



**VII SINGEP**

Simposio Internacional de Gestao de Projetos, Inovacao e Sustentabilidade  
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317-8302

## **INTRODUÇÃO A MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO**

**DAYANA BRAINER DA SILVA FURTADO**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

**JANE DA CUNHA CALADO**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho

**CRISTIANO CAPELLANI QUARESMA**

UNINOVE – Universidade Nove de Julho



## INTRODUÇÃO A MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO

### Resumo

O Banco de Dados Geográfico [BDG] trata-se do componente de armazenamento dos Sistemas de Informação Geográfico [SIG's]. Os SIG's realizam o tratamento computacional de dados geográficos e possibilitam o estudo de fenômenos relacionados às suas distribuições espaciais. Ao apresentar conceitos básicos sobre os processos de modelagem conceitual de dados geográficos este artigo visa colaborar com os desenvolvedores destes sistemas para a elaboração de um projeto de um BDG mais adequado. Serão abordadas algumas etapas como o levantamento de requisitos, os processos de abstração relativos à modelagem conceitual de um BDG e como resultado uma breve apresentação do modelo Modelagem Orientada a Objetos Geográficos [GEO-OMT].

**Palavras-chave:** Sistema de Informação Geográfica [SIG]; Banco de Dados Geográficos [BDG]; Modelo conceitual de dados geográficos.

### Abstract

The Geographical Database is a Geographic Information System [GIS] storage component. The Geographic Information System does the computational processing of the geographic data and allows the phenomena's studying related to its spatial location. This article presents basic concepts about the steps of conceptual modeling of geographical database to help its developers and responsible to prepare a geographic database Project more appropriated. The concepts presents in this article are the requirements of geographical database, abstract processing of the conceptual modeling of geographical database and in the end a short presentation of the Geographic Object Modeling Technique [GEO-OMT].

**Keywords:** Geographic Information System [GIS]; Geographical Database; Conceptual Modeling of Geographical Database.

### 1 Introdução

Os Bancos de Dados Geográficos [BDG] não são comumente trabalhados pelos profissionais de Tecnologia da Informação, que, para tanto, dependem, em muitos casos, de profissionais multidisciplinares. A modelagem de dados geográficos possui peculiaridades que a diferencia dos modelos de dados convencionais, o que exige o devido conhecimento técnico. As peculiaridades dos BDG's apresentam-se, principalmente, quando são definidas as relações existentes entre elementos georreferenciados, ou seja, que possuem características geográficas e elementos convencionais.



Com a finalidade de colaborar com os diversos profissionais que atuam na área de geotecnologias e desejam alcançar um banco de dados mais adequado à aplicação que desejam desenvolver, este artigo tratará de questões representativas de um BDG por meio do processo de abstração. Este trabalho apresenta uma busca pelo entendimento das representações computacionais do espaço por meio de conceitos que facilitem a compreensão do processo de traduzir o mundo real para o ambiente computacional.

Dessa forma, para apresentar conceitos básicos de modelagem de BDG, buscou-se introduzir brevemente, na segunda seção deste artigo, conceitos sobre Geotecnologias, Sistemas de Informações Geográficas [SIG] e BDG. Na terceira seção é defendida a importância do levantamento de requisitos para a elaboração de um BDG que atenda aos objetivos do SIG a ser elaborado. Na quarta seção são tratados os conceitos relativos à modelagem de BDG enfatizando processos de abstração de dados. Na penúltima seção são apresentadas breves características do Modelagem Orientada a Objetos Geográficos [GEO-OMT], modelo desenvolvido com enfoque em dados geográficos. E, por fim, na última seção são apresentadas as considerações finais relacionadas à pesquisa.

## **2 Referencial Teórico**

Diante das dimensões territoriais do Brasil e a carência de informações sobre problemas urbanos, rurais, ambientais e informações necessárias a tomada de decisão as geotecnologias representam um enorme potencial, ao permitir o armazenamento em ambiente computacional de diversas informações relacionadas às suas distribuições geográficas.

As geotecnologias são consideradas disciplinas interdisciplinares, pois relacionam diretamente as tecnologias da informação às diversas ciências que possuem como linguagem comum o estudo de fenômenos espaciais. Por isso, sua difusão e disseminação influenciam de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento territorial.

Para tanto são utilizadas técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações georreferenciadas e por meio dos Sistemas de Informações Geográficas [SIG] são realizadas análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e Bancos de Dados Geográficos [BDG]. É comum encontrarmos a implementação da tecnologia antecedendo uma teoria sólida sobre a natureza da informação espacial. Esse tipo de ação evidencia a diversidade conceitual entre os SIG e dificulta o entendimento da estrutura do BDG.

### **2.1 Sistemas de Informações Geográficas [SIG]**

Somente em meados dos anos 1990 surgiram os primeiros trabalhos de fundamentação teórica dos SIG's. A especialização de profissionais em sistemas específicos dificulta a abordagem e fundamentação teórica destes sistemas. Por esse motivo, Câmara (1998) sugere o ensinamento e entendimento dos fundamentos teóricos gerais e não apenas o uso de um único sistema.

Segundo Câmara (2005), o termo SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. A principal diferença entre um SIG e um sistema de informação convencional está na sua capacidade de armazenar, tanto os atributos descritivos, como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos. As principais características de um SIG identificadas por Câmara (2005) são:



- Inserir e integrar, numa base de dados, informações espaciais provenientes de meio físico-biótico, de dados censitários, de cadastros urbano e rural, e outras fontes de dados como imagens de satélite e GPS;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados geográficos.

É possível encontrar SIG's em diversas áreas. Lisboa Filho (2001) cita as principais áreas de aplicação:

- Ocupação Humana – redes de infraestrutura; planejamento e supervisão de limpeza urbana; cadastramento territorial urbano; mapeamento eleitoral; rede hospitalar; rede de ensino; controle epidemiológico; roteamento de veículos; sistemas de informações turísticas; controle de tráfego aéreo; sistemas de cartografia náutica; serviços de atendimentos emergenciais;
- Uso da Terra – planejamento agropecuário; estocagem e escoamento da produção agrícola; classificação de solos e gerenciamento de bacias hidrográficas; planejamento de barragens; cadastramento de propriedades rurais; levantamento topográfico e planimétrico; mapeamento de uso da terra;
- Uso de Recursos Naturais – controle do extrativismo vegetal e mineral; classificação de poços petrolíferos; planejamento de gasodutos e oleodutos; distribuição de energia elétrica; identificação de mananciais; gerenciamento costeiro e marítimo;
- Meio Ambiente – controle de queimadas; estudos de modificações climáticas; acompanhamento de emissão de poluentes; gerenciamento florestal de desmatamento e reflorestamento;
- Atividades Econômicas – planejamento de marketing; pesquisas socioeconômicas; distribuição de produtos e serviços; transporte de matéria-prima.

Assim, conforme ilustrado pela Figura 1, a utilização do SIG implica em interpretar o mundo real por meio do nível conceitual de forma a embasar a escolha de representações computacionais que melhor capturam a semântica da aplicação para o qual está sendo destinado.

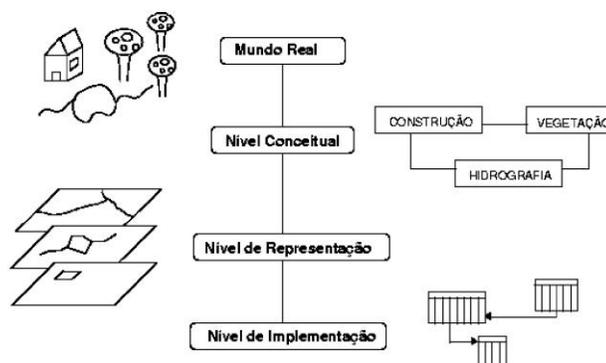


Figura 1. Aplicação de SIG  
Fonte: de "Borges, & Davis Jr. (2001)".



## 2.2 Banco de Dados Geográficos [BDG]

Um SIG também pode ser interpretado como uma tecnologia que representa um conjunto de estruturas de dados e algoritmos capazes de representar concepções de espaço (Câmara, & Monteiro, 2001). Dentro deste contexto, um BDG é considerado um componente de armazenamento dessas estruturas de dados e algoritmos de um SIG.

A estrutura de um BDG consiste em referenciar dados espaciais (ou georreferenciados) e dados não espaciais. Segundo Lisboa Filho (2001), um dado georreferenciado possui basicamente quatro aspectos:

- A descrição do fenômeno geográfico;
- Sua posição (ou localização) geográfica;
- Relacionamentos espaciais com outros fenômenos geográficos; e
- Instante ou intervalo de tempo em que o fenômeno existe ou é válido.

A Figura 2 demonstra genericamente objetos sendo referenciados em um mapa, utilizando atributos espaciais e não espaciais. As informações espaciais estão georreferenciadas, como ocorre, por exemplo, na localização de um lote urbano que, representado por uma geometria georreferenciada, está vinculado às informações não espaciais, ou seja, as informações descritivas, como, por exemplo, o código do cadastro de Imposto Territorial Urbano [IPTU] e o nome do proprietário do imóvel (Fornari, & Pinheiro, 2002).

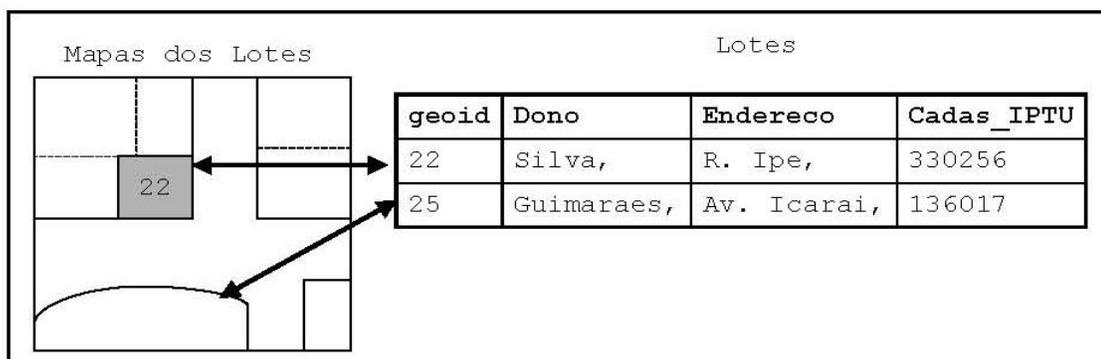


Figura 2. Representação de objetos referenciados em um mapa  
Fonte: de "Fornari, & Pinheiro, (2002)".

Dentro do contexto do exemplo ilustrado pela Figura 2, são definidos por Lisboa Filho (2001), três categorias de dados contidos em um SIG:

- Dados convencionais: atributos alfanuméricos usados para armazenar dos dados descritivos e temporais;
- Dados espaciais: atributos que descrevem a geometria, a localização geográfica e os relacionamentos espaciais;
- Dados pictóricos: dados que armazenam imagens sobre regiões geográficas, como por exemplo uma fotografia de uma cidade ou uma imagem de satélite.

A definição da estrutura do BGD deve preceder a entrada de dados, assim como ocorre em bancos de dados tradicionais. Uma das principais formas de organização de um ambiente de trabalho de um SIG se baseia no BDG (Câmara, & Monteiro, 2001), cujo esquema conceitual



está associado às entidades, indicando para cada tipo de dados seus atributos não-espaciais e as representações geométricas.

Segundo Lisboa Filho (2001), devido à complexidade das aplicações que são desenvolvidas a partir de um SIG, um dos problemas mais críticos no desenvolvimento desses sistemas tem sido projetar o BDG. Por esse motivo, na última seção deste artigo será abordado um modelo de dados de alto nível, também conhecido como modelo conceitual, para apoio a elaboração de um projeto de um BDG.

### **2.3 Levantamento e análise de requisitos para banco de dados geográficos**

As duas etapas que compõem o processo de planejamento de um banco de dados são: o levantamento e análise de requisitos e conceitos sobre modelagem semântica de BDG's.

O levantamento e a análise de requisitos são consideradas atividades preliminares que compõem o processo de planejamento de um sistema de um banco de dados. Nesta etapa, segundo Elmasri e Navathe (2011), são coletados requisitos detalhados, por meio da interação com usuários potenciais e grupos de usuários, para identificação de problemas, necessidades e expectativas quanto ao sistema em projeto.

### **2.4 Processo de levantamento de requisitos**

A etapa de levantamento de requisitos pode estar relacionada diretamente as regras de negócios ou a demanda interna da organização. Uma organização pode ser, por exemplo, uma secretaria ligada à administração municipal, uma empresa de saneamento básico, ou qualquer tipo de organização ou entidade que se utiliza de SIG para gerenciar ou administrar suas atividades ou negócios relacionados diretamente com o território.

O processo de levantamento de análise de requisitos norteiam e são imprescindíveis para a concepção de um projeto de banco de dados. Segundo Elmasri e Navathe (2011), nesta fase devem ser destacadas as seguintes atividades:

1. As principais áreas de aplicação e grupos de usuário que utilizarão o banco de dados ou cujo trabalho afetado por ele são identificados. Os principais indivíduos e comitês dentro de cada grupo são escolhidos para executar etapas subsequentes do levantamento e especificação de requisitos.
2. A documentação existente referente às aplicações é estudada e analisada. Outra documentação – manuais de política, formulários, relatórios e gráficos de organização – é revista para determinar se tem qualquer influência sobre o processo de levantamento e especificação de requisitos.
3. O ambiente operacional atual e o uso planejado da informação são estudados. Isso inclui a análise dos tipos de transações e sua frequência, bem como o fluxo de informações dentro do sistema. Características geográficas com relação aos usuários, origem de transações, destino de relatórios, e assim por diante, são estudados. Os dados de entrada e saída para as transações.
4. Respostas escritas aos conjuntos de perguntas às vezes são coletadas de usuários de banco de dados em potencial ou grupos de usuários. Essas perguntas envolvem as prioridades dos usuários e a importância que eles dão a várias aplicações. Os principais indivíduos podem ser entrevistados para ajudar na avaliação do valor da informação e no estabelecimento de prioridades.



Com base nesses quatro passos principais, pode-se verificar que o levantamento de requisitos e análises do BDG é uma fase preliminar e que ao estar relacionada a requisitos de dados e requisitos de processamento, requer muito tempo, pois depende de respostas a conjuntos de consultas realizadas a usuários, para o conhecimento das suas prioridades e a importância que atribuem à aplicação.

Por se tratar de um processo aparentemente informal, na tentativa de formalizar a expectativa do usuário, ou seja, estruturar esses requisitos, Elmasri e Navathe (2011) sugerem a utilização de técnicas de especificação de requisitos, como por exemplo a Análise Orientada a Objeto [OOA], os Diagramas de Fluxos de Dados [DFD's] e o detalhamento dos objetivos da aplicação. Esses métodos utilizam técnicas de diagramação para organizar e apresentar os requisitos de informação-processo.

### 2.5 Processo de análise de requisitos

O estudo preliminar a ser realizado pelo projetista do BDG na fase de análise de requisitos se baseia em fornecer elementos objetivos e claros, ou seja, de sentido único para o usuário, a fim de atender o contexto completo da aplicação, apresentando protótipos e exemplos que se aproximem do universo que deseja-se abstrair.

Dentro do contexto das variadas possibilidades a serem abordadas pelos SIG's e considerando os fatores associados à representação da realidade geográfica, a referência (Borges, & Davis Jr., 2001), baseada na experiência de modelagem de aplicações geográficas, relaciona os requisitos analíticos necessários a modelagem de um BDG, que são:

- Fornecer um alto nível de abstração;
- Representar e diferenciar os diversos tipos de dados envolvidos nas aplicações geográficas, tais como ponto, linha, área, imagem, etc;
- Representar tanto as relações espaciais e suas propriedades, como também as associações simples e de rede;
- Ser capaz de especificar regras de integridade espacial;
- Ser independente de implementação;
- Suportar classes georreferenciadas e classes convencionais, assim como os relacionamentos entre elas;
- Ser adequado aos conceitos natos que o ser humano tem sobre dados espaciais, representando as visões de campo e de objetos;
- Ser de fácil visualização e compreensão;
- Utilizar o conceito de níveis de informação, possibilitando que uma entidade geográfica seja associada a diversos níveis de informação;
- Representar as múltiplas visões de uma mesma entidade geográfica, tanto com base em variações de escala, quanto nas várias formas de percebê-las;
- Ser capaz de expressar versões e séries temporais, assim como relacionamentos temporais.

Durante esta seção buscou-se apresentar parâmetros para um planejamento mais consciente de um BDG. Os projetistas e seus colaboradores, na qual os responsáveis pelo BDG devem compreender a importância da fase de levantamento de requisitos na tentativa de abstrair com maior clareza a realidade a ser atingida pelo banco. Segundo Elmasri e Navathe (2011, p. 208), “a correção de um erro de requisitos é mais dispendiosa do que a correção um erro cometido durante a implementação, porque os efeitos de um erro de requisito normalmente são difundidos e, como



resultado, é preciso reimplementar muito mais trabalho adiante. Não corrigir um erro significativo quer dizer que o sistema não satisfará o cliente e pode nem sequer ser utilizado. O levantamento e análise de requisitos são assunto de livros inteiros”.

## 2.6 Modelagem conceitual de dados geográficos

Dentre os modelos de dados existentes, cada um deles pode ser classificado como modelo conceitual, lógico ou físico. Os modelos lógicos possuem um nível de abstração mais próximo das estruturas físicas de armazenamento de dados. Enquanto os modelos físicos trabalham com a implementação dos mesmos em um Sistema Gerenciador de Banco de Dados [SGBD] pré-estabelecido.

Os modelos de dados conceituais podem ser considerados mais apropriados para a utilização por usuários que não são especialistas em banco de dados. As geotecnologias contemplam diversos tipos de profissionais, e esse tipo de modelagem torna-se a mais adequada para capturar a semântica dos dados e especificar as suas propriedades em face as diversas aplicações disponíveis e permitem descrever a estrutura de um banco de dados em um nível de abstração, independente dos aspectos de implementação, como ocorrem nos modelos lógicos e físicos (Borges, & Davis Jr., 2001).

## 2.7 Aspectos conceituais para modelagem de dados geográficos

Os modelos conceituais convencionais utilizados para banco de dados que não são geográficos são considerados insuficientes para um SIG. Por esse motivo, buscou-se informações sobre o assunto, uma vez que o conhecimento sobre os aspectos mais utilizados para o desenvolvimento de modelos conceituais para SIG trata-se de um importante recurso para a modelagem adequada de um BDG.

Lisboa Filho e Iochpe (1999) apresentam a evolução histórica dos principais modelos conceituais de dados para SIG's. Após estudarem comparativamente as principais linguagens de esquema conceitual em SIG descritos na literatura, os autores somam aos seus estudos os requisitos especificados pelo Comitê Europeu para Padronização [CEN] e definem um conjunto básico de aspectos de modelagem mais utilizados para SIG's. Buscou-se resumir as definições elaboradas por estes autores:

- Fenômeno Geográfico e Objeto Convencional: possibilidade de diferenciação entre fenômenos geográficos e objetos sem referência espacial, ou seja, em um BDG poderão coexistir fenômenos ou dados georreferenciados e objetos convencionais como os presentes em qualquer sistema de informação;
- Visões de Campo e de Objetos: possibilidade de modelagem dos fenômenos nas visões de campo e de objetos. A representação de campo define a localização no espaço relacionando-a aos seus atributos e características. A representação exata dos objetos identifica com objetividade suas individualidades, independentemente de suas localizações geográficas. Neste caso, segundo Lisboa Filho e Iochpe (1999), a maioria dos modelos existentes não suporta a modelagem adequada dos fenômenos que são percebidos na visão de campo. Por outro lado, todos os modelos estudados suportam a modelagem dos fenômenos da visão de objetos;
- Aspectos Temáticos: necessidade de organizar os fenômenos por tema, ou seja, agrupamentos das representações espaciais das entidades geográficas que possuem características e relacionamento em comum;



- Aspectos Espaciais: possibilidade de modelagem das características espaciais dos dados conforme a finalidade da aplicação e das características do fenômeno. Conforme apontado por Lisboa Filho e Iochpe (1999), os aspectos espaciais estão relacionados com a forma e localização dos fenômenos geográficos. Todo o objeto espacial possui uma geometria, que representa a forma espacial do fenômeno, sendo que suas coordenadas devem estar registradas com base em um determinado sistema de coordenadas (ex.: latitude e longitude) e uma projeção (ex.: projeção UTM). Lisboa Filho e Iochpe (1999) comentam sobre esta relação na visão de objetos, onde os fenômenos geográficos são representados por objetos espaciais do tipo ponto, linha, polígono ou combinação destes, enquanto da visão de campo uma superfície contínua pode ser representada, por exemplo, por meio de modelos numéricos, conjuntos de isolinhas, polígonos adjacentes e grade de células;
- Múltiplas Representações: possibilidade de modelagem em que um fenômeno possa ter mais de uma representação espacial. Lisboa Filho e Iochpe (1999) comentam que esta necessidade surge em resposta à complexidade da realidade a ser representada e às diferentes visões que os usuários têm de um mesmo fenômeno. Um fenômeno geográfico pode ser representado em diferentes escalas ou projeções, inclusive por diferentes objetos espaciais;
- Relacionamentos Espaciais: tarefa de diferenciar e limitar os relacionamentos espaciais, incluindo restrições de integridade espacial, a partir da observação da realidade. Lisboa Filho e Iochpe (1999) apontam os seguintes tipos de relacionamentos: métricos, topológicos e de composição;
- Aspectos Temporais: possibilidade de modelagem das características temporais dos dados, ou seja, manutenção de um histórico de transformações ocorridas e representadas pelo SIG com a finalidade de melhor compreender os processos geográficos e os inter-relacionamentos de causa e efeito entre as atividades humanas e o meio-ambiente;
- Aspectos de Qualidade: modelagem de metadados de qualidade com a finalidade de evitar erros. Segundo Lisboa Filho e Iochpe (1999), esses erros podem ser inseridos de diversas formas: decorrentes de erros já existentes nas fontes originais dos dados; adicionados durante os processos de obtenção (captura) e armazenamento dos dados; gerados durante a exibição ou impressão dos dados; ou gerados a partir de resultados errôneos de operações de análises de dados.

### **2.8 Discretização: abstração e preparação dos dados geográficos**

Segundo Borges e Davis Jr. (2001), a construção de uma abstração dos objetos e fenômenos do mundo real torna-se necessária, de modo a obter uma forma de representação conveniente, embora simplificada e que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados. Um modelo busca sistematizar o entendimento que é desenvolvido a respeito de objetos e fenômenos que serão representados em um sistema informatizado.

Uma etapa preliminar a abstração do BDG foi abordada na seção anterior deste artigo. A seguir serão abordados conceitos sobre como os próprios dados que representarão as entidades existentes no mundo real deverão ser abstraídos. De acordo com Borges e Davis Jr. (2001) a abstração funciona como uma ferramenta que auxilia na compreensão do sistema, dividindo-o em componentes separados, em diferentes níveis de complexidade e detalhe, de acordo com a necessidade de compreensão e representação das diversas entidades de interesse.

Até o aparecimento dos primeiros SIG's, praticamente nada existia em termos de representação específica em modelo de dados de entidades geográficas ou espaciais. Por esse



motivo, segundo Borges e Davis Jr. (2001), a orientação a objetos é uma tendência em termos de modelos para a representação de aplicações geográficas. Porém os usuários têm que artificialmente transferir seus modelos mentais para um conjunto restrito de conceitos não espaciais. As dificuldades surgem devido ao fato de muitas informações geográficas precisarem ser consideradas com relação a sua localização, onde elas são válidas, o tempo de observação e sua precisão de obtenção/representação.

Para tanto é sugerido por Borges e Davis Jr. (2001) o processo de discretização, que, significa, em modos gerais, uma preparação e limpeza dos dados geográficos, a partir de características encontradas no mundo real, a fim de facilitar a sua modelagem. Buscou-se interpretar resumidamente os fatores de discretização do espaço geográfico definidos pelos autores. São eles:

- Transcrição da informação geográfica em unidades lógicas de dados: uma representação limitada da realidade, por meio de conceitos geométricos, tendo em vista a limitação de representação dos computadores;
- Forma como as pessoas percebem o espaço: o que diferencia esse tipo de modelagem da modelagem convencional, pois depende do observador e suas necessidades como, por exemplo, aspectos cognitivos e de escala;
- Natureza diversificada dos dados geográficos: relacionados aos fenômenos naturais que podem extrapolar as questões de geometria e localização no espaço. São informações associadas e características disponíveis e variáveis sobre os dados, como topografia, clima e tempo, propriedades do solo, propriedades geológicas, cobertura da terra, uso da terra, hidrografia, e qualidade da água;
- Existência das relações espaciais: tratam-se das relações topológicas, métricas, de ordem, e *fuzzy* existente entre os objetos que representam o mundo real;
- Coexistência de entidades essenciais ao processamento e entidades cartográficas: o nível cartográfico é utilizado para contextualizar o ambiente sem nenhum comprometimento com o processamento dos dados, ou seja, possuem características apenas de exibição.

A discretização, como sendo um processo de preparação dos dados, pode consumir grande parte do tempo e esforço necessário a modelagem de um banco de dados. Conforme exposto, e em face aos diversos dados a serem disponibilizados para a preparação de um BDG, é exigida por parte dos desenvolvedores a compreensão e análise dos dados obtidos a fim de que os mesmos representem de melhor forma o mundo real e também atendam com eficiência os processamentos esperados pelo banco de dados que comporá o SIG.

### 3 Metodologia

A pesquisa possui abordagem qualitativo-descritiva. Quanto aos objetivos, possui de característica exploratória, pois visa apresentar conceitos básicos sobre os processos de modelagem conceitual de dados geográficos e conduzir a produção e análise de um modelo adequado ao uso em SIG's. Conforme Gil (2015), por se tratar de uma pesquisa exploratória, o trabalho desenvolvido buscou apresentar uma visão geral sobre SIG's, BDG's e Modelos Conceituais.

Para tanto, utilizou-se a análise bibliográfica como estratégia de pesquisa, a partir de trabalhos devidamente registrados e desenvolvidos por outros autores, como teses, artigos e



revistas (Martins & Theophilo, 2009). Dessa forma, conforme Cooper e Schindler (2008), a pesquisa desenvolvida buscou esclarecer conceitos e incentivar futuras pesquisas sobre o assunto apresentado.

## 4 Análise dos Resultados

### 4.1 Modelo GEO-OMT: uma introdução

Os SIG's exigem maior clareza quanto as representações de relacionamento entre entidades, principalmente, quanto àquelas que necessitam ser representadas graficamente: campos ou objetos, vetores ou imagens, sem contar aspectos estéticos, de representação cartográfica e visual.

Existem diversos modelos conceituais de dados, porém, uma vez que as aplicações geográficas possuem necessidades adicionais, existem diversas propostas para estender os modelos criados para as aplicações convencionais. Dessa forma, convém esclarecer que, ao se escolher um modelo de dados, torna-se necessário observar o nível de abstração dos dados geográficos e, finalmente, se o que pretende-se modelar poderá ser representado no modelo escolhido.

Dentre os modelos de dados semânticos, ou seja, os modelos de alto nível, alguns modelos melhor se aproximaram da representação de extensões geográficas como o Modelo IFO *Is-a relationship*, *Functional relationships*, *complex Objects* e o *Object-Oriented Analysis Method* [OOA]. Destacam-se as técnicas de modelagem mais tradicionais como: Modelo Entidade-Relacionamento [MER], amplamente conhecido pela comunidade da informática, e o *Object Modeling Technique* [OMT], que se sobressai por se basear em conceitos de orientação a objetos (Davis Jr., 1998).

Segundo Davis Jr. (1998), em 1993 foi proposto o modelo GEO-OMT, uma extensão do OMT para aplicações geográficas que divide as entidades modeladas em duas classes: georreferenciadas e convencionais, conforme demonstrado na Figura 3. Por meio destas duas classes é possível representar, de maneira integrada, fenômenos não espaciais e os geo-campos e geo-objetos, encontrados em SIG's e definidos a seguir:

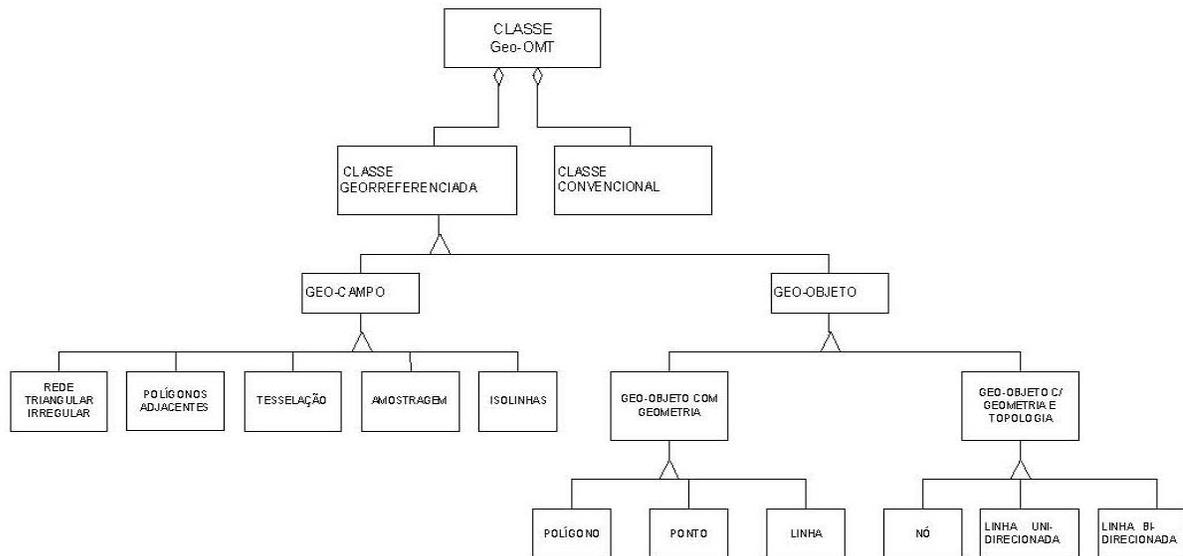


Figura 3. Meta Modelo Parcial do Modelo GEO-OMT

Fonte: de "Borges, & Davis Jr., (2001)".

- Geo-campo: possui variação contínua no espaço. Exemplo: relevo e tipo de solo de uma região;
- Geo-objeto: possui variação discreta e individualizável. Exemplo: postes, estradas ou lotes.

Para compreensão das notações de representação gráfica utilizadas pelo modelo GEO-OMT, foram utilizadas as imagens a seguir. Na Figura 4 os espaços presentes nos quadros designam a necessidade de anotação das seguintes informações:

- Nome da classe;
- Atributos gráficos;
- Atributos alfanuméricos;
- Operações associadas aos elementos;
- Definição de rotinas especiais de entrada e validação de dados;
- Comportamentos diferenciados para apresentação em tela ou plotagem;
- Local para colocação de um pictograma indicando a natureza do dado: isolinhas, polígonos adjacentes, tesselação, amostragem e rede triangular [TIN].



	Representação Completa	Representação Simplificada												
Classe Georreferenciada	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos Gráficos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos Alfa</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operações</td> </tr> </table>		Nome da Classe	Atributos Gráficos		Atributos Alfa		Operações		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> </table>		Nome da Classe		
	Nome da Classe													
Atributos Gráficos														
Atributos Alfa														
Operações														
	Nome da Classe													
Classe Convencional	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operações</td> </tr> </table>	Nome da Classe		Atributos		Operações		<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Nome da Classe</td> </tr> </table>	Nome da Classe					
Nome da Classe														
Atributos														
Operações														
Nome da Classe														

Figura 4. Notação para entidades georreferenciadas e convencionais  
Fonte: de "Borges, & Davis Jr., (2001)".

A Figura 5 apresenta os dois grupos de possibilidades de geo-objetos:

- Geo-objetos com geometria: ponto, linha e polígono;
- Geo-objetos com geometria e topologia: nó, linha direcionada e linha bidirecional.

#### GEO-OBJETO com geometria

LINHA	PONTO	POLÍGONO																								
<table border="1"> <tr> <td>—</td> <td>Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos Gráficos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operações</td> </tr> </table>	—	Nome da Classe	Atributos Gráficos		Atributos		Operações		<table border="1"> <tr> <td>☆</td> <td>Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos Gráficos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operações</td> </tr> </table>	☆	Nome da Classe	Atributos Gráficos		Atributos		Operações		<table border="1"> <tr> <td>□</td> <td>Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos Gráficos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operações</td> </tr> </table>	□	Nome da Classe	Atributos Gráficos		Atributos		Operações	
—	Nome da Classe																									
Atributos Gráficos																										
Atributos																										
Operações																										
☆	Nome da Classe																									
Atributos Gráficos																										
Atributos																										
Operações																										
□	Nome da Classe																									
Atributos Gráficos																										
Atributos																										
Operações																										
<b>Ex: Muro</b>	<b>Ex: Árvore</b>	<b>Ex: Lote</b>																								

#### GEO-OBJETO com geometria e topologia

LINHA UNI-DIRECIONALADA	LINHA BI-DIRECIONALADA	NÓ																								
<table border="1"> <tr> <td>→</td> <td>Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos Gráficos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operações</td> </tr> </table>	→	Nome da Classe	Atributos Gráficos		Atributos		Operações		<table border="1"> <tr> <td>↔</td> <td>Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos Gráficos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operações</td> </tr> </table>	↔	Nome da Classe	Atributos Gráficos		Atributos		Operações		<table border="1"> <tr> <td>⊙</td> <td>Nome da Classe</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos Gráficos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Atributos</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Operações</td> </tr> </table>	⊙	Nome da Classe	Atributos Gráficos		Atributos		Operações	
→	Nome da Classe																									
Atributos Gráficos																										
Atributos																										
Operações																										
↔	Nome da Classe																									
Atributos Gráficos																										
Atributos																										
Operações																										
⊙	Nome da Classe																									
Atributos Gráficos																										
Atributos																										
Operações																										
<b>Ex: Trecho rede de esgoto</b>	<b>Ex: Trecho rede de água</b>	<b>Ex: Poço de Visita</b>																								

Figura 5. Geo-objetos com geometria.  
Fonte: de "Borges, & Davis Jr., (2001)".

Na Figura 6 são representados os geo-campos e seus tipos de pictogramas utilizados para indicar a natureza do dado: isolinhas, polígonos adjacentes, tesselação, amostragem e rede triangular [TIN].

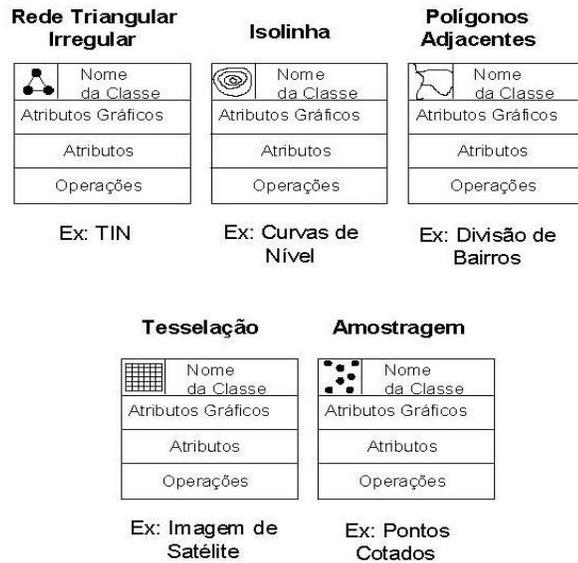


Figura 6. Geo-campos  
Fonte: de "Borges, & Davis Jr., (2001)".

A Figura 7 representa os vários tipos de relacionamentos entre os geo-campos, geo-objetos e objetos não espaciais:

- Associações simples: típicas de banco de dados relacionais;
- Relações topológicas: representadas por linha pontilhada para denotar característica espacial e quando possuir significado relevante;
- Hierarquia Espacial: os critérios espaciais definem a dependência entre as classes;
- Relações de redes: representadas por linha pontilhada e paralelas para denotar característica espacial, com o nome da relação (topológicas, métricas, ordinais e *fuzzy*).

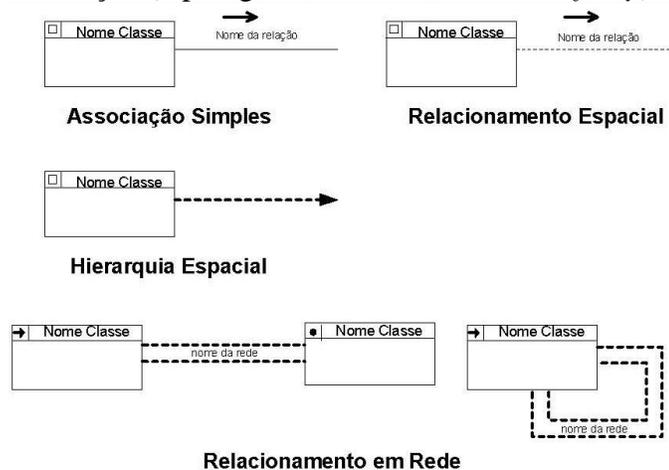


Figura 7. Relacionamentos em Rede  
Fonte: de "Borges, & Davis Jr., (2001)".



A cardinalidade caracteriza o tipo de relacionamento por meio do número de instâncias de uma classe que podem estar associadas a uma instância da outra classe. O modelo GEO-OMT utiliza a notação *Unified Modeling Language* [UML], conforme apresentado na Figura 8.

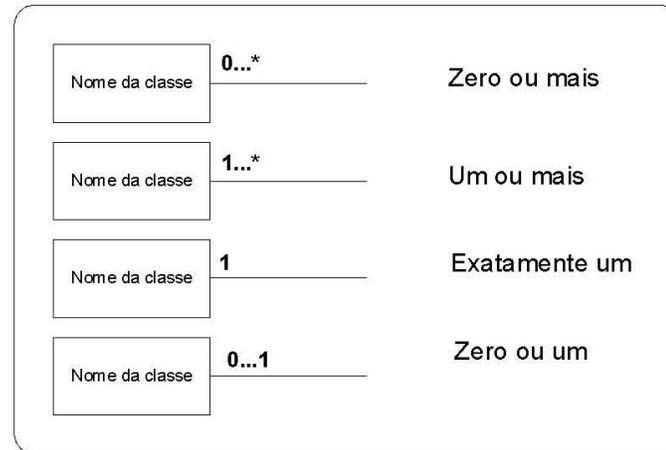


Figura 8. Cardinalidade  
Fonte: de "Borges, & Davis Jr., (2001)".

### Considerações finais

A tendência de crescimento das geotecnologias e, conseqüentemente, o aumento do número de profissionais atuantes na área torna questionável o conhecimento e experiência destes profissionais no desenvolvimento de projetos de BDG.

Dentro deste contexto é possível afirmar que alguns desenvolvedores (projetistas) de SIG subutilizam os BDG's uma vez que muitos não possuem noções específicas de Tecnologias da Informação.

Esses profissionais, em sua maioria, se preocupam com a qualificação dos dados que compõem o BDG, como questões de precisão espacial e processos de seleção e tratamento dos dados, e em sua maioria não se atentam aos tipos de relações que poderão existir entre eles e assim qualificar e melhorar a eficiência do BDG e dos SIG's.

A pesquisa desenvolvida para elaboração deste artigo verificou, por meio de diversos autores, que muitos projetistas de SIG relutam, ainda, em realizar a fase de modelagem conceitual em seus projetos. Segundo Lisboa Filho e Iochpe (1999), acredita-se que isto ocorra não mais pela ausência de um modelo adequado para as aplicações de SIG, mas sim devido às deficiências nas metodologias de desenvolvimento em que esses modelos são empregados.

Considerando que verifica-se uma dificuldade ou inexistência da fase de modelagem dos dados geográficos para os SIG's, este artigo apresentou conceitos básicos que auxiliam nesta etapa do projeto de um BDG. Buscou-se apresentar parâmetros que colaborem para a elaboração adequada de um BDG abordando a interpretação e abstração das expectativas acerca do mundo real a ser modelado e representado pelos SIG's.

A formação adequada dos diversos profissionais atuantes na área promete agregar qualidade aos BDG's e eficácia aos SIG's, além de atender as expectativas quanto à potencialidade prevista para as geotecnologias, que em conjunto representam uma ciência que nasceu para revolucionar o tratamento de todas as informações e dados relacionados com o espaço geográfico.



## Referências

- Borges, K., & Davis, C. (2002). *Modelagem de dados geográficos*. Câmara, G.; Monteiro, AM; Davis, C. Geoprocessamento: teorias e aplicações. 3v,3. Recuperado em: 02, agosto de 2018, de: [http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/introducao\\_a\\_ciencia\\_da\\_geoinformacao\\_-\\_cap\\_4\\_-\\_modelagem\\_de\\_dados\\_geograficos.pdf](http://vampira.ourinhos.unesp.br:8080/cediap/material/introducao_a_ciencia_da_geoinformacao_-_cap_4_-_modelagem_de_dados_geograficos.pdf)
- Câmara, G. (1998). *Modelagem semântica: compreendendo as diferenças entre sistemas de geoprocessamento*. Portal Mundo GEO. Recuperado em: 02, agosto de 2018, de: <http://mundogeo.com/blog/1998/12/15/modelagem-semantica-compreendendo-as-diferencas-entre-sistemas-de-geoprocessamento/>.
- Câmara, G., Monteiro, A. M. (2001). *Conceitos Básicos em Ciência da Geoinformação*. In: “Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE, São José dos Campos. Recuperado em 02: agosto de 2018, de: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap2-conceitos.pdf>
- Câmara, G. (2005). *Representação computacional de dados geográficos*. INPE, São José dos Campos. Recuperado em: 08 de agosto de 2018, de: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris%401912/2005/07.01.19.33/doc/cap1.pdf>
- Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2008). *Métodos de Pesquisa em Administração*. 2ª Edição. McGraw Hill Brasil.
- Davis Junior, C. (1998). *Modelagem de dados geográficos*. Portal Mundogeo. Recuperado em: 02, agosto de 2018, de: <http://mundogeo.com/blog/1998/08/02/modelagem-de-dados-geograficos/>.
- Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2011). *Sistemas de Banco de Dados–Fundamentos e aplicações*. Tradução da 6a. ed.[por] Daniel Vieira.
- Fornari, M. R., Pinheiro, S. F. (2002). *Implementação de um Modelo Conceitual Temporal e Espacial Utilizando o SGBD Oracle*. XI SEMINCO – Seminário de computação. Recuperado em 02 de agosto de 2018, de: <http://www.inf.furb.br/seminco/2002/artigos/Pinheiro-seminco2002-14.pdf>
- Gil, A. C. (2015). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo, 5(61), 16-17.
- Lisboa Filho, J., Iochpe, C. (1999). *Um estudo sobre modelos conceituais de dados para projeto de bancos de dados geográficos*. *Revista IP-Informática Pública*. Recuperado em 02 de agosto de 2018, de: [http://www.ip.pbh.gov.br/ANO1\\_N2\\_PDF/ip0102lisboafilho.pdf](http://www.ip.pbh.gov.br/ANO1_N2_PDF/ip0102lisboafilho.pdf).
- Lisboa Filho, J. (2001). Projeto de Banco de Dados para Sistemas de Informação Geográfica. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica - REIC/SBC, 1(2)*. Recuperado em 02 de agosto de 2012, de: [http://www.ufpa.br/sampaio/curso\\_de\\_sbd/semin\\_bd\\_para\\_sig/eri-norte.pdf](http://www.ufpa.br/sampaio/curso_de_sbd/semin_bd_para_sig/eri-norte.pdf)
- Martins, G. A., & Theóphilo, C. R. (2009). *Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas*. São Paulo: Atlas.