

Uma Modelagem Orientada a Objeto para o Mapa Urbano Básico de Belo Horizonte (MUB/BH)¹

GLAUCIENE DA COSTA BERTINI²

JOEL CÉZAR NETO³

(recebido em 19/03/2004; aprovado em 14/05/2004)

PALAVRAS-CHAVE

SIG – Modelagem de dados espaciais – Modelagem orientada a objeto – UML – OMT-G

RESUMO

Na Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), o conjunto de informações básicas para visualizar a cidade (planta básica) foi denominado Mapa Urbano Básico de Belo Horizonte (MUB/BH) e contém informações sobre bairros, quadras, logradouros, edificações etc. Atualmente ele se encontra representado em diversos sistemas de informação desenvolvidos pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S/A (Prodabel). Nesses sistemas existe uma dicotomia entre os dados alfanuméricos e os dados geográficos. Adicionalmente, seus modelos subjacentes não estão suficientemente documentados, comprometendo a consistência automatizada entre essas informações. Com a necessidade de desenvolvimento de novos sistemas tributários e de gestão urbana, surgiu a oportunidade para confeccionar modelos que mostrem os relacionamentos (integração) entre dados geográficos e alfanuméricos. Este artigo apresenta os procedimentos adotados para a modelagem conceitual do MUB/BH utilizando dois modelos de representação: UML para diversos aspectos do sistema (empacotamento, camadas) e OMT-G para modelagem de objetos geográficos. Também apresenta as dificuldades encontradas e as soluções adotadas para a realização deste modelo conceitual.

1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios para o Poder Público Municipal é a proposição e implementação de políticas públicas capazes de atender às crescentes demandas da população. É difícil imaginar alguma política pública municipal definida e realizada sem o uso de informação.

Informações estruturadas e atualizadas adequadamente sobre os equipamentos urbanos do município (e. g. postos de saúde, escolas públicas, cemitérios etc.) podem subsidiar o desenvolvimento de diversas políticas públicas, contribuir para a dinamização das rotinas das prefeituras e melhorar significativamente a atividade de planejamento. Essas informações têm na sua localização espacial uma característica

¹ Este artigo advém da monografia desenvolvida como trabalho de conclusão do curso de Especialização em Informática Pública, oferecido pela PUC-MG em parceria com a PRODABEL.

² e-mail: glaucien@pbh.gov.br

³ e-mail: joel@almg.gov.br

fundamental, tornando necessário o desenvolvimento de sistemas de informação urbana geográfica (georreferenciada). *Sistemas de Informação Geográfica* (SIG) [5] são uma tecnologia multidisciplinar, estando na fronteira de várias áreas do conhecimento, sendo percebida de maneira diferente por especialistas de diferentes áreas. Trata-se de sistemas automatizados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Os SIGs manipulam dados espaciais e dados pictóricos (usados para armazenar a imagem do objeto).

Na Prefeitura de Belo Horizonte (PBH), o conjunto de informações básicas para visualizar a cidade (planta básica) foi denominado *Mapa Urbano Básico de Belo Horizonte* (MUB/BH), que traz informações sobre bairros, quadras, lotes, edificações etc. Atualmente ele se encontra representado em diversos sistemas de informação desenvolvidos pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (Prodabel).

Contudo, nesta representação existe uma dicotomia entre os dados alfanuméricos, gerenciados pelo Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) [11] ADABAS [17, 29], e os dados geográficos, armazenados em APIC [1]. Adicionalmente, os modelos subjacentes não foram suficientemente documentados, comprometendo a consistência automatizada entre as informações.

O projeto de modernização de sistemas tributários e de gestão urbana [6, 7, 8] criou a oportunidade para desenvolver novos sistemas que pudessem beneficiar-se da integração entre dados geográficos e alfanuméricos.

As atuais metodologias de desenvolvimento de sistemas, inclusive SIG, consideram a modelagem conceitual uma etapa importante. Em particular, a modelagem orientada a objetos [3, 9, 13, 16, 20, 21, 26 e 28] constitui-se em um dos métodos mais utilizados. Entretanto, as características dos dados geográficos tornam sua modelagem mais complexa do que a modelagem de informação convencional.

Já existem técnicas para a modelagem conceitual orientada a objeto de aplicativos que utilizam informação georreferenciada. Um exemplo é a *Técnica de Modelagem de Objetos para Aplicações Geográficas* (OMT-G) [4, 10] que supre as deficiências da modelagem proposta por Rumbaugh *et. al.* [28] na sua *Técnica de Modelagem de Objetos* (*Object Modeling Technique* - OMT).

O objetivo do trabalho foi elaborar um modelo conceitual orientado a objeto para o MUB/BH utilizando OMT-G [2]. Contudo, durante o processo de modelagem, verificou-se a necessidade de utilização de notações da *Linguagem de Modelagem Unificada* (UML)⁴ para complementar ou enriquecer a semântica da modelagem proposta. Neste trabalho também apresentamos um estudo sobre os elementos de modelagem da UML e da OMT-G necessários para a modelagem conceitual do MUB/BH, além de conceitos genéricos da orientação a objeto.

Este artigo está dividido como segue. A seção 2 apresenta uma discussão sobre a análise orientada a objeto e modelagem; a seção 3 descreve conceitos da técnica OMT-G e sugere notações alternativas, baseadas em UML; a seção 4 apresenta o processo de modelagem do MUB/BH, utilizando a técnica OMT-G/UML

⁴ Na última década, uma notação foi desenvolvida para representar sistemas baseados em objetos, a UML (*Unified Modeling Language*) e, tendo sido padronizada, é a mais utilizada atualmente [3, 13, 20].

(metodologia, realização, desafios e soluções adotadas); finalmente, a seção 5 apresenta algumas conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2. ANÁLISE ORIENTADA A OBJETO

O objetivo do paradigma de orientação a objeto é representar, em *software*, objetos supostamente existentes no mundo real, utilizando, para isso a incorporação de “ações” (comportamento) e “dados” (características).

A seguir, no Quadro 2.1, apresentamos os principais conceitos do paradigma da orientação a objetos utilizados na modelagem do MUB/BH. Uma discussão mais detalhada foge ao escopo deste artigo. Para outros detalhes, o leitor pode consultar os seguintes trabalhos: Booch *et al.* [3], Coad e Yourdon [9], Furlan [13], Martin [16], Page-Jones [20], Paula Filho [21], Pressman [26], Rumbaugh *et al.* [28].

Quadro 2.1 – Principais conceitos da orientação a objeto. Fonte: Furlan[13]

Conceito	Definição
<i>Atributo</i>	Característica particular de uma ocorrência da classe.
<i>Classe</i>	Agrupamento de objetos similares que apresentam os mesmos atributos e operações. Um modelo para um objeto, que contém variáveis para descrevê-lo e métodos para descrever seu comportamento. Pode herdar atributos e métodos de outras classes.
<i>Especialização</i>	Atributos e operações diferentes de uma subclasse, acrescentando ou substituindo características herdadas da classe pai.
<i>Generalização</i>	A generalização indica que uma classe mais geral (superclasse) tem atributos, operações e associações comuns, compartilhados para classes mais especializadas (subclasses). Por sua vez, as subclasses herdam atributos, operações e associações da superclasse e agregam atributos e operações particulares ao elemento de especialização a que se referem.
<i>Herança</i>	Compartilhamento pela subclasse dos atributos e operações da classe pai. “É o mecanismo de reutilização de atributos e operações definidos em classes gerais para classes mais específicas, podendo ser usada para expressar tanto generalização como associação.”
<i>Objeto</i>	Elemento do mundo real. Um elemento ou instância de uma classe.
<i>Operação</i>	Lógica contida em uma classe para designar-lhe comportamentos.
<i>Subclasse</i>	Reúne características particulares de uma classe. Uma classe mais abaixo do que outra (superclasse) na hierarquia de classe. Sua criação, a partir de sua superclasse é chamada de “uso de subclasse”.
<i>Superclasse</i>	Uma classe acima de outra (subclasse) na hierarquia de classe. Cada classe só pode ter uma superclasse imediatamente acima dela.

Cabe ressaltar que o processo de modelagem é atividade criativa e não há uma solução única como resposta correta que possa ser verificada ao final de sua execução. É tarefa extensa, que exige a descrição de vários aspectos diferentes, incluindo o *funcional* (estrutura estática e interação dinâmica), *não funcional* (tempo de processamento, confiabilidade, produção) e *organizacional* (organização do trabalho, mapeamento e código). Cada visão pode ser descrita por diagramas que enfatizam um aspecto particular do sistema. Analisando-se o sistema através de visões diferentes, pode-se considerar um aspecto de cada vez.

Um problema encontrado no desenvolvimento de sistemas utilizando a orientação a objeto durante a década de 80 e início da década de 90 era a inexistência de notação padronizada, expressiva o suficiente para modelar qualquer tipo de aplicação e abrangente o bastante para ser utilizada durante todas as fases do desenvolvimento de *software* (e. g. análise de requisitos, análise de sistemas e desenho). A coexistência de várias notações, cada qual com seus próprios conceitos, gráficos e terminologias pode causar grande confusão, especialmente para aqueles que querem utilizar a orientação a objeto para criar modelos de qualidade que contribuam para a construção e manutenção de sistemas cada vez mais eficazes. A seção a seguir apresenta uma notação padronizada para o desenvolvimento orientado a objetos.

2.1 Linguagem de Modelagem Unificada (UML)

A Linguagem de Modelagem Unificada, no original *Unified Modeling Language* (UML), veio propor uma padronização de notações, constituindo-se em uma linguagem para especificação e documentação de artefatos de *software*. Pode ser utilizada em todas as etapas do ciclo de desenvolvimento de sistemas e para diferentes tecnologias de implementação, de forma que possibilita a confecção de determinados modelos que antes não eram possíveis com as notações empregadas pelos métodos existentes.

A UML conta com vários tipos de diagramas que descrevem vários aspectos de modelagem, cada qual com sua utilização específica [9, 13, 16 e 20]. Contudo, neste trabalho, iremos nos restringir aos *diagramas de classe*, gráficos bidimensionais que podem conter tipos, pacotes, relacionamentos, instâncias, objetos e vínculos (conexão entre dois objetos). Denotam a estrutura estática (sempre válida em todo o ciclo de vida do sistema) de um sistema enquanto as classes representam as “coisas” manipuladas por este sistema.

Pode-se utilizar diagramas de classe para mostrar informações a partir de diversas perspectivas de modelagem. Por restrição de escopo, somente diagramas de classe na perspectiva *essencial* (onde os conceitos são apresentados a partir do problema do negócio, sem se referir à tecnologia de implementação) serão detalhados neste trabalho.

Os *diagramas de classe* da UML proporcionam três estruturas importantes da orientação a objeto: *herança* (Quadro 2.1), *associação* e *associação todo/parte*.

Na UML, a *generalização* (Quadro 2.1) é indicada por uma seta com ponta não preenchida (ou aberta), cujo sentido indica que uma subclasse (herança mais específica) se refere à sua superclasse (herança mais genérica), ou seja, o sentido de referência da seta é ascendente na hierarquia de classes.

Restrições são um mecanismo de extensibilidade da UML que indicam relacionamento semântico entre elementos do modelo, e especificam condições e proposições que devem ser mantidas como verdadeiras. A UML indica *propriedades de particionamento* de subclasses com um termo extraído de cada um dos seguintes pares: *disjunção/sobreposição*, *completo/incompleto*. O Quadro 2.2 resume as restrições para a generalização/especialização. A Figura 2.1 exemplifica a notação para generalização/especialização utilizando discriminadores de restrição, que indicam o critério do particionamento.

Quadro 2.2 – Restrições para generalização/especialização

Restrição	Uso
Sobreposição	Subclasses derivadas de uma superclasse podem ocorrer simultaneamente para uma mesma ocorrência da superclasse.
Disjunção	Subclasses derivadas de uma superclasse podem ocorrer de maneira mutuamente exclusiva para uma mesma ocorrência da superclasse.
Completo	Todas as subclasses foram especificadas, mostradas ou não. Não se espera nenhuma subclasse adicional.
Incompleto	Algumas subclasses foram especificadas mas a lista está incompleta, por não ser conhecida.

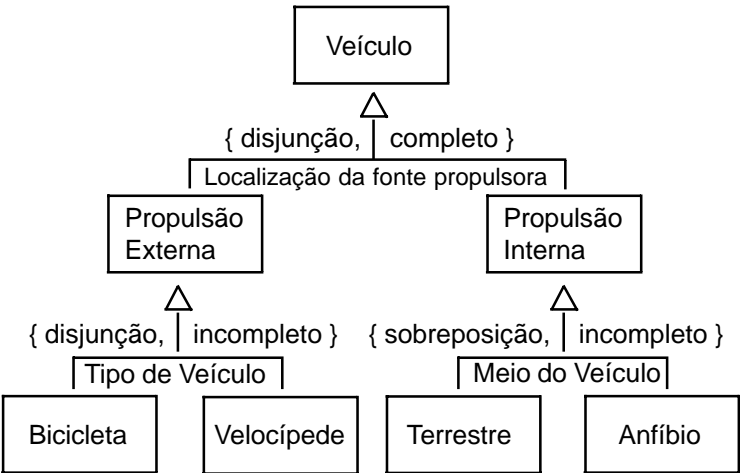


Figura 2.1 – Hierarquia de herança com discriminadores

Em UML, uma *associação* é um relacionamento conceitual entre classes que descreve um conjunto de conexões semânticas entre objetos envolvidos de acordo com o negócio que está sendo modelado. A associação é representada como uma linha entre duas ou mais classes. O nome da associação aparece sobre a linha.

A *multiplicidade* das associações aparece nos finais de cada linha, na forma “mínimo..máximo”, onde mínimo e máximo são números inteiros, zero, um ou asterisco (indicando que são muitas ocorrências). A multiplicidade é a cardinalidade da associação e corresponde à noção de obrigatório, opcional, um-para-muitos ou muitos-para-muitos, conforme mostrado na Figura 2.2.

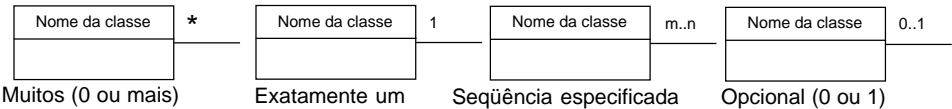


Figura 2.2 – Multiplicidade

As *associações todo/parte* são muito úteis na orientação a objeto e no cotidiano e se manifestam de duas formas na UML: *composição* (Figura 2.3) e *agregação* (Figura 2.4).

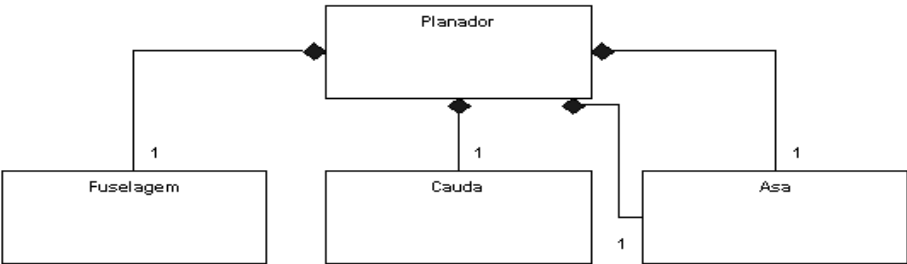


Figura 2.3 - Um planador é composto de fuselagem, cauda e duas asas (direita e esquerda)

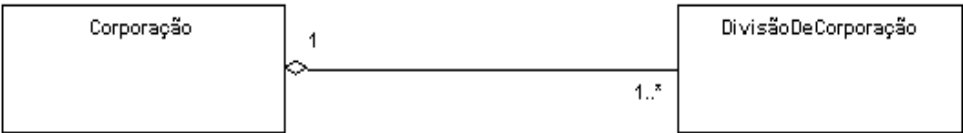


Figura 2.4 – Uma corporação é uma agregação de diversas divisões

A notação para a associação entre o *objeto composto* e cada um de seus *componentes* é uma linha (que liga as duas classes) com um pequeno diamante preto na extremidade próxima ao objeto composto.

A notação para a associação de agregação é uma linha (que liga o *agregado* e o *constituente*) com um diamante em branco na extremidade do objeto agregado.

Outro tipo de associação previsto pela UML é a *dependência*. Indica relacionamento semântico entre elementos do modelo (um independente e outro dependente), onde uma mudança no elemento independente afetará o elemento dependente. A classe cliente é dependente de alguns serviços da classe fornecedora, mas não há dependência estrutural interna entre elas. A figura 2.5 exemplifica o relacionamento de dependência entre as classes A e B.

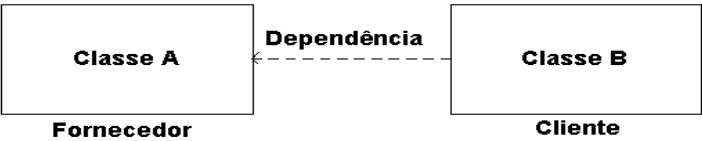
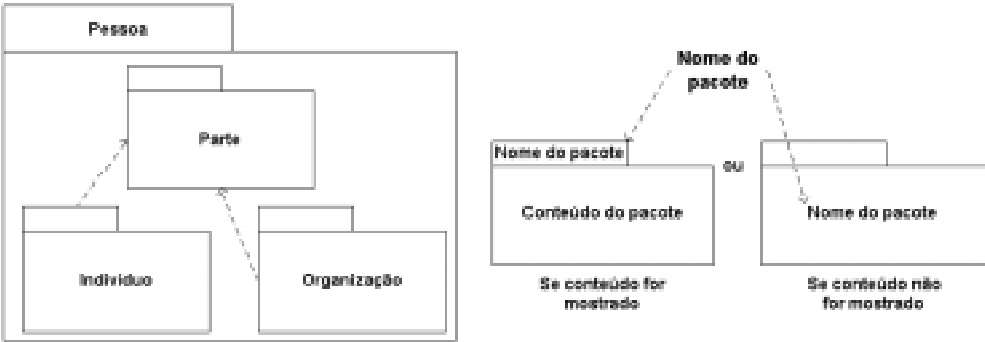


Figura 2.5 – Notação de dependência

O último conceito da UML a ser apresentado é o de pacotes. Um *pacote* pode agrupar classes e suas interfaces relacionadas e/ou qualquer outro elemento. Útil para manipular grandes porções de um sistema, é um mecanismo para organizar elementos do modelo em grupos, podendo estar aninhado (subordinado) em outros pacotes. O símbolo de pacote pode ser visto na Figura 2.6, sendo que seu nome aparecerá na aba (se seu conteúdo for mostrado no retângulo) ou dentro do retângulo (se seu conteúdo não for exibido). Se houver dependência entre duas ou mais classes de pacotes diferentes, também haverá dependência entre estes pacotes.



3. TÉCNICA DE MODELAGEM DE OBJETOS ESTENDIDA PARA OBJETOS GEOGRÁFICOS (OMT-G)

A técnica OMT-G fornece primitivas para modelar a geometria e a topologia dos dados geográficos. Todas as subclasses georreferenciadas têm um símbolo com significado próprio que incorpora sua natureza e geometria (Figura 3.1). O modelo se destaca por sua capacidade gráfica e representativa.

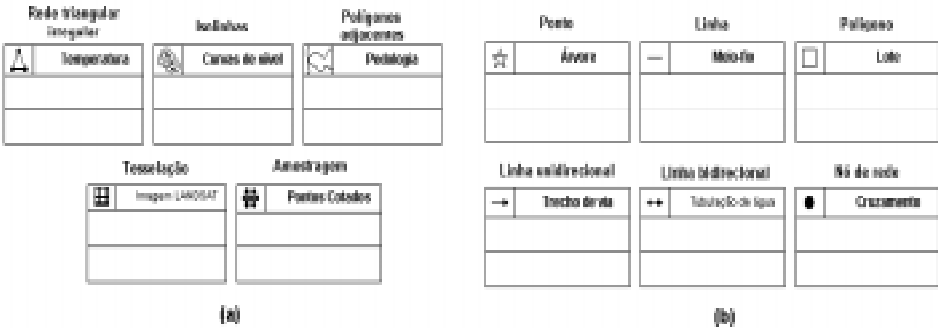


Figura 3.1 – Notação OMT-G para classes do tipo geo-campo (a) e geo-objeto (b)

No *diagrama de classes*, o mais usual da orientação a objeto, todas as classes são especificadas, bem como suas representações e relacionamentos. No modelo OMT-G, o diagrama de classes é usado para descrever a estrutura e o conteúdo de um banco de dados geográfico. Ele contém elementos específicos da estrutura do banco de dados, em especial classes de objetos e seus relacionamentos. O diagrama de classes contém apenas regras fixas e descrições que definem, conceitualmente, como os dados devem ser estruturados, incluindo informação sobre a representação que deve ser adotada para cada classe.

No caso da notação OMT-G para *generalização/especialização convencional*, o triângulo que conecta a superclasse à(s) sua(s) subclasse(s) é deixado em branco quando as subclasses são disjuntas e preenchido se as subclasses puderem se sobrepor. Ainda, se a especialização for total, é colocada uma bolinha preta sobre o triângulo. Estas notações podem ser verificadas na Figura 3.2.

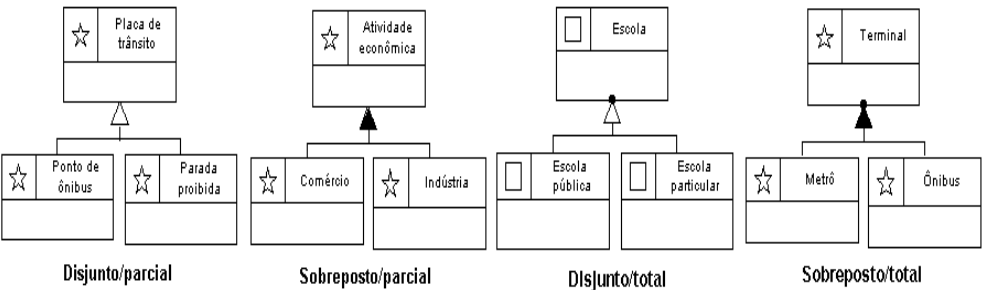


Figura 3.2 – Exemplos de generalizações no OMT-G

No caso da notação OMT-G para *generalização cartográfica*, o quadrado que conecta a superclasse às suas subclasses é deixado em branco quando as subclasses são disjuntas e preenchido se puderem se sobrepor. Não há notação específica para mostrar se a generalização é parcial ou total. Um discriminador indica se a generalização cartográfica se dá pela forma ou pela escala. A Figura 3.3 mostra estas notações.

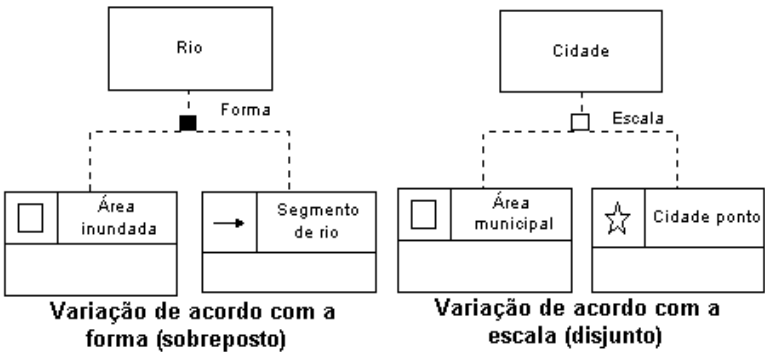


Figura 3.3 – Exemplos de generalização cartográfica no OMT-G

3.1 Notação alternativa

As notações OMT-G utilizadas para generalização convencional e generalização cartográfica constituem um desvio do padrão existente para representação de generalizações em UML, podendo confundir o desenvolvedor acostumado com a Linguagem de Modelagem Unificada. Uma vez que a comunicação entre diferentes desenvolvedores é uma das principais motivações para padronizar uma notação, para compatibilizar o OMT-G com a UML, uma notação alternativa poderia ser considerada para as generalizações convencional e cartográfica do modelo OMT-G, de acordo com o que as figuras 3.4 e 3.5 sugerem.

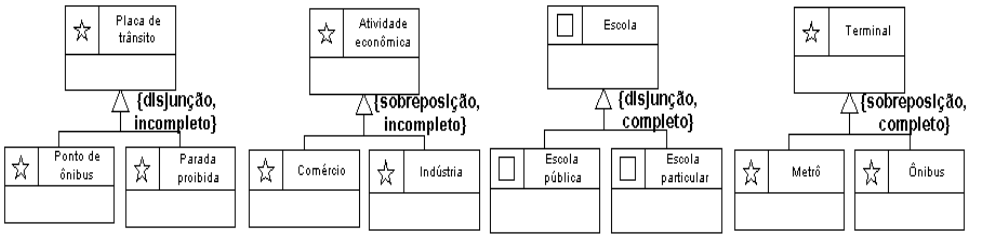


Figura 3.4 – Alternativa UML para a notação OMT-G de especialização convencional

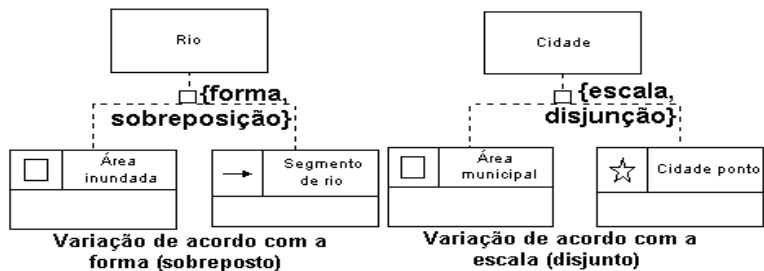


Figura 3.5 – Alternativa UML para a notação OMT-G de generalização cartográfica

Em UML, somente se utiliza a técnica do preenchimento para o losango que indica composição (seção 2, Figura 2.3), distinguindo-o do losango indicativo de agregação (seção 2, Figura 2.4). Assim, para indicar as restrições, sugere-se utilizar os discriminadores, como demonstrado nas figuras 3.4 e 3.5, deixando o triângulo da generalização convencional sem preenchimento e sem ponto cheio sobre si e o quadrado da generalização cartográfica sem preenchimento.

Durante a modelagem do MUB/BH, houve a necessidade de definir pacotes de classes e suas dependências, sendo que, em alguns casos, havia apenas uma dependência de natureza espacial. Tornou-se necessário, então, indicar uma dependência espacial genérica, como mostrada na Figura 3.6, através do discriminador *{geo}*. Na Figura 3.6, há uma dependência espacial entre o pacote Quadras e o pacote Lotes, uma vez que a classe Quadra_Ctm (pertencente ao pacote Quadras) é uma agregação espacial de Lote_Area (classe pertencente ao pacote Lotes). A outra dependência mostrada na Figura 3.6 se refere a uma dependência convencional, relativa à associação entre a classe Lote e Quadra_Ctm, pois um Lote pertence a uma Quadra_Ctm. A identificação da Quadra_Ctm faz parte da identificação do Lote (chave). Esses relacionamentos podem ser visualizados mais detalhadamente nos modelos apresentados na próxima seção.



Figura 3.6 – Exemplo de notação de dependência espacial e convencional entre pacotes, adotada neste trabalho

4. DIAGRAMA DE CLASSES DO MUB/BH

Como já mencionado, o MUB/BH é muito importante para o município por ser formado pelas classes de informação de interesse geral que retratam a planta básica da cidade, ou seja, possui as classes essenciais ou fundamentais para a visualização da cidade. Suas classes são utilizadas por diversos grupos de usuários e áreas de aplicação, mas atualizadas pela *Supervisão do Cadastro Técnico Municipal* da Gerência de Setor de Informações Urbanas Básicas (SIUS-PB) da Prodabel. De acordo com essa equipe, foram definidas as camadas que comporiam o MUB/BH e sua classificação em categorias. Estas camadas devem ser migradas, prioritariamente (do

atual *software* SIG, o APIC [1], para o Oracle Spatial Data [19]) devido ao projeto de modernização dos sistemas legados (tributário, arrecadação e gestão urbana) que necessitam de dados espaciais. O resultado desses trabalhos foi tomado como base para a determinação dos pacotes e diagramas de classe do MUB/BH. As seções a seguir apresentam o processo de modelagem e um resumo do modelo.

4.1 Modelagem do MUB/BH

Os trabalhos de modelagem seguiram as seguintes etapas indicadas no Quadro 4.1, apresentado a seguir.

Quadro 4.1 – Etapas de modelagem

Nº	Etapas	Comentários
1	Análise da lista de camadas do MUB/BH	Foram classificadas, para a compreensão de cada uma das classes, sua primitiva geográfica e seus relacionamentos. Nesta etapa, algumas alterações de representação geográfica foram sugeridas, por estarem mais próximas do objeto real.
2	Levantamentos junto às equipes do SIUS-PB e SRUS-PB	Realizados para tirar dúvidas sobre as camadas (conceito, significado, relacionamento, classificação, representação geográfica, entre outras). O tempo gasto nesta etapa foi muito superior ao inicialmente previsto devido às diferentes visões (entendimentos) que surgiam para as mesmas camadas. Esta etapa permeou todo o processo, coexistindo com todas as demais fases aqui descritas.
3	Seminário com as equipes	Para unificar os conceitos e tomar decisões relativas ao modelo das classes, planejou-se a realização de um seminário.
4	Agrupamento de camadas por categoria	As categorias determinaram os pacotes. Nesta etapa, algumas alterações de classificação foram sugeridas.
5	Tomada de decisão sobre modelo	Decidiu-se pela confecção de um modelo voltado para a realidade observada (que deve ser implantada) e não para os moldes antigos da base espacial existente, ou seja, alterando feições de algumas classes, para que estejam mais próximas dos objetos reais observados.
6	Particionamento do pacote CTM	Foi particionado em subpacotes menores para facilitar a modelagem.
7	Modelagem de cada pacote, com suas classes e os relacionamentos entre elas	Algumas classes se relacionavam com classes de outros pacotes, surgindo a necessidade de representação de dependência entre pacotes, conceito não definido no OMT-G.
8	Determinação da ferramenta (<i>software</i>) a ser utilizada para documentação do modelo	A ferramenta CASE ⁵ [26] utilizada pela Prodabel, System Architect [22, 23, 24], não estava customizada para este tipo de modelagem. Optou-se por utilizar uma customização desenvolvida para o VISIO [25], até que o System Architect fosse customizado. A ferramenta adotada apresentou alguns problemas que comprometeram a produtividade mas, com relação às representações, se mostrou adequada.
9	Criação de superclasses e de subclasses	Utilizamos generalizações e especializações quando julgamos que alcançaríamos maior clareza na modelagem.
10	Realização de reuniões com a autora do modelo OMT-G	Verificar a compatibilidade entre o modelo produzido e a técnica de modelagem. Estas reuniões contaram com a participação de outras pessoas da área e tiveram como objetivo uma pré-validação do modelo.
11	Realização de dois seminários de revisão	Os seminários tiveram a participação de todos os funcionários da área indicados para a validação do modelo (revisão técnica).
12	Término do modelo de dados georreferenciados	Foram acrescentados os atributos de acordo com a documentação do banco de dados geográfico atual, o APIC. Como estes atributos ainda não haviam sido validados até a finalização deste trabalho, não foram incluídos no modelo aqui apresentado.
13	Complementação do modelo	Classes convencionais (alfanuméricas) do Sistema de Informações Urbanas (SIUR) foram, então, acrescentadas ao modelo.

⁵ CASE (*Computer Aided System Engineering*) designa um conjunto de ferramentas de apoio ao desenvolvimento de *software*. Neste trabalho, nos referimos àquelas utilizadas nas atividades de especificação e/ou de codificação.

A etapa 7 determinou a utilização da notação UML para dependência entre pacotes, que, contudo, não se mostrou adequada. Às vezes, classes georreferenciadas mantêm dois tipos de relacionamento entre si (um convencional e outro espacial), podendo ser ambos no mesmo sentido ou em sentidos opostos. Isso foi resolvido, neste trabalho, usando-se duas setas. No caso de o relacionamento ser espacial, não está prevista uma notação que o diferencie do relacionamento convencional (ambos são representados por linha tracejada). Neste trabalho, optou-se por acrescentar o discriminador *{geo}* para diferenciá-lo (conforme discutido na seção 3.1 e mostrado na Figura 3.6).

Os seminários de revisão da etapa 11 resultaram na exclusão de algumas camadas, na inclusão de outras, até então fora do MUB/BH, ou na união de duas camadas distintas em apenas uma. Repetiram-se aqui problemas que foram encontrados em todas as etapas de levantamento para a modelagem: a falta de uma visão unificada por parte do SIUS-PB e SRUS-PB quanto à necessidade de algumas camadas, quanto à compreensão de conceitos, quanto à representação geográfica de alguns objetos, quanto a alguns relacionamentos entre camadas, etc. Diante dessas dificuldades e do prazo para apresentação de um modelo, o resultado apresentado ao término da etapa foi arbitrado (quando necessário) com base nas discussões realizadas e na experiência.

4.2 Modelo do MUB/BH

A seguir, apresentamos breves descrições e modelos dos pacotes do MUB/BH, de um de seus subpacotes, o CTM, e o modelo de um dos subpacotes do CTM (Macro-Divisões), exemplificando a utilização da OMT-G e UML na modelagem de dados espaciais. Por restrição de escopo, o modelo completo não será apresentado aqui.

O MUB/BH é composto por:

- Classes do sistema de endereçamento (SIUR⁶) [18, 27], desenvolvido e mantido pela Gerência de Setor de Informática em Regulação Urbana (SRUS-PB) da Prodabel;
- Classes do Cadastro Técnico Municipal (CTM) [14, 27], que registram a estruturação do uso do solo urbano (setores, quadras, lotes) e efetiva um canal de ligação entre a estrutura tributária e a estrutura decorrente do processo de aprovação de loteamentos;
- Classes de unidades espaciais de referência de uso geral, como divisas oficiais do município e subdivisões da cidade (regionais, bairros, setores do CTM);
- Classes de dados cartográficos restituídos, como elementos físicos visualizáveis em imagens aéreas, elementos urbanos (muros, cercas, edificações, praças, canteiros, jardins etc.), elementos de infra-estrutura urbana (meio-fios, postes, linhas de transmissão, subestações, adutoras etc.), elementos físico-ambientais (rios, lagos, árvores, áreas verdes, relevo etc.), elementos cartográficos (marcos de referência horizontal e vertical, pontos de apoio etc.);

⁶ Sistema legado que permite dar manutenção nos dados alfanuméricos de bairros, logradouros, quadras, lotes, infra-estrutura, parâmetros da lei, CEP, entre outros.

- Classes de dados demográficos e acervo de imagens.

As camadas do MUB/BH foram agrupadas por categoria, dando origem a pacotes. Quando houver um relacionamento entre classes de pacotes diferentes, haverá uma dependência entre esses pacotes. Os pacotes são descritos no Quadro 4.2. Por sua vez, a Figura 4.1 mostra os pacotes do MUB/BH e os relacionamentos de dependência entre eles.

Observamos que o tratamento de históricos não é representado no modelo, uma vez que as definições não haviam sido concluídas até a finalização deste trabalho. Quanto às camadas Limite_Município (1985) e Limite_Município_Vigente (2001), trata-se de versão, não de histórico, pois são camadas estáticas, que não sofrem manutenções. Assim sendo, a camada Limite_Município retrata o contorno da cidade de Belo Horizonte de 1985, enquanto a camada Limite_Município_Vigente retrata o contorno da cidade válido a partir de 2001. Não há alterações nessas camadas. A situação das demais camadas é bem diferente, uma vez que sofrem atualizações constantes. Seria necessário armazenar um histórico de cada uma delas, a cada atualização.

Quadro 4.2 – Breve descrição dos pacotes do MUB-BH

Pacote	Descrição
<i>CTM</i>	Classes do Cadastro Técnico Municipal de Belo Horizonte e seus relacionamentos.
<i>Energia</i>	Classes relativas ao fornecimento de energia elétrica do município e seus relacionamentos.
<i>Hidrografia Básica</i>	Classes relativas à hidrografia do município (conjunto de águas estáveis ou correntes) e seus relacionamentos.
<i>Obra Pública</i>	Classes oriundas de obras realizadas pelo Poder Público no município.
<i>Planialtimétrico</i>	Classes relativas à planimetria e altimetria do município.
<i>Telecomunicação</i>	Classe relativa a torres que suportam antenas utilizadas na transmissão de sinais de telefones celulares.
<i>Transporte Básico</i>	Classes relativas à infra-estrutura necessária aos meios de transporte (ferroviário e aéreo) do município.

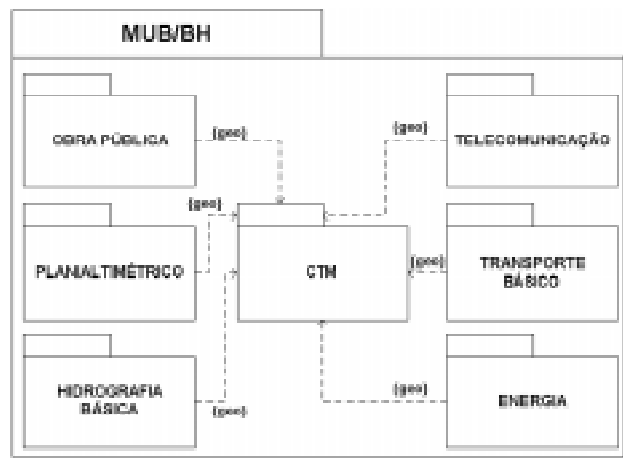


Figura 4.1 – Pacotes do MUB-BH com dependências espaciais

Quadro 4.3 – Breve descrição dos subpacotes do pacote CTM

Pacote	Descrição
Aprovações	Classes relativas a projetos e plantas de parcelamento do solo do município.
Edificações	Classes relativas às edificações do município e seus relacionamentos.
Infra-estrutura	Classes relativas à infra-estrutura urbana oferecida aos lotes do município, tais como redes de água, luz, telefone e esgoto, pavimentação, meio-fio etc.
Logradouros	Classes relativas aos logradouros (e. g. ruas, praças, avenidas, passarelas, pontes, viadutos, túneis, trincheiras etc.) do município e seus relacionamentos.
Lotes	Classes aos lotes do município (bem como suas divisas, frentes, ocupações etc.) e seus relacionamentos.
Macro Divisões	Classes relativas a grandes divisões espaciais da cidade (e. g. distritos, regionais, setores, bairros) e seus relacionamentos.
Malha Viária	Classes relativas à malha viária (conjunto de vias) do município e seus relacionamentos.
Parâmetros da Lei	Classes relativas aos parâmetros da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo válidos para o município, tais como área de risco, área de tombamento e seu entorno, área de diretrizes especiais, zonas de uso etc.
Quadras	Classes relativas aos quarteirões do município e seus relacionamentos.

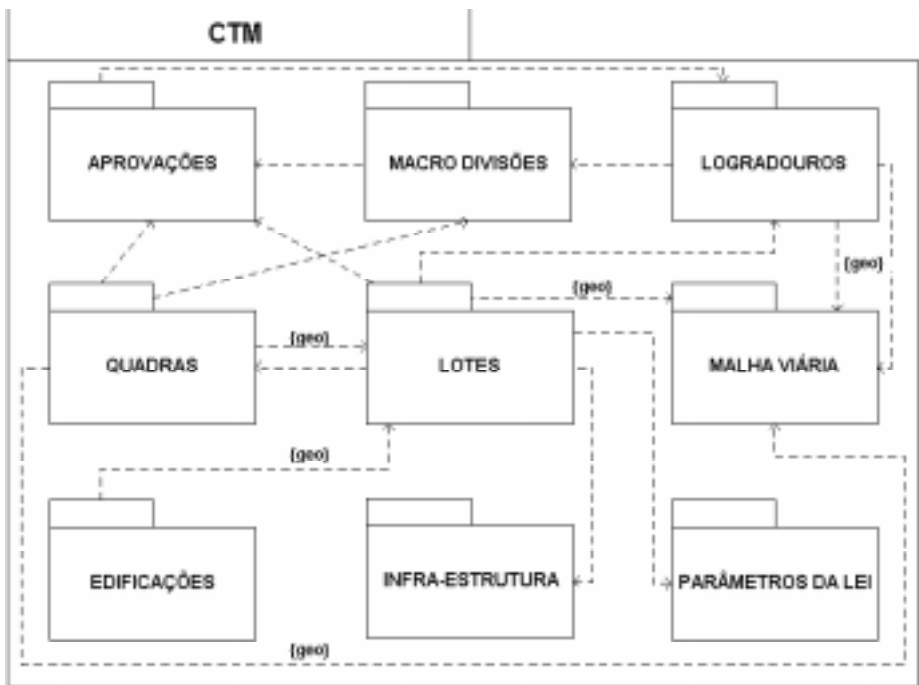


Figura 4.2 – Subpacotes do pacote CTM com dependências convencionais e espaciais

Quadro 4.4 – Breve descrição da classes que compõem o pacote Macro Divisões

Classe	Descrição	Representação
<i>Articulacao</i>	Articulação da planta de referência cadastral (Sistema Geodésico Sul Americano SAD-69).	Polígono
<i>Articulacao_1_1000</i>	Articulação da planta de referência cadastral na escala 1:1000 (Sistema Geodésio Sul Americano SAD69).	Polígono
<i>Articulacao_1_2000</i>	Articulação da planta de referência cadastral na escala 1:2000 (Sistema Geodésio Sul Americano SAD69).	Polígono
<i>Articulacao_1_5000</i>	Articulação da planta de referência cadastral na escala 1:5000 (Sistema Geodésio Sul Americano SAD69).	Polígono
<i>Bairro</i>	Divisão espacial da cidade. Polígonos fechados que representam cada uma das partes em que se divide a cidade, para uma orientação mais precisa das pessoas e controle administrativo mais fácil dos serviços.	
<i>Bairro_Nome_Anterior</i>	Nomes que o bairro teve antes do nome atualmente adotado.	Alfanumérico
<i>Bairro_Nao_Oficial</i>	Loteamento não aprovado, implantado antes da vigência da Lei Federal 6766/79. Bairro ilegal, oficioso ou clandestino.	Polígono
<i>Bairro_Objeto</i>	Especialização Cartográfica de Bairro, pela forma, sendo representado como geo-objeto. Generalização de Bairro_URBS e Zona_Fiscal.	Polígono
<i>Bairro_Oficial</i>	Delimitação de agrupamentos de quarteirões conforme denominações específicas atribuídas em plantas de parcelamento aprovadas.	Polígono
<i>Bairro_Popular</i>	Denominação existente para um bairro, em planta particular ou documentação, diferentemente do que indica a planta aprovada. Referência de denominação generalizada de uma região, dada pela população local. Especialização Cartográfica de Bairro, pela forma, sendo representado por geo-campo.	Polígonos adjacentes
<i>Bairro_Urbs</i>	Delimitação de agrupamentos de quarteirões/quadras conforme plantas aprovadas e/ou não aprovadas.	Polígono
<i>Distrito_Municipal</i>	Divisão administrativa do município [12].	Polígono
<i>Limite_Municipio_Vigente</i>	Limite do Município de Belo Horizonte, definida em 2001 pelo IGA (Instituto de Geociências Aplicadas).	Polígono
<i>Limite_Municipio</i>	Limite do Município de Belo Horizonte, segundo definição na Lei de Ocupação e Uso do Solo de 1985. Polígono adjacente que representa uma circunscrição administrativa autônoma da cidade de Belo Horizonte.	Polígono
<i>Regional</i>	Limite identificador das administrações regionais de BH.	Polígono

esses modelos traz facilidades à integração desses sistemas ao novo SIG a ser implantado na Prodabel.

Também observamos, na prática, que as características dos dados geográficos tornam a modelagem mais complexa que a modelagem convencional, mas o esforço é compensado pela completeza do modelo produzido: foi possível documentar conceitualmente um esquema de banco de dados geográfico, em que geometria e topologia são relevantes, bem como as relações espaciais entre os objetos, que decidem o processo de entrada de dados e análise das entidades. A documentação produzida também irá contribuir para aumentar o grau de manutenibilidade dos novos sistemas computacionais a serem produzidos pelos projetos de modernização.

Como há pouca documentação disponível sobre a aplicação prática desse tipo de modelagem, este trabalho pretende ser uma contribuição para futuros modelos conceituais sobre informações urbanas ou até mesmo outros dados temáticos de interesse do Poder Público (saúde, educação, segurança etc.). Observe-se que as técnicas de modelagem descritas neste trabalho também podem ser úteis para a iniciativa privada, especialmente no que se referir a temas como logística (rotas), telecomunicações, comércio (localização), energia elétrica, entre outros.

Finalmente, discutimos a seguir algumas sugestões para trabalhos futuros:

- Definição do tratamento para dados históricos do MUB/BH.
- Modelagem dos demais ambientes do APIC, referentes aos dados temáticos: limpeza urbana, educação, saúde, transporte e trânsito etc., com a devida documentação e referência às dificuldades e soluções encontradas.
- Mapeamento do modelo conceitual OMT-G para o modelo lógico e, deste, para o esquema objeto-relacional de banco de dados Oracle Spatial [19], caracterizando as restrições existentes nos mapeamentos. Ao mesmo tempo, mapear as classes da especificação para o desenho e implementação em uma linguagem de programação orientada a objetos, como Java [15].
- Desenvolvimento de customização da ferramenta CASE oficialmente adotada no âmbito da PBH/Prodabel (System Architect) [22, 23, 24] para facilitar o mapeamento conceitual - lógico - físico e criação do banco de dados.
- Estabelecer ou adaptar um método orientado a objeto para completar a especificação de requisitos funcionais para o MUB/BH, e aplicá-lo a fim de estabelecer quais são as funções que o SIG deve suprir para a atualização cadastral.
- Estender a OMT-G para detalhar a notação para relacionamentos (dependências) espaciais em pacotes e as notações com discriminadores para especialização e generalização geográficos.

An Object-Oriented Modeling for Belo Horizonte's Urban Base Map (MUB/BH)**KEYWORDS**

GIS – Spatial data modeling – Object Oriented Modeling – UML – OMT-G

ABSTRACT

The municipal administration of Belo Horizonte, Brazil, has developed a set of urban information for multiple applications, a so-called base map (Mapa Urbano Básico de Belo Horizonte - MUB/BH). The base map includes information about districts, blocks, streets, buildings and so on. Nowadays, it is used by several information systems developed by the local government IT company - Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S/A (Prodabel). However, there is a clear separation between alphanumeric and geographic data in these systems. In addition, the underlying models are not sufficiently documented, so it is not easy to perform automatic consistency checking during the information updating process. The increasing demand for a new tax collection and urban management system raised a new opportunity to build data models that could show relationships between alphanumeric and geographic data. This paper presents the procedures that have been adopted for the conceptual modeling of MUB/BH, employing two formal models: UML, used for some aspects (packing, layers) and OMT-G, used in geographic modeling. It also presents the difficulties found and solutions adopted in order to develop this conceptual model.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APIC SYSTÈMES, Manual de Utilisateur APIC version 3.3. APIC SA, Lyon, França, 1997.
- BERTINI, G. DA C. *Uma Modelagem Orientada a Objeto para o Mapa Urbano Básico de Belo Horizonte (MUB/BH)*. Belo Horizonte, 2003. Monografia - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (Instituto de Relações do Trabalho), em parceria com a Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S.A.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. *UML Guia do Usuário*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000.
- BORGES, K. A. de V. *Modelagem de Dados Geográficos: Uma Extensão do Modelo OMT para Aplicações Geográficas*. Belo Horizonte, 1997. Dissertação (Mestrado) - Escola de Governo de Minas Gerais, Fundação João Pinheiro.
- CÂMARA, G.; DAVIS JÚNIOR, C. A.; MONTEIRO, A. M. V. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. Obtida via Internet. <http://www.dpi.inpe.br/~gilberto/livro/>, acessado em 1º de dezembro de 2001.
- CARDOSO, H. M.; CÉZAR NETO, J.; GATTEI, C. Plano de Trabalho para o Projeto Sistema Integrado de Arrecadação Tributária e Urbana de Belo Horizonte. Belo Horizonte. Prodabel. 2001. (Relatório Técnico Interno).

CARDOSO, H. M.; CÉZAR NETO, J.; GATTEI, C. (org.). Termo de Referência do Sistema Integrado de Arrecadação Tributária e Urbana de Belo Horizonte. Belo Horizonte. Prodabel. 2001. (Relatório Técnico Interno).

CÉZAR NETO, J.; OLIVEIRA, P. A.; RIZZO NETO, A.; SANT'ANNA, M. L. (org.). Plano de Trabalho para o Projeto Modernização do Geoprocessamento na Prodabel. Belo Horizonte. Prodabel. 2001. (Relatório Técnico Interno).

COAD, P.; YOURDON, E. *Análise baseada em objetos*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992.

DAVIS JÚNIOR, C. A. *Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos*. Belo Horizonte, 2000. Dissertação (Doutorado) - Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Minas Gerais.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. *Fundamentals of Database Systems*. Redwood City: Benjamin/Cummings, 1994.

FERREIRA, A. B. de H. *Minidicionário Aurélio*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1989.

FURLAN, J. D. *Modelagem de Objetos através da UML. Análise e Desenho Orientados a Objeto. The Unified Modeling Language*. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1998.

GOMES, A. C. dos R. *A Representação do Lote CTM no Geoprocessamento de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 2000. Monografia - Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

LEMAY, L., CADENHEAD, R. *Java 1.2. Aprenda em 21 Dias*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1999.

MARTIN, J. *Princípios de análise e projeto baseados em objetos*. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

META INFORMÁTICA. *Adabas for UNIX*. Belo Horizonte, 1996.

OLIVEIRA, C. M. *Manutenção da Nomenclatura de Logradouros e Numeração de Endereços no Geoprocessamento de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 2001. Monografia - Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

ORACLE CORPORATION. *Oracle Spatial User's Guide and Reference*. Release 8.1.7. Setembro de 2000.

PAGE-JONES, M. *Fundamentos do Desenho Orientado a Objeto com UML*. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 2001.

PAULA FILHO, W. de P. *Engenharia de Software. Fundamentos, Métodos e Padrões*. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora, 2001.

POPKIN SOFTWARE & SYSTEMS, INC. *System Architect Extensibility Guide*. Publication n° 7.0070. Copyright 2000.

POPKIN SOFTWARE & SYSTEMS, INC. *System Architect Tutorial*. Publication n° 7.0160. Copyright 2000.

POPKIN SOFTWARE & SYSTEMS, INC. *System Architect. Installation Guide & Quick Start*. Publication n° 5.0165. Copyright 1986-1999.

PORTAL OMT-G. *Um modelo de dados orientado a objeto para aplicações geográficas*. Obtido via Internet. <http://www.omtg.hpg.ig.com.br/>, acessado em 09/10/2002.

PRESSMAN, R. S. *Engenharia de Software*. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda, 1995.

RIZZO NETO, A.; REIS, L. C. dos. Manual de Quadras. Belo Horizonte. Cadastro Técnico Municipal - Prodabel, 1999. (Relatório Técnico Interno).

RUMBAUGH, J.; BLAHA, M.; PREMERLANI, W.; EDDY, F.; LORENSEN, W. *Object-Oriented Modeling and Design*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1991.

SOFTWARE AG OF NORTH AMERICA, INC. Adabas Concepts & Facilities Training Workbook. 1982.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à equipe do SIUS-PB, em especial a Ângelo Rizzo Neto, pela colaboração na realização deste projeto. E também a Marcelo Leone Sant'Anna e Pedro Alves de Oliveira.

Os autores agradecem à Prodabel pela oportunidade de divulgação deste trabalho.

Os autores agradecem a todas as contribuições que enriqueceram o modelo final.

Os autores registram e agradecem o apoio de Karla A. V. Borges.

SOBRE OS AUTORES

GLAUCIENE DA COSTA BERTINI

Técnica de informática da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte S.A. - Prodabel

Especialista em Análise de Sistemas pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Belo Horizonte

Especialista em Informática Pública pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais e Prodabel

Áreas de interesse: geoprocessamento, bancos de dados, modelagem de dados

JOEL CÉZAR NETO

Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Minas Gerais

Gerência geral de Sistemas de Informação da Assembléia Legislativa de Minas Gerais

Áreas de interesse: informática pública, bancos de dados, engenharia de software, geoprocessamento

