. 441-454, Milkawakee.

MATUSCHAK, B. J., 1996, "GIS is being redefined by current Computing Trends". In: The Electronic Atlas Newsletter, v. 7, n. 9 ou <http://www.electronic-atlas.com/ean79a.html>.

PIRES, F.; MEDEIROS, C.B. & SILVA, A. B.; 1993, "Modelling Geographic Information Systems using an Object Oriented Framework", In: Proc. of the XIII International Conference of the Chilean Computer Society, Chile, pp. 217-232.

SAIF, Survey and Resource Mapping Branch, 1995 "Spatial Archive and Interchange format: Formal Definition, release3.2", Ministry of Environment, Lands an Parks, Province of British Columbia, Canada.

SHETH, A. P. & LARSON, J. A., 1990, "Federated Database Systems for managing Distributed, heterogeneous and autonomous databases", ACM Computing Surveys, v. 22, n. 3 (Set), pp. 183-236.

STRAUCH, J. C. M.; MATTOSO, L. de Q. & SOUZA, M. J., 1996, "Interoperabilidade de bases de dados espaciais heterogêneas e distribuídas, "In: Anais do I SEGEO: Geoprocessamento: Mitos & Realidade", pp. 67-75, Rio de Janeiro.

STRAUCH, J. C. M.; SOUZA, J. M., & MATTOSO, M. L. Q., 1998a, A methodology for GIS Databases integration". In: Proc. of IEEE KDEX'98, Taiwan.

STRAUCH, J. C. M.; SOUZA, J. M., & MATTOSO, M. L. Q., 1998b, Estudo do metamodelo Spatial Archive and Interchange Format (SAIF), In: Relatório Técnico da COPPE/UFRJ.

STRAUCH, J. C.M., 1998, "Integração de Bases de dados geográficas heterogêneas e distribuídas, Tese de Doutorado da COPPE/UFRJ, 248 p.

TIMPF, S, RAUBAL, M. & KUHN, W., 1997, "Experiences with metadata". In: Proc. of XVII International Symposium on Spatial Data Handling: Advances in GIS Research II, Ed. M. J. Kraak & M. Molenaar.

VERMEER, M. W. W. & APERS, P M. G., 1996, "The role of integrity constrains in database interoperation". In: Proc. of the XXII VLDB Conference, pp. 425-435, Mumbai: Índia, Ago.