



**Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas**

CAROLINE RIBEIRO CHAHINI

**MODELAGEM CONCEITUAL E IMPLEMENTAÇÃO DE REDE
RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS**

**BRASÍLIA/DF
2016**

CAROLINE RIBEIRO CHAHINI

**MODELAGEM CONCEITUAL E IMPLEMENTAÇÃO DE REDE
RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS**

Dissertação de mestrado submetida ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Geociências Aplicadas.

Área de concentração: Geoprocessamento e Análise Ambiental.

Orientador: Dr. Henrique Llacer Roig

Coorientador: Dr. Alexandre de Amorim Teixeira

BRASÍLIA/DF
2016

CAROLINE RIBEIRO CHAHINI

**MODELAGEM CONCEITUAL E IMPLEMENTAÇÃO DE REDE
RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS**

Dissertação de mestrado submetida ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Geociências Aplicadas.

Área de concentração: Geoprocessamento e Análise Ambiental.

Orientador: Dr. Henrique Llacer Roig

Coorientador: Dr. Alexandre de Amorim Teixeira

Examinadores

Prof. Dr.^a Rejane Ennes Cicerelli – Examinadora Interno

Prof. Dr. Clodoveu Augusto Davis Junior – Examinador Externo

BRASÍLIA/DF
2016



Ponte Juscelino Kubitschek (Fonte: notícias de fato)

“Talvez não tenha conseguido fazer o meu melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.” (Martin Luther King)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a minha família maravilhosa.

Ao Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal e ao Diretor Geral Henrique Ludovice pelo suporte institucional.

Aos meus chefes Rui Vieira e Paulo Honório e a todos os colegas da COPLAN e da GEGEO Janduhy, Gisele Formiga, Gimarlene, Isabella, Manuel, Paula, Gisela, Magda.

E a todos do DER/DF que contribuíram direta e indiretamente com meu processo de aprendizagem, em especial minha amiga Jenaíma Leite.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas que contribuíram com seus ensinamentos.

Ao meu orientador prof. Dr. Henrique L. Roig pelo apoio incondicional.

Ao meu mestre e coorientador Dr. Alexandre de Amorim Teixeira que ajudou a desenvolver essa dissertação compartilhando seus conhecimentos, tranquilidade e confiança.

A prof. Tati de Almeida por ceder mesa/computador no laboratório de Sensoriamento Remoto e Análise Espacial (LSRAE) do IG/UnB.

A minha amiga Ilanna pelos momentos de estudos e pela ajuda na formatação do texto da minha dissertação.

A todos os meus colegas do LSRAE e do Programa de Pós-Graduação Kellin Schmidt, Eveline Sayao, Derlayne, Mayara Araújo, Henrique Bernini, Diogo Olivetti, Khalil Ganem, Emmanuel Reigans, Marceli Terra, Sofia Zagallo, Fernando Hiago por compartilharem momentos ótimos e também os momentos tensos desse período. A todos os colegas que não citei, mas que estavam juntos no café, no almoço e nos jantares no RU!

Ao Felipe Spínola por acreditar na minha dedicação.

E por fim agradeço a todos que contribuíram e participaram de mais um grande passo em minha carreira e na realização de um sonho.

RESUMO

O Governo do Distrito Federal é composto por vários órgãos responsáveis pelo levantamento e gestão de informações de caráter espacial fazendo parte o Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF), que é responsável pela gestão de dados espaciais de estradas de rodagem. Os dados espaciais do DER/DF, ainda hoje, estão armazenados em pastas de arquivos de diretórios locais, em formatos diversos, principalmente por meio de arquivos em formato proprietário, como o shapefile. São frequentemente replicados, gerando ambiguidade e dificuldade de acesso, além de não apresentarem nenhuma sistematização de armazenamento ou padrões de nomenclatura. Com os dados organizados em sistemas gerenciadores de banco de dados é possível a criação e personalização de ferramentas específicas para a análise e gerência da rede rodoviária do departamento de forma mais eficiente e segura. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é a construção de um diagrama de classes para estruturar os dados espaciais do DER/DF, conforme especificações técnicas definidas para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) do Brasil. A metodologia da pesquisa baseia-se em padrões propostos em especificações técnicas para a estruturação de dados geoespaciais, na técnica de modelagem de dados espaciais OMT-G e na implementação em sistema de banco de dados objeto-relacional PostgreSQL/ PostGIS. Seis esquemas conceituais foram gerados para DER /DF que representam seis diferentes setores que utilizam dados espaciais. Utilizando o esquema conceitual do setor Geoprocessamento do DER/DF e o dicionário de dados (relação de classes de objetos) desenvolveu-se o esquema lógico e sua implementação em sistema de banco de dados espaciais. As implicações estratégicas derivadas do resultado desse trabalho são relevantes para futuro desenvolvimento de melhores práticas de uso dos dados espaciais no órgão. O processo de modelagem conceitual permitiu ter uma visão geral da estrutura dos dados espaciais do DER/DF que facilitará a gestão dessas informações referente à rede rodoviária, além de contribuir na interoperabilidade dos dados entre os setores, garantindo a consistência e a integridade dos dados.

Palavras-chave: rede rodoviária, modelagem conceitual, OMT-G, SGBD.

ABSTRACT

The Federal District's Government is composed of several agencies responsible for gathering and managing spatial data, including the Federal District Highways Department (DER/DF) accountable for managing spatial data regarding the district's highways. Still today DER/DF's spatial data is stored in archive folders in local directories. They are stored in several formats, but mostly in proprietary formats such as shapefile. That data is often replicated, producing ambiguity and hindering accessibility. In addition to those negative aspects is the lack of any sort of a storage system or nomenclature pattern. Once the data is organized in database management systems, it will be possible to create and personalize specific tools for analyzing and managing the department's highway network in a safer and more efficient manner. In this context, the aim of the present study is to produce a class diagram to structure the DER/DF spatial database, in accordance with the technical specifications provided by Brazil's National Spatial Data Infrastructure (NSDI). The research methodology is based on proposed patterns in technical specifications for the structuring of geospatial data, on the OMT-G spatial data modeling techniques and on the implementation of an object-relational database management system PostgreSQL/PostGIS. Six conceptual schemas were constructed for the DER/DF representing six different sectors that employ spatial data. By using the Geoprocessing sector's conceptual schema and the data dictionary (relating different object categories) a logical schema was developed and implemented in a spatial database system. The strategic implications derived from the results of this endeavor are extremely relevant for future development and implementing of best practices regarding the usage of spatial data in the agency. The conceptual modeling process allowed for a general overview of how the spatial database is structured in the DER/DF. This should facilitate highway network data management, besides contributing for the interoperability of data between the sectors and guaranteeing the database's consistency and integrity.

Keywords: highway network, conceptual modeling, OMT-G, DBMS.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos.....	3
1.2	Estrutura do Trabalho	3
CAPÍTULO 2	REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1	Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE)	4
2.1.1	Infraestrutura de Dados Espaciais Distritais (IDE/DF).....	6
2.2	Projeto de Banco de Dados Espaciais	8
2.2.1	Primeira Fase: Modelagem Conceitual	9
2.2.1.1	O Modelo de Dados OMT-G	10
2.2.1.1.1	Classes.....	10
2.2.1.1.2	Relacionamentos.....	12
2.2.1.1.3	Relacionamentos Topológicos	13
2.2.1.1.4	Cardinalidade	15
2.2.1.1.5	Especialização e Generalização	16
2.2.1.1.6	Generalização Conceitual.....	17
2.2.1.1.7	Agregação	17
2.2.2	Segunda Fase: Modelagem Lógica	18
2.2.2.1	Modelo em Sistema de Banco de Dados Objeto-Relacional	18
2.2.3	Terceira Fase: Modelagem Física.....	19
CAPÍTULO 3	ARTIGO 1 – MODELAGEM CONCEITUAL DE REDE RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS	21
CAPÍTULO 4	ARTIGO 2 - IMPLEMENTAÇÃO DE REDE RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS	45

IMPLEMENTAÇÃO DE REDE RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS	46
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	68
CAPÍTULO 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
APÊNDICE A – Dicionário de dados na forma de Relação de Classes de Objetos (RCO)....	74
APÊNDICE B - Modelo Conceitual do DER/DF.....	84
APÊNDICE C - Modelo Conceitual da Gerência de Geoprocessamento (GEGEO)	85
APÊNDICE D - Modelo Conceitual do Núcleo de Sinalização (NUSIN)	86
APÊNDICE E - Funções Estatísticas de Análise dos Dados.....	87
APÊNDICE F - Estatística dos Dados Espaciais Vetoriais existentes no DER/DF.....	91
APÊNDICE G - Criação das Tabelas	103
APÊNDICE H - Inserção dos Dados	115
APÊNDICE I – Funções de Consistência da Rede Rodoviária	124
APÊNDICE J – Função de Interferência Rodoviária	128
APÊNDICE K - Indexação	130
APÊNDICE L - Criação das Restrições de Integridade.....	133

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

“A Geografia deve ser para o Espaço o que a História é para o Tempo.” Yves Lacoste

Um banco de dados (BD) envolve um conjunto de informações interrelacionadas com coerência lógica e representa alguns aspectos do mundo real. É projetado e construído com um propósito de atender as necessidades de um grupo específico de usuários, podendo ser gerado ou mantido de forma manual ou automatizada. Nesse contexto, o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) surge como uma ferramenta essencial para este fim. Trata-se de um sistema de softwares que permite aos usuários criar, manipular, manter e compartilhar um banco de dados. Além disso, tem a importante função de proteção das informações por longos períodos, garantindo backup e restauração de informações (ELMASRI; NAVATHE, 2011; YEUNG; HALL, 2007).

A organização e a manutenção de um BD torna-se uma tarefa difícil quando o volume de dados é muito grande, como por exemplo, todos os dados espaciais de um país, estado ou de uma grande cidade. A falta de organização e sistematização dos dados espaciais é uma das dificuldades para se trabalhar corporativamente, limitando o potencial de uso, manutenção e armazenamento dos dados. A dificuldade de gerenciar os dados ainda está presente em vários órgãos gestores de dados espaciais e tem motivado o desenvolvimento de pesquisas com o intuito de melhorar o uso tecnologias de gestão de dados no setor público (ELMASRI; NAVATHE, 2011; YEUNG; HALL, 2007).

Em função da desarticulação entre os órgãos gestores de dados espaciais e da necessidade de intercâmbio seguro de informações atualizadas, o governo do DF criou por meio do decreto 33.320 de 09 de novembro de 2011 o comitê gestor de geoinformações do Distrito Federal (COMGEO). O comitê foi criado com o intuito de definir e monitorar as atividades relacionadas aos processos de integração e gestão das informações georreferenciadas do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2011). Ele apresenta importante aumento da participação dos diversos órgãos ligados ao mapeamento e desenvolvimento territorial.

Uma das atividades desenvolvidas no COMGEO foi a adequação dos esquemas conceituais de banco de dados espaciais da Infraestrutura Nacional para o DF. O comitê baseou-se nos padrões propostos no documento de especificações técnicas para a estruturação de dados geoespaciais vetoriais ET-EDGV (CONCAR, 2010a). Apesar da criação dos esquemas conceituais de BD, no âmbito do DF e da incorporação da necessidade da organização e distribuição compartilhada dos dados espaciais por parte dos gestores, pouco foi realizado com vistas à validação deste esquema conceitual e à implementação do processo de construção dos esquemas lógico e físico nos devidos órgãos.

Os dados espaciais do Departamento de Estradas de Rodagem do DF (DER/DF), ainda hoje, estão armazenados em pastas de arquivos de diretórios locais, em formatos diversos, principalmente por meio de arquivos de sistemas em formato proprietário, como o shapefile. Deste modo, frequentemente os dados são replicados, o que gera ambiguidade e dificuldade de acesso, além de não apresentarem nenhuma sistematização de armazenamento ou padrões de nomenclatura. Para que os dados do órgão tornem-se públicos é imprescindível a sua adequação aos padrões estabelecidos pela infraestrutura nacional de dados espaciais e pelo COMGEO.

Desta forma, este trabalho propõe promover o adequado ordenamento na geração e no armazenamento dos dados espaciais da rede rodoviária em sistemas de banco de dados espaciais. Esta dissertação utiliza os sistemas gerenciadores de bancos de dados (SGBD) que tem como principais características o isolamento entre os programas e os dados, compartilhamento de dados e processamento de transações de multiusuários, controle de redundância dos dados, restrição de acesso não autorizado.

É importante destacar que essa dissertação observa os trabalhos desenvolvidos pela CONCAR (2010a) a ET-EDGV e a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (BRASIL, 2015, 2016). Estas especificações ainda estão em desenvolvimento, motivo pela qual ainda não representam adequadamente os diagramas do sistema de transporte. O trabalho basea-se no modelo OMT-G (Davis Jr., 2000; Borges *et al.*, 2001; Borges *et al.*, 2005) utilizado também nessas documentações.

1.1 Objetivos

O **objetivo** da pesquisa é criar esquema conceitual do Sistema Rodoviário do Distrito Federal (SRDF), dos elementos rodoviários que estão diretamente relacionados às rodovias do DF e implementar o SRDF em sistema gerenciador de banco de dados espaciais.

Como **objetivos específicos** têm-se:

- Avaliar e especializar o esquema conceitual de transporte rodoviário da ET-EDGV (CONCAR, 2010a) e do COMGEO;
- Incorporar outros sistemas de dados do DER/DF ao esquema conceitual proposto pela ET-EDGV (CONCAR, 2010a) e pelo COMGEO;
- Implementar o esquema conceitual da rede rodoviária em esquema físico em sistema gerenciador de banco de dados espaciais, tendo como estudo de caso os dados da gerência de geoprocessamento do DER/DF;
- Realizar adaptações nos procedimentos de consistência topológica de rede do projeto PgHydro (TEIXEIRA, 2012);

1.2 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação apresenta a seguinte estruturação:

- **Capítulo 2** - apresenta a revisão bibliográfica sobre os principais tópicos que embasam o trabalho, como o ciclo de vida do banco de dados, infraestrutura de dados espaciais, infraestrutura de dados distritais e sistema de gerenciamento de banco de dados espaciais.
- **Capítulo 3** - discute a fase de modelagem conceitual dos dados, de forma a apresentar os resultados do esquema conceitual de rede rodoviária e das tabelas de classes de objetos (RCO), expondo a organização dos dados espaciais do sistema rodoviário do Distrito Federal em formato de artigo.
- **Capítulo 4** – apresenta a implementação física do esquema conceitual proposto para a rede rodoviária do DER/DF em sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS. É apresentada em formato de artigo a organização dos dados, a criação das tabelas e funções, consistência dos dados de entrada, procedimentos de consistência das Rede Rodoviária do DER/DF.
- **Capítulo 5** - apresenta as conclusões, bem como sugestões de trabalhos futuros correlacionados ao tema proposto.

CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino”. (Leonardo da Vinci)

2.1 Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE)

Segundo o Instituto Geográfico Nacional da Espanha, IDE é um conjunto de recursos heterogêneos que abrange dados, metadados, tecnologias, políticas, normas, recursos humanos e usuários, harmonizados e integrados em um sistema de partilha de informação espacial virtual na rede. (IGN/ IDE, 2014). A infraestrutura de dados espaciais da Austrália (The Australian Spatial Data Infrastructure - ASDI) é um *framework* nacional que liga os usuários aos produtores de informação espacial. A ASDI compreende as pessoas, políticas e tecnologias necessárias para permitir a utilização de dados espacialmente referenciados por meio de todos os níveis governo, setor privado, organizações sem fins lucrativos e academia.

No Brasil, o órgão responsável pela elaboração de estruturas de dados espaciais é a Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) que está vinculada ao Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. A CONCAR é responsável pela elaboração das especificações técnicas referentes aos dados espaciais para compor a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, regulamentada pelo decreto nº 6.666/ 2008. Segundo esse decreto, a INDE é um conjunto integrado de tecnologias, políticas, mecanismos e procedimentos de coordenação e monitoramento, padrões e acordos, necessários para facilitar e ordenar a geração, o armazenamento, o acesso, o compartilhamento, a disseminação e o uso dos dados geoespaciais de origem federal, estadual, distrital e municipal (BRASIL, 2008).

De acordo com CONCAR (2010b), destaca-se alguns objetivos de uma IDE estabelecidos no plano de ação para implementação da INDE: compartilhar informações geoespaciais; incrementar a administração eletrônica no setor público; garantir aos cidadãos o direito de acesso à informação geoespacial pública para a tomada de decisões, assegurado pela lei de acesso a informação (BRASIL, 2011); harmonizar a informação geoespacial

disponibilizada, bem como registrar seus metadados; subsidiar a tomada de decisões de forma mais eficiente e eficaz. O êxito na implantação de uma IDE depende do balanceamento de uma série de fatores como: coordenação e condução; adesão de atores e partícipes; respaldo político e financeiro; cooperação técnica, identificando outras experiências de gerenciamento de dados geoespaciais; pesquisa e desenvolvimento.

Uma infraestrutura de dados espaciais define padrões para os dados que a compõem, podendo ser apresentada na forma de Especificação Técnica. Em 2006 a CONCAR constituiu o Comitê Especializado para Estruturação da Mapoteca Nacional Digital (CEMND), que desenvolveu as Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) para aplicação no Sistema Cartográfico Nacional e na INDE (CONCAR, 2010a).

As especificações propostas para a EDGV (CONCAR, 2010a) dividem o espaço geográfico brasileiro em 13 categorias de informações, conforme Figura 2.9. Na modelagem conceitual as classes de objetos são agrupadas em categorias de informação. Esse agrupamento tem como parâmetro o aspecto funcional comum. Dentre as categorias de informação destaca-se o pacote de sistema de transporte para essa dissertação, que abrange o subsistema rodoviário. Segundo o Plano de Ação da INDE (CONCAR, 2010b), os dados ou conjuntos de dados associados a cada uma dessas categorias da EDGV são considerados dados geoespaciais de referência na INDE.



Figura 2.9 – Pacote com as categorias de informação (CONCAR, 2010).

O Plano de Ação para implantação da INDE classifica os dados em dados temáticos e dados de referência. Os dados temáticos são conjuntos de dados e informações sobre um fenômeno ou uma temática, como clima, educação, vegetação, indústria, entre

outros, em uma região ou em todo o país. De acordo com CONCAR (2010b), os dados de referência são definidos como:

“Conjuntos de dados que proporcionam informações genéricas de uso não particularizado, elaborados como bases imprescindíveis para o referenciamento geográfico de informações sobre a superfície do território nacional e podem ser entendidos como insumos básicos para o georreferenciamento e contextualização geográfica de todas as temáticas territoriais específicas”.

Apesar de ainda não ser obrigatória a institucionalização de normas e padrões de infraestrutura de dados espaciais para o DF, criou-se um Comitê Gestor de Geoinformações do Distrito Federal (COMGEO). Este comitê tem por objetivo definir e monitorar as atividades relacionadas aos processos de integração e gestão das informações georreferenciadas no DF (Distrito Federal, 2011). Um dos produtos gerados a partir dos esforços do COMGEO é a IDE do DF que irá proporcionar publicidade, transparência e compartilhamento de dados espaciais dos DF.

2.1.1 Infraestrutura de Dados Espaciais Distritais (IDE/DF)

A padronização e disseminação de dados entre os usuários necessitam de um conjunto de regras que estabeleçam um padrão de uniformização dos dados independente de sua origem. Neste sentido, o decreto nº 27.754/2007 dispõe sobre o tratamento de informações para o Planejamento Estratégico e das atividades de geoprocessamento do Governo do Distrito Federal. O referido decreto regulamenta a Companhia de Planejamento do DF (Codeplan) como coordenadora e executora do tratamento de informações para o planejamento estratégico e das atividades de geoprocessamento (DISTRITO FEDERAL, 2007).

Com a criação da Lei Complementar nº 803/2009 delegou-se à Secretaria de Estado de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano (SEDHAB) a função de órgão centralizador das informações geoespaciais, informações estas que serão armazenadas no Sistema de Informações Territoriais e Urbanas do DF (SITURB). Com objetivos produzir, coletar, organizar e disseminar informações sobre o território e sua população (DISTRITO FEDERAL, 2009b).

Em 2011, foi criada a Comissão de Gestão de Geoinformações do DF, por meio do decreto nº 33.320/2011, para definir e monitorar as atividades relacionadas aos processos de integração e gestão das informações georreferenciadas do Governo do Distrito Federal

(DISTRITO FEDERAL, 2011). Alguns pontos do decreto foram alterados pelo decreto nº 33.703 de 11 de junho de 2012, como o nome da Comissão, que passou a ser Comitê Gestor de Geoinformações do Distrito Federal (COMGEO). Outra alteração é a exigência de que ações e projetos relacionados ao tema de geoprocessamento e informações cadastrais sejam conduzidas ao conhecimento do COMGEO por meio dos respectivos representantes (Secretarias e Órgãos do GDF) previamente ao processo de licitação ou execução (DISTRITO FEDERAL, 2012a).

O COMGEO normatiza, levanta, organiza, integra, disponibiliza e administra os dados espaciais produzidos no âmbito do GDF, definindo a implementação e gestão das políticas de geoprocessamento e tratamento de informações da administração. Alguns dos principais objetivos são definir e monitorar as atividades relacionadas aos processos de integração e gestão das informações georreferenciadas do DF; dar suporte e apoio aos órgãos do DF nas atividades inerentes a geoinformação disponibilizando dados, informações e meios necessários para o planejamento estratégico e tomadas de decisão, bem como dar suporte técnico e acompanhamento aos programas e projetos estruturantes.

Dentre os vários órgãos que contituem o GDF, fazem parte do COMGEO: a Agência de Fiscalização do Distrito Federal (Agefis), a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), a Companhia Energética de Brasília (CEB), a Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan), a Companhia Imobiliária de Brasília (Terracap), o Metrô, a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (Novacap), a Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Distrito Federal (Codhab), o Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER), a Secretaria de Estado de Habitação, Regularização e Desenvolvimento Urbano (Sedhab), o Departamento de Trânsito do Distrito Federal (Detran), o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, o DFTrans e as secretarias de Governo, de Agricultura e Desenvolvimento Rural, de Defesa Civil, Desenvolvimento Econômico, de Desenvolvimento Social e Transferência de Renda, de Cultura, de Fazenda, de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, de Planejamento e Orçamento, de Obras, Saúde, de Segurança Pública, Transportes e das Cidades (DISTRITO FEDERAL, 2011).

A Lei Complementar nº 854, de 15 de outubro de 2012 (DISTRITO FEDERAL, 2012b) atualiza a Lei Complementar nº 803/ 2009 (DISTRITO FEDERAL, 2009b), alterando o nome e sigla da SEDHAB para Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação (SEGETH) e a designa a atribuição de receber e sistematizar as informações que irão

subsidiar a implantação do Cadastro Territorial Multifinalitário do Distrito Federal – CTM/DF (DISTRITO FEDERAL, 2012b).

Diante desse quadro, o COMGEO busca consolidar e articular a produção, gestão de dados e informações geoespaciais no âmbito da Administração Pública Distrital da publicação dos dados espaciais centralizados no SITURB e da colaboração de cada órgão integrante do comitê. Desta forma, cada órgão deve estruturar seus dados desenvolvendo seus projetos de banco de dados espaciais adequadamente para que o compartilhamento de suas informações seja realizado de forma eficiente no SITURB.

2.2 Projeto de Banco de Dados Espaciais

Segundo Medeiros (2012), para gerência de bancos de dados convencionais faz-se uso de *software* chamado de sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) que é um conjunto de programas de *software* que permite criar, editar, atualizar, armazenar e recuperar dados em um banco de dados. São exemplos de SGBD os *software* livres: PostgreSQL¹ e MySQL²; e os *software* proprietários: ORACLE³ e SQLServer da Microsoft⁴.

Os sistemas gerenciadores de banco de dados convencionais não suportam a implementação de dados espaciais de forma nativa, sendo necessária a criação de extensões espaciais. PostGIS⁵ é exemplo de extensão espacial para o sistema de banco de dados objeto-relacional PostgreSQL. Os Sistema de banco de dados espaciais são otimizados para armazenar e consultar dados relacionados aos objetos no espaço, incluindo pontos, linhas e polígonos (ELMASRI e NAVATHE, 2011).

Tradicionalmente, para implementar dados em sistema gerenciador de banco de dados é necessário um projeto que compreende três fases: modelagem conceitual, modelagem lógica e modelagem física ou implementação. Este mesmo procedimento é utilizado para a modelagem de banco de dados espaciais (Figura 2.1).

¹*Software* PostgreSQL disponível em: <<https://www.postgresql.org/docs/9.3/static/index.html>>.

²*Software* MySQL disponível em: <<http://www.mysql.com/>>.

³*Software* Oracle disponível em:
<<https://www.oracle.com/br/products/database/options/spatial/index.html>>.

⁴*Software* SQLServer disponível em: <<http://www.microsoft.com/pt-br/server-cloud/products/sql-server/>>.

⁵*Software* PostGIS disponível em: <<http://postgis.net/documentation/>>.

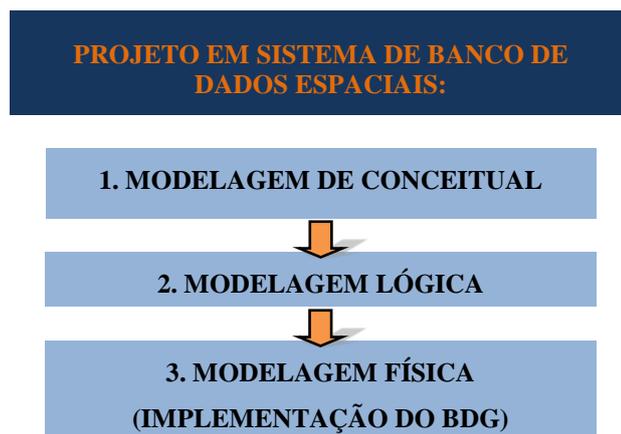


Figura 2.1: Fluxograma para criação do Projeto de BDG.

2.2.1 Primeira Fase: Modelagem Conceitual

A modelagem conceitual não está atrelada à implementação, seu principal objetivo é capturar a semântica do problema e as necessidades do estudo em questão (CARDOSO e CARDOSO, 2012). Os modelos de dados conceituais ou semânticos também são classificados como de alto nível e definidos por Elmasri e Navathe (2011), simplifcadamente, como um modelo que possui primitivas que descrevem os dados como o usuário os entende.

A construção de um modelo é uma simplificação da realidade, uma abstração semanticamente específica do sistema. A modelagem dos dados é utilizada para compreender mais claramente o sistema em desenvolvimento. Com a modelagem alcançam-se quatro objetivos (BOOCH *et al.*, 2005): visualizar o sistema como ele é ou como se deseja que seja; especificar a estrutura ou o comportamento de um sistema; proporcionar um guia para a construção do sistema; documentar as decisões tomadas.

Booch *et al.* (2005) afirmam que a capacidade humana de compreender complexidades é limitada, desta forma, a modelagem ajuda a delimitar o problema estudado, restringindo o foco a um aspecto por vez. Os problemas difíceis são divididos em vários problemas menores. Eles ainda afirmam que com o auxílio da modelagem é possível ampliar o intelecto humano.

Os modelos de dados semânticos e orientados a objetos são utilizados em modelagem para aplicações geográficas. Segundo Borges *et al.* (2005), modelos de dados para aplicações geográficas têm necessidades adicionais quanto à abstração de conceitos, ao tipo de representação de entidades e ao relacionamento entre as classes. Destaque para autores que

publicaram definições e comparações entre os modelos existentes para aplicações geográficas (BORGES, 1997; LISBOA-FILHO, 1997; LISBOA-FILHO; IOCHPE, 1999).

Entre os modelos existentes para a execução da modelagem conceitual de banco de dados espaciais destaca-se o modelo *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G). Proposto inicialmente por Borges (1997), em Borges *et al.* (2001) e Borges *et al.* (2005) são feitas a compilação dos trabalhos de Borges (1997) e de Davis Jr. (2000). Em Borges, *et al.* (2001) inclui a comparação do modelo OMT-G com outras propostas de modelagem conceitual para banco de dados espaciais.

2.2.1.1 O Modelo de Dados OMT-G

O modelo OMT-G surge com a proposta de simplificar e tornar mais próxima a representação espacial dos fenômenos do mundo real. O modelo OMT-G parte das primitivas definidas de uma linguagem gráfica padrão de visualização, especificação, construção e documentação de esquemas de bancos de dados, chamada de Unified Modeling Language – UML (BOOCH *et al.*, 2005). Com o OMT-G é possível modelar a geometria, a topologia dos dados espaciais e especificar os atributos alfanuméricos e as operações. O modelo tem como base os conceitos de classes, relacionamentos e restrições de integridade espaciais e propõe o uso dos diagramas de classes, de transformação e de apresentação para desenvolvimento de aplicações espaciais (BORGES *et al.*, 2001, 2005).

O diagrama de classes é composto por classes de objetos e seus relacionamentos, considerados elementos específicos da estrutura de um banco de dados. Desta forma, o diagrama de classes é usado para descrever a estrutura e o conteúdo do banco de dados espaciais. No nível de representação conceitual o diagrama de classes contém o tipo de representação da classe, regras e descrições que definem conceitualmente como os dados serão estruturados (BORGES *et al.*, 2005).

2.2.1.1.1 Classes

No modelo OMT-G as classes são representadas pelos grupos de dados contínuos, de dados discretos e de dados não espaciais. E podem ser definidas como georreferenciadas ou convencionais. As classes georreferenciada e convencional apresentam objetos que possuem propriedades, comportamento, relacionamentos e semântica semelhantes, porém, os objetos da classe georreferenciada possuem propriedades geométricas que representam o mundo real (BORGES *et al.*, 2001).

As classes georreferenciadas são simbolizadas no modelo OMT-G de forma semelhante a uma classe convencional na UML, porém, incluiu-se no canto superior esquerdo um retângulo com a primitiva geométrica, na forma de um pictograma (BORGES *et al.*, 2001) conforme a Figura 2.2. Algumas instâncias de classes georreferenciada não apresentam o pictograma, pois representam mais de uma primitiva geométrica e são denominadas de classe genérica. As classes genéricas normalmente ocorrem como superclasses de generalização conceitual ou cartográfica (BORGES *et al.*, 2005).

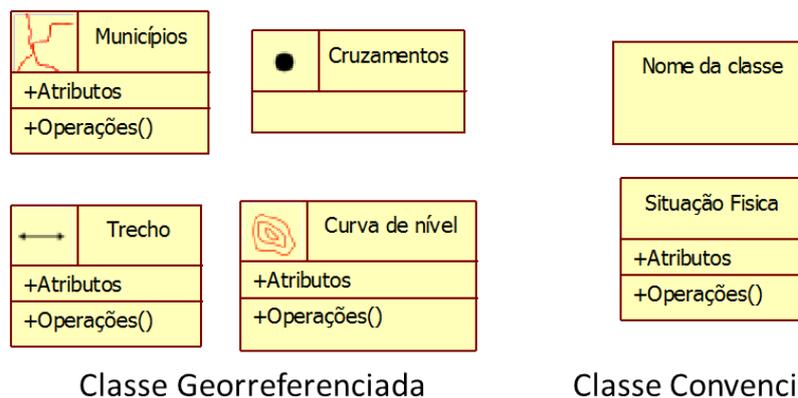


Figura 2.2 – Notação gráfica para as classes do modelo OMT-G (Adaptado de Borges *et al.*, 2005).

Segundo Borges *et al.* (2001), as classes georreferenciadas especializam-se em:

- Classes do tipo geo-campo: representam objetos e fenômenos com variação contínua no espaço, como tipo de solo, relevo e geologia. São classificados em isolinhas, subdivisão planar, tesselação, amostragem e malha triangular;
- Classes do tipo geo-objeto: representam objetos espaciais individualizáveis do mundo real, como ponte, semáforo, equipamento de fiscalização, placa de trânsito, rodovias. Classificam-se em geo-objeto com geometria e geo-objeto com geometria e topologia;

Conforme Borges *et al.* (2001), as classes georreferenciadas do tipo geo-objeto são objetos geométricos dos tipos ponto, linha e polígono. Já as classes do tipo geo-objetos com geometria e topologia também representam conjuntos de objetos geométricos, porém, possuem propriedades de conectividade topológica, voltadas para a representação de estrutura de redes (Figura 2.3).

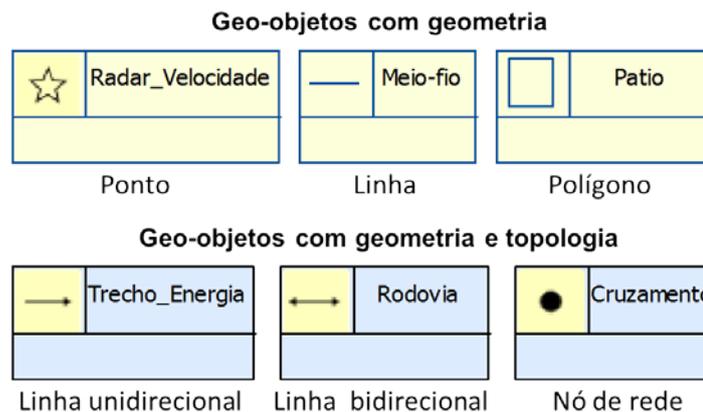


Figura 2.3 - Classe de Geo-objetos (Adaptado de Borges *et al.*, 2005).

2.2.1.1.2 Relacionamentos

Relacionamento é a forma com que as classes interagem entre si para que possam representar fenômenos do mundo real. Para o modelo OMT-G há três tipos de relacionamentos entre suas classes: associações simples, relacionamentos topológicos em rede e relacionamentos espaciais (BORGES *et al.*, 2001):

- Associações simples: independe da existência de representação geométrica, representando relacionamentos entre objetos de classes convencionais ou entre classes convencionais e georreferenciadas. As associações simples entre classes são indicadas por linhas contínuas, conforme Figura 2.4a.
- Relacionamentos espaciais: são representados por relações que envolvem objetos espaciais. As relações espaciais representam as relações do tipo topológicas, métricas, de ordem e fuzzy. Já os relacionamentos espaciais são indicados por linhas pontilhadas conforme demonstrado na Figura 2.4b.
- Relacionamentos topológicos em rede: são relacionamentos no espaço geográfico entre um conjunto de pontos (chamados de nós) que estão conectados por linhas (arcos), onde tanto os nós quanto os arcos possuem atributos (CÂMARA, 2005). O relacionamento em rede é representado no modelo por duas linhas paralelas pontilhadas e podem ser relações do tipo arco-nó (Figura 2.4c) ou do tipo arco-arco, chamada também de relacionamento recursivo (Figura 2.4d).

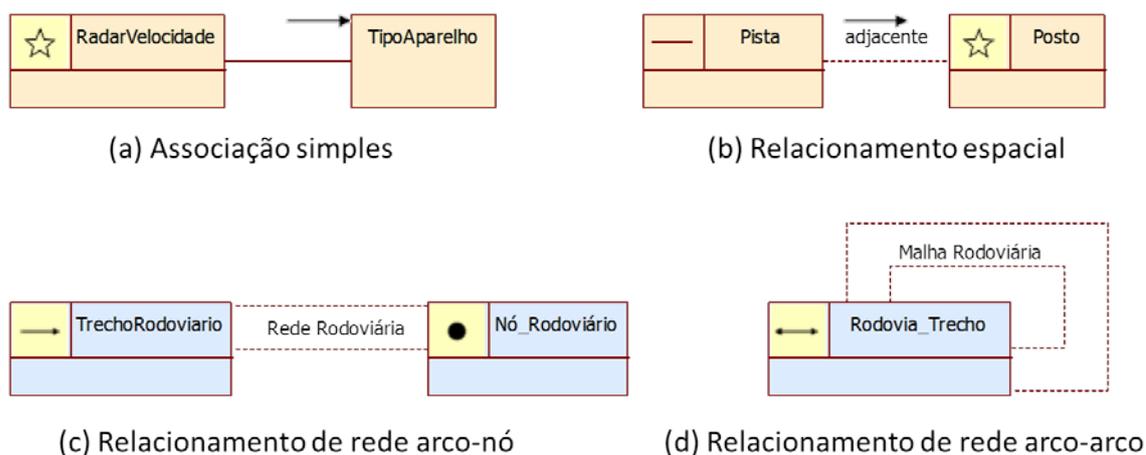


Figura 2.4 - Representação de relacionamentos (Adaptado de Borges *et al.*, 2005).

2.2.1.1.3 Relacionamentos Topológicos

A caracterização dos relacionamentos topológicos entre estruturas vetoriais atribui um contexto semântico aos algoritmos geométricos. Uma estrutura de dados topológicos é aquela em que as relações espaciais são explicitamente armazenadas (BORGES *et al.*, 2005). Para Clementini e Di Felice (1995) a importância das propriedades topológicas em uma linguagem de consulta espacial está diretamente relacionada com o processo de aprendizagem adotada por seres humanos em relação ao espaço.

O Dimensionally Extended Nine Intersection Model (DE-9IM) é o modelo de nove interseções dimensionalmente estendido adotado pela OGC por meio do documento *Open Gis Implementation Standard for Geographic Information Simple - Feature Access – Part 1: Common architecture version 1.2.1* (OGC, 2011) e *ISO/IEC 13249-3:2016 - Information technology - Database languages - SQL multimedia and application packages - Part 3: Spatial* (ISO, 2016).

Open Geospatial Consortium (OGC) é uma organização internacional sem fins lucrativos que estabelece padrões de qualidade abertos para a comunidade geoespacial global (OGC, 2016). Já a *ISO* é uma organização internacional independente, não-governamental, com adesão de 163 organismos de normalização. Eles dão especificações de classe mundial para produtos, serviços e sistemas, para garantir a qualidade, segurança e eficiência, fundamentais para facilitar o comércio internacional (ISO, 2016).

O modelo DE-9IM de Clementini e Di Felice (1995) é baseado no modelo 9IM de Egenhofer e Herring (1991), que por sua vez é uma extensão do modelo de cruzamento de quatro interseções (4IM) de Egenhofer e Franzosa (1991) e no método dimensionalmente estendido de Clementini *et al.* (1993). Com o objetivo de manter o número de resultados de potenciais relacionamentos topológicos tão pequenos quanto possível, no trabalho de Clementini *et al.* (1993) estabeleceram um agrupamento das relações, que de alguma forma são similares e mutuamente exclusivas, em cinco relacionamentos topológicos mais gerais, compreendendo: **toca, em, cruza, sobrepõe e disjunto**.

O DE-9IM é um modelo que expressa as relações espaciais de interseção entre dois objetos geométricos dos tipos (ponto, linha e área) em um universo bidimensional, incluindo áreas com buracos e linhas de multi-componentes (CLEMENTINI *et al.*, 1993). Para definir as relações topológicas é utilizado um conjunto de elementos (Tabela 2.1) e operações (Tabela 2.2) e são estabelecidos com base nos trabalhos de Borges *et al.* (2005) e Clementini e Di Felice (1995).

Tabela 2.1 – Descrição dos elementos utilizados para definir as relações topológicas.

Elementos	Descrição dos Elementos	Destaque
P, L, A	São os três tipos de feições utilizadas: ponto (0) , linha (1) e área (2) , respectivamente.	O interior de um Ponto é igual a ele mesmo.
		$P^{\circ} = P$
$\cap, \wedge, \vee, \emptyset$	Símbolo de interseção (\cap), operadores <i>e</i> (\wedge) / <i>ou</i> (\vee), conjunto vazio (\emptyset)	-
dim()	Dimensão da feição.	-
λ°	Interior da geometria.	O interior de uma feição genérica é igual essa feição menos a sua borda.
		$\lambda^{\circ} = \lambda - \partial\lambda$
λ^{-}	Exterior da geometria.	O exterior de uma feição é definida como todo o conjunto dos reais menos essa feição.
		$\lambda^{-} = \mathfrak{R}^2 - \lambda$
$\partial\lambda$	Fronteira da geometria.	-

Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2005) e Clementini; Di Felice (1995).

Tabela 2.2 – Principais tipos de relacionamentos topológicos.

Relacionamentos Topológicos	Descrição dos Relacionamentos Topológicos	
Toca (<i>Touch</i>)	Aplica-se a pares de geometrias dos tipos: área/área, linha/linha, linha/área, ponto/área e ponto/linha.	
	$\langle \lambda_1, \text{toca}, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1^\circ \cap \lambda_2^\circ = \emptyset)$ $\wedge ((\partial\lambda_1 \cap \lambda_2^\circ \neq \emptyset) \vee (\lambda_1^\circ \cap \partial\lambda_2 \neq \emptyset) \vee (\partial\lambda_1 \cap \partial\lambda_2 \neq \emptyset))$	
Em (<i>In</i>)	Aplica-se a pares de geometrias com qualquer combinação de tipos.	
	$\langle \lambda_1, \text{em}, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1^\circ \cap \lambda_2^\circ \neq \emptyset) \wedge (\lambda_1^\circ \cap \lambda_2^- = \emptyset) \wedge (\partial\lambda_1 \cap \lambda_2^- = \emptyset)$	
Cruza (<i>Cross</i>)	Aplica-se a pares de geometrias dos tipos: linha/linha e linha/área.	
	linha/área	$\langle L, \text{cruza}, A \rangle \Leftrightarrow (L^\circ \cap A^\circ \neq \emptyset) \wedge (L^\circ \cap A^- \neq \emptyset)$
	linha/linha	$\langle L_1, \text{cruza}, L_2 \rangle \Leftrightarrow \dim(L_1^\circ \cap L_2^\circ) = 0$
Sobrepõe (<i>Overlap</i>)	Aplica-se a pares de geometrias dos tipos: área/área e linha/linha.	
	área/área	$\langle A_1, \text{sobrepõe}, A_2 \rangle \Leftrightarrow (A_1^\circ \cap A_2^\circ \neq \emptyset)$ $\wedge (A_1^\circ \cap A_2^- \neq \emptyset) \wedge (A_1^- \cap A_2^\circ \neq \emptyset)$
	linha/linha	$\langle L_1, \text{sobrepõe}, L_2 \rangle \Leftrightarrow (\dim(L_1^\circ \cap L_2^\circ) = 1)$ $\wedge (L_1^\circ \cap L_2^- \neq \emptyset) \wedge (L_1^- \cap L_2^\circ \neq \emptyset)$
Disjunto (<i>Disjoint</i>)	Aplica-se a pares de geometrias com qualquer combinação de tipos.	
	$\langle \lambda_1, \text{disjunto}, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1^\circ \cap \lambda_2^\circ \neq \emptyset) \wedge (\partial\lambda_1 \cap \lambda_2^\circ = \emptyset)$ $\wedge (\lambda_1^\circ \cap \partial\lambda_2 = \emptyset) \wedge (\partial\lambda_1 \cap \partial\lambda_2 = \emptyset)$	

Fonte: Adaptado de Borges *et al.* (2005) e Clementini; Di Felice (1995).

2.2.1.1.4 Cardinalidade

Uma das características dos relacionamentos é a possibilidade de estabelecimento de graus ou cardinalidade de relacionamento (COUGO, 1997). Segundo Borges *et al.* (2001), a cardinalidade representa quantos elementos de uma classe se relacionam com cada elemento de outra classe (Figura 2.5):

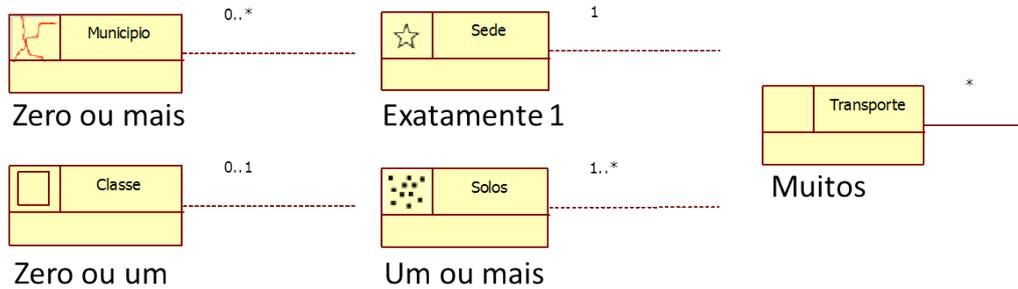


Figura 2.5 – Cardinalidade (Adaptado de Borges *et al.*, 2005).

2.2.1.1.5 Especialização e Generalização

A especialização é o processo de definir um conjunto de classes mais específicas a partir de classes mais genéricas (superclasses). Já a generalização é o processo inverso, no qual a superclasse é definida a partir das subclasses. As subclasses herdam os atributos, as operações e as associações da superclasse, podendo ter características próprias, conforme define Borges *et al.* (2001).

A generalização pode ser total quando a união de todas as subclasses equivale ao conjunto completo da superclasse (notação: ponto no ápice do triângulo) ou parcial quando apenas parte das subclasses são especificadas (notação: sem o ponto no ápice do triângulo). A generalização pode ainda ser disjunta (notação: triângulo preenchido) ou sobreposta sua notação é uma triângulo em branco (Figura 2.6) (BORGES *et al.*, 2005).

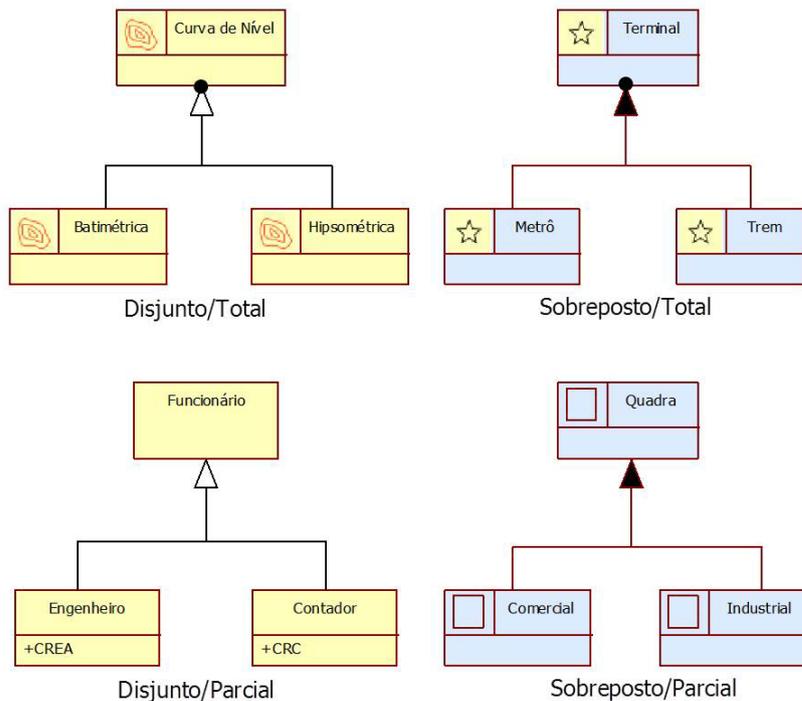


Figura 2.6 – Generalização e Especialização (Adaptado de Borges *et al.*, 2005).

2.2.1.1.6 Generalização Conceitual

A generalização conceitual é acrescentada ao modelo OMT-G com objetivo de melhorar a legibilidade e aumentar a compreensão dos dados espaciais, facilitando o registro de diferentes representações para um mesmo objeto espacial. Como a superclasse pode ser vista de diferentes maneiras nas subclasses, ela não possui representação específica. As subclasses, além de serem representadas por formas geométricas distintas, podem herdar da superclasse os atributos alfanuméricos e ter atributos próprios (BORGES *et al.*, 2001).

Segundo Borges *et al.* (2001), a generalização conceitual pode ocorrer de acordo com a escala, em que para cada classe de geometria diferente associa-se uma faixa de escala, e podem ser de acordo com a forma geométrica, onde a superclasse pode ser representada em suas subclasses com diversas formas geométricas, sem levar em consideração a escala, conforme apresentado na Figura 2.7.

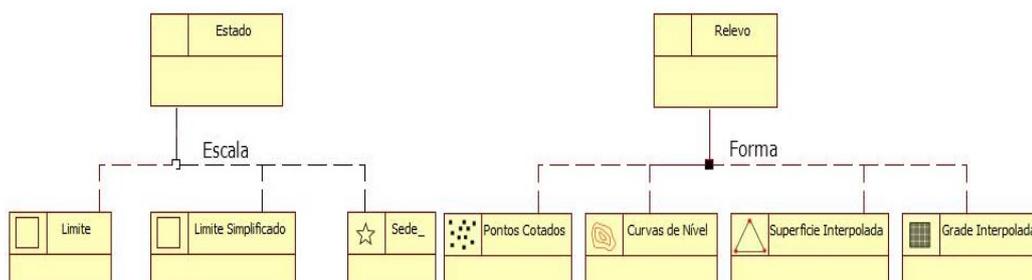


Figura 2.7 – Generalização conceitual (Adaptado de Borges *et al.*, 2005).

2.2.1.1.7 Agregação

Na agregação um objeto é formado a partir de outros. É considerada uma forma especial de associação. A agregação ocorre entre classes convencionais, entre classes georreferenciadas ou entre uma classe convencional e uma classe georreferenciada (Figura 2.8). A agregação espacial ocorre entre classes georreferenciadas e indica que a geometria das partes está contida na geometria do todo (BORGES *et al.*, 2001).

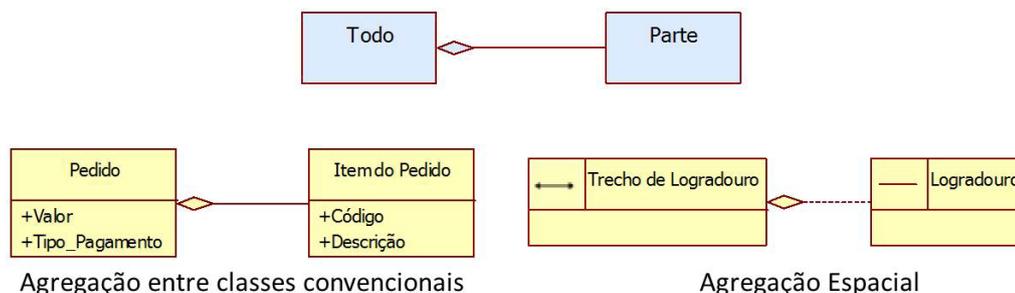


Figura 2.8 – Agregação na notação UML. (Adaptado de Borges *et al.*, 2005).

2.2.2 Segunda Fase: Modelagem Lógica

A segunda fase do processo de construção do projeto de BD tem o objetivo é definir como o banco de dados será implementado no sistema gerenciador de banco de dados (SGBD), segundo indicam Cardoso e Cardoso (2012). Nesta etapa o esquema conceitual é utilizado como parâmetro de entrada transformando-o em esquema lógico. Desta forma, todos os atributos das diversas relações são identificados, têm seus nomes padronizados, normalizados e tipificados, definindo o tipo de dado que esta propriedade será capaz de armazenar (CHEN, 1990).

É importante fazer distinção entre as estruturas de dados lógica e física. A estrutura de dados lógica é uma configuração conceitual de como os dados são organizados no banco de dados para um desempenho ideal e fácil administração. A estrutura de dados lógica é usada em modelagem de dados lógica, visando encontrar a forma mais eficaz de distribuição dos dados e arquivos de dados dentro do banco (YEUNG e HALL, 2007). Uma relação, por exemplo, na estrutura de dados lógica, é uma visão conceitual da armazenagem física das tabelas em um banco.

A estrutura lógica ajuda o designer e o administrador de banco de dados a organizarem logicamente os dados em um banco. Usar a estrutura de dados lógicos alivia os designers de banco de dados e os programadores de aplicativos do ônus de gerenciar o armazenamento físico de dados, pois eles só precisam saber os nomes de tabelas lógicas e deixar o real armazenamento e gerenciamento da estrutura de banco de dados físico para serem manipulados pelo próprio sistema de banco de dados (YEUNG e HALL, 2007).

Conforme Heuser (2009), “Um modelo lógico é uma descrição de um banco de dados no nível de abstração visto pelo usuário do sistema gerenciador de banco de dados”. Nesta fase do processo de modelagem de dados, o projetista já deve ter conhecimento em qual tipo de SGBD o projeto será implementado (relacional, objeto - relacional, hierárquico, entre outros), pois, segundo o autor, o modelo lógico é dependente do tipo particular de SGBD que será usado.

2.2.2.1 Modelo em Sistema de Banco de Dados Objeto-Relacional

O modelo relacional foi proposto por Edgar Codd (1970), como uma nova maneira de representação de dados. Segundo Yeung e Hall (2007), o modelo de dado relacional é um modelo de implementação do banco de dados usado para descrever como o

banco de dados será implementado em um SGBD. No modelo relacional, os dados são logicamente estruturados em tabelas, chamadas de relações, com base matemática fundamentada na teoria dos conjuntos e lógica de predicados de Codd (1970, 1990).

Para Yeung e Hall (2007) uma tabela é um arquivo de dados que representa um tipo de entidade ou classe em um banco de dados relacional e tem características como: nome único que a distingue de outras tabelas no banco de dados; uma coluna de uma tabela representa um dos seus atributos, chamado também de campo. A tabela tem tantas colunas quanto seu número de atributos e sua ordem não é importante; uma ou mais colunas servem como chave da tabela. Dependendo de sua função, a chave pode ser primária, secundária ou externa. Se uma tabela tem uma chave primária e uma chave secundária, as duas chaves são chamadas coletivamente de chave composta; uma linha de uma tabela representa uma tupla ou um registro da relação. Em uma tabela particular, cada linha é diferente, o que significa que não há duas idênticas em termos de valores de células.

Yeung e Hall (2007) ainda definem que cada célula de uma tabela contém exatamente um valor. Se o valor de uma célula em particular não é conhecido ou não disponível temporariamente, um valor especial chamado "nulo" é atribuído a ele. Usar valor nulo é uma alternativa para substituir dados ausentes ou incompletos em uma tabela relacional. Um valor nulo não é o mesmo que o número zero ou espaço em branco. Isto indica a ausência de um valor, em vez do valor de uma célula; o tipo de valores armazenados nas células de uma coluna particular de uma tabela é chamado de domínio. Um domínio é a menor unidade de representação de dados.

2.2.3 Terceira Fase: Modelagem Física

Na última fase do projeto de sistema de banco de dados é produzido o esquema físico, que depende do sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) utilizado (CARDOSO e CARDOSO, 2012). O SGBD é um software genérico que manipula o banco de dados e tem a capacidade de fazer mudanças na estrutura lógica e física do banco de dados sem reprogramação dos programas de aplicação. O grau de independência dos dados é mais elevado que nos sistemas mais antigos (TEOREY *et al.*,2014).

As principais características e vantagens do SGBD em detrimento do uso de arquivos de sistema são controle de redundância e compartilhamento de dados, restrição de acesso não autorizado, fornecimento de múltiplas interfaces, restrições de integridade, backup

e recuperação de dados, controle de transação, tempo de desenvolvimento reduzido, disponibilidade de informação atualizada. Apesar das vantagens no uso do SGBD, há algumas situações em que esse sistema pode envolver custos altos e desnecessários, que normalmente não ocorreriam no processamento arquivos de sistema (ELMASRI e NAVATHE, 2011).

Os SGDB necessitam de investimentos iniciais altos em hardware, *software* e treinamentos, bem como, profissionais qualificados para implementar e manter o banco de dados. Desta forma, indica-se o uso de arquivos de sistema quando, por exemplo, o banco de dados e suas aplicações são simples, bem definidas e não há previsão de mudanças constantes e também quando não for necessário o acesso de múltiplos usuários, o que não é o caso da implementação no DER/DF (ELMASRI e NAVATHE, 2011).

Os SGDB são classificados de acordo com o modo como organizam, armazenam e manipulam os dados. Vale ressaltar os três principais tipos de SGDB que são mais utilizados em sistemas de banco de dados espaciais: o relacional, o objeto-relacional e o orientado a objeto (LONGLLEY *et al.*, 2013).

Bancos de dados objeto-relacionais foram desenvolvidos para superar as limitações dos sistemas relacionais na manipulação de dados complexos. Os sistemas relacionais tradicionais agregaram alguns conceitos de sistemas orientados a objetos, como o armazenamento de objetos, tipos de dados definidos pelo usuário, herança, encapsulamento de métodos com estrutura de dados. Bancos de dados objeto-relacionais herdaram as capacidades de gerenciamento de transações robustas de sistemas relacionais e a flexibilidade de armazenamento de dados e acesso de sistemas orientados a objetos (YEUNG e HALL, 2007).

**CAPÍTULO 3 ARTIGO 1 – MODELAGEM CONCEITUAL DE REDE
RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS**

MODELAGEM CONCEITUAL DA REDE RODOVIÁRIA DO DISTRITO FEDERAL EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS

Federal District's Highway Network Conceptual Modeling in Spatial Database System

Caroline Ribeiro Chahini^{1,2}
Alexandre de Amorim Teixeira³
Henrique Llacer Roig¹
Clodoveu Davis⁴
Rejane Ennes Cicerelli¹

¹Universidade de Brasília – UnB
Instituto de Geociências
Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, DF – Brasil
cchahini@gmail.com, roig@unb.br, rejaneig@unb.br

²Departamento de Estradas de Rodagem – DER/DF
Gerência de Geoprocessamento
Brasília-DF, Brasil
caroline.chahini@der.df.gov.br

³Agência Nacional de Águas – ANA
Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos
Brasília-DF, Brasil
alexandre.amorim@ana.gov.br

⁴Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG
Departamento de Ciência da Computação
Belo Horizonte-MG, Brasil
clodoveu@dcc.ufmg.br

RESUMO

Um dos principais desafios na gestão da rede rodoviária do Distrito Federal (DF) é a organização dos dados do sistema rodoviário de forma eficiente, para facilitar o acesso e entendimento das informações disponíveis. Neste contexto, a modelagem conceitual de dados espaciais surge como uma técnica essencial para a organização e estruturação dos dados espaciais do Departamento de Estradas de Rodagem do DF (DER/DF), de modo a compor um banco de dados geográfico. Existem vários modelos de dados para o projeto de aplicações geográficas, entretanto, ainda há necessidades adicionais, tanto com relação à abstração de conceitos e classes, quanto aos tipos de classes georreferenciadas e seu inter-relacionamento. Entre as técnicas de modelagem existentes para a elaboração do projeto conceitual de banco de dados espaciais destaca-se o Object Modeling Technique for Geographic Applications (OMT-G). Com base nas especificações das infraestruturas nacional e distrital de dados espaciais e por meio do modelo OMT-G, este trabalho visa à elaboração de um esquema conceitual de dados geográficos do sistema rodoviário do DF. O esquema projetado, quando populado com dados vetoriais cedidos pelo DER/DF, poderá ser usado como componente de infraestruturas de dados espaciais. Foram gerados seis esquemas conceituais, de acordo com os setores responsáveis pelos dados, nos quais estão representadas as classes de objetos geográficos envolvidas na rede rodoviária. Foi possível concluir que o processo de construção de um esquema conceitual permite organizar uma visão geral da estrutura dos dados espaciais do DER/DF, o que facilitará a gestão da informação espacial referente à rede rodoviária, além de

contribuir na interoperabilidade dos dados entre os setores, garantindo a consistência e a integridade dos dados e diminuindo a ocorrência de redundância e ambiguidade de dados espaciais.

Palavras-chave: rede rodoviária, modelagem conceitual, OMT-G, bancos de dados geográficos, infraestruturas de dados espaciais.

ABSTRACT

One of the main challenges in managing the Federal District's (DF) highway network is efficiently organizing the highway system's data in order to facilitate the access and understanding of the information available. In this context, the conceptual modeling of spatial data appears as an essential technique for organizing and structuring the Federal District Highways Department's (DER/DF) spatial database, in order to compose a geographic database. There are several different database models for geographical application, however, there are still additional needs to be met both regarding the abstraction of the concepts and categories and the types of georeferenced categories as well as their interrelations. Among the existing modeling techniques for elaborating a conceptual spatial database design is the Object Modeling Technique for Geographic Applications (OMT-G). Based on the national and the district spatial data infrastructure's (NSDI) specifications and using the OMT-G model, the present article aims to elaborate a conceptual geographical data schema for the DF's highway system. The projected scheme, when populated with vector data provided by the DER/DF, can be used as a component of spatial data infrastructures. Six conceptual schemas were constructed in accordance with the sectors responsible for the database, in which are represented the classes of geographic objects involved in the highway network. It was possible to conclude that the process of structuring a conceptual scheme allows to organize an overview of the DER/DF's spatial database structure, which should facilitate the management of spatial data concerning the highway network, besides contributing with the interoperability of data between sectors, guaranteeing the database's consistency and integrity, and diminishing the occurrence of redundancy and ambiguity of spatial data.

Keywords: highway network, conceptual modeling, OMT-G, spatial databases, spatial data infrastructures.

3.1 INTRODUÇÃO

A modelagem de dados é um processo de simplificação da realidade, uma abstração semanticamente específica do sistema. A modelagem dos dados é feita para compreender mais claramente o sistema em desenvolvimento. Com a modelagem alcançam-se quatro objetivos (BOOCH et al., 2005): visualizar o sistema como ele é ou como se deseja que seja; especificar a estrutura ou o comportamento de um sistema; proporcionar um guia para a construção do sistema; e documentar as decisões tomadas.

Alguns requisitos devem ser considerados para uma modelagem mais coerente. Os requisitos de dados são analisados e modelados por meio de um diagrama conceitual, desenvolvido a partir de técnicas como o modelo entidade-relacionamento (ER) ou a Unified Modeling Language (UML). O levantamento e a análise de requisitos são determinados por meio de entrevistas com os produtores e usuários dos dados, coletando informações para elaborar uma especificação formal de requisitos (TEOREY et al., 2014).

Existem vários modelos de dados semânticos e orientados a objetos, os quais têm sido largamente utilizados para modelar dados. O produto da modelagem é usualmente

denominado esquema. Na década de 1960, esquemas definidos usando diagramas foram formalizados por Charles Bachman. Em 1976, Peter Chen apresentou o modelo entidade-relacionamento para a modelagem conceitual de dados. Em 1997, Grady Booch e James Rumbaugh introduziram a UML, que se tornou uma linguagem gráfica, com a finalidade de especificar e documentar sistemas de software em grande escala (TEOREY et al., 2014).

Entre os modelos conceituais existentes para a modelagem conceitual de banco de dados espaciais destaca-se o Object Modeling Technique for Geographic Applications (OMT-G). Proposto inicialmente por Borges (1997), e expandido por Davis Jr. (2000), foi detalhadamente introduzido por Borges et al. (2001). Mais tarde, as definições formais foram somadas a técnicas de mapeamento do nível conceitual para o de implementação (Borges et al., 2005). Borges, et al. (2001) inclui ainda uma comparação do modelo OMT-G com outras propostas de modelagem conceitual para projeto de bancos de dados espaciais. Vários autores publicaram definições e comparações entre modelos existentes para aplicações geográficas (BORGES, 1997; LISBOA-FILHO, 1997; LISBOA-FILHO; IOCHPE, 1999).

O modelo OMT-G parte das primitivas definidas para o diagrama de classes da UML. Nelas são inseridas primitivas voltadas a representações geográficas e a relacionamentos de natureza espacial, com o objetivo de aumentar a capacidade de representação semântica do modelo (BORGES et al., 2005). As Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) para a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) do Brasil (BRASIL, 2008) adotam o modelo OMT-G (CONCAR, 2010; BRASIL, 2015, 2016) na construção e apresentação de esquemas conceituais geográficos.

A modelagem de dados é uma solução para organizar e estruturar os diversos dados convencionais e espaciais. Nesse contexto, os órgãos públicos de gestão e infraestrutura de estradas necessitam de ferramentas que auxiliem na gestão de maneira eficiente e rápida. Um exemplo disso é a rede rodoviária do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF), que tem extensão aproximada de 2000 km (DISTRITO FEDERAL, 2016).

Diante disso, este trabalho mostra como a técnica OMT-G pode auxiliar na elaboração de um projeto conceitual conciso e inteligível. O objetivo a ser alcançado é a elaboração do esquema conceitual dos dados do Sistema Rodoviário do Distrito Federal

(SRDF), administrado pelo DER/DF, de acordo com as especificações da INDE do Brasil (BRASIL, 2008, 2015, 2016; CONCAR, 2010) e do comitê gestor de geoinformações do Distrito Federal – COMGEO (DISTRITO FEDERAL, 2012).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF) foi criado pelo decreto de nº 6, de 09 de julho de 1960. O DER/DF tem sede e foro em Brasília e circunscrição sobre todas as vias do sistema rodoviário do Distrito Federal (SRDF). A gerência de geoprocessamento (GEGEO) do DER é uma unidade de execução diretamente subordinada à coordenação de planejamento. A área de geoprocessamento do DER/DF é responsável por gerenciar continuamente os dados espaciais do órgão (DISTRITO FEDERAL, 2014).

Os dados espaciais do DER/DF estão atualmente armazenados em pastas de arquivos, em formatos diversos, principalmente em formato proprietário, como o shapefile. Os dados espaciais são frequentemente replicados, o que gera ambiguidade e dificuldade de acesso. O espalhamento dos dados espaciais do DER/DF em arquivos impede que internamente os servidores tenham acesso a dados integrados, atualizados e organizados, e ao mesmo tempo dificulta que os dados sejam compartilhados adequadamente com outras instituições e com a sociedade.

3.3 TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL

Antes de iniciar a modelagem conceitual dos dados espaciais do DER/DF é necessário entender como o dado é transformado em informação para uma ou várias finalidades, ou mesmo antes de existir o dado, no mundo real, identificar o que deverá ser representado no ambiente digital. Segundo Borges et al. (2005), os sistemas de informação geográficos (SIG) têm como objetivo realizar o tratamento computacional de dados de natureza espacial. A vantagem de um SIG em relação aos sistemas convencionais é sua capacidade de representar elementos da realidade usando tanto atributos alfanuméricos descritivos quanto formas geométricas e posicionamento geográfico.

Uma forma de compreender as transformações da realidade para o meio digital exige estabelecer uma sucessão complexa de mediações, visualizadas no paradigma dos quatro universos, proposto inicialmente por Gomes e Velho (1995). Esse paradigma utilizou as ideias de Requicha (1980), que propôs modelos matemáticos para representar objetos do

mundo real, e foi adaptado por Câmara (1995) e Borges et al. (2005). Segundo Câmara (2005), este paradigma define quatro passos entre o mundo real e a materialização computacional, denominados de universos: universo real ou ontológico, universo matemático ou formal, universo de representação ou estrutural e universo de implementação.

Os universos são definidos, resumidamente, de acordo com Câmara (2005): no primeiro universo é onde as percepções do mundo real são representadas em conceitos que descrevem a realidade, são levantadas questões como quais as classes de entidades que serão necessárias para representar um problema estudado. No segundo, são gerados os modelos de dados e álgebras computacionais (modelos formais), como o modelo entidade-relacionamento (Chen, 1976) e o modelo OMT-G (Borges et al., 2001), a partir da abstração dos conceitos estabelecidos no universo ontológico.

No terceiro universo, o estrutural, as estruturas de dados e algoritmos são criadas com base no modelo formal. Por fim, o universo de implementação completa o processo de representação computacional, onde é considerado um suporte computacional adequado e são definidos a arquitetura, a linguagem e os paradigmas de programação (CÂMARA, 2005).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES

Nesta proposta o banco de dados está dividido em seis categorias, de acordo com a área/setor responsável pela criação e/ou manutenção de cada conjunto de dados na instituição. No esquema conceitual, cada área é representada por uma cor, conforme a Tabela 3.1, para uma melhor distinção no diagrama de classes. Todos os dados vetoriais utilizados neste trabalho foram produzidos e são de responsabilidade do DER/DF.

Os diagramas apresentados neste artigo foram simplificados para facilitar a legibilidade e estão disponíveis em Chahini (2016). Toda a base de dados foi analisada e compatibilizada para os sistemas de referência SIRGAS 2000 e de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23 S.

Das áreas selecionadas, apenas o Núcleo de Sinalização (NUSIN) não possuía dados espaciais, e por isso a definição do seu esquema conceitual é baseada no código de trânsito brasileiro (CTB) e nos manuais brasileiros de sinalização de trânsito. Segundo o CTB, os sinais de trânsito classificam-se em verticais, horizontais, dispositivos de sinalização auxiliar, luminosos, sonoros e gestos do agente de trânsito e do condutor (BRASIL, 1997).

Para este trabalho, o esquema de sinalização de trânsito do DER/DF é composto por sinalização vertical de regulamentação (BRASIL, 2005), sinalização vertical de advertência (BRASIL, 2007b), sinalização vertical de indicação (BRASIL, 2014b), sinalização horizontal (BRASIL, 2007a), sinalização semafórica (BRASIL, 2014a) e o anexo II do Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 2004).

Tabela 3.1 - Especificação dos dados vetoriais a serem modelados.

Área responsável	Dados Vetoriais do DER/DF		
	Ponto (☆)	Linha (—)	Área (□)
Gerência de Geoprocessamento (GEGEO)	Ponto de início e final da rodovia/ trecho/ BRT (<i>Bus rapid transit</i>), interseções viárias, marginais e estações BRT.	Trecho rodoviário, Rodovia, trecho de BRT, ciclovias e vias marginais.	Distritos rodoviários.
Diretoria de Meio Ambiente (DIMAM)	Flora e Fauna atropelada.	Licença ambiental.	Caixa de empréstimo.
Núcleo de Projetos de Drenagem e de Obras de Arte Especial (NPROD)	Obras de arte especial (OAE): ponte, passagem elevada, viaduto, túnel e travessia de pedestre.	Obras de arte especial (OAE): ponte, passagem elevada, viaduto, túnel e travessia de pedestre.	Obras de arte especial (OAE): ponte, passagem elevada, viaduto, túnel e travessia de pedestre.
Núcleo de Sinalização (NUSIN)	Sinalização viária: vertical, horizontal e luminoso.	Sinalização viária: horizontal.	-
Gerência de Estudos e Estatísticas de Tráfego (GESET)	Dados de tráfego médio diário (TMD) e dos equipamentos de fiscalização: barreira eletrônica, pardal, radar estático/ móvel e radar portátil.	-	-
Diretoria de Faixa de Domínio (DIDOM)	Engenhos publicitários.	-	Faixa de domínio.

3.5 ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM

Para a modelagem conceitual dos dados relacionados à rede rodoviária do DF primeiramente são identificadas as classes de dados espaciais mais significativas e as classes de dados espaciais que são diretamente ligadas ao objeto trecho rodoviário. As etapas de trabalho consistiram, basicamente, em análise das classes, definição dos atributos que compõem cada classe, estabelecimento dos relacionamentos e das cardinalidades e elaboração

das relações de classes e objetos (RCO) da área de geoprocessamento, disponíveis em Chahini (2016). O procedimento adotado no presente estudo segue o fluxograma da Figura 3.1.

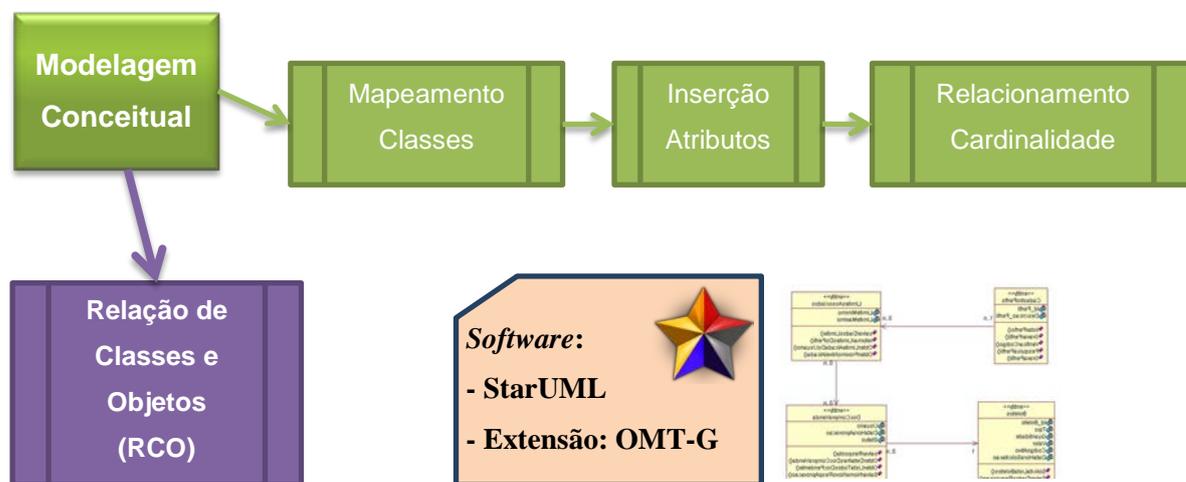


Figura 3.1 - Fluxograma das etapas de trabalho.

Para a elaboração de diagramas de classes OMT-G é utilizado o software StarUML e a extensão OMT-G. Esse software é um editor de código aberto para modelagem UML/ MDA (Model Driven Architecture, arquitetura baseada em modelo), sendo rápido, flexível, extensível e livremente disponível (STARUML, 2016).

A identificação das classes consiste em fazer um mapeamento no DER/DF dos objetos espaciais mais representativos para cada setor e, assim, selecionar os que estão diretamente ligados ao objeto trecho rodoviário. A estruturação dos dados vetoriais deste trabalho utilizou a técnica OMT-G e as orientações das Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geospaciais Vetoriais (ET-EDGV) (CONCAR, 2010, BRASIL 2010a, 2015 e 2016).

As classes de objetos podem indicar uma representação geográfica e são compostas por atributos e comportamentos. Os atributos descrevem as características estáticas dos objetos, enquanto os comportamentos descrevem sua dinâmica (BRASIL, 2016). No contexto deste trabalho, assim como na ET-EDGV, os comportamentos não são descritos, sendo normatizados nas Especificações Técnicas para a Aquisição e de Dados Geospaciais (ET-ADGV). A definição dos atributos de cada classe é composta pelos atributos dos dados espaciais já existentes em uso no DER/DF e complementados com atributos definidos na ET-EDGV (CONCAR, 2010), quando aplicáveis.

Os relacionamentos espaciais no modelo OMT-G são indicados pela conexão entre classes usando uma linha pontilhada. Para relacionamentos topológicos, é usado o modelo de nove interseções dimensionalmente estendido (DE-9IM) de Clementini e Di Felice (1995), que define nomes e comportamentos padronizados para relacionamentos topológicos, tais como contém, toca, cobre, sobrepõe e disjunto.

A modelagem também indica nos relacionamentos a sua cardinalidade, usando o padrão definido pelo modelo OMT-G, que é o mesmo usado na UML (Rational Software Corporation, 1997). A cardinalidade limita o número de instâncias de cada classe que podem participar no relacionamento (BORGES et al., 2005). Os itens a seguir indicam as possibilidades mais comuns de cardinalidade:

- 0..1 – nenhum ou um;
- 1 – somente um;
- 0..* - nenhum ou muitos;
- 1..* – um ou muitos;
- * – muitos.

A Relação de Classes de Objetos (RCO) é construída conforme as tabelas disponibilizadas no documento ET-EDGV (CONCAR, 2010). Nas tabelas RCO é feito um detalhamento das classes e seus atributos, definindo o tipo de valor que podem assumir (alfanumérico, real, inteiro, booleano, data, tempo), o tipo da geometria e outras restrições de integridade de atributos (valor nulo, unicidade, e outras). Para a primeira fase do projeto de modelagem dos dados são criadas as tabelas RCO para os dados da área de geoprocessamento. As tabelas RCO, futuramente, servirão de subsídio para o mapeamento dos esquemas conceituais para esquemas lógicos e físicos.

As notações utilizadas na descrição dos resultados estão listadas a seguir. Para destacar os nomes das classes é utilizada a fonte mono espaçado Courier New. Os nomes dos relacionamentos, como contém, toca, cruza, sobrepõe e disjunto estão em itálico e entre aspas duplas. A cardinalidade é indicada entre parênteses, por exemplo, (1..*), ou por extenso, como uma para muitos (1..*).

3.6 MODELAGEM CONCEITUAL

Para facilitar a visualização e a descrição da modelagem optou-se por produzir vários diagramas para compor o esquema conceitual, de acordo com as áreas estabelecidas na Tabela 1, e apresentadas na Figura 3.2 de forma esquemática. As cores estabelecidas na tabela e na figura possuem relação direta com as cores definidas no diagrama de classes e estão associadas aos respectivos setores responsáveis. A ideia é que este diagrama seja flexível o bastante para permitir a inclusão futura de outros dados espaciais e convencionais do DER/DF que não são tratados neste trabalho.

Para elaboração da modelagem conceitual adotou-se o trecho rodoviário como o centro do diagrama, onde pelo menos um dado de cada área tem relação direta com essa classe. A classe geográfica ‘Trecho Rodoviário’ é considerada o elemento principal do DER/DF, já que todos os dados e informações que a instituição utiliza estão ligados direta ou indiretamente ao trecho da rodovia. A missão do órgão é assegurar a infraestrutura viária de trânsito e de mobilidade das rodovias do sistema rodoviário do DF. Dessa forma, todas as ações relacionadas à infraestrutura (como obras, instalações de sinalização, atividades de fiscalização) sempre utilizarão informações relativas ao(s) trecho(s) rodoviário(s) correspondente(s) à ação.

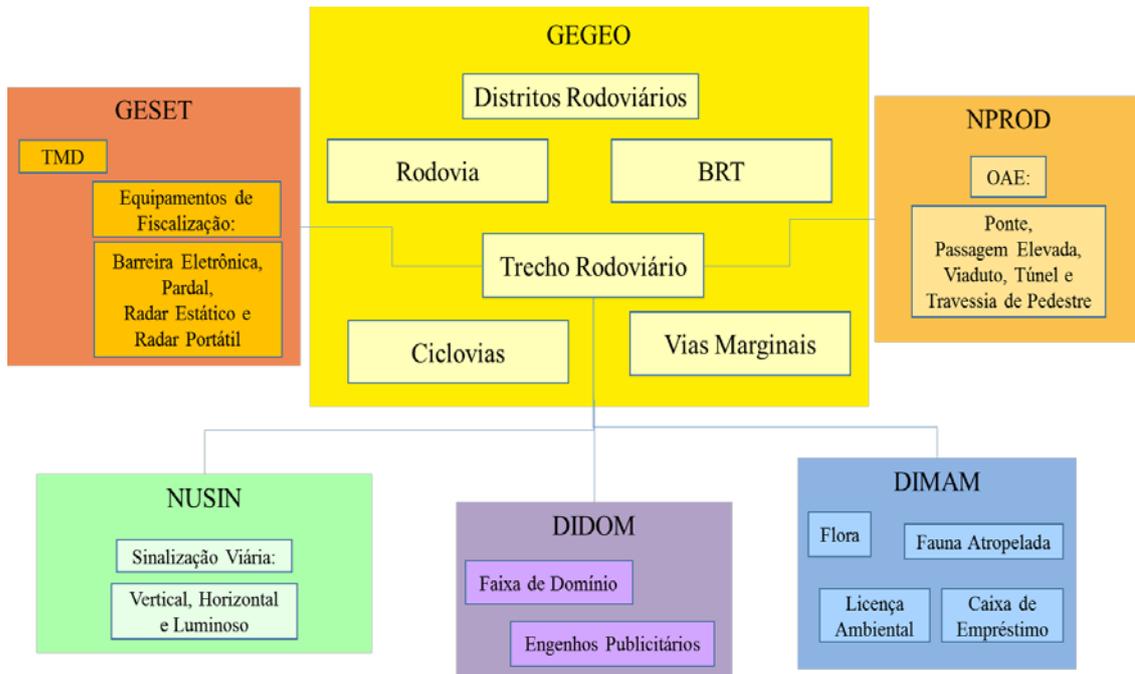


Figura 3.2 – Modelo simplificado e esquemático da distribuição dos atributos que foram modelados.

3.6.1 Diagrama da Gerência de Geoprocessamento (GEGEO)

O esquema conceitual completo da GEGEO está representado na Figura 3.3 e é composto basicamente por quatro relacionamentos em rede, que são rede rodoviária, rede das vias marginais, rede ciclovária e rede dos transportes rápidos por ônibus (adota-se a sigla em inglês BRT – Bus Rapid Transit). O diagrama da GEGEO é dividido em duas partes para facilitar a visualização e explicação dos resultados. Na primeira parte do esquema (Figura 3.4) são definidos os objetos da rede rodoviária e da rede marginal; na segunda parte do esquema (Figura 3.6) os objetos da rede ciclovária e da rede do BRT. Todos os relacionamentos topológicos de rede do diagrama de classes da GEGEO são, naturalmente, entre uma classe de nós e uma classe de arcos.

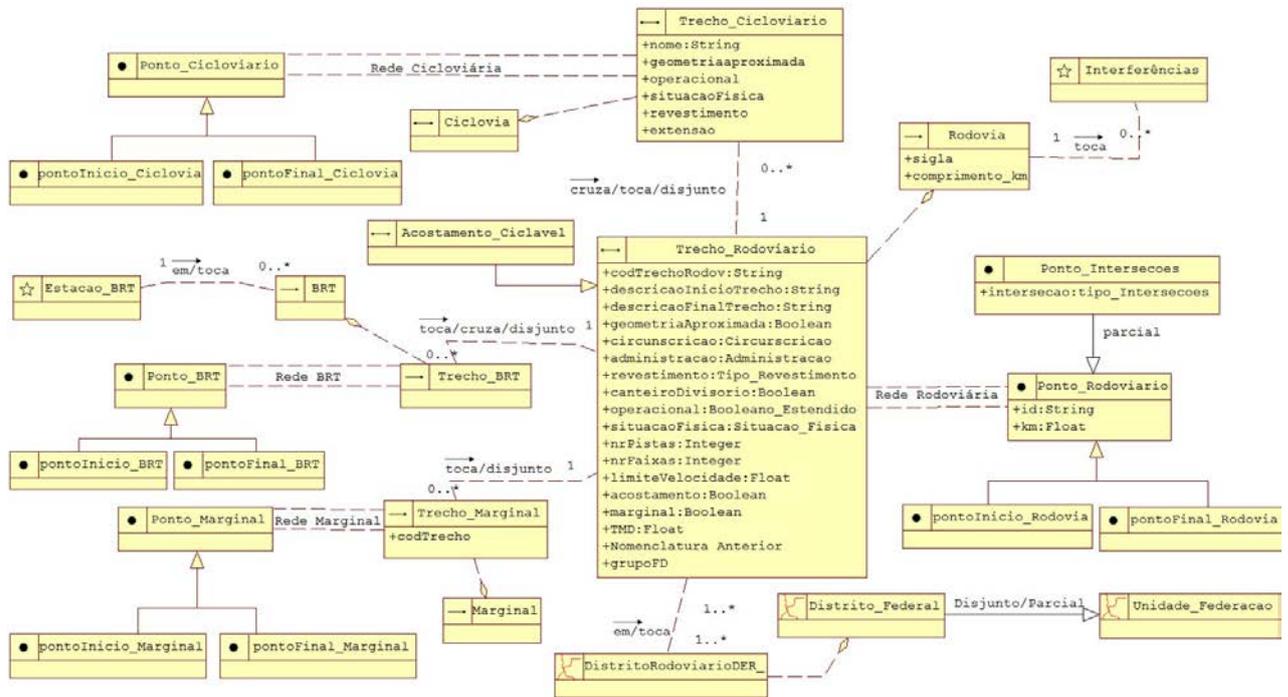


Figura 3.3 – Diagrama de classes completo da Gerência de Geoprocessamento.

A Figura 3.4 apresenta a primeira parte do diagrama GEGEO. É possível identificar duas relações de rede. A primeira forma a rede rodoviária, que é composta pela classe arco bidirecional **Trecho_Rodoviario** e pelo nó **Ponto_Rodoviario**. O arco bidirecional do **Trecho_Rodoviario** indica dois sentidos de circulação, pois o trecho é representado pelo eixo central das pistas de rolamento. A agregação espacial de um ou vários (1..*) **Trecho_Rodoviario** forma a **Rodovia**. A classe **Rodovia** é definida como arco unidirecional, indicando o sentido de onde inicia e finaliza uma rodovia, sob o ponto de vista administrativo,

o que não representa o sentido de circulação dos veículos. Outro elemento representado é a classe de pontos denominada Interferências, que possui uma relação do tipo “em” Rodovia. As interferências rodoviárias podem ser buracos na via, acidentes, obras, obra de arte danificada, ou ainda as marcações de quilômetros na rodovia.

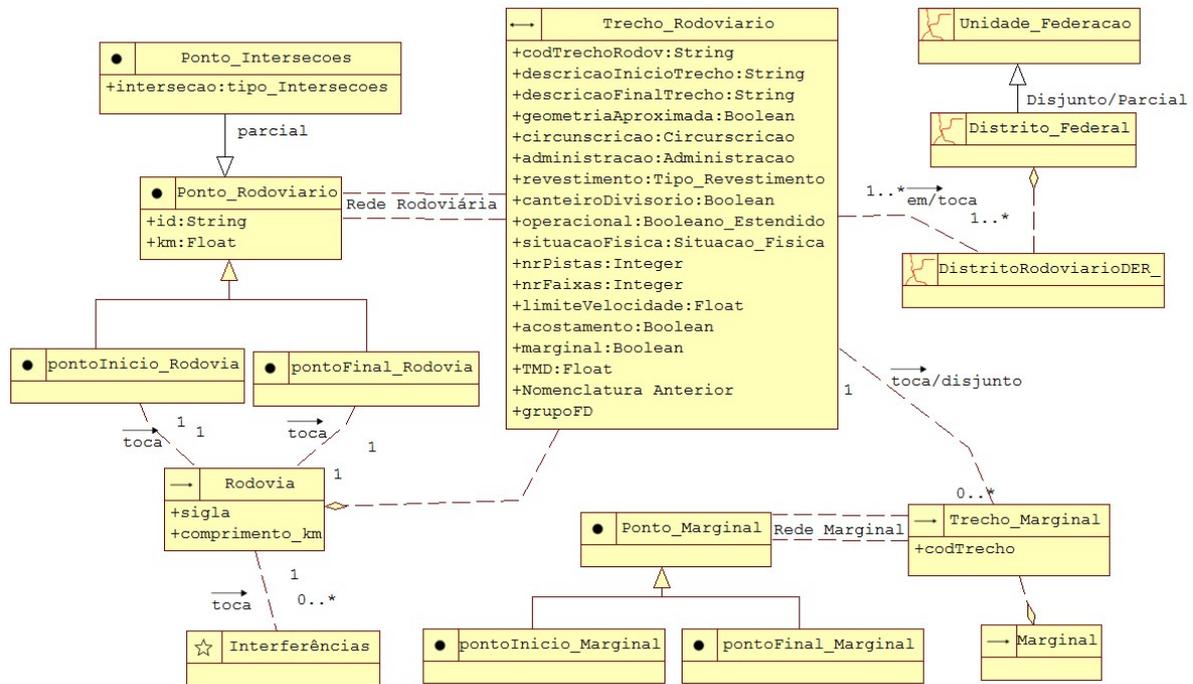


Figura 3.4 – Parte 1 do diagrama de classes da GEGEO.

A outra rede é formada pela classe Trecho_Marginal que é um arco unidirecional, representando o sentido único da via e a classe de nó Ponto_Marginal. O nó é especializado nos nós pontoInicio_Marginal e pontoFinal_Marginal. A agregação espacial de um ou mais (1..*) trechos de marginal formam a classe arco unidirecional Marginal, que possui dois nós, um de início e outro final.

O lado direito da Figura 3.4 é possível visualizar os distritos rodoviários, que são unidades administrativas do DER/DF que dividem o DF em cinco áreas de atuação, conforme mapa simplificado apresentado na Figura 3.5. A classe Distrito_Rodoviario é definida como subdivisão planar (polígonos adjacentes que não se sobrepõem) e possui relação espacial com a classe Trecho_Rodoviário do tipo “toca”, quando o trecho toca o limite do distrito; e relação do tipo “em” nos outros casos, ou seja, situação em que os trechos pertencem/estão contidos na área de atuação de cada distrito. A agregação espacial dos Distritos Rodoviários forma o limite físico do Distrito Federal e este faz parte do todo (Unidade da Federação).

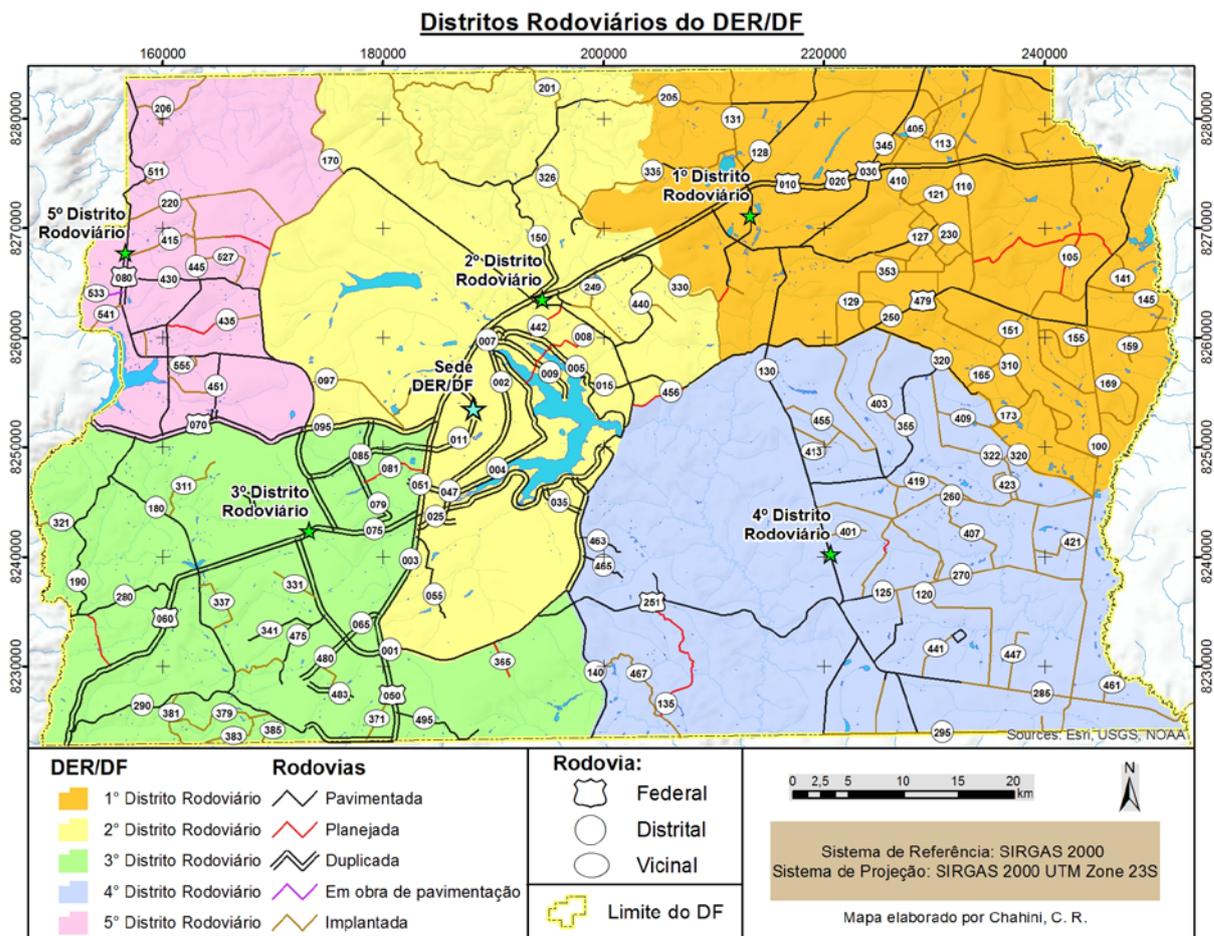


Figura 3.5 – Mapa dos Distritos Rodoviários e Rodovias do DF.

Na Figura 3.6, ressalta-se a outra parte do diagrama da GECEO, onde estão representadas as redes cicloviária e de BRT. A rede cicloviária é composta pela classe Trecho_Cicloviario que é representada por arcos bidirecionais e a classe de nós de rede denominada Ponto_Cicloviario. No geral, as ciclovias possuem ou permitem dois sentidos de circulação; mantêm relação do tipo “toca, em, cruza ou disjunto” com a rede rodoviária. A agregação espacial de um ou vários (1..*) Trecho_Cicloviario forma uma (1) Ciclovia. A Ciclovia também é representada por um arco bidirecional.

O sistema cicloviário do DF é formado pela rede viária para transporte por bicicleta, por ciclovias, ciclofaixas, faixas compartilhadas e rotas operacionais de ciclismo. Entende-se por ciclovia uma pista própria para circulação de bicicletas segregadas dos demais veículos. A ciclofaixa é uma faixa exclusiva para circulação de bicicletas, podendo utilizar parte da pista ou da calçada. A faixa compartilhada, devidamente sinalizada, poderá utilizar

parte da via pública para circulação compartilhada de bicicletas com o trânsito de veículos motorizados ou de pedestres (DISTRITO FEDERAL, 2009a).

No Distrito Federal, alguns acostamentos de trechos rodoviários são sinalizados para o uso de ciclistas. Essas vias foram denominadas de acostamento ciclável, podendo também ser denominadas de ciclofaixa, conforme a classificação do sistema cicloviário. A classificação de Acostamento_Ciclavel era um atributo da classe Trecho_Cicloviario, mas a decisão de projeto é estabelecê-la como uma especialização da classe Trecho_Rodoviario'. Dois motivos levaram a essa decisão: o primeiro seria porque essa classe utiliza a estrutura já existente de uma rodovia e o segundo motivo seria porque o dado de ciclovia não possuiria posicionamento espacial correto, sendo utilizado apenas para visualização (Figura 3.7).

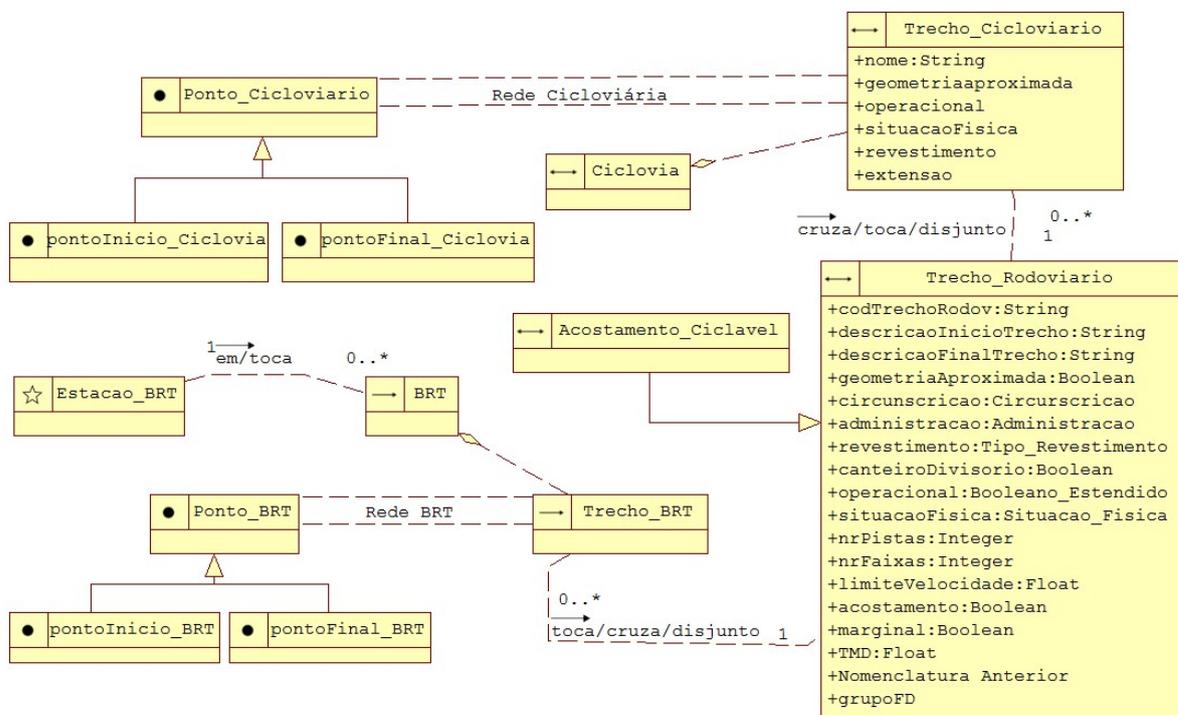


Figura 3.6 – Parte 2 do diagrama de classes da GEGEO.

A classe de arco unidirecional Trecho_BRT representa o sentido único da via e possui relação espacial do tipo “disjunto” com a rede rodoviária, pois o trecho onde existir corredor exclusivo para BRT não poderá ser utilizado para circulação de outros tipos de transportes. As classes Trecho_BRT e nó Ponto_Marginal formam um relacionamento em rede. A agregação espacial de trechos de marginal forma a classe Marginal, do tipo arco unidirecional.

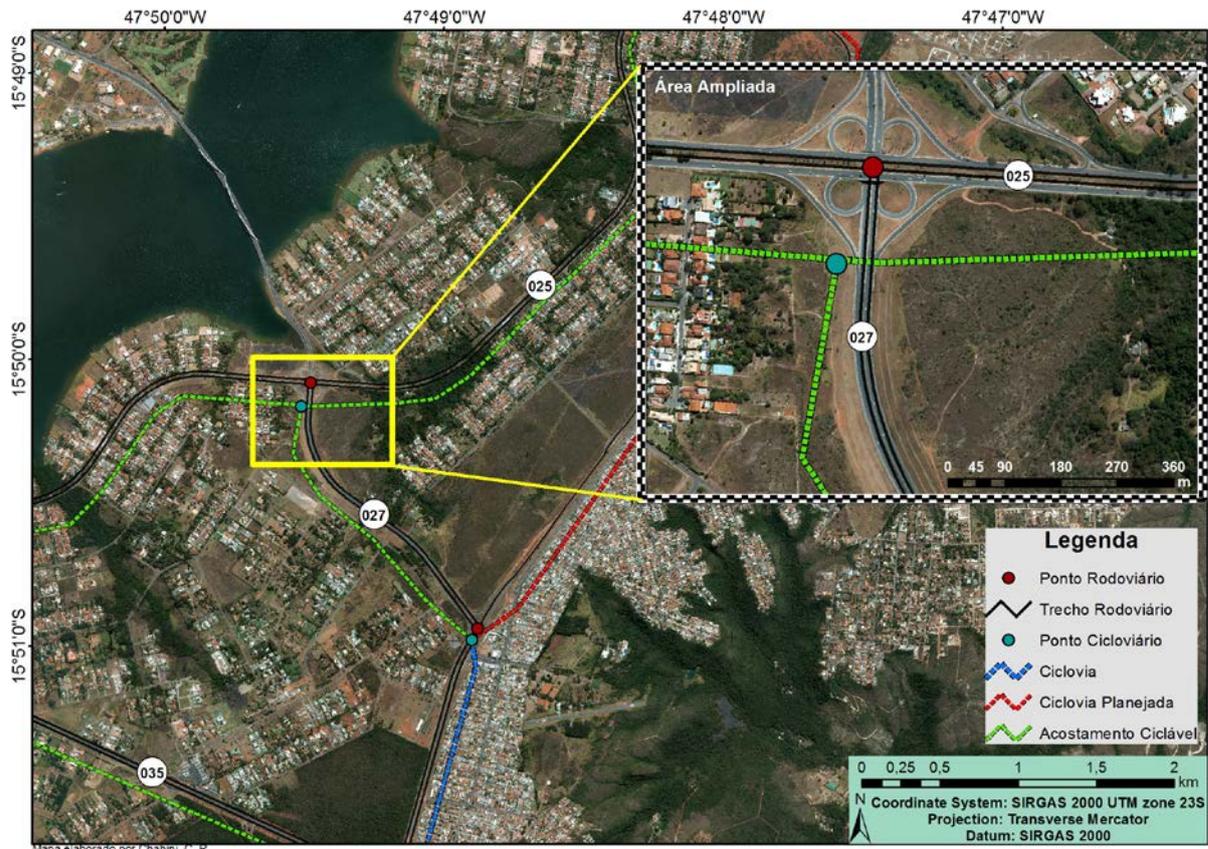


Figura 3.7 – Representação cartográfica do Acostamento Ciclável na base de dados do DER/DF, onde se verifica que os dados cicloviários não possuem posicionamento espacial correto.

3.6.2 Diagrama da Diretoria de Meio Ambiente (DIMAM)

Nesse esquema estão envolvidos os dados relacionados ao cadastramento ambiental. A construção de estradas de rodagem é considerada uma das atividades modificadoras do meio ambiente pela resolução CONAMA nº 237/1997 e, por isso, as rodovias devem ser licenciadas. Empréstimos são áreas indicadas no projeto ou na obra onde são escavados materiais para utilização na execução de aterros constituintes da plataforma da rodovia. Foram denominadas de caixa de empréstimo, e nessas áreas é feito o levantamento da flora (PARANÁ, 2000). Programas de monitoramento de atropelamento de fauna podem ser uma das condicionantes estabelecidas na licença de instalação de uma obra rodoviária, e seu período de acompanhamento estende-se por anos após a finalização da obra.

Todo o esquema está centrado na classe Licença_Ambiental, que é uma classe de arco bidirecional, formada por especialização da classe Trecho_Rodoviario, herdando sua geometria e seus atributos. A classe de ponto Flora pode ser do tipo “disjunta” da classe Licença_Ambiental ou relação espacial do tipo “toca”. A classe Flora pode ou não ter relação com a classe de polígono Caixa_Emprestimo, possuindo relação do tipo “disjunta” ou relação

do tipo “em”. Já a classe de pontos de Fauna_Atrepelada está relacionada ao trecho rodoviário possuindo a relação espacial do tipo “em” (Figura 3.8).

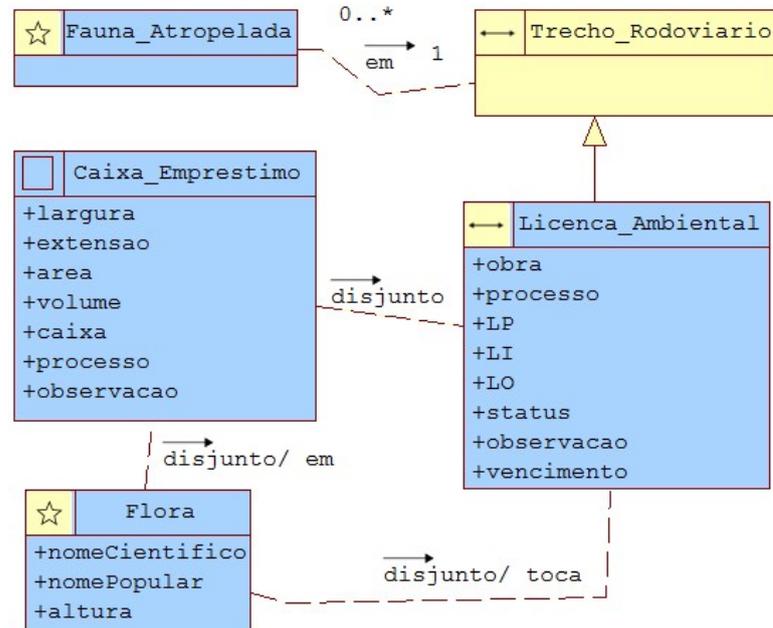


Figura 3.8 – Diagrama de classes da área de meio ambiente.

3.6.3 Diagrama do Núcleo de Obras de Arte Especial (NPROD)

O esquema conceitual do núcleo de obras de arte especial é baseado nos atributos estabelecidos na EDGV (CONCAR, 2010), complementado com os atributos definidos pelo NPROD do DER/DF (Tabela 1). O esquema está centrado na superclasse georreferenciada genérica *Obra_Arte_Especial* (OAE), que possui uma generalização conceitual (cartográfica) com variação de acordo com a escala. Segundo Borges et al. (2005), a generalização conceitual apresenta representações diferentes para um mesmo objeto, podendo a representação variar de acordo com a forma ou com a escala.

Da generalização conceitual da classe *Obra_Arte_Especial* derivam três classes (área, linha e ponto) que possuem, dependendo da escala, maior ou menor nível de detalhamento. A classe de área possui maior nível de detalhamento de uma obra de arte especial, apresentando uma escala grande. Já a classe de ponto de OAE, representa apenas a localização da obra, possuindo baixo nível de detalhamento.

A classe de ponto OAE_P especializa-se em quatro subclasses. Estas subclasses são “disjuntas” da superclasse, pois são elementos distintos e não se sobrepõem e são definidas como totais, porque a união de todas as instâncias das subclasses equivale ao

conjunto completo de instâncias da superclasse. A classe OAE_P (ponto) possui uma relação do tipo “toca” com a borda (no ponto inicial ou final) da classe Trecho_Rodoviario e relação do tipo “em” com a classe Trecho_Rodoviario. A Figura 3.9 apresenta o esquema conceitual de OAE.

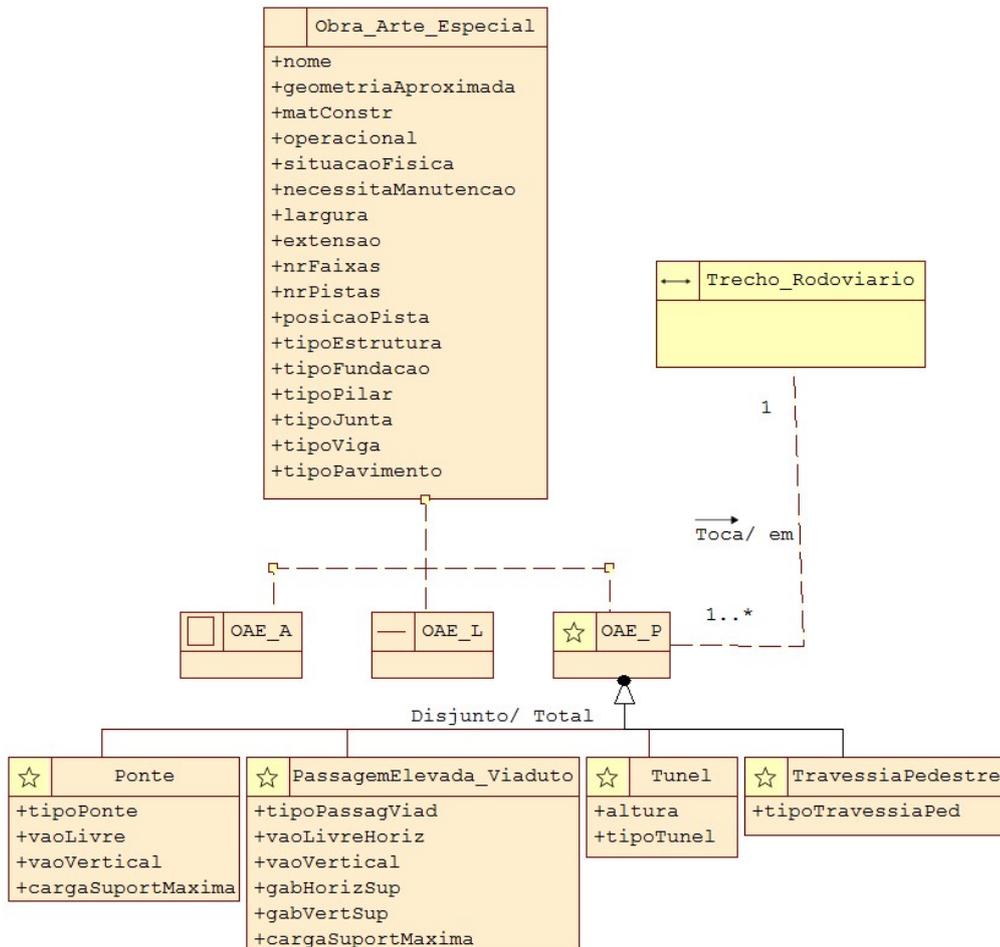


Figura 3.9 – Diagrama de classes de Obras de Artes Especiais.

3.6.4 Diagrama do Núcleo de Sinalização (NUSIN)

Esse esquema abrange as informações espaciais gerenciadas pelo Núcleo de Sinalização (NUSIN) do DER/DF. A Figura 3.10 expõe o esquema conceitual geral para a base de dados de sinalização. O diagrama está centrado na classe genérica Sinalizacao_Viaria e especializa-se nas classes: luminosos (foco luminoso), horizontais e verticais. A generalização é especificada como parcial, porque há outras classes de sinalização que não foram incluídas e são do tipo disjunto. A generalização é representada pelo triângulo em branco, pois as classes não se sobrepõem. A classe Sinalizacao_Viaria apresenta os

relacionamentos espaciais do tipo “toca, em ou disjunta” com a classe Trecho_Rodoviario. Há uma generalização conceitual de acordo com a forma geométrica para a sinalização horizontal que registra a representação de uma subclasse do tipo linha e outra subclasse do tipo ponto.

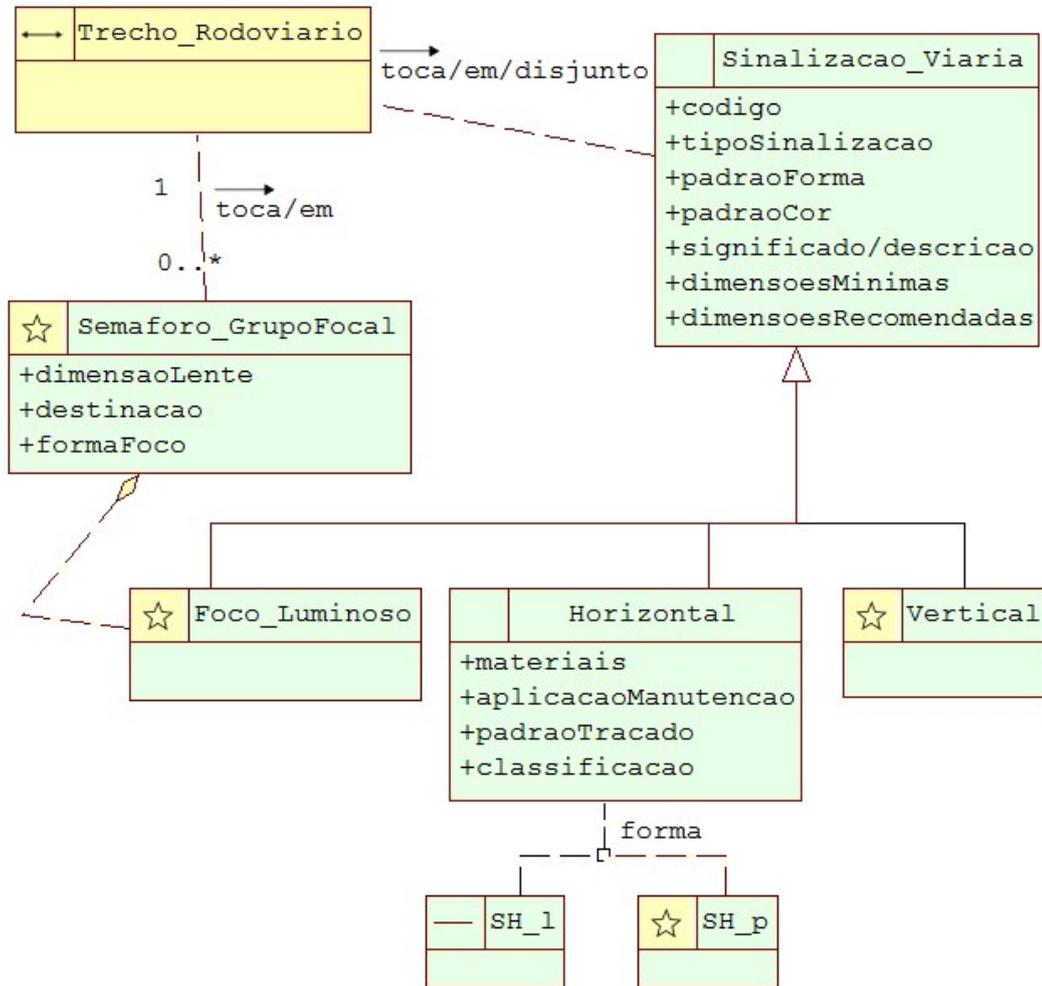


Figura 3.10 – Diagrama de classes geral da área de sinalização.

A sinalização semafórica deve transmitir aos usuários informação sobre o direito de passagem em interseções, a preferência onde o espaço viário é disputado por dois ou mais movimentos conflitantes, ou advertir sobre situações que comprometam a segurança dos usuários. É classificada segundo sua função, podendo ser dos tipos: regulamentação - normatizando o direito de passagem dos fluxos de veículos motorizados, não motorizados e de pedestres numa interseção ou seção de via; ou advertência sobre a existência de obstáculos ou situação perigosa na via (BRASIL, 2014).

A agregação espacial de uma ou mais classes de Foco_Luminoso forma uma classe Semaforo_GrupoFocal que se especializa em sinalização semafórica de regulamentação (SSR) - classe de pontos SS_Regulamentacao e em sinalização semafórica de advertência (SSA) - classe de pontos SS_Advertencia e são disjuntos/total (Figura 3.11). A classe SS_Regulamentacao especializa-se em classes de pontos que também são disjuntos e total, pois as classes não se sobrepõem e o conjunto delas correspondem a superclasse.

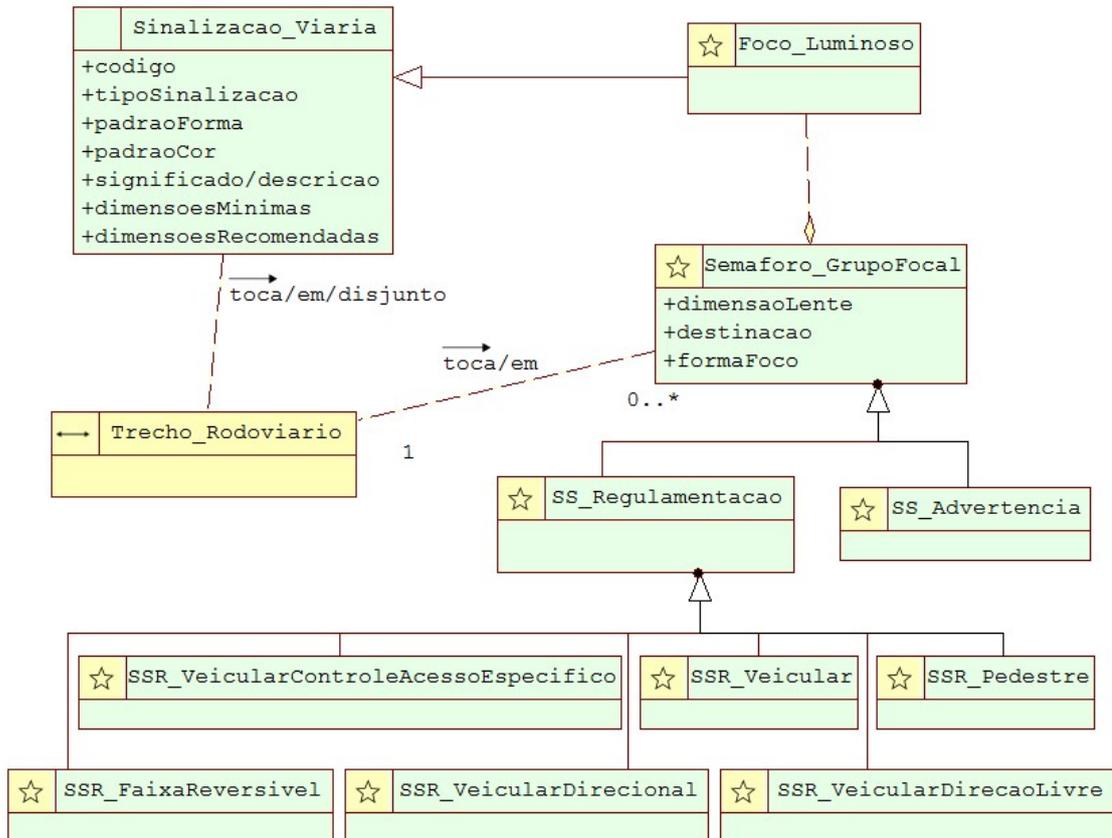


Figura 3.11 – Diagrama de classes da sinalização semafórica.

A classe de ponto sinalização vertical Vertical da Figura 3.12 é uma subclasse da Sinalização_Viaria, que utiliza sinais em placas fixadas na posição vertical com a finalidade de fornecer informações que permitem aos usuários das vias proceder adequadamente, aumentando a segurança, ordem no fluxo de tráfego e orientando os usuários Brasil (2007a). A classe Vertical especializa-se nas classes de pontos SV_Regulamentacao, SV_Advertencia e SV_Indicacao, especificadas nos volumes I, II e III do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito (Brasil, 2007a, 2007b e 2014).

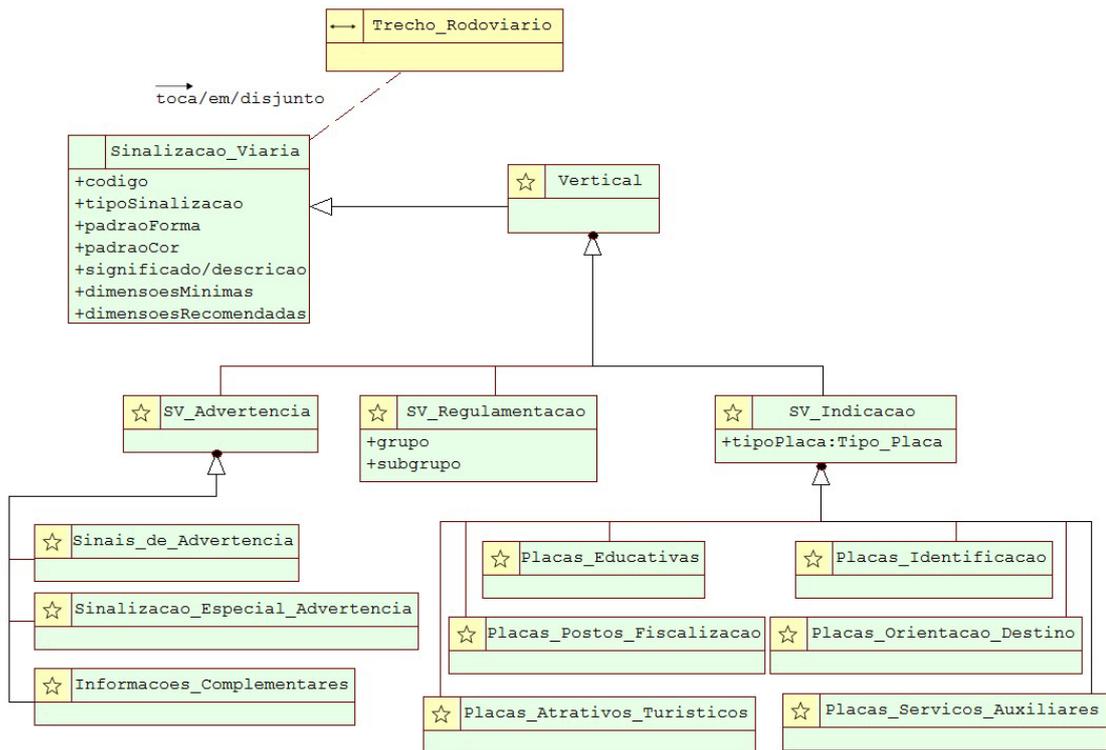


Figura 3.12 – Diagrama de classes da sinalização vertical.

3.6.5 Diagrama da Gerência de Estudos e Estatísticas de Tráfego (GESET)

Para este conjunto de dados, a nomenclatura para os tipos de equipamentos de fiscalização é baseada nas definições da resolução nº 396 do Distrito Federal (2011) e nas definições adotadas e apresentadas no site web institucional do órgão (DER, 2016). A relação espacial da classe de ponto Equipamento_Fiscalizacao pode ser do tipo “em”, quando o equipamento está ao longo do trecho ou de “toca”, quando toca no interior ou na borda/fronteira da classe Trecho_Rodoviario (Figura 3.13).

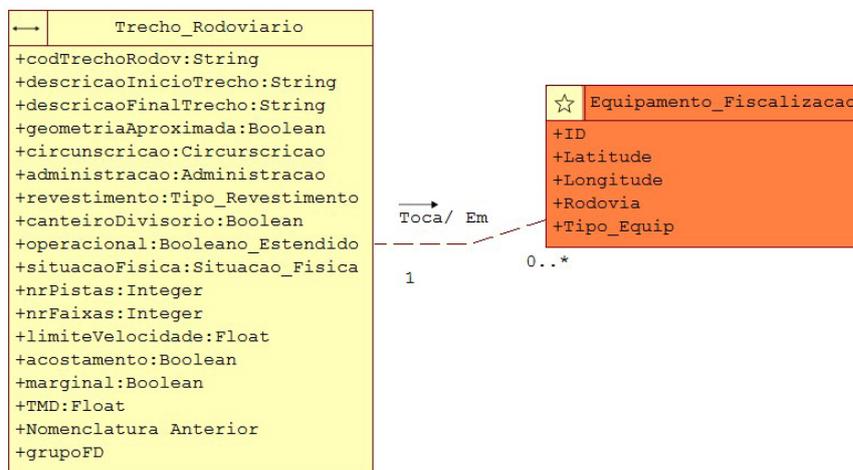


Figura 3.13 – Diagrama de classes de equipamentos de fiscalização.

3.6.6 Diagrama da Diretoria de Faixa de Domínio (DIDOM)

A faixa de domínio é uma área lindeira à via formada pelas pistas de rolamento, canteiros centrais de pistas duplas, obras de arte, acostamentos e faixas laterais de segurança. A delimitação da largura da faixa de domínio é definida em legislação. Cabe ao DER/DF, em caráter privativo, exercer as atividades de administração, exploração comercial e fiscalização das faixas de domínio das rodovias do DF (Distrito Federal, 2006).

A classe *Faixa_Dominio_Rodovia* relaciona-se com *Trecho_Rodoviario* e sua agregação espacial 'Rodovia' e estes estabelecem uma relação do tipo "em" com a faixa de domínio. A classe de ponto *Engenhos_Publicitarios* possui uma relação espacial do tipo "em" *Faixa_Dominio_Rodovia* e serão autorizados nenhum ou vários (0..*) engenhos. Engenhos publicitários são instalações que poderão ser autorizadas nas faixas de domínio sob a jurisdição do DER/DF e classificam-se em painéis simples ou luminosos, placas indicativas, painéis eletrônicos entre outros (Figura 3.14).

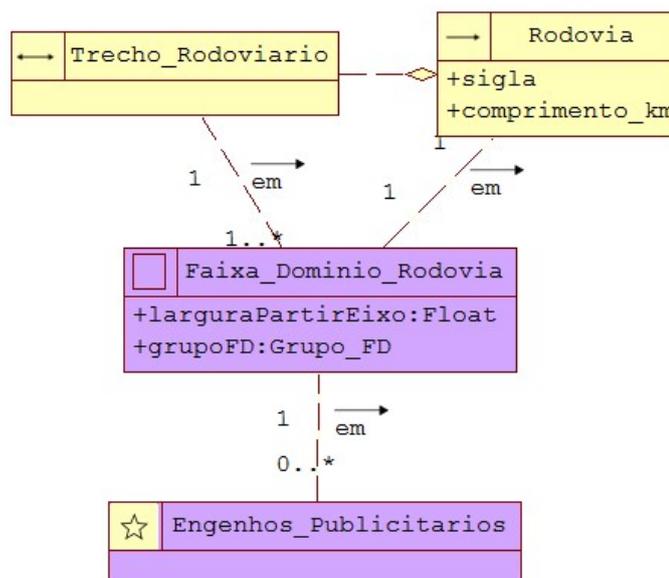


Figura 3.14 – Diagrama de classes da área de Faixa de Domínio de Rodovia.

3.7 CONCLUSÕES

Após levantamento bibliográfico sobre o assunto, deparou-se com poucos trabalhos, acadêmicos e/ou relatórios técnicos, que descrevam e implementem esquemas conceituais em sistemas de bancos de dados espaciais voltados para a gestão do sistema rodoviário. Este fato não significa que tais sistemas não existam ou que não sejam necessários, mas reflete claramente que estes não estão disponíveis para a sociedade, de modo

que, apesar dos esforços da INDE em estabelecer, no âmbito do Poder Executivo Federal, a obrigatoriedade do adequado acesso, compartilhamento e disseminação do uso de dados espaciais entre as entidades governamentais e mesmo com a sociedade, esses objetivos ainda não foram alcançados.

Deste modo, considera-se que este trabalho alcançou o seu principal objetivo, que foi elaborar a modelagem conceitual dos dados espaciais do DER/DF e após sua aprovação no órgão disponibilizá-lo a sociedade. A partir desta modelagem será possível a implantação de um sistema de banco de dados no DER/DF, que facilitará a gestão da informação espacial referente à rede rodoviária. Outro ponto importante alcançado na criação deste esquema foi a consolidação da interação das informações proveniente de outros setores do DER/DF, como as áreas de Meio Ambiente, de Faixa de Domínio, de Trânsito.

Este fato reflete a capacidade do processo de gestão distribuída. Com um esquema de dados apresentado de forma integrada, permite-se, assim, uma visão do todo, contribuído na interoperabilidade dos dados entre os setores, garantindo a consistência e a integridade dos dados e diminuindo o processo de duplicidade e ambiguidade dos dados.

Com as devidas adequações, o esquema conceitual poderá ser seguido por outros órgãos que tem como finalidade a gestão de dados espaciais que possuam estrutura em rede como outros departamentos de estradas estaduais, os departamentos de trânsito e o DNIT. Ressalta-se que a modelagem foi desenvolvida baseada nas premissas estabelecidas nas normas e especificações da INDE e do COMGEO e nos dados e necessidades traçados pela gerência de geoprocessamento, apresentando assim uma solução de modelagem factível de ser implantada para todas as áreas que trabalham com dados espaciais no DER/DF.

Pretende-se ainda como recomendação para trabalhos futuros ampliar o diagrama de classes conforme o sistema seja implantado e os gestores visualizem os ganhos gerenciais e operacionais do BDG, sem falar no processo de transparência e interoperabilidade que poderá ocorrer entre o DER/DF e outros órgãos. Assim, o próximo passo é a verificação da sua incorporação ao esquema de transporte definido no COMGEO, após as devidas avaliações, tendo em vista a necessidade de convergência de informações entre os vários órgãos do GDF.

3.8 REFERÊNCIAS

BOOCH, G.; RUMBAUGH, R.; JACOBSON, I. UML, Guia do Usuário. Ed. Campus, 2ª edição, 2005.

- BORGES, K. A. V. Modelagem de Dados Geográficos: uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas. Dissertação de Mestrado, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte-MG, 1997.
- BORGES, K. A. V.; DAVIS JR., C. A.; LAENDER, A. H. F. OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications. *GeoInformatica*. v. 5, n.3, p. 221-260, 2001.
- BORGES, K. A. V.; DAVIS JR., C. A.; LAENDER, A. H. F. Modelagem Conceitual de Dados Geográficos. In: CASANOVA, M. *et al.* Banco de Dados Geográficos. Curitiba: 2005. Ed. MundoGeo. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap3.pdf>>. Acesso em março de 2015.
- BRASIL. Lei nº 9.503, de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm>. Acesso em março de 2016.
- Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm>. Acesso em março de 2015.
- Portaria nº 011 - DCT, de 22 de abril de 2015. Aprova a Norma da Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (EB80-N-72.002) – 1ª Parte – 1ª Edição – 2015. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/EDGV_Defesa-Forca_Terrestre_2015.pdf>. Acesso em: maio de 2015.
- Portaria nº 007 - DCT, de 10 de fevereiro de 2016. Aprova a Norma da Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (EB80-N-72.002) – 1ª Parte – 2ª Edição – 2016. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/EDGV_DEFESA_F_Ter_2a_Edicao_2016_Aprovada_Publicada_BE_7_16.pdf>. Acesso em: junho de 2016.
- Resolução nº 160, de 22 de abril de 2004. Aprova o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/download/resolucoes/resolucao_contran_160.pdf>. Acesso em: março de 2016.
- Resolução nº 180, de 26 de agosto de 2005. Aprova o Volume I - Sinalização Vertical de Regulamentação, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.
- Resolução nº 236, de 11 de maio de 2007a. Aprova o Volume IV – Sinalização Horizontal, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.
- Resolução nº 243, DE 22 de junho 2007b. Aprova o Volume II – Sinalização Vertical de Advertência, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.
- Resolução nº 483, de 09 de abril de 2014a. Aprova o Volume V – Sinalização Semafórica do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito e altera o Anexo da Resolução CONTRAN nº 160, de 2004.
- Resolução nº 486, de 7 de maio de 2014b. Aprova o Volume III – Sinalização Vertical de Indicação, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.
- CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. In: CASANOVA, M. *et al.* Banco de Dados Geográficos. Curitiba: 2005. Ed. MundoGeo. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap1.pdf>>. Acesso em março de 2016.
- CHAHINI, C. R. Modelagem Conceitual e Implementação de Rede Rodoviária em Sistema de Banco de Dados Espaciais. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, p.148, 2016.
- CHEN, P. The entity-relationship model - toward a unified view of data. *ACM Transactions on Database Systems*, v.1,n., p.9-36,1976
- CLEMENTINI, E.; DI FELICE, P. A comparison of methods for representing topological relationships. *Information Sciences - Applications*, v. 3, n. 3, p. 149–178, 1995.
- CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia. Especificações técnicas para estruturação de dados geoespaciais digitais vetoriais. Edição 2.1.3, 2010a. 246p. Disponível em: http://www.concar.ibge.gov.br/temp/94@EDGV_V20_10_10_2007.pdf>. Acesso em: abril de 2015.
- COUGO, P. S. Modelagem conceitual e projeto de banco de dados. Rio de Janeiro : Elsevier, 14ª Reimpressão, 1997.

DAVIS JR., C. A. Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, p. 115, 2000.

DER/DF. Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.der.df.gov.br/images/institucional/RegimentoInterno/Decreto_36044-2014.pdf>. Acesso em: maio de 2016.

DISTRITO FEDERAL. Decreto nº 27.365, de 1 de novembro de 2006. Altera o Sistema Rodoviário do Distrito Federal e dá outras providências. Disponível em: <http://sider.der.df.gov.br/modelostermos/Leis/Dec_DF_27365.pdf>. Acesso em: maio de 2016.

— Decreto nº 33.320 de 09 de novembro de 2011. Constitui a Comissão de Gestão de Geoinformações do Distrito Federal – COMGEO e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, 10 de novembro de 2011.

— Decreto nº 33.703 de 11 de junho de 2012. Altera o Decreto nº 33.320, de 09 de novembro de 2011, que institui a Comissão de Gestão de Geoinformações do Distrito Federal COMGEO, e dá outras providências. 2012a. Disponível em: <http://www.adepoldf.org.br/files/DODF_12-06-12_Secao01.pdf>. Acesso em: abril de 2015.

— Lei nº 4.545, de 10 de dezembro de 1964. Dispõe sobre a reestruturação administrativa do Distrito Federal, e dá outras providências. 1960. Disponível em: <<http://www.der.df.gov.br/>>. Acesso em: maio de 2016.

— Regimento Interno do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal. Publicado no diário oficial do distrito federal em 24 de fevereiro de 2014, no 245, Seção 1, paginas 3 a 22. Acesso em: março de 2015.

— Sistema Rodoviário do Distrito Federal – SRDF versão 2015, publicado em 2016. Disponível em: <<http://www.der.df.gov.br/o-der/sistema-rodoviario.html>>. Acesso em: março de 2016.

LISBOA-FILHO, J. Modelos conceituais de dados para Sistemas de Informações Geográficas. Porto Alegre, 1997. 119p. Exame de Qualificação (Doutorado em Computação) Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2012.

LISBOA-FILHO, J.; IOCHPE, C. Um Estudo sobre Modelos Conceituais de Dados para Projeto de Bancos de Dados Geográficos. IP-Informática Pública, v. 1, n. 2, p. 67–90, 1999.

PARANÁ. Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias. Curitiba, 2000.

STARUML. Welcome to StarUML! Disponível em: <<http://staruml.sourceforge.net/en/>>. Acesso em: maio de 2016.

TEOREY, T. J.; LIGHTSTONE, S.; NADEAU, T.; JAGADISH, H. V. Projeto e modelagem de banco de dados. Tradução Daniel Vieira, 2ª edição, p.309, Elsevier, 2014.

CAPÍTULO 4 ARTIGO 2 - IMPLEMENTAÇÃO DE REDE RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS

IMPLEMENTAÇÃO DE REDE RODOVIÁRIA EM SISTEMA DE BANCO DE DADOS ESPACIAIS

Highway Network Implementation in Spatial Database System

**Caroline Ribeiro Chahini^{1,2}, Alexandre de Amorim Teixeira³,
Henrique Llacer Roig¹**

¹**Universidade de Brasília – UnB**
Instituto de Geociências – IG/ Instituto Central de Ciências - ICC
Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte - 70910-000 - Brasília-DF, Brasil
cchahini@gmail.com, roig@unb.br

²**Departamento de Estradas de Rodagem – DER/DF**
Gerência de Geoprocessamento
Brasília-DF, Brasil
caroline.chahini@der.df.gov.br

³**Agência Nacional de Águas – ANA**
Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos
Brasília-DF, Brasil
alexandre.amorim@ana.gov.br

RESUMO

O conjunto das rodovias sob a circunscrição do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF) é constituída pelas rodovias distritais, rodovias distritais coincidentes, rodovias federais delegadas e rodovias vicinais. Um dos maiores desafios na gestão dessas rodovias consiste na falta de padronização da organização e do armazenamento dos dados. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de mapear os esquemas conceituais espaciais e transformá-los em esquemas lógicos e físicos de banco de dados espaciais dos dados da Gerência de Geoprocessamento do DER/DF. A transformação do esquema de dados conceitual para o esquema lógico foi executada por meio da identificação de conjunto de regras genéricas que possibilitaram a evolução do modelo *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G) para um esquema relacional. Toda a base de dados foi organizada em sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) objeto-relacional por meio dos softwares livres PostgreSQL/ PostGIS. Foi possível criar e personalizar procedimentos de maneira específica para a análise e gerência da rede rodoviária de forma mais eficiente. Diante disto, foi possível perceber que as principais vantagens do uso de SGBD para a área Gerência de Geoprocessamento do DER/DF estão relacionadas, principalmente, ao controle de redundância e compartilhamento de dados; a configuração de restrição de acesso não autorizado; ambiente multiusuário; restrições de integridade; backup; controle de transação; tempo de desenvolvimento reduzido e disponibilidade de informação atualizada e topologicamente consistida.

Palavras-chave: rede rodoviária, esquema relacional, sistema banco de dados espaciais.

ABSTRACT

The compound of highways under the Federal District's Highway Department's (DER/DF) circumscription is composed by district roads, coincidental district roads, delegated federal roads and vicinal roads. One of the greatest challenges in managing those highways is the lack of standardization and organization of the database. In this context, the present article aims to map conceptual spatial schemas and transform them into logical and physical spatial database schemas within the Geoprocessing Management sector of the DER/DF. The transformation of a conceptual modeling schema into a logical schema was operated through identifying a group

of generic rules that could allow for the evolution of the *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G) into a relational schema. The entire database was organized in an object-relational database management system (DBMS) by using PostgreSQL/PostGIS free software. We were able to create and personalize specific processes so that the highway network could be analyzed and managed in a more efficient manner. It was then possible to realize that the main advantages of using DBMS within the Geoprocessing Management field of the DER/DF are related to: control of redundancies and data sharing; configuration of access restriction; allowing for a multi-user environment; integrity restrictions; backup; transaction control; reduced development time and availability of topologically consistent actualized information.

Keywords: highway network, relational schema, spatial database system.

4.1 INTRODUÇÃO

Os bancos de dados e a suas tecnologias funcionam como ferramentas essenciais para o gerenciamento e organização de grandes volumes de dados. Tendo em vista que o Brasil apresenta uma região geográfica de dimensões continentais o gerenciamento de dados espaciais ainda é uma dificuldade presente em muitos órgãos públicos brasileiros, como por exemplo, os dados espaciais da área de transportes.

No Distrito Federal, o sistema rodoviário é composto por rodovias de circunscrição federal e distrital. O conjunto das rodovias sob a circunscrição do DF é constituída pelas rodovias distritais, rodovias distritais coincidentes, rodovias federais delegadas ao DF e rodovias vicinais e são administradas pelo Departamento de Estradas de Rodagem do DF (DER/DF). A rede rodoviária do DF, incluindo a rede pavimentada e não pavimentada, apresenta um total de 1912,9 km de extensão. (DISTRITO FEDERAL, 2016).

Os dados espaciais da Gerência de Geoprocessamento (GEGEO) do DER/DF referentes ao sistema rodoviário estão armazenados em pastas de arquivos de diretórios locais, em formatos diversos e são frequentemente replicados, o que gera ambiguidade e dificuldade de acesso. Outra dificuldade é indisponibilidade de acesso a esses dados tanto entre os setores quanto para sociedade. Um dos maiores desafios do DER/DF no que diz respeito à gestão de dados espaciais é a falta de padronização na organização e no armazenamento desses dados, dificultando o acesso e a interpretação do usuário.

Neste contexto, para administração dos dados espaciais relacionados ao sistema rodoviário do DF, sistemas gerenciadores de banco de dados (SGBD) surgem como uma ferramenta de suma importância para organização e armazenamento dos dados de forma padronizada. Com os dados modelados e implementados em SGBD é possível a criação e a personalização de ferramentas específicas para a análise e gerência da rede rodoviária de

forma mais eficiente e integrada. Permitindo uma visão do todo e contribuindo na interoperabilidade dos dados entre os setores, na garantia da consistência, integridade, redução de duplicidade e ambiguidade de dados. (ELMASRI e NAVATHE, 2011)

Acredita-se que a utilização dessa tecnologia possibilitará a melhor visualização dos dados e facilitará o gerenciamento do conjunto de rodovias sob responsabilidade do DER/DF. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo implementar em SGBD objeto-relacional PostgreSQL¹ com extensão espacial PostGIS², para os dados espaciais da rede rodoviária do Distrito Federal, tendo como parâmetro inicial o esquema de dados conceitual da área de geoprocessamento do DER/DF.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS E INFORMAÇÕES

Para a fase de implementação dos dados espaciais são selecionados os dados espaciais da gerência de geoprocessamento e os dados de tráfego médio diário (TMD) que integram o diagrama de classes do DER/DF (Tabela 4.1). Apesar do dado de TMD poder ser considerado como uma classe, neste trabalho ele foi estabelecido como um atributo da classe trecho rodoviário e seu valor representa a média de todos os volumes diários registrados durante um ano. Todos os dados vetoriais utilizados neste trabalho são produzidos e de responsabilidade do DER/DF. A base de dados foi analisada e quando necessário convertida para projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), fuso 23 sul, *Datum* Horizontal – SIRGAS 2000.

O TMD é o número médio de veículos que percorre um trecho rodoviário por dia no período de um ano (DNIT, 2006a). Os dados de TMD foram selecionados, pois, na área de transporte e trânsito, são usados para indicar a necessidade de melhoria ou construção de novas vias, estimar benefícios de uma obra, estabelecer prioridade de investimentos (DNIT, 2006a). Outras áreas também utilizam o dado de TMD como parâmetro em estudos, por exemplo, no diagnóstico do risco a saúde para doenças cardiorrespiratórias por exposição à poluição do ar (REQUIA *et al.*, 2016).

¹ Software PostgreSQL disponível em: <<https://www.postgresql.org/docs/9.3/static/index.html>>.

² Software PostGIS disponível em: <<http://postgis.net/documentation/>>.

Tabela 4.1 - Especificação dos dados vetoriais a serem modelados.

Unidades do DER/DF	Dado vetorial		
	Ponto (☆)	Linha (—)	Área (□)
Gerência de Geoprocessamento (GEGEO)	Ponto de início e de fim da rodovia/ trecho/ BRT (<i>Bus rapid transit</i>), interseções viárias, marginais e estações BRT.	Trecho rodoviário, Rodovia, trecho de BRT, ciclovias e trecho de vias marginais.	Distritos Rodoviários.
Gerência de Estudos e Estatísticas de Tráfego (GESET)	Dados de tráfego médio diário (TMD).	-	-

4.3 ETAPAS E MÉTODOS

A construção da base rodoviária em sistemas de banco de dados espaciais proposta neste trabalho segue o fluxograma da Figura 4.1.

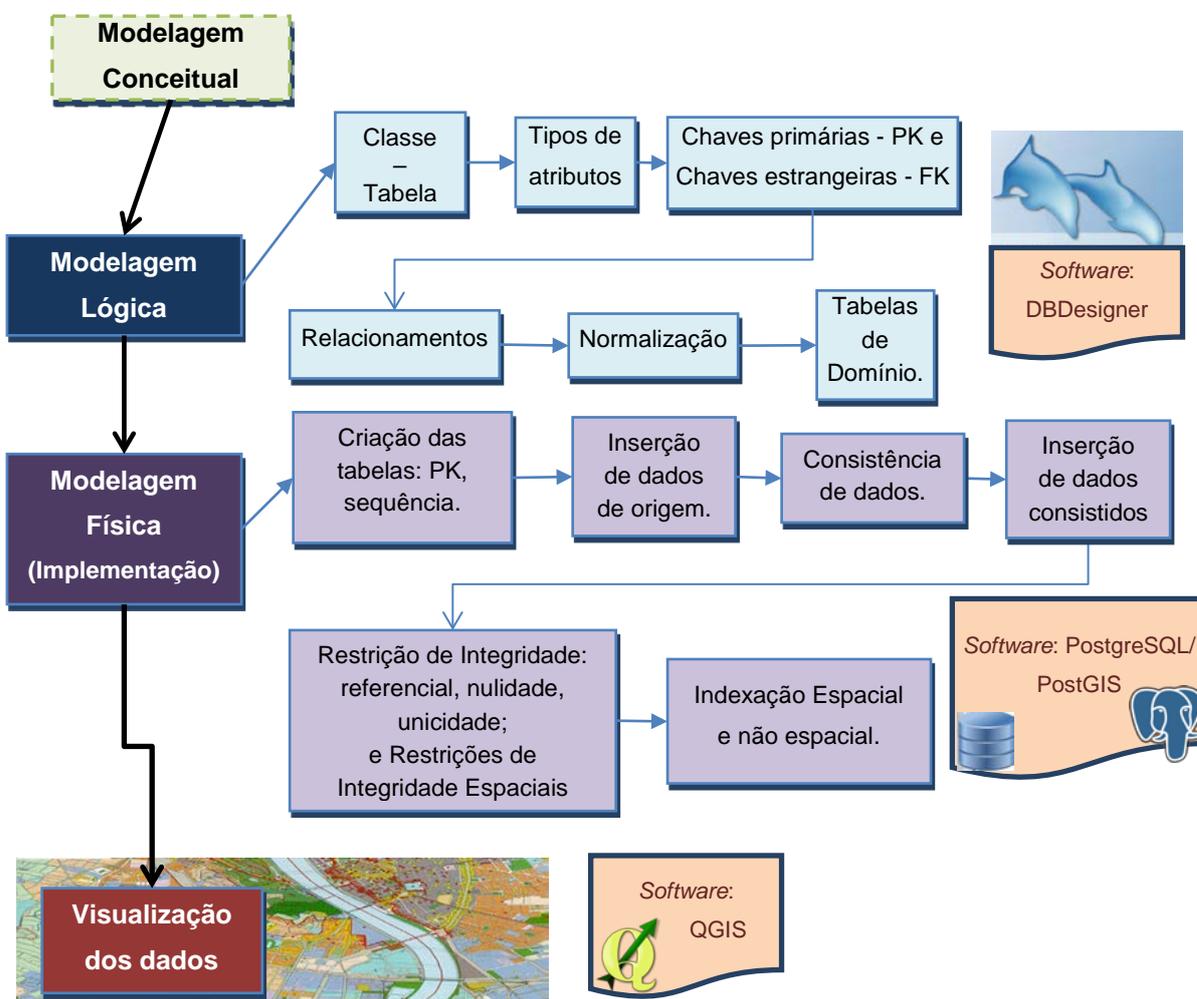


Figura 4.1 – Fluxograma geral de processo utilizado para o desenvolvimento de trabalho, a partir de esquema conceitual já existente.

A proposta compreende três etapas principais (Figura 4.1): mapeamento de esquemas conceituais geográficos para esquemas lógicos; implementação, nessa etapa é descrito o passo a passo da criação do banco de dados que engloba criação das tabelas em SQL, inserção dos dados no SGBD, aplicação dos procedimentos de consistência dos dados, geração das restrições de integridade espaciais e não espaciais, criação das funções, otimização; e por fim a visualização e edição dos dados do sistema de banco de dados espaciais via sistema de informações geográficas.

4.4 MODELAGEM CONCEITUAL

A modelagem conceitual da gerência de geoprocessamento (GEGEO) do DER/DF (Figura 4.2) é baseado na proposta para o pacote de transporte rodoviário da estrutura de dados geoespaciais digitais vetoriais (EDGV) da Concar (2010a), no esquema de transporte rodoviário elaborado no comitê gestor de geoinformações do Distrito Federal (COMGEO), nas normas da especificação técnica para estruturação de dados geoespaciais vetoriais de defesa da força terrestre do Brasil (2015, 2016) e na metodologia estabelecida por Borges *et al.* (2001) que utiliza o modelo OMT-G para representação conceitual de dados espaciais.

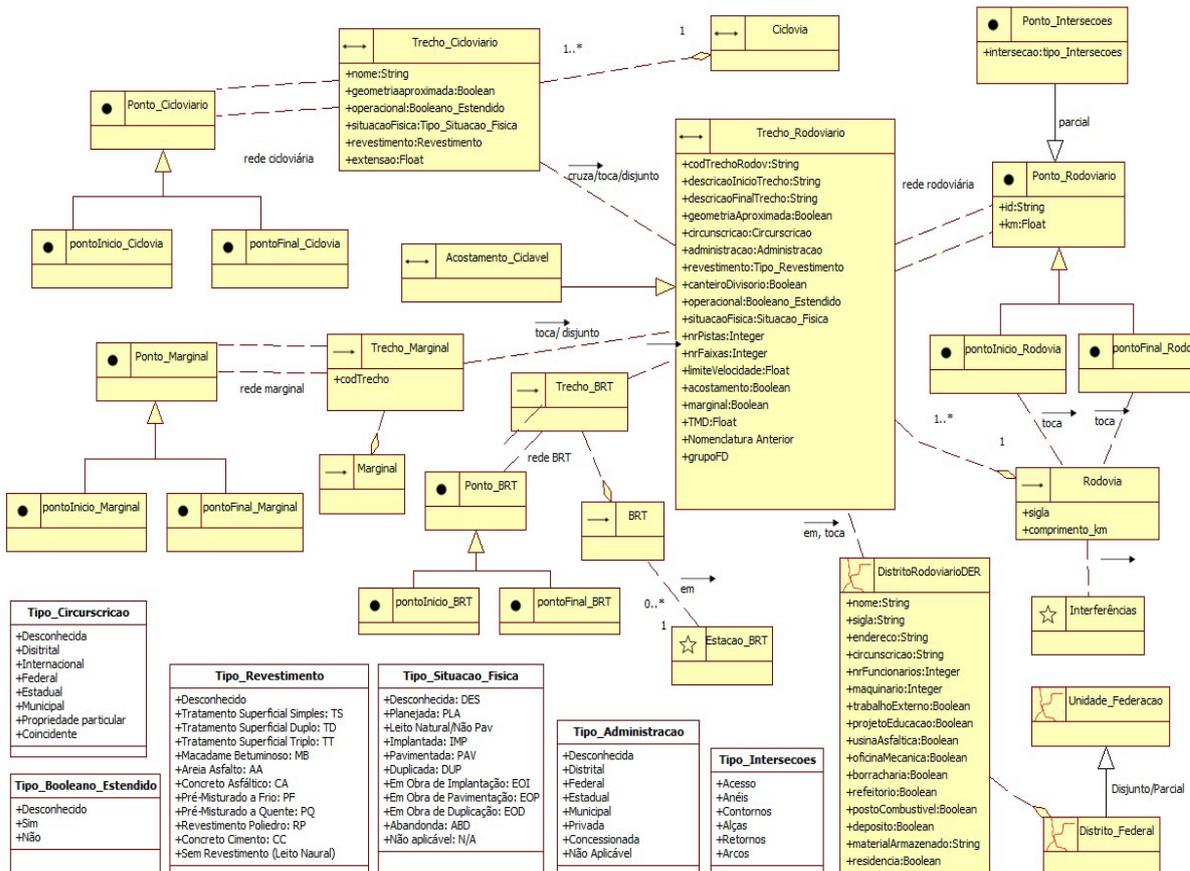


Figura 4.2 – Diagrama de classes dos dados espaciais da área de geoprocessamento do DER/DF.

4.5 ARQUITETURA TECNOLÓGICA

A arquitetura tecnológica utilizada no desenvolvimento do trabalho utilizou o computador DELL modelo Precision M3800 com processador Intel(R) Core(TM) i7-4712HQ CPU @ 2.30GHz e memória RAM de 16,0 GB; as ferramentas CASE StarUML¹ com extensão OMT-G na construção da modelagem conceitual; DBDesigner 4² em sua versão 1.0.42 para a construção do esquema lógico; sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional PostgreSQL versão 9.3.5 e a extensão PostGIS versão 2.1.4 para implementação e tratamento das informações espaciais; e a visualização e edição dos dados espaciais no sistema de informações geográficas QGIS³ em sua versão 2.6.

4.6 MODELAGEM LÓGICA

A primeira etapa de desenvolvimento deste trabalho consiste em utilizar o esquema conceitual da GEGEO do DER/DF (Figura 4.2) como dado de entrada para a elaboração da modelagem lógica. Essa etapa é desenvolvida com base nas metodologias estabelecidas por Borges *et al.* (2005) e Teorey *et al.* (2014). Para Teorey *et al.* (2014), de forma resumida, são sugeridas as seguintes etapas de transformação de modelos de dados conceituais em tabelas SQL (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Transformando modelo conceitual para esquema relacional (Adaptado de Teorey *et al.*, 2014)

Regras de Transformação de Modelo de Dados Conceitual para Esquema Relacional	
Classe	Cada classe é transformada em tabelas com os atributos chaves e não chaves da entidade.
Atributos simples	Os atributos simples tornam-se colunas na tabela.
Atributos complexos	Atributos complexos podem ser redefinidos como uma nova classe (tabela), com chaves estrangeiras apontando para a classe que a originou.
Associação simples com cardinalidade 1:1 ou 1:N	Os relacionamentos um-para-um ou um-para-muitos foram conectados por pares de chave primária e chave estrangeira entre as tabelas.
Associação simples com cardinalidade N:M	Nos relacionamentos muitos-para-muitos cria-se uma nova tabela com as chaves estrangeiras das duas tabelas e essa tabela de conexão passa a ter um relacionamento um-para-muitos com as duas tabelas.
Generalizações	A transformação de uma abstração de generalização pode produzir tabelas distintas para a classe genérica e para cada um dos subtipos, sempre analisando a necessidade de criar as tabelas, mantidas pela conexão entre chave primária/chave estrangeira.
Verificação	Por fim, as tabelas criadas são analisadas, para averiguar se há dados redundantes ou insuficientes para responder consultas declaradas nas especificações de requisitos.

¹ Software StarUML disponível em: <<http://staruml.sourceforge.net/en/>>.

² Software DBDesigner 4 disponível em: <<http://fabforce.net/dbdesigner4/>>.

³ Software QGIS disponível em: <<http://www.qgis.org/en/site/index.html>>.

A Tabela 4.3 é adaptada por Borges *et al.* (2005) do trabalho de Elmasri e Navathe (2011) para a definição de correspondência entre os modelos entidade relacionamento (modelagem conceitual) e relacional. Segundo Borges *et al.* (2005), há como definir quatro passos principais para implementar o banco dados e são resumidamente: mapeamento de classes georreferenciadas e convencionais; mapeamento das associações simples; mapeamento de relacionamentos espaciais; e mapeamento de generalizações e especializações.

Tabela 4.3 - Mapeamento entre primitivas OMT-G e objetos-relacionais (Borges *et al.*, 2005)

Modelo OMTG	Modelo Objeto-Relacional
Classe Georreferenciada	Relação “entidade” com representação geométrica associada; se do tipo geo-campo, restrições de integridade referentes à representação adotada.
Classe Convencional	Relação “entidade”.
Associação simples com cardinalidade 1:1 ou 1:N	Par chave estrangeira - chave primária.
Associação simples com cardinalidade N:M	Relação “relacionamento” e dois pares chave estrangeira/ chave primária.
Relacionamento espacial topológico	Restrições de integridade relativa ao tipo de relacionamento espacial.
Relacionamento em rede arco-nó	Dois pares chave estrangeira - chave primária entre a relação. arco e a relação nó (nó anterior e nó posterior); restrição de integridade espacial adequada.
Relacionamento em rede arco-arco	Dois pares chave estrangeira - chave primária em auto-relacionamento sobre a relação arco; restrição de integridade espacial adequada.
Agregação	Par de chave estrangeira - chave primária entre a classe “parte” e a classe “todo”.
Agregação espacial	Restrição de integridade relativa à agregação espacial.
Generalização/ espacialização	Restrições de integridade entre subclasses e superclasse (Elmasri e Navathe, 2004).
Atributo simples	Atributo simples (coluna).
Atributo composto	Conjunto de atributos simples componentes.
Atributo multivalorado	Relação e chave estrangeira.
Atributo-chave	Chave primária (ou candidata).
Métodos ou operações	<i>Triggers</i> ou programas associados.

Para cada classe georreferenciada ou convencional cria-se uma relação, com nome único. A lógica de nomenclatura dos atributos das relações utiliza a técnica de trigramação. Um trigrama é uma cadeia de caracteres formado pelas letras iniciais ou pelas três letras mais significativas de uma relação e são utilizadas como prefixo dos atributos de uma relação.

Assim, quando o atributo for utilizado em outra relação na forma de chave estrangeira (*foreign key* - FK) é possível identificar pelo prefixo a relação a qual pertence. Exemplos utilizados para criar as relações lógicas: para a relação distrito rodoviário usa-se o prefixo dir, para a relação rodovia usa-se o prefixo rod, para a relação trecho rodoviário use-se o prefixo trr, assim sucessivamente.

Outra prática utilizada para identificar os campos das relações é o uso dos caracteres pk de *primary key* (chave primária) no final dos campos que são as chaves primárias de uma relação. Por exemplo, a chave primária das relações: trecho rodoviário é identificada como trr_pk (trigrama + identificador de chave primária); trecho BRT é trb_pk; trecho ciclovitário é trc_pk. O resultado do mapeamento do esquema conceitual para esquema relacional é apresentado na Figura 4.3.

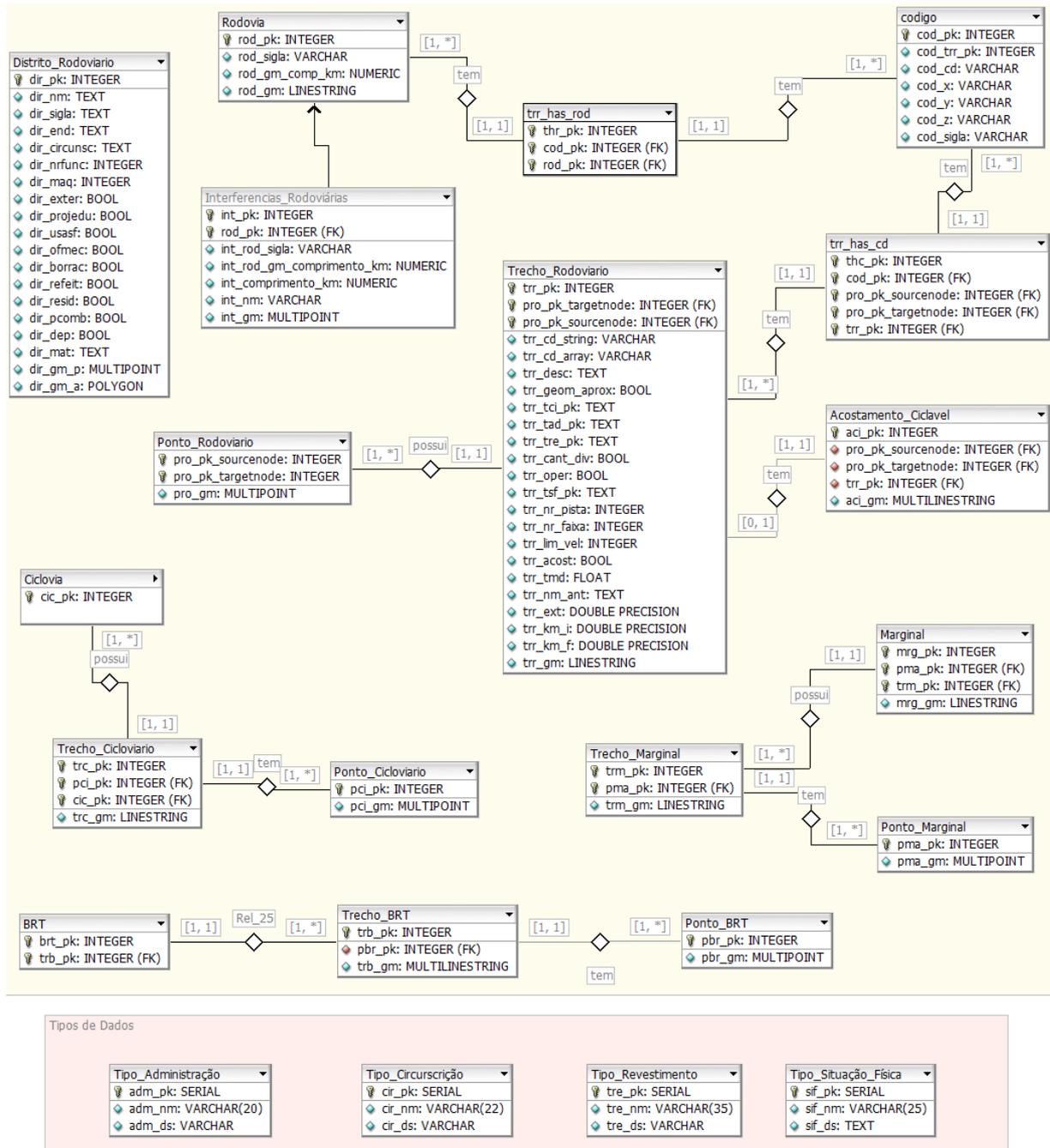


Figura 4.3 - Tabelas lógicas da área de geoprocessamento do DER/DF.

O modelo OMT-G apresenta três tipos de relacionamentos entre suas classes: associação simples, relacionamentos espaciais e relacionamentos topológicos em rede (BORGES *et al.*, 2001). Como o foco do esquema conceitual da GEGEO é representar as relações espaciais, as associações simples não são representadas no diagrama de classes. O relacionamento espacial entre as classes pode ser feito por meio de chaves primárias e chaves estrangeiras ou por meio de funções espaciais que retornam informações sobre as formas com que os recursos geográficos relacionam-se ou comparam-se entre si.

As estruturas em rede apresentadas na Figura 4.3 são formadas pela relação arco-nó e são indicadas no esquema lógico pelas relações: Ponto Rodoviário-Trecho Rodoviário; Ponto Marginal-Trecho Marginal; Ponto BRT-Trecho BRT e Ponto Ciclovial-Trecho Ciclovial. O elemento lógico Rodovia é composto pela agregação espacial do elemento lógico trecho rodoviário. Assim, por exemplo, um ou mais trechos rodoviários formam uma rodovia. O parâmetro utilizado para agregar a geometria do trecho rodoviário é o código do trecho rodoviário que formará a sigla da rodovia. O mesmo procedimento é realizado para os elementos lógicos Marginal, Ciclovial e BRT que são formados a partir de agregação espacial dos trechos que são correspondentes.

Após o mapeamento de esquemas conceituais OMT-G em esquemas relacionais, desenvolve-se o esquema físico, gerando o *script* de implementação em linguagem SQL. Um *script* é um conjunto de instruções ou uma sequência de comandos a serem executados em determinado aplicativo, no caso deste trabalho, no SGBD objeto-relacional PostgreSQL/PostGIS utilizado para a implementação física dos dados.

4.7 MAPEAMENTO PARA ESQUEMAS DE IMPLEMENTAÇÃO

A construção da base rodoviária em sistemas de banco de dados espaciais compreende sete etapas: codificação dos trechos e das siglas do sistema rodoviário; verificação da direção do vetor dos trechos; análise estatística dos dados não geométricos e dos geométricos; criação das tabelas e inserção dos dados; consistência da rede rodoviária consiste em: gerar topologia de rede, gerar o grau do nó e checar a conectividade dos trechos e calcular o valor de comprimento dos trechos; criação das rodovias a partir do trecho rodoviário; e por fim, gerar as interferências na rodovia. A metodologia aplicada para a rede rodoviária também é aplicada para a rede ciclovial, a rede de BRT e a rede marginal.

4.7.1 Codificação dos Trechos e das Siglas do Sistema Rodoviário

As rodovias estão divididas em trechos rodoviários e são codificadas de acordo com alguns critérios especificados no Sistema Rodoviário do Distrito Federal - SRDF (DISTRITO FEDERAL, 2016) e no roteiro básico para Sistemas Rodoviários Estaduais (DNIT, 2006b):

- O código é composto por dez (10) caracteres alfanuméricos;
- Os três primeiros caracteres indicam o número da rodovia;
- O quarto caractere indica, quando ‘B’ é pertencente a rodovia federal, quando for ‘E’ indica que é uma rodovia estadual;
- O quinto e o sexto caracteres indicam a unidade da federação (UF), no qual o trecho rodoviário se localiza;
- Os quatro últimos caracteres identificam o número do trecho (ordem crescente, de acordo com a direção do vetor do trecho).
- Quando se tratar de trechos pertencentes às Marginais ou BRT, após os dez caracteres alfanuméricos acrescenta-se ‘MD’ para Marginal direita, ‘ME’ para Marginal esquerda e ‘BRTS’ referente ao BRT-Sul já existente no DF.

Seguindo os critérios estabelecidos pelo DNIT (DNIT, 2006) e pelo DER/DF (DISTRITO FEDERAL, 2016) a Tabela 4.4 apresenta exemplos de codificação de trechos e das siglas usadas no sistema rodoviário do DER/DF.

Tabela 4.4 – Codificação dos Trechos e Siglas do DER/DF.

Exemplos de Codificação dos Trechos e das Siglas do Sistema Rodoviário		
Código do trecho: 001EDF0010 Sigla da Rodovia: DF-001	Código do trecho: 440EDF0090 Sigla da Rodovia: DF-440	Código: 127EVC0030 Sigla da Rodovia: VC-127
<ul style="list-style-type: none"> • 001 - número da Rodovia; • E - trecho de rodovia estadual; • DF - Unidade da Federação; • 0010 - número do trecho. 	<ul style="list-style-type: none"> • 440 - número da Rodovia; • E - trecho de rodovia estadual; • DF - Unidade da Federação; • 0090 - número do trecho. 	<ul style="list-style-type: none"> • 127 - número da Rodovia; • E - trecho de rodovia estadual; • VC - Rodovia Vicinal; • 0030 - número do trecho.
Código: 025EDF0010BRTS Sigla do BRT: BRTS-025	Código: 001EDF0130ME Sigla da Marginal: ME-001	Código: 040BDF0017 Sigla da Rodovia: BR-040
<ul style="list-style-type: none"> • 025 - número do BRT; • E - trecho de rodovia estadual; • DF - Unidade da Federação; • 0010 - número do trecho; • BRTS – BRT Sul. 	<ul style="list-style-type: none"> • 001 - número da Marginal; • E - trecho de rodovia estadual; • DF - Unidade da Federação; • 0130 - número do trecho; • ME - Marginal Esquerda. 	<ul style="list-style-type: none"> • 040 - número da Rodovia; • B - trecho de rodovia federal; • DF - Unidade da Federação; • 0130 - número do trecho; <p>*Rodovia Federal delegada ao DF.</p>

4.7.2 Direção do Vetor dos Trechos

Após a codificação dos trechos é necessário verificar a direção do vetor dos trechos. A direção do vetor dos trechos foi corrigida manualmente no *software* QGIS. A direção do vetor dos trechos baseia-se nos quatro últimos números da codificação dos trechos, a direção do vetor inicia na menor numeração do código do trecho para a de maior numeração, conforme Figura 4.4.

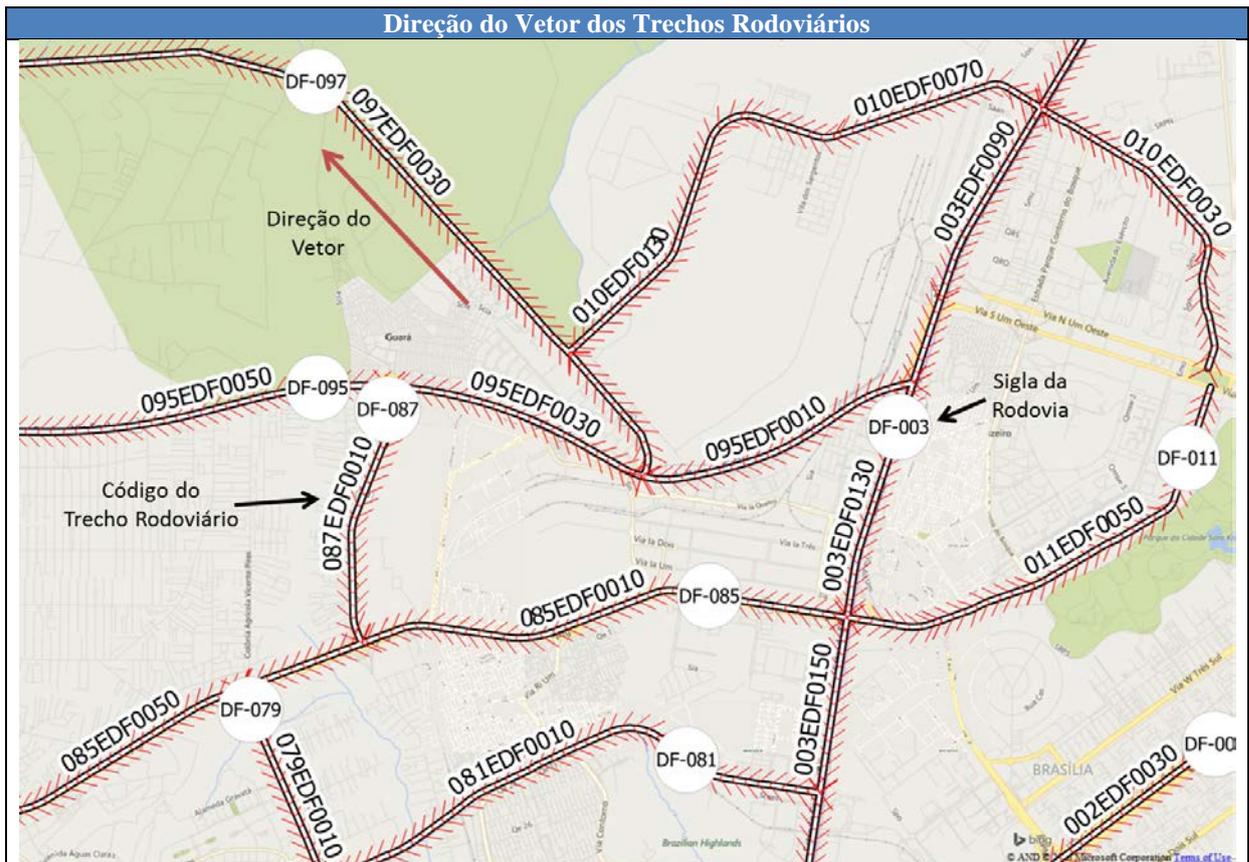


Figura 4.4 – Figura demonstrando uma área com Rodovias e a direção do vetor, indicada pelas setas vermelhas em cima dos trechos rodoviários.

4.7.3 Análise Estatística de Dados Não Geométricos e Geométricos

A função 'fn_estatistica' é utilizada para análise estatística dos dados não geométricos e a função 'fn_estatistica_geometria' é usada para análise estatística dos dados geométricos. Estas funções são desenvolvidas para recuperar informações sobre atributos e geometrias já existentes e trazem praticidade na análise dos dados, visto que reuni o resultado de uma consulta com diversas operações em um só resultado.

A função ‘fn_estadística’ executa operações que verificam: o número de registros totais, número de registros nulos, número de registros únicos, o número máximo de algarismo, valor mínimo e máximo de registros, máxima frequência de registros únicos. Já a função ‘fn_estadística_geometria’ retorna o tipo de geometria do atributo (nome da função: GeometryType PostGIS (2016)), o espaço dimensional onde o objeto está contido (ST_NDims), a dimensão do objeto (ST_Dimension), a identificação da referência espacial (*Spatial Reference Identifier* - SRID) do objeto (ST_SRID), número de registros com geometrias múltiplas (ST_NumGeometries), número de registros com geometrias não simples (ST_IsSimple) e número de registros com geometria não válida (ST_IsValid).

Cada atributo dos dados vetoriais já existentes e em uso no DER/DF foram analisados por essas funções. A partir dessas informações é possível estabelecer, por exemplo, a quantidade máxima de caracteres em um campo da tabela modelada; analisar quantas vezes um registro se repete e sua frequência máxima, que são um dos parâmetros para decidir pela criação de uma tabela de domínio de tipo; se uma geometria não tem pontos geométricos anômalos, como um autocruzamento ou auto tangência.

4.7.4 Criação das Tabelas e Inserção de Dados

Após a criação das tabelas relacionais no *software* DBDesigner 4 (Figura 4.3), um script em SQL é gerado no próprio *software* e utilizado como dado de entrada na criação física das tabelas no banco de dados. As criações das tabelas foram organizadas da seguinte forma: criação da tabela com os campos modelados, criação da chave primária e definição de um gerador de sequência, conforme exemplo da Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Exemplo de criação de tabela.

Tabela: der.derft_ponto_rodoviario		
<pre>--Criação da tabela DROP TABLE IF EXISTS der.derft_ponto_rodoviario; CREATE TABLE der.derft_ponto_rodoviario (pro_pk integer NOT NULL, pro_nu_valence integer, pro_gm geometry(Point, 31983));</pre>	<pre>--Criação da Chave- Primária ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario DROP CONSTRAINT IF EXISTS pro_pk_pkey; ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario ADD CONSTRAINT pro_pk_pkey PRIMARY KEY (pro_pk);</pre>	<pre>--Sequência DROP SEQUENCE IF EXISTS der.pro_pk_seq; CREATE SEQUENCE der.pro_pk_seq START WITH 1 INCREMENT BY 1 NO MINVALUE NO MAXVALUE CACHE 1; ALTER SEQUENCE der.pro_pk_seq OWNED BY der.derft_ponto_rodoviario.pro_pk; ALTER TABLE der.derft_ponto_rodoviario ALTER COLUMN pro_pk SET DEFAULT nextval('der.pro_pk_seq'::regclass);</pre>

Os dados vetoriais originais do DER/DF são importados para o PostgreSQL por meio da ferramenta 'PostGIS shapefile import/export manager' (PostGIS, 2016) ou pela ferramenta do QGIS chamada gerenciador BD na barra de ferramentas 'Banco de dados'.

Para a inserção dos dados nas tabelas utiliza-se comandos em SQL como *update* (atualização) e *insert* (inserir) para atualizar e inserir dados coletados ou para utilizar os atributos dos dados de origem do DER/DF. Todas as tabelas com nome iniciando em 'der.derft_ponto_' são as tabelas que representam os nós das redes e a inserção de dados nessas tabelas é explicada no tópico de geração de topológica.

4.7.5 Consistência da Rede Rodoviária

Esta etapa compreende a implementação de regras de integridade e de consistência nas relações espaciais topológicas em rede dos dados de trecho rodoviário e ponto rodoviário; trecho marginal e ponto marginal; trecho BRT e ponto BRT e trecho cloviário e ponto cicloviário. A Figura 4.5 expõe o processo de consistência utilizado.

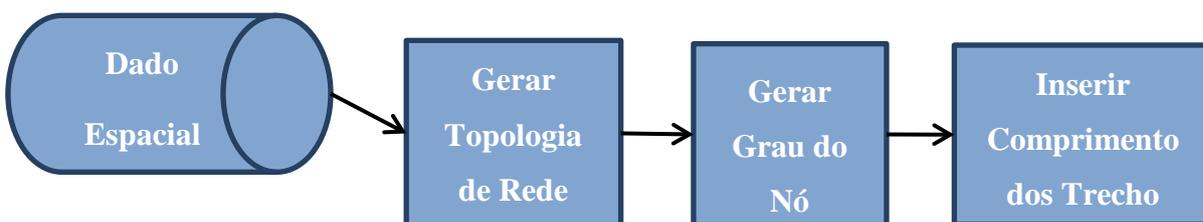


Figura 4.5 – Fluxograma do processo de consistência da Rede Rodoviária.

4.7.5.1 Gerar Topologia de Rede dos Trechos

A topologia de rede é estabelecida por meio do relacionamento entre as tabelas Trecho Rodoviario e Ponto Rodoviario que são, respectivamente, o arco e o nó. Na tabela de Trecho é necessário ter duas colunas denominadas de sourcnode (nó de origem) e de targetnode (nó de destino) para usar na função 'assign_vertex_id', adaptada da função 'assign_vertex' de Teixeira (2012). A função 'assign_vertex_id' cria a relação de arco-nó, para isso é necessário indicar na função a tabela dos Trechos e suas colunas de nós de origem e de destino, a tabela a ser preenchida com os nós de rede, como a tabela Ponto Rodoviario e os campos geométricos das duas tabelas.

Segundo (BORGES *et al.*, 2005), uma das restrições impostas a grafos são: para cada arco deve existir exatamente dois nós e para cada nó deve existir pelo menos um arco.

Esta restrição é concretizada usando um par de chaves estrangeira e chave primária do relacionamento entre o Trecho Rodoviário e Ponto Rodoviário (arco-nó) como exemplifica a Figura 4.6, aplicando-se também a todos as outras relações em rede.

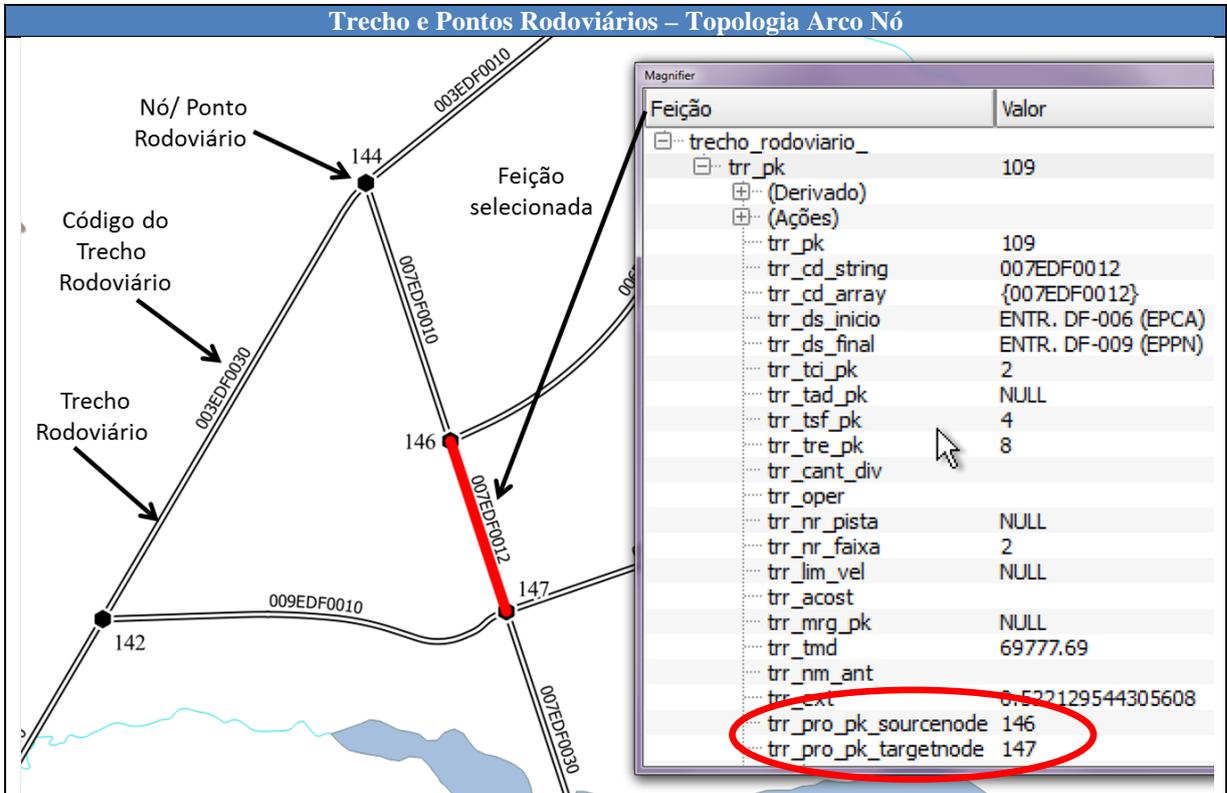


Figura 4.6 – Topologia arco-nó estabelecida para trecho e ponto rodoviário.

4.7.5.2 Gerar Grau do Nó e Checar se a Rede está Conexa

Para gerar o grau dos nós dos trechos baseou-se no relacionamento espacial do tipo geometria de ponto ‘toca’ a fronteira da geometria de uma linha, destaque em azul na Tabela 4.6 para a relação utilizada. Desta forma, o número do grau de um nó será o número da quantidade de arcos que o tocam. A função que calcula o número de trechos de rodovias que tocam um mesmo nó é denominada de ‘calculatevalence’, uma adaptação da função ‘pgh_fn_valence’ de Teixeira (2012).

Tabela 4.6 – Relacionamento topológico do tipo ‘toca’.

Relacionamento Topológico: TOCA (Touch)
Aplica-se a pares de geometrias dos tipos: área/área, linha/linha, linha/área, ponto/área e ponto/linha.
$\langle \lambda_1, \text{toca}, \lambda_2 \rangle \Leftrightarrow (\lambda_1^\circ \cap \lambda_2^\circ = \emptyset) \text{ e } ((\partial \lambda_1 \cap \lambda_2^\circ \neq \emptyset) \text{ ou } (\lambda_1^\circ \cap \partial \lambda_2 \neq \emptyset) \text{ ou } (\partial \lambda_1 \cap \partial \lambda_2 \neq \emptyset))$

Após gerar os graus dos nós pela função ‘calculatevalence’, visualiza-se o resultado no software QGIS para fazer as correções. No caso da rede rodoviária, se algum nó possuir grau menor ou igual a (\leq) 1 e não for o início nem o final do trecho há um erro a ser corrigido, geralmente, é quando o vetor não está devidamente conectado. Na Figura 4.7a apresenta-se uma área selecionada do Distrito Federal em que há inconsistências em todos os nós. Os graus são representados pelos algarismos arábicos, as cores e formatos dos pontos é um recurso visual utilizado para diferenciar os diferentes graus. Todos os entroncamentos/cruzamentos dos trechos rodoviários foram verificados e tiveram suas conectividades corrigidas, como demonstrado na Figura 4.7b. Executa-se novamente a função para verificar se há mais erros para serem corrigidos.

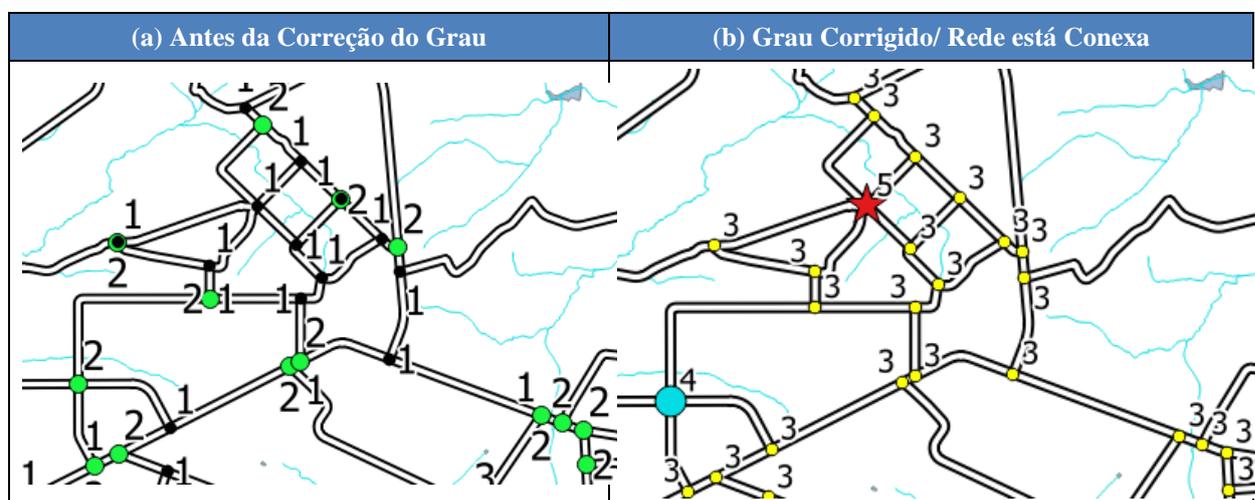


Figura 4.7 – Grau antes e depois da correção da conexão dos trechos rodoviários.

4.7.5.3 Calcular o Valor de Comprimento dos Trechos

Para finalizar os procedimentos de consistência dos trechos, adicionou-se a informação geométrica do comprimento de cada trecho, utilizando a função ST_Length do PostGIS (2016). Como o sistema de coordenadas projetados UTM é métrico, utilizou a função ST_Transform, para indicar o sistema de referência, dividida por mil, para gerar o resultado em quilômetros. Um exemplo com o comando UPDATE em SQL:

```
UPDATE der.derft_trecho_brt
SET trb_ext = ST_length(ST_TRANSFORM(trb_gm, 31983)) / 1000
```

4.7.6 Gerar as Rodovias a partir dos Trechos Rodoviários

O objeto Rodovia é definido no esquema conceitual como uma classe gerada a partir da agregação espacial de um ou mais trechos rodoviários que possuem as mesmas

iniciais de código. Assim, por meio de tabelas associativas relacionam-se as tabelas trecho rodoviário e rodovia, que usaram como parâmetro o código do trecho pra gerar as siglas das rodovias e a função de união espacial ST_Union (POSTGIS, 2016) para criar a geometria do novo elemento lógico Rodovia. Na Figura 4.8a exibi-se um exemplo de seleção de um trecho da DF-003. Já na Figura 4.8b mostra-se um exemplo do resultado da agregação espacial de vários trechos, formando a rodovia DF-003.

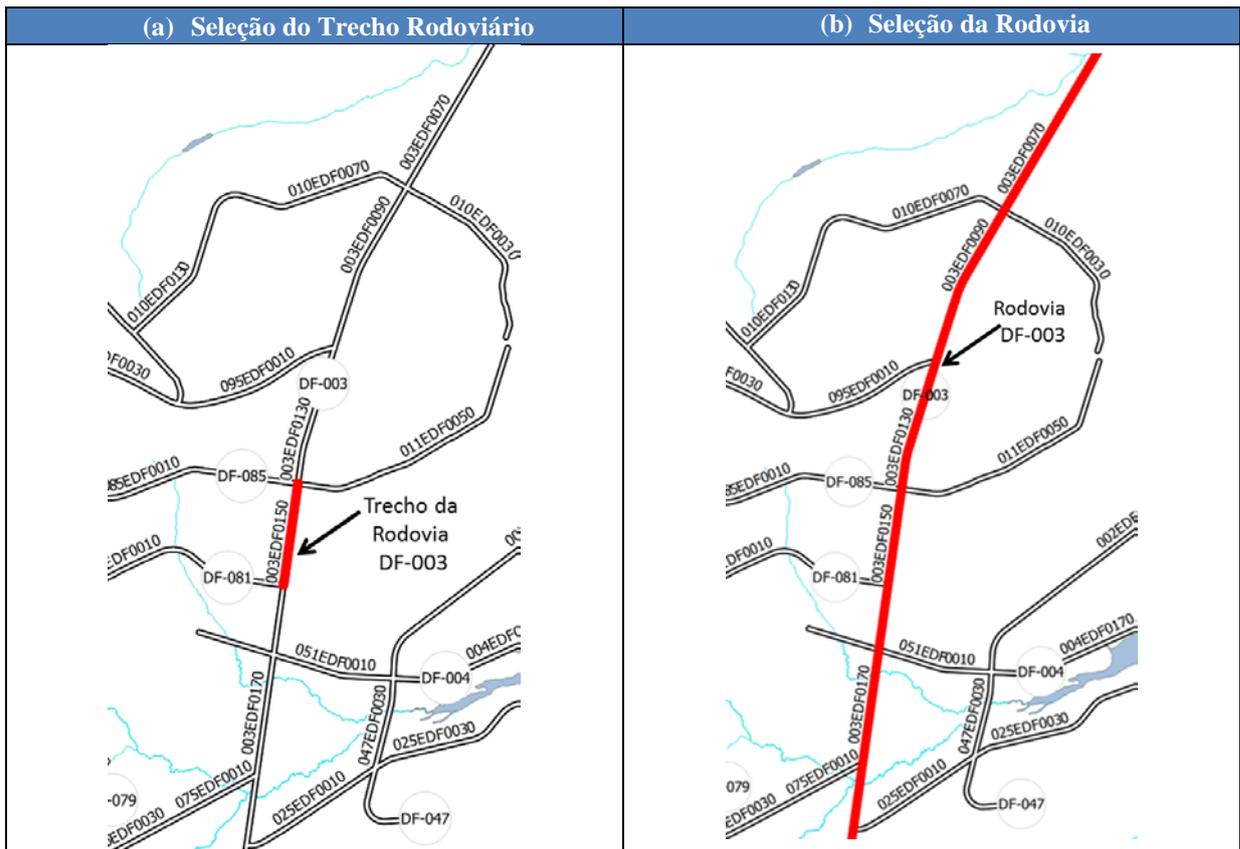


Figura 4.8 – Visualização de seleção de trecho rodoviário e de rodovia.

Porém, existem trechos rodoviários que possuem duas ou três nomenclaturas e por conta disso o relacionamento entre os trecho rodoviário e a rodovia possuem o relacionamento com a cardinalidade muitos para muitos (N:M), ou seja, um trecho rodoviário que possui um ou muitos códigos podem formar uma ou várias rodovias e são chamadas de rodovias coincidentes, podendo ser distritais ou federais (Figura 4.9).

Portanto, essa é a principal dificuldade encontrada para implementar a relação de união espacial entre os elementos lógicos Trecho Rodoviário e Rodovia. Como opção para resolver esse problema, na tabela de trecho rodoviário é criado uma coluna do tipo texto com todos os códigos e uma coluna do tipo arranjo (*array*) com mesmos códigos de trecho. A

representação é materializada utilizando tabelas associativas. Na coluna do tipo arranjo da tabela de trecho rodoviário são agrupadas as seis colunas de código da tabela original de trecho rodoviário utilizando a função para arranjo do PostgreSQL (2016) a seguir: ARRAY_TO_STRING(ARRAY[cod_distri, cod_distr2, cod_vicina, cod_federa, cod_feder2, cod_feder3], ', '):character varying. Depois é atualizado a coluna do tipo texto usando a função do PostgreSQL (2016): regexp_split_to_array(trr_cd_string, ', ').

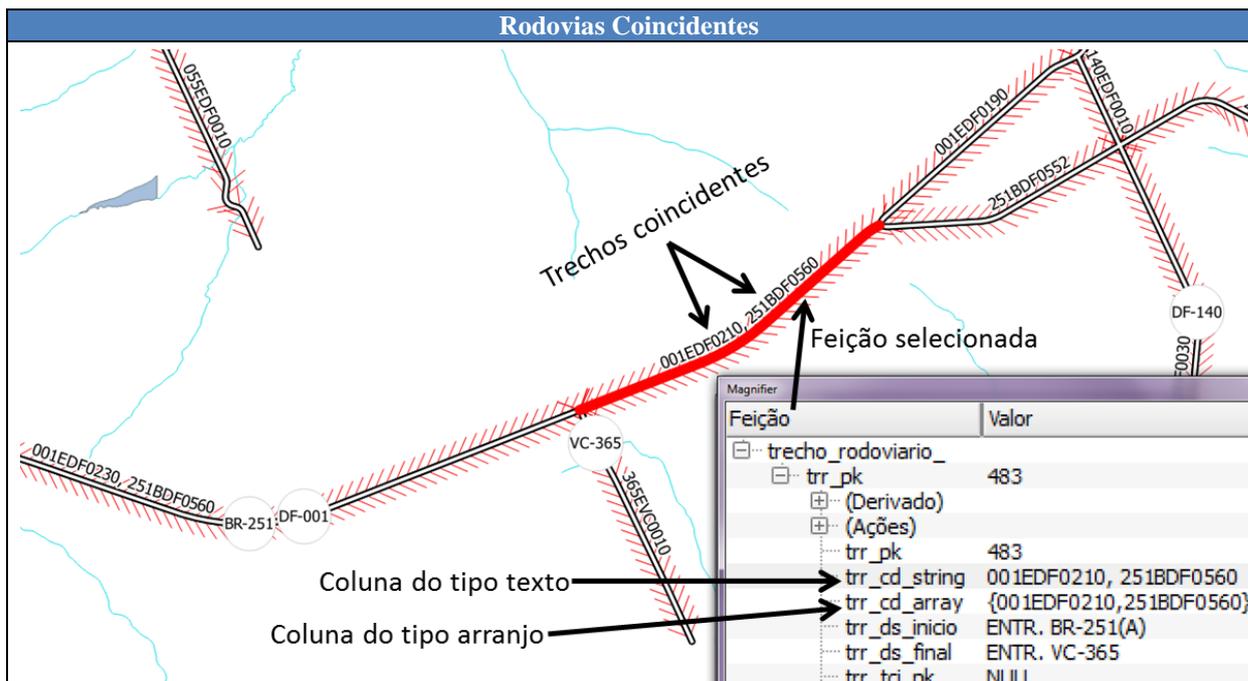


Figura 4.9 – Rodovia Coincidente.

Após a criação dos códigos na tabela de trecho rodoviário, cria-se a tabela denominada códigos. Para essa tabela é importada a referência de PK da tabela trecho rodoviário e são expandidos os códigos de trecho usando a função do PostgreSQL (2016) unnest(trr_cd_array), passando cada registro apresentar apenas um código de trecho rodoviário e uma sigla, ou seja, cada linha da tabela corresponde a exatamente um código de trecho rodoviário.

O código é separado em três partes (001EDF0010 → 001 / EDF / 0010) e cada parte é inserida, respectivamente, nos campos cod_x, cod_y e cod_z. Por último, criam-se as siglas referentes à rodovia o qual o trecho rodoviário pertence. Feito isso, cria-se uma tabela associativa, denominada trr_has_cod, entre as tabelas de trecho rodoviário e códigos com as chaves primárias de cada uma destas tabelas.

O próximo passo é o povoamento da tabela de Rodovia. Nesta tabela são inseridas as siglas formadas na tabela de códigos e é feita a união espacial das rodovias que possuem a mesma sigla, com base na geometria dos trechos rodoviários. Por fim, insere-se na tabela associativa trr_has_rod as chaves primárias da tabela de trecho rodoviário e da tabela rodovia. A Tabela 4.7 apresenta o script do procedimento descrito.

Tabela 4.7 – Procedimentos para a criação da tabela de Rodovia.

Primeira parte	Segunda parte (continuação)
<pre>--Tabela Associativa: der.deras_codigos DELETE FROM der.deras_codigos; SELECT setval(('der.cod_pk_seq':text)::regclass, 1, false); INSERT INTO der.deras_codigos (cod_trr_pk, cod_cd, cod_x, cod_y, cod_z) SELECT trr_pk, unnest(trr_cd_array) as codigos, substring(unnest(trr_cd_array) from 1 for 3), substring(unnest(trr_cd_array) from 4 for 3), substring(unnest(trr_cd_array) from 7 for 4) FROM der.derft_trecho_rodoviario ORDER BY codigos UPDATE der.deras_codigos cod SET cod_sigla = a.sigla FROM (SELECT cod_pk, CASE WHEN cod_y='EDF' THEN 'DF' WHEN cod_y='BDF' THEN 'BR' WHEN cod_y='EVC' THEN 'VC' ELSE null END '-' cod_x AS sigla from der.deras_codigos) as a WHERE cod.cod_pk = a.cod_pk --Tabela Associativa: der.deras_trr_has_cd DELETE FROM der.deras_trr_has_cd; SELECT setval(('der.thc_pk_seq':text)::regclass, 1, false); INSERT INTO der.deras_trr_has_cd (thc_trr_pk, thc_cod_pk)</pre>	<pre>SELECT trr.trr_pk, cod.cod_pk--, --tet.tet_nm, --tei.tei_nm_etnia_array FROM der.derft_trecho_rodoviario trr, der.deras_codigos cod WHERE cod.cod_cd = ANY(trr.trr_cd_array); --Tabela Geográfica: der.derft_rodovia DELETE FROM der.derft_rodovia; SELECT setval(('der.rod_pk_seq':text)::regclass, 1, false); INSERT INTO der.derft_rodovia (rod_sigla, rod_gm) SELECT cod.cod_sigla as sigla, ST_MULTI(ST_UNION(trr.trr_gm)) as rod_gm FROM der.derft_trecho_rodoviario trr, der.deras_codigos cod WHERE cod.cod_trr_pk = trr.trr_pk GROUP BY cod.cod_sigla ORDER BY cod.cod_sigla --Tabela Associativa: der.deras_trr_has_rod DELETE FROM der.deras_trr_has_rod; SELECT setval(('der.thr_pk_seq':text)::regclass, 1, false); INSERT INTO der.deras_trr_has_rod (thr_trr_pk, thr_rod_pk) SELECT cod.cod_trr_pk, rod.rod_pk FROM der.deras_codigos cod, der.derft_rodovia rod WHERE rod.rod_sigla = cod.cod_sigla ORDER BY cod.cod_trr_pk;</pre>

Depois, por meio de chaves primárias e chaves estrangeiras são feitas as relações entre as tabelas espaciais de trecho rodoviário e rodovia e suas tabelas de associativas trr_has_cd, código e trr_has_rod conforme Figura 4.10.

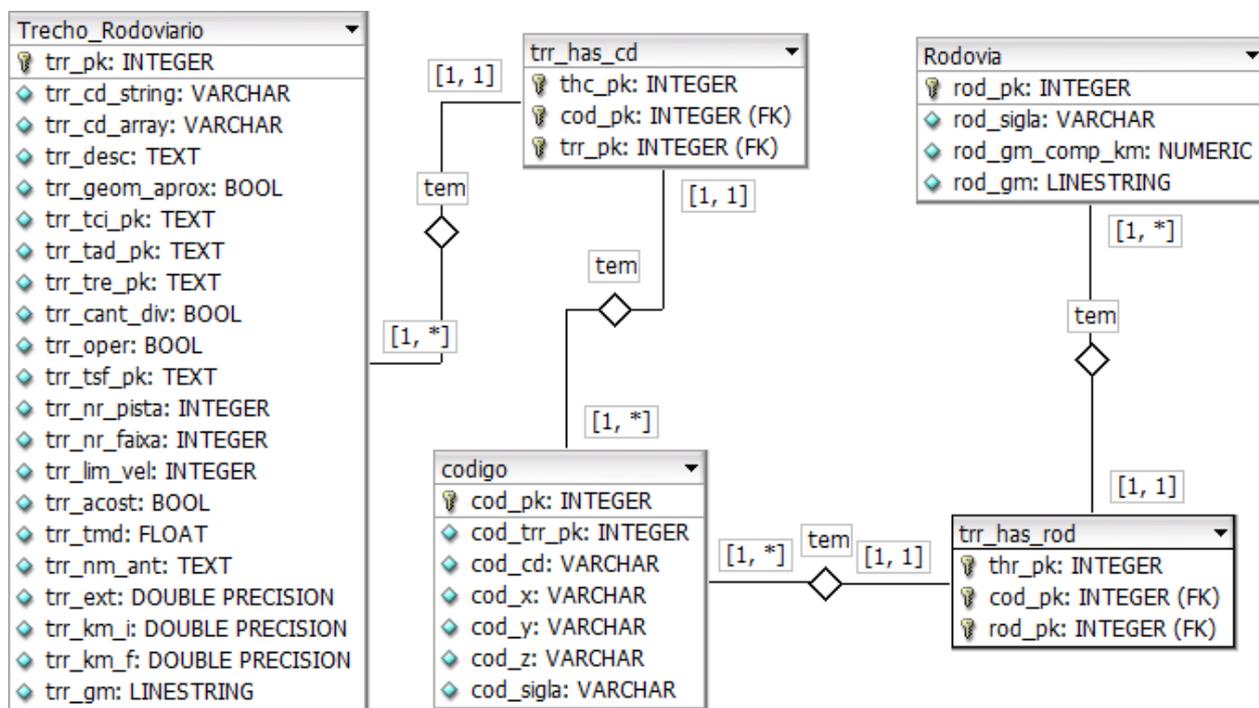


Figura 4.10 – Relações entre as tabelas espaciais de trecho rodoviário e rodovia.

4.7.7 Gerar as Interferências na Rodovia

A tabela de interferências rodoviárias é criada para suprir uma necessidade de informar interferências ocorridas ao longo da Rodovia. As interferências podem ser buracos na via, acidente, obra, uma ponte danificada ou até mesmo marcação do quilômetro da rodovia. A partir da função ‘`inserir_interferencia (varchar, numeric, varchar)`’ é possível inserir três informações: a rodovia da interferência, o quilômetro e a descrição da interferência.

Na Figura 4.11 é possível visualizar exemplos de inserções de interferências. Na DF-205 foi inserido um marco quilométrico de 5 em 5 quilômetros. Na DF-001 foram inseridas cinco interferências como ponte danificada, acidente na via, buraco e deslizamento na pista e animal na pista (animal atropelado).

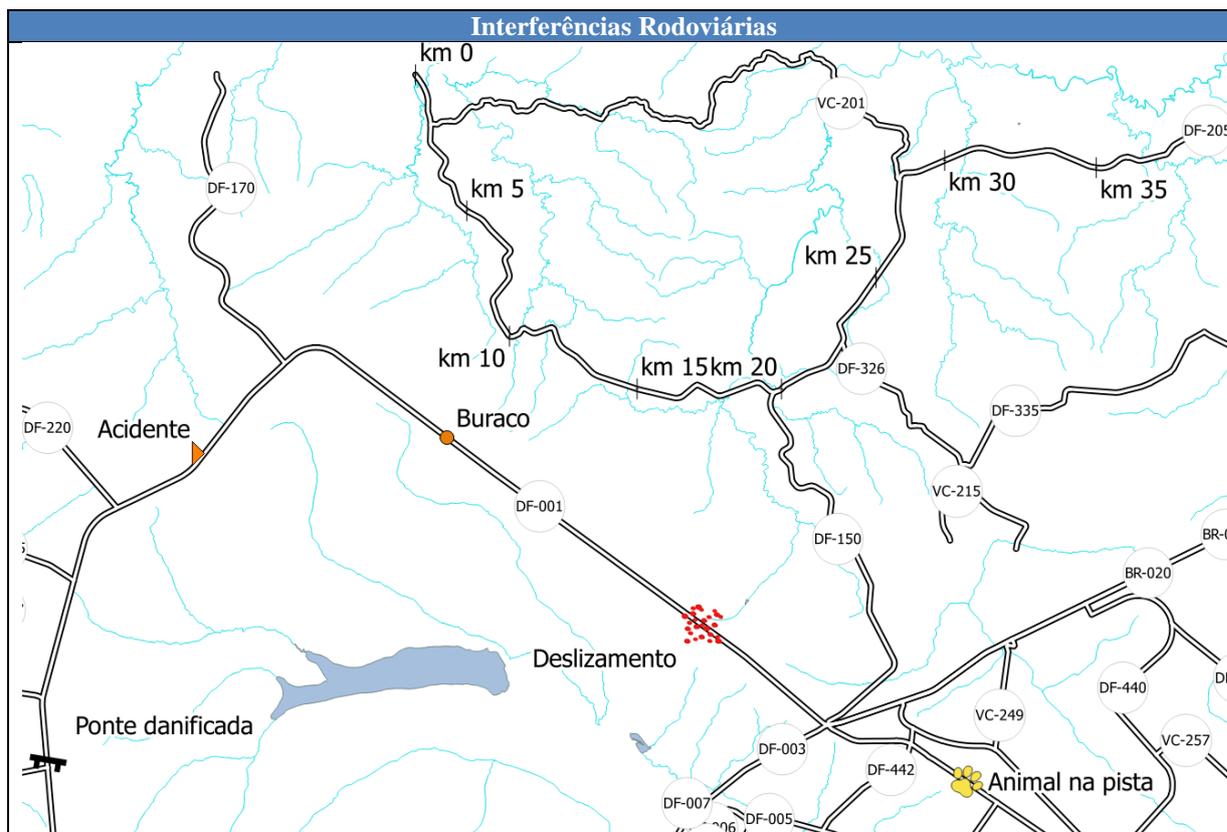


Figura 4.11 – Visualização no QGIS das Interferências na Rodovia.

4.8 VISUALIZAÇÃO DOS DADOS ESPACIAIS

Por fim, para visualizar e editar a geometria dos dados espaciais no SGBD PostgreSQL/ PostGIS, utiliza-se o programa de sistema de informações geográficas QGIS. O QGIS é um *software* livre de sistema de informação geográfica (SIG), sujeito à Licença Pública Geral GNU e funciona em diversos sistemas operacionais (QGIS, 2016). Uma das vantagens dos *softwares* livres é a possibilidade de interoperabilidade entre diferentes programas, não sendo uma exclusividade destes.

Para esse trabalho, o *software* QGIS é utilizado para fazer avaliação prévia das características espaciais e não espaciais (os atributos) dos dados originais do DER/DF, acessar o sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL/ PostGIS, a correção da direção dos vetores, a codificação dos trechos, a verificação do grau dos nós, a conectividade da topologia do tipo rede arco-nó e a elaboração dos mapas.

O QGIS possui duas ferramentas de acesso ao banco de dados espaciais chamadas ‘adicionar camada PostGIS’ e o ‘Gerenciador BD’, ambas extensamente utilizadas neste

trabalho. A ferramenta ‘Gerenciador BD’ possui a vantagem de ter uma janela SQL em que é possível utilizar as funções em linguagem de consulta e visualizar o resultado da consulta imediatamente no QGIS. Na Figura 4.12 é demonstrado um exemplo de consulta: criação de um buffer de 300 metros sobre os trechos rodoviários (SELECT trr_pk, st_buffer(trr_gm, 300) FROM trecho_rodoviario).

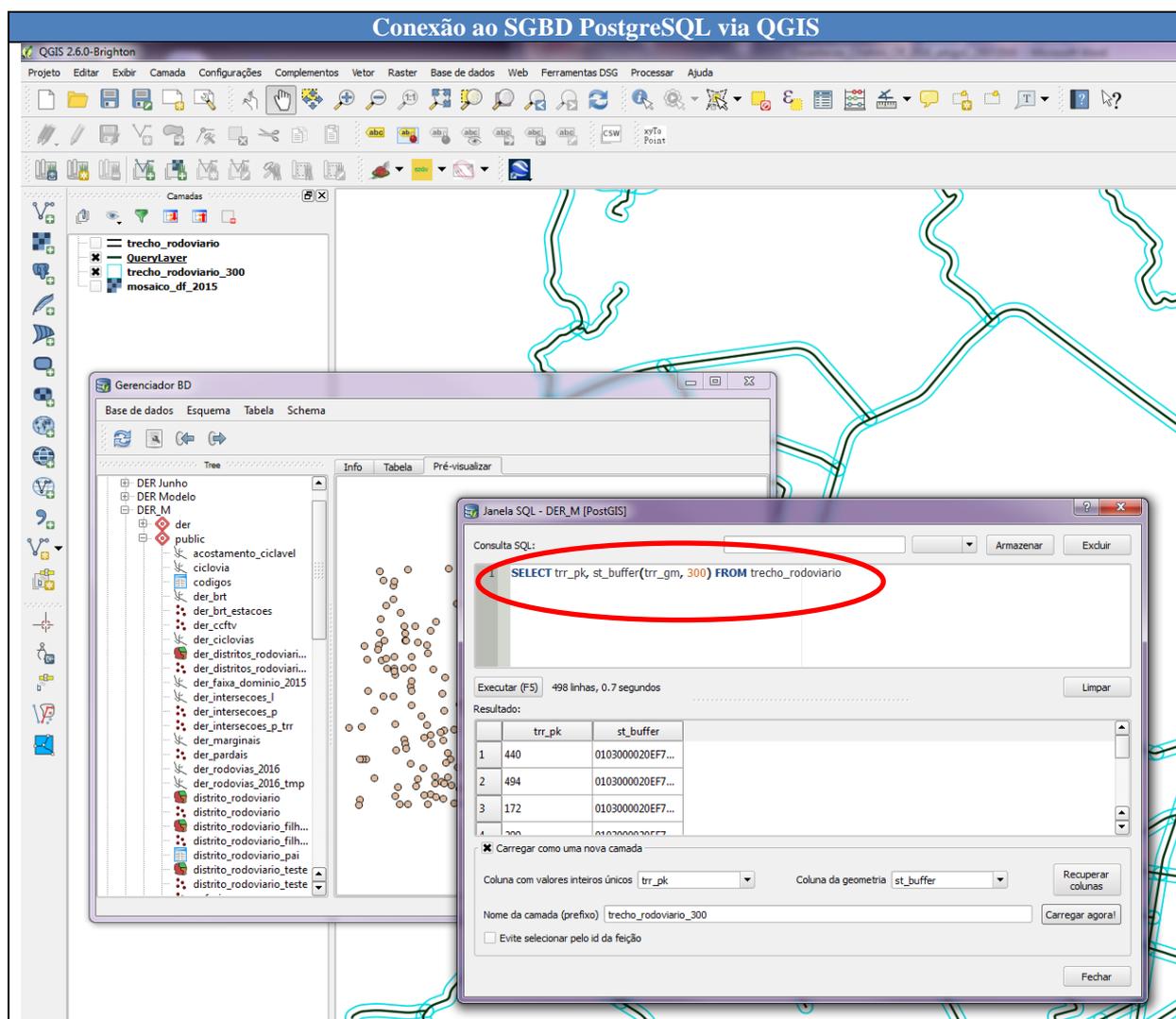


Figura 4.12 – Visualização dos dados dos SGBD no software QGIS.

4.9 CONCLUSÕES

Tendo em vista os procedimentos apresentados para a concretização da implementação dos dados do DER/DF em sistemas gerenciadores de banco de dados, entendeu-se que para elaborar um projeto plausível de implementação física de banco de dados é necessário primeiramente entender o que se deseja modelar. O esquema conceitual depois de elaborado foi modificado algumas vezes, em vistas das necessidades que surgiram à

medida que evoluiu o processo de criação do esquema lógico e também da implementação física das tabelas. Desde a proposta inicial o objetivo é a construção e disponibilização de todos os passos para modelagem e implementação do banco de dados espaciais do Sistema Rodoviário do Distrito Federal.

Utilizou-se apenas *softwares* livres e esses se mostraram flexíveis e robustos na manipulação dos dados espaciais. Para fazer a implementação física utilizou o programa PostgreSQL/PostGIS onde foram criadas as tabelas, inseridos os dados, criação das chaves primárias e estrangeira, criação de funções e a adequação de novas rotinas para as análises de rede que foram construídas tendo como base o projeto desenvolvido para a rede hidrográfica do Brasil chamado de pgHydro.

Baseado na experiência com a manipulação dos dados do DER/DF, podemos considerar que as principais vantagens do uso de sistema gerenciador de banco de dados para a Gerência de Geoprocessamento do DER/DF estão relacionadas às vantagens intrínsecas de implementação de um SGBD que são controle de redundância e compartilhamento de dados, restrição de acesso não autorizado, fornecimento de múltiplas interfaces, ambiente multiusuário, garantia de restrições de integridade, backup, controle de transação, tempo de desenvolvimento reduzido, disponibilidade de informação atualizada.

As próximas etapas desse projeto incluem automatizar procedimentos; fazer levantamento dos dados de número de pistas, o número de faixas, os sentidos do fluxo, que poderão ser utilizadas em funções de roteamento; desenvolver fisicamente as tabelas com os tipos de relacionamentos topológicos; criar rotinas de atualizações ou funções dinâmicas para executarem ações como ao inserir ou apagar um atributo, atualizar a geometria e os dados das tabelas vinculadas. De uma forma geral, otimizar a elaboração das rotinas e procedimentos de implementação dos dados DER/DF.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O trabalho apresentou uma pesquisa voltada para a elaboração do esquema conceitual em banco de dados espacial do sistema rodoviário do distrito federal e sua implementação em sistema gerenciador de banco de dados. O diagrama de classes elaborado adequou a estrutura dos dados espaciais vetoriais do DER/DF às especificações técnicas definidas na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais do Brasil e pelo Comitê Gestor de Geoinformações do Distrito Federal (COMGEO).

Somando-se ao esquema conceitual também se elaborou o dicionário de dados, denominado de relações de classes de objetos (RCO), que definem conceitualmente as classes do esquema conceitual e mostram a suas geometrias. O dicionário dos dados é utilizado como material de apoio na estruturação dos dados, tornando o diagrama mais consistente e servindo como subsídio para elaboração dos esquemas lógico e físico.

Este trabalho desenvolveu a base conceitual para a implementação do banco de dados espaciais do DER/DF que facilitará a gestão da informação espacial e evitará a realização desnecessária de trabalhos duplicados ou a replicação dos dados, proporcionará o enriquecimento das informações, por estarem bem estruturadas, reduzirá erros e imprevistos quando da necessidade do uso dos dados, facilitará o atendimento a demandas urgentes e desenvolvimento de outros procedimentos relacionados.

É importante destacar que este é o princípio do esforço para a implementação de sistema de gerenciamento de dados espaciais no DER/DF, pois se pretende elaborar uma estrutura mais abrangente, que contemple todos os setores do órgão. Para essa estrutura consolidar-se, é necessário que o trabalho seja institucionalizado, envolvendo as diversas áreas do departamento, principalmente, as áreas usuárias de dados espaciais e a área de tecnologia da informação para dar suporte constante no desenvolvimento e em soluções de problemas futuros no sistema que será implementado.

Pretende-se ainda, como recomendação para trabalhos futuros, disponibilizar essas informações espaciais à sociedade brasileira, por intermédio do Sistema de Informações Territoriais e Urbanas do Distrito Federal (Siturb) ou desenvolver no DER/DF um sistema de compartilhamento e visualização dos dados espaciais, atendendo aos princípios da transparência da informação pública.

CAPÍTULO 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANZLIC, **The Australia New Zealand Land Information Council**. . Disponível em: <http://www.anzlic.gov.au/anzlic_council/role_and_objectives>. Acesso em: março de 2015.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, R.; JACOBSON, I. **UML, Guia do Usuário**. Ed. Campus, 2ª edição, 2005.

BORGES, K. A. V. **Modelagem de Dados Geográficos: uma extensão do modelo OMT para aplicações geográficas**. Belo Horizonte-MG, 1997.

BORGES, K. A. V.; DAVIS JR., C. A.; LAENDER, A. H. F. **OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications**. *GeoInformatica*. v. 5, n.3, p. 221-260, 2001.

BORGES, K. A. V.; DAVIS JR., C. A.; LAENDER, A. H. F. **Modelagem Conceitual de Dados Geográficos**. In: CASANOVA, M. *et al.* Banco de Dados Geográficos. Curitiba: 2005. Ed. MundoGeo. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap3.pdf>>. Acesso em março de 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.503, de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm >. Acesso em março de 2016.

——— **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal; altera a Lei no 8.112, de 11 de dezembro de 1990; revoga a Lei no 11.111, de 5 de maio de 2005, e dispositivos da Lei no 8.159, de 8 de janeiro de 1991; e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112527.htm>. Acesso em setembro de 2016.

——— **Decreto nº 6.666, de 27 de novembro de 2008**. Institui, no âmbito do Poder Executivo federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais – INDE, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6666.htm>. Acesso em março de 2015.

——— **Portaria nº 011 - DCT, de 22 de abril de 2015**. Aprova a Norma da Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (EB80-N-72.002) – 1ª Parte – 1ª Edição – 2015. Disponível em: <http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/EDGV_Defesa-Forca_Terrestre_2015.pdf>. Acesso em: maio de 2015.

——— **Portaria nº 007 - DCT, de 10 de fevereiro de 2016**. Aprova a Norma da Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais de Defesa da Força Terrestre (EB80-N-72.002) – 1ª Parte – 2ª Edição – 2016. Disponível em: < http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/EDGV_DEFESA_F_Ter_2a_Edicao_2016_Aprovada_Publicada_BE_7_16.pdf >. Acesso em: junho de 2016.

——— **Resolução nº 160, de 22 de abril de 2004**. Aprova o Anexo II do Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/download/resolucoes/resolucao_contran_160.pdf>. Acesso em: março de 2016.

——— **Resolução nº 180, de 26 de agosto de 2005**. Aprova o Volume I - Sinalização Vertical de Regulamentação, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

—— **Resolução nº 236, de 11 de maio de 2007a.** Aprova o Volume IV – Sinalização Horizontal, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

—— **Resolução nº 243, DE 22 de junho 2007b.** Aprova o Volume II – Sinalização Vertical de Advertência, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

—— **Resolução nº 483. de 09 de abril de 2014a.** Aprova o Volume V – Sinalização Semafórica do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito e altera o Anexo da Resolução CONTRAN nº 160, de 2004.

—— **Resolução nº 486, de 7 de maio de 2014b.** Aprova o Volume III – Sinalização Vertical de Indicação, do Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito.

CÂMARA, G. **Representação computacional de dados geográficos.** In: CASANOVA, M. *et al.* Banco de Dados Geográficos. Curitiba: 2005. Ed. MundoGeo. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/cap1.pdf>>. Acesso em março de 2016.

CARDOSO, V; CARDOSO, G. **Sistemas de Banco de Dados: uma abordagem introdutória e aplicada.** Ed. Saraiva, 1ª edição, 2012. 142p.

CHEN, Peter. **Modelagem de Dados: A Abordagem Entidade Relacionamento para Projeto Lógico.** Tradução Cecília Camargo Bartalotti São Paulo, McGraw-Hill, 1990.

CHEN, P. **The entity-relationship model - toward a unified view of data.** ACM Transactions on Database Systems, v.1,n., p.9-36,1976

CLEMENTINI, E.; DI FELICE, P. **A comparison of methods for representing topological relationships.** Information Sciences - Applications, v. 3, n. 3, p. 149–178, 1995.

CLEMENTINI, E.; DI FELICE, P.; OOSTEROM, P. VAN. **A Small Set of Formal Topological Relationships A Small Set of Formal Topological Relationships Suitable for End-User Interaction.** Conference: Advances in Spatial Databases, Third International Symposium, SSD'93, Singapore, n. JuneJune 23-25, 1993.

CODD, E.F. **A relational model for large data banks.** Communications of the Association of Computing Machinery, Vol. 13, No. 6, pp. 377-387, 1970.

CODD, F.E. **The Relational Model for Database Management.** Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co. Version 2, 1990.

CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia. **Especificações técnicas para estruturação de dados geoespaciais digitais vetoriais.** Edição 2.1.3, 2010a. 246p. Disponível em: http://www.concar.ibge.gov.br/temp/94@EDGV_V20_10_10_2007.pdf>. Acesso em: abril de 2015.

CONCAR – Comissão Nacional de Cartografia. **Plano de ação para implantação da infraestrutura nacional de dados espaciais (INDE).** Rio de Janeiro, 2010b. Disponível em: <<http://www.concar.gov.br/arquivo/PlanoDeAcaoINDE.pdf>>. Acesso em: novembro de 2014.

COUGO, P. S. **Modelagem conceitual e projeto de banco de dados.** Rio de Janeiro : Elsevier, 14ª Reimpressão, 1997.

DAVIS JR., C. A. **Múltiplas Representações em Sistemas de Informação Geográficos.** Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, p. 115, 2000.

DER/DF. **Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal.** Disponível em: <http://www.der.df.gov.br/images/institucional/RegimentoInterno/Decreto_36044-2014.pdf>. Acesso em: maio de 2016.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 27.365, de 1 de novembro de 2006.** Altera o Sistema Rodoviário do Distrito Federal e dá outras providências. Disponível em: <http://sider.der.df.gov.br/modelos termos/Leis/Dec_DF_27365.pdf>. Acesso em: maio de 2016.

—— **Decreto nº 27.754 de 07 de março 2007.** Dispõe sobre o tratamento de informações para o Planejamento Estratégico e das atividades de geoprocessamento do Governo do Distrito Federal e dá outras providências. Disponível em: <http://www.tc.df.gov.br/SINJ/Arquivo.ashx?id_norma_consolidado=54616>. Acesso em: março de 2015.

—— **Decreto nº 33.320 de 09 de novembro de 2011.** Constitui a Comissão de Gestão de Geoinformações do Distrito Federal – COMGEO e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, 10 de novembro de 2011.

—— **Decreto nº 33.703 de 11 de junho de 2012.** Altera o Decreto nº 33.320, de 09 de novembro de 2011, que institui a Comissão de Gestão de Geoinformações do Distrito Federal COMGEO, e dá outras providências. 2012a. Disponível em: <http://www.adepoldf.org.br/files/DODF_12-06-12_Secao01.pdf>. Acesso em: abril de 2015.

—— **Lei nº 4.545, de 10 de dezembro de 1964.** Dispõe sobre a reestruturação administrativa do Distrito Federal, e dá outras providências. 1960. Disponível em: <<http://www.der.df.gov.br/>>. Acesso em: maio de 2016.

—— **Lei nº 4.397, de 27 de agosto de 2009a.** Dispõe sobre a criação do Sistema Ciclovitário no âmbito do Distrito Federal e dá outras providências. Disponível em: <http://www.tc.df.gov.br/SINJ/Arquivo.ashx?id_norma_consolidado=61217>. Acesso em: setembro de 2016.

—— **Lei complementar nº 803, de 25 de abril de 2009b.** Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.defensoria.df.gov.br/wp-content/uploads/2013/06/Lei-Complementar-Distrital-803.pdf>>. Acesso em: março de 2015.

—— **Lei complementar nº 854, de 15 de outubro 2012.** Atualiza a Lei Complementar nº 803, de 25 de abril de 2009, que aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT e dá outras providências. 2012b. Disponível em: <http://www.sedhab.df.gov.br/arquivos/suplemento_ao_dodf_n_211.pdf>. Acesso em: março de 2015.

—— **Resolução nº 396, de 13 de novembro de 2011.** Dispõe sobre requisitos técnicos mínimos para a fiscalização da velocidade de veículos automotores, reboques e semirreboques, conforme o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <http://www.der.df.gov.br/images/Servicos/Equip_Eletronicos/Resolucao_N_396_13_11_2011.pdf>. Acesso em: março de 2016.

—— **Regimento Interno do Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal.** Publicado no diário oficial do distrito federal em 24 de fevereiro de 2014, nº 245, Seção 1, paginas 3 a 22. Acesso em: março de 2015.

—— **Sistema Rodoviário do Distrito Federal – SRDF** versão 2015, publicado em 2016. Disponível em: < <http://www.der.df.gov.br/o-der/sistema-rodoviario.html>>. Acesso em: março de 2016.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual De Estudos De Tráfego. Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR**, p. 384, 2006a.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Roteiro Básico para Sistemas Rodoviários Estaduais**, 2006b.

EGENHOFER, M. J.; FRANZOSA, R. D. **Point-set topological spatial relations**. *International Journal of Geographical Information Systems*, v. 5, n. 2, p. 161–174, 1991.

EGENHOFER, M. J.; HERRING, J. R. **A mathematical framework for the definition of topological relationships**. 4th International Symposium on Spatial Data Handling, 1991.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S B. **Fundamentals of database systems**. Pearson Education, Inc., publishing as Addison-Wesley., 6a. edição. 2011.

GOMES, J.; VELHO, L. **Abstraction Paradigms for Computer Graphics**. *The Visual Computer*, v. 11, n.5, p. 227-239, 1995.

HAUSER, C. A. **Projeto de banco de dados**. 6 edição, serie livros didáticos informática ufrgs, bookman, 2009.

IGN/ IDE. **Infraestructura de datos espaciales - ¿Qué es una IDE?**. Instituto Geografico Nacionale. Disponível em: <<http://www.ign.es/ign/layoutIn/actividadesIDEque.do>>. Acesso em: novembro de 2014.

ISO. *Internacional Organization for Standardization*. **ISO/IEC 13249-3:2016 - Information technology - Database languages - SQL multimedia and application packages - Part 3: Spatial**, 2016. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=60343>. Acesso em: abril de 2016.

LISBOA-FILHO, J. **Modelos conceituais de dados para Sistemas de Informações Geográficas**. Porto Alegre, 1997. 119p. Exame de Qualificação (Doutorado em Computação) Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2012.

LISBOA-FILHO, J.; IOCHPE, C. **Um Estudo sobre Modelos Conceituais de Dados para Projeto de Bancos de Dados Geográficos**. *IP-Informática Pública*, v. 1, n. 2, p. 67–90, 1999.

LONGLEY, P. A. *et al.* **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Inglaterra: John & Sons, 3ª edição, 540p. [tradução: André Schneider *et al.*] – Porto Alegre : Bookman, 2013.

MEDEIROS, A. M. L. **Aplicações geográficas do postgresql e seu módulo postGIS**. *Revista FOSSGIS Brasil*, Coluna Banco de Dados Geográficos, p. 25 - 27, 30 mar. 2012.

PARANÁ. **Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias**. Curitiba, 2000.

OGC. *Open Geospatial Consortium Standards*. **OpenGIS Implementation Standard for Geographic Information Simple - feature access – Part 1: Common architecture** version 1.2.1, 2011. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/sfs>>. Acesso em: abril de 2016.

POSTGIS. **PostGIS manual**. Disponível em: <<http://postgis.net/docs/manual-2.1/>>. Acesso em: março de 2016.

POSTGRESQL. **PostgreSQL manual.** Disponível em: <<http://www.postgresql.org/docs/9.3/interactive/index.html>>. Acesso em: maio de 2016.

QGIS. **QGIS Documentation.** <<http://www.qgis.org/en/docs/index.html>>. Acesso em: janeiro de 2016.

STARUML. **Welcome to StarUML!** Disponível em: <<http://staruml.sourceforge.net/en/>>. Acesso em: maio de 2016.

TEIXEIRA, A. A. **Ottocodificação Estendida e Inteligência Hidrográfica em Banco de Dados Geográficos.** Brasília, 2012. 439f. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas) Instituto de Geociências, Universidade de Brasília – UnB, 2012.

TEOREY, T. J. *et al.* **Projeto e modelagem de banco de dados.** Tradução Daniel Vieira, 2ª edição, p.309, Elsevier, 2014.

REQUIA, Weeberb J.; KOUTRAKIS, P. ; ROIG, H. L; ADAMS, M. D. ; SANTOS, C. M. . **Association between vehicular emissions and cardiorespiratory disease risk in Brazil and its variation by spatial clustering of socio-economic factors.** Environmental Research (New York, N.Y. Print), v. 150, p. 452-460, 2016.

YEUNG, A. K. W.; HALL, G.B. **Spatial database systems. Design, implementation and project management.** The geojournal library 87, published by Springer, 2007.

APÊNDICE A – Dicionário de dados na forma de Relação de Classes de Objetos (RCO)

Tabela 1 - Acostamento Ciclável

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Acostamento_Ciclável	No Distrito Federal, ciclofaixas são instaladas em acostamentos, chamadas de acostamentos cicláveis. Nessa modalidade, as bicicletas circulam do lado direito dos veículos motorizados e em mão única, separada da pista apenas por sinalização vertical e horizontal.			1	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	<i>Booleano</i>	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim Não	NÃO NULO
circunscricao	<i>Alfanumérico</i>	25	Indica a circunscrição do acostamento ciclável.	Desconhecido Distrital Internacional Federal Estadual Municipal Propriedade Particular Coincidente	NÃO NULO
tipoSituacaoFisica	<i>Alfanumérico</i>	3	Identifica a situação, quanto à atividade atual.	ABD DES DET DUP EOD EOI EOP IMP LEN PAV PLA PAC	Abandonada Desconhecido Destruída Duplicada Em Obra de Duplicação Em Obra de Implantação Em Obra de Pavimentação Implantada Leito Natural Pavimentada Planejada PAV Acostamento Ciclável
comprimento_km	<i>Real</i>	-	Indica o valor da extensão do trecho em quilômetros.	A ser preenchido	NULO

Tabela 2 - Ciclovía

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Ciclovía	Uma ciclovía é uma via construída especificamente para a circulação de pessoas utilizando bicicletas.			2	→
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Ciclovias	Uma ciclovias é uma via construída especificamente para a circulação de pessoas utilizando bicicletas.			2	→
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	Booleano	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim Não	NÃO NULO
tipoSituacaoFisica	Alfanumérico	3	Identifica a situação, quanto à atividade atual.	ABD DES DET DUP EOD EOI EOP IMP LEN PAV PLA PAC	Abandonada Desconhecido Destruída Duplicada Em Obra de Duplicação Em Obra de Implantação Em Obra de Pavimentação Implantada Leito Natural Pavimentada Planejada PAV Acostamento Ciclável
comprimento_km	Real	-	Indica o valor da extensão do trecho em quilômetros.	A ser preenchido	NULO

Tabela 3 - Distritos Rodoviários

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Distritos_Rodoviaros	Unidades de direção diretamente subordinados à Superintendência de Obras do DER/DF.			3	□ ☆
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	Booleano	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim Não	NÃO NULO
nome	Alfanumérico	22	Nome completo da instância.	Sede 1º Distrito Rodoviário 2º Distrito Rodoviário 3º Distrito Rodoviário 4º Distrito Rodoviário 5º Distrito Rodoviário	NÃO NULO
sigla	Alfanumérico	8	Indica a sigla do Distrito Rodoviário.	Sede 1º DR	NÃO NULO

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Distritos_Rodoviaros	Unidades de direção diretamente subordinados à Superintendência de Obras do DER/DF.			3	□ ☆
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
				2° DR	
				3° DR	
				4° DR	
				5° DR	
endereco	Alfanumérico	-	Endereço Oficial do lote.	A ser preenchido	NULO
e-mail	Alfanumérico	-	E-mail Oficial do Distrito Rodoviário.	A ser preenchido	NULO
quantFuncionario	Inteiro		Indica a quantidade de Funcionários relacionados à unidade.	A ser preenchido	NULO
maquinario	Inteiro		Indica a quantidade de máquinas.	A ser preenchido	NULO
trabalhoExterno	Booleano	-	Indica se o distrito realiza trabalho externo do Distrito.	Boolean	NULO
projetoEducacao	Booleano	-	Indica se o distrito tem projeto de educação.	Boolean	NULO
ativDesenvolvida	Alfanumérico	-	Descreve de forma resumida as atividades desenvolvidas.	A ser preenchido	NULO
usinaAsfaltica	Booleano	-	Indica se o distrito tem usina de asfalto.	Boolean	NULO
oficinaMecanica	Booleano	-	Indica se o distrito tem oficina mecânica.	Boolean	NULO
borracharia	Booleano	-	Indica se há borraria.	Boolean	NULO
refeitorio	Booleano	-	Indica de há refeitório no distrito.	Boolean	NULO
residencia	Booleano	-	Indica de há residência no distrito.	Boolean	NULO
deposito	Booleano		Indica de há refeitório no distrito.	Boolean	NULO
materialArmazenado	Alfanumérico	-	Descreve o material armazenado em depósito.	A ser preenchido	NULO
postoCombustivel	Booleano	-	Indica se há posto de combustível.	Boolean	NULO

Tabela 4 - Estações BRT

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Estacoes_BRT	Estação BRT é uma instalação existente em um itinerário de um sistema de transporte rodoviário para atender a passageiros.			4	☆
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	Booleano	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto	Sim	NÃO NULO
				Não	

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Estacoes_BRT	Estação BRT é uma instalação existente em um itinerário de um sistema de transporte rodoviário para atender a passageiros.			4	☆
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
			cartográfico.		
nome	Alfanumérico	22	Nome completo da instância.	A ser preenchido	NULO

Tabela 5 - Ponto BRT

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Ponto_BRT	Nós de rede obtidos a partir da Classe trecho_brt.			5	•
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	Booleano	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim	NÃO NULO
				Não	
nu_grau	Alfanumérico	22	Nome completo da instância.	A ser preenchido	NULO

Tabela 6 - Ponto Cicloviário

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Ponto_Cicloviario	Nós de rede obtidos a partir da Classe trecho_cicloviario.			6	•
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	Booleano	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim	NÃO NULO
				Não	
nu_grau	Alfanumérico	22	Nome completo da instância.	A ser preenchido	NULO

Tabela 7 - Ponto Marginal

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Ponto_Marginal	Nós de rede obtidos a partir da Classe trecho_marginal.			7	•
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	Booleano	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim	NÃO NULO
				Não	
nu_grau	Alfanumérico	22	Nome completo da instância.	A ser preenchido	NULO

Tabela 8 - Ponto Rodoviário

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Ponto_Rodoviário	Nós de rede obtidos a partir da Classe trecho_rodoviario.			8	•
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	<i>Booleano</i>	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim Não	NÃO NULO
tipoPontoRodoviario	<i>Alfanumérico</i>		Indica o tipo de ponto rodoviário	Ponto Início Ponto Final Interseção	NULO
nu_grau	<i>Alfanumérico</i>	22	Nome completo da instância.	A ser preenchido	NULO

Tabela 9 - Rodovia

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Rodovia	Agregação espacial da Classe trecho_rodoviario, com base no campo sigla.			9	→
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	<i>Booleano</i>	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim Não	NÃO NULO
sigla	<i>Alfanumérico</i>	10	Indica a sigla oficial da rodovia	A ser preenchido	NULO
comprimento_km	<i>Real</i>	-	Indica o valor da extensão do trecho em quilômetros.	A ser preenchido	NULO

Tabela 10 - Trecho BRT

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_BRT	Trecho de BRT é uma segmentação correspondente a um BRT, definido entre dois Pontos de BRT.			10	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	<i>Booleano</i>	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim Não	NÃO NULO
nome	<i>Alfanumérico</i>	25	Nome completo da instância.	Eixo Norte Eixo Sul Eixo Oeste Eixo Sudoeste Terminal	NULO
codigo	<i>Alfanumérico</i>	15	Indica o código do trecho_brt ou do	BRTN BRTS	NULO

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_BRT	Trecho de BRT é uma segmentação correspondente a um BRT, definido entre dois Pontos de BRT.			10	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
			trecho_marginal.	BRTW BRTSO MD ME TERM	
tipoSituacaoFisica	Alfanumérico	3	Identifica a situação, quanto à atividade atual.	ABD DES DET DUP EOD EOI EOP IMP LEN PAV PLA PAC	Abandonada Desconhecido Destruída Duplicada Em Obra de Duplicação Em Obra de Implantação Em Obra de Pavimentação Implantada Leito Natural Pavimentada Planejada PAV Acostamento Ciclável
origemNoRede	Inteiro	-	Indica o nó de origem de um arco de um objeto (Ponto_BRT)	A ser preenchido	NÃO NULO
destinoNoRede	Inteiro	-	Indica o nó de destino de um arco de um objeto (Ponto_BRT)	A ser preenchido	NÃO NULO
extensao_km	Real	-	Indica o valor da extensão do trecho em quilômetros.	A ser preenchido	NULO

Tabela 11 - Trecho Ciclovitário

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_Ciclovionario	Trecho de ciclovia é uma segmentação correspondente a uma Ciclovia, definido entre dois Pontos Ciclovionarios.			11	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	Booleano	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim Não	NÃO NULO
sigla	Alfanumérico	6	Indica a sigla do trecho_ciclovionario	A ser preenchido	NULO
tipoSituacaoFisica	Alfanumérico	3	Identifica a situação,	ABD	Abandonada

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_Cicloviario	Trecho de ciclovia é uma segmentação correspondente a uma Ciclovia, definido entre dois Pontos Cicloviarios.			11	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
			quanto à atividade atual.	DES	Desconhecido
				DET	Destruída
				DUP	Duplicada
				EOD	Em Obra de Duplicação
				EOI	Em Obra de Implantação
				EOP	Em Obra de Pavimentação
				IMP	Implantada
				LEN	Leito Natural
				PAV	Pavimentada
				PLA	Planejada
				PAC	PAV Acostamento Ciclável
origemNoRede	<i>Inteiro</i>	-	Indica o nó de origem de um arco de um objeto (Ponto_Cicloviario)	A ser preenchido	NÃO NULO
destinoNoRede	<i>Inteiro</i>	-	Indica o nó de destino de um arco de um objeto (Ponto_Cicloviario)	A ser preenchido	NÃO NULO
extensao_km	<i>Real</i>	-	Indica o valor da extensão do trecho em quilômetros.	A ser preenchido	NULO

Tabela 12 - Trecho Marginal

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_Marginal	Trecho de Marginal é uma segmentação correspondente a uma Marginal, definido entre dois Pontos de Marginal.			12	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	<i>Booleano</i>	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim	NÃO NULO
				Não	
nome	<i>Alfanumérico</i>	25	Nome completo da instância.	Eixo Norte Eixo Sul Eixo Oeste Eixo Sudoeste Terminal	NULO
codigo	<i>Alfanumérico</i>	15	Indica o código do trecho_brt ou do trecho_marginal.	BRTN BRTS BRTW BRTSO MD ME	NULO

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_Marginal	Trecho de Marginal é uma segmentação correspondente a uma Marginal, definido entre dois Pontos de Marginal.			12	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
tipoSituacaoFisica	Alfanumérico	3	Identifica a situação, quanto à atividade atual.	TERM	
				ABD	Abandonada
				DES	Desconhecido
				DET	Destruída
				DUP	Duplicada
				EOD	Em Obra de Duplicação
				EOI	Em Obra de Implantação
				EOP	Em Obra de Pavimentação
				IMP	Implantada
				LEN	Leito Natural
				PAV	Pavimentada
				PAC	PAV Acostamento Ciclável
tipo	Alfanumérico	8	Identifica o tipo.	BRT Marginal	NÃO NULO
origemNoRede	Inteiro	-	Indica o nó de origem de um arco de um objeto (Ponto_BRT)	A ser preenchido	NÃO NULO
destinoNoRede	Inteiro	-	Indica o nó de destino de um arco de um objeto (Ponto_BRT)	A ser preenchido	NÃO NULO
extensao_km	Real	-	Indica o valor da extensão do trecho em quilômetros.	A ser preenchido	NULO

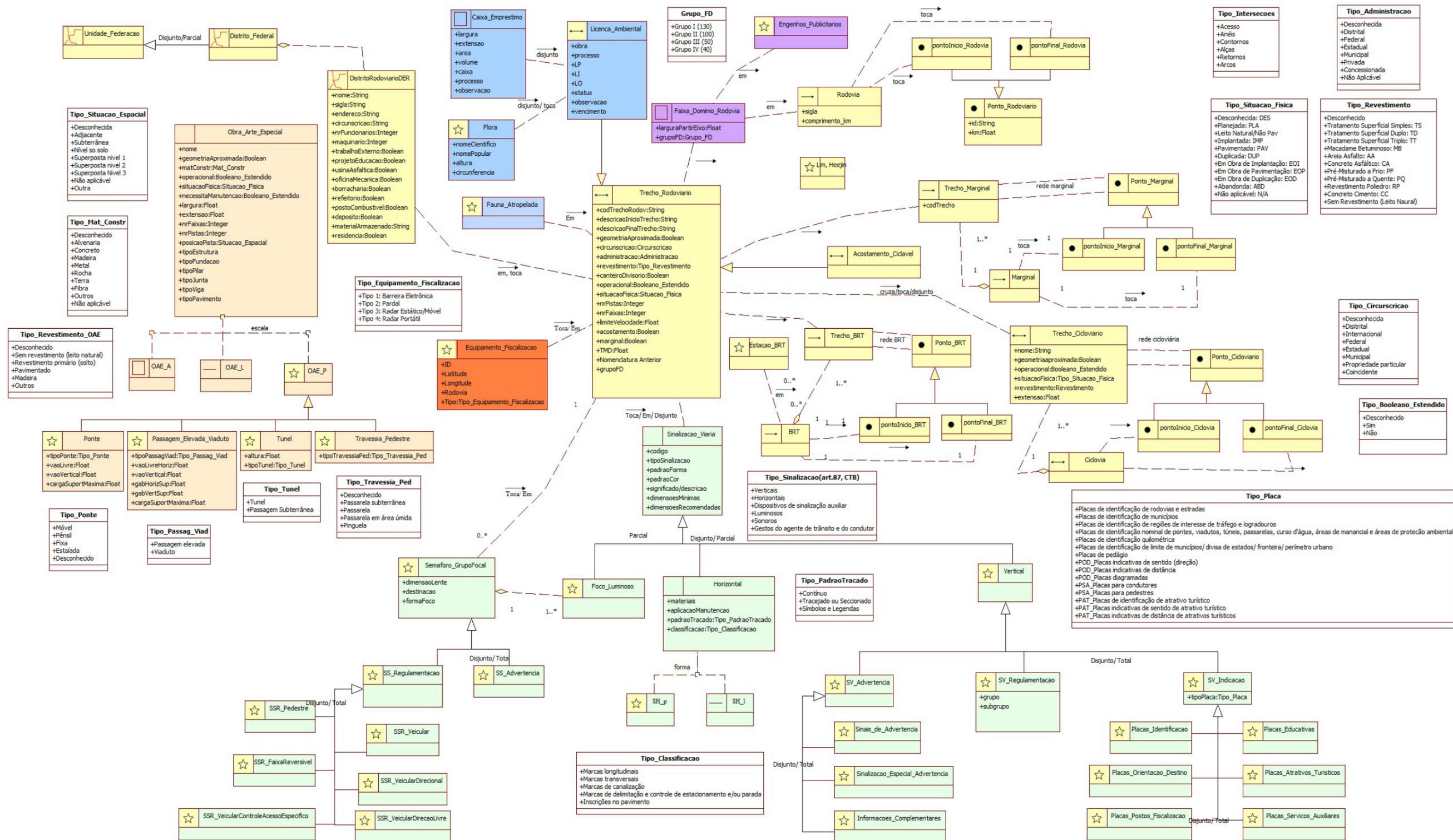
Tabela 13 - Trecho Rodoviário

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_Rodoviario	Trecho de rodovia é uma segmentação correspondente a uma Rodovia, definido entre dois Pontos Rodoviários.			13	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
geometriaAproximada	Booleano	-	Indica que a geometria adquirida é aproximada em relação à escala prevista para o produto cartográfico.	Sim	NÃO NULO
				Não	
codigo	Alfanumérico	10	Indica o código do trecho_rodoviario.	A ser preenchido	NÃO NULO
tipo_circunscricao	Alfanumérico	22	Indica a circunscrição do trecho rodoviário.	Desconhecida	NULO
				Distrital	

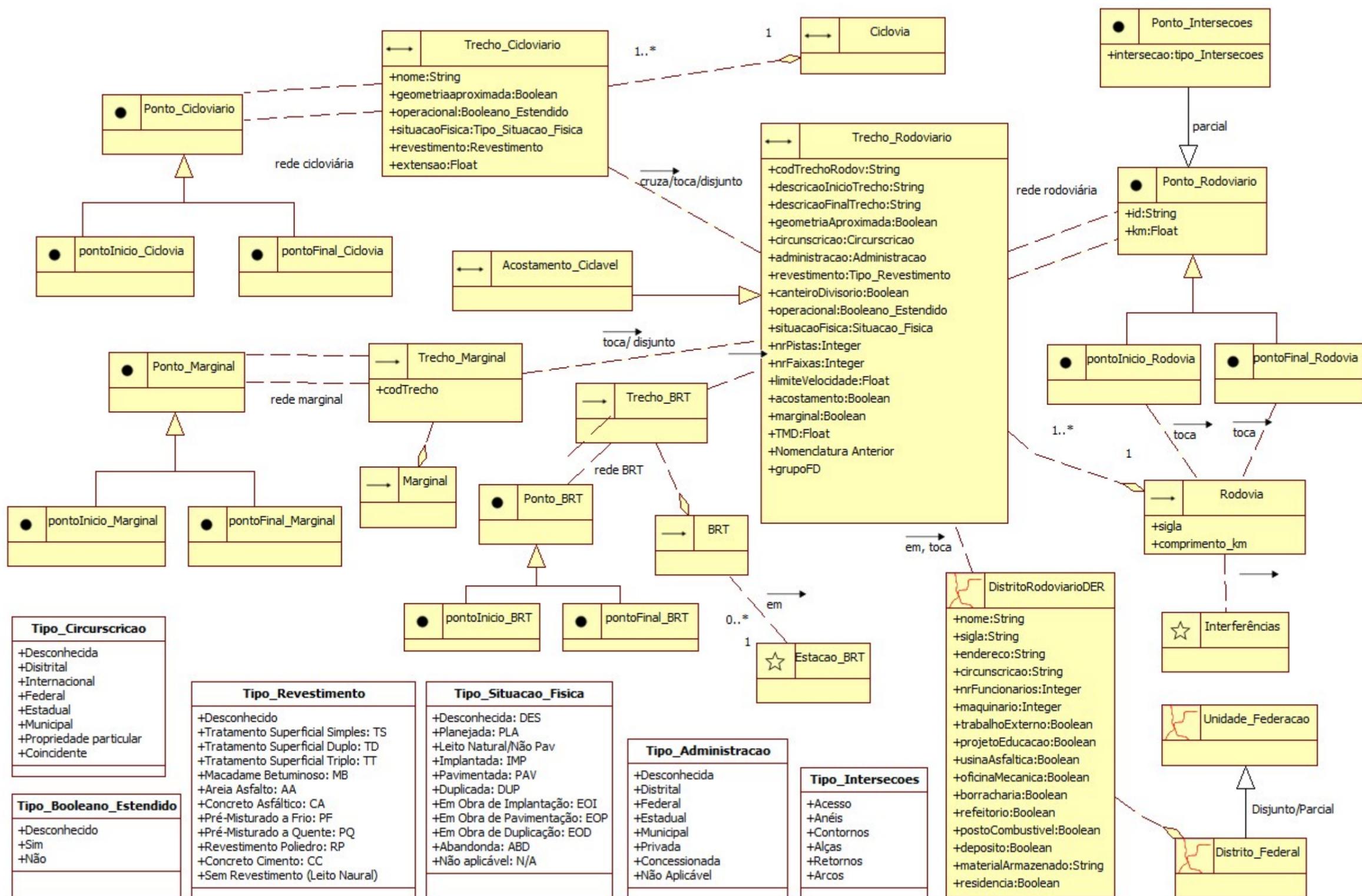
Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_Rodoviario	Trecho de rodovia é uma segmentação correspondente a uma Rodovia, definido entre dois Pontos Rodoviários.			13	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
				Internacional	
				Federal	
				Estadual	
				Municipal	
				Propriedade Particular	
				Coincidente	
tipo_administracao	Alfanumérico	22	Indica a esfera administrativa responsável pelo trecho rodoviário.	Desconhecida	NULO
				Distrital	
				Federal	
				Estadual	
				Municipal	
				Privada	
				Concessionada	
				Não se aplica	
tipo_revestimento	Alfanumérico	35	Identifica a natureza do revestimento do trecho rodoviário.	DES	Desconhecido
				TS	Tratamento Superficial Simples
				TD	Tratamento Superficial Duplo
				TT	Tratamento Superficial Triplo
				MB	Macadame Betuminoso
				N/A	Não Aplicável
				AA	Areia Asfalto
				CA	Concreto Asfáltico
				PF	Pré-Misturado a Frio
				PQ	Pré-Misturado a Quente
				RP	Revestimento Poliedro
				CC	Concreto Cimento
tipoSituacaoFisica	Alfanumérico	3	Identifica a situação, quanto à atividade atual.	ABD	Abandonada
				DES	Desconhecido
				DET	Destruída
				DUP	Duplicada
				EOD	Em Obra de Duplicação
				EOI	Em Obra de Implantação
				EOP	Em Obra de Pavimentação
				IMP	Implantada

Classe	Descrição			Código	Primitiva Geométrica
Trecho_Rodoviario	Trecho de rodovia é uma segmentação correspondente a uma Rodovia, definido entre dois Pontos Rodoviários.			13	↔
Atributo	Tipo	Tamanho	Descrição	Domínio	Requisito
				LEN	Leito Natural
				PAV	Pavimentada
				PLA	Planejada
				PAC	PAV Acostamento Ciclável
canteiro_divisorio	<i>Booleano</i>	-		A ser preenchido	NULO
Numero_pista	<i>Inteiro</i>	-		A ser preenchido	NULO
Numero_faixa	<i>Inteiro</i>	-		A ser preenchido	NULO
Limite_velocidade	<i>Inteiro</i>	-		A ser preenchido	NULO
acostamento	<i>Booleano</i>	-		A ser preenchido	NULO
Tmd	<i>Real</i>	-	Tráfego médio diário.	A ser preenchido	NULO
origemNoRede	<i>Inteiro</i>	-	Indica o nó de origem de um arco de um objeto (Ponto_Rodoviário)	A ser preenchido	NÃO NULO
destinoNoRede	<i>Inteiro</i>	-	Indica o nó de destino de um arco de um objeto (Ponto_Rodoviário)	A ser preenchido	NÃO NULO
extensao_km	<i>Real</i>	-	Indica o valor da extensão do trecho em quilômetros.	A ser preenchido	NULO

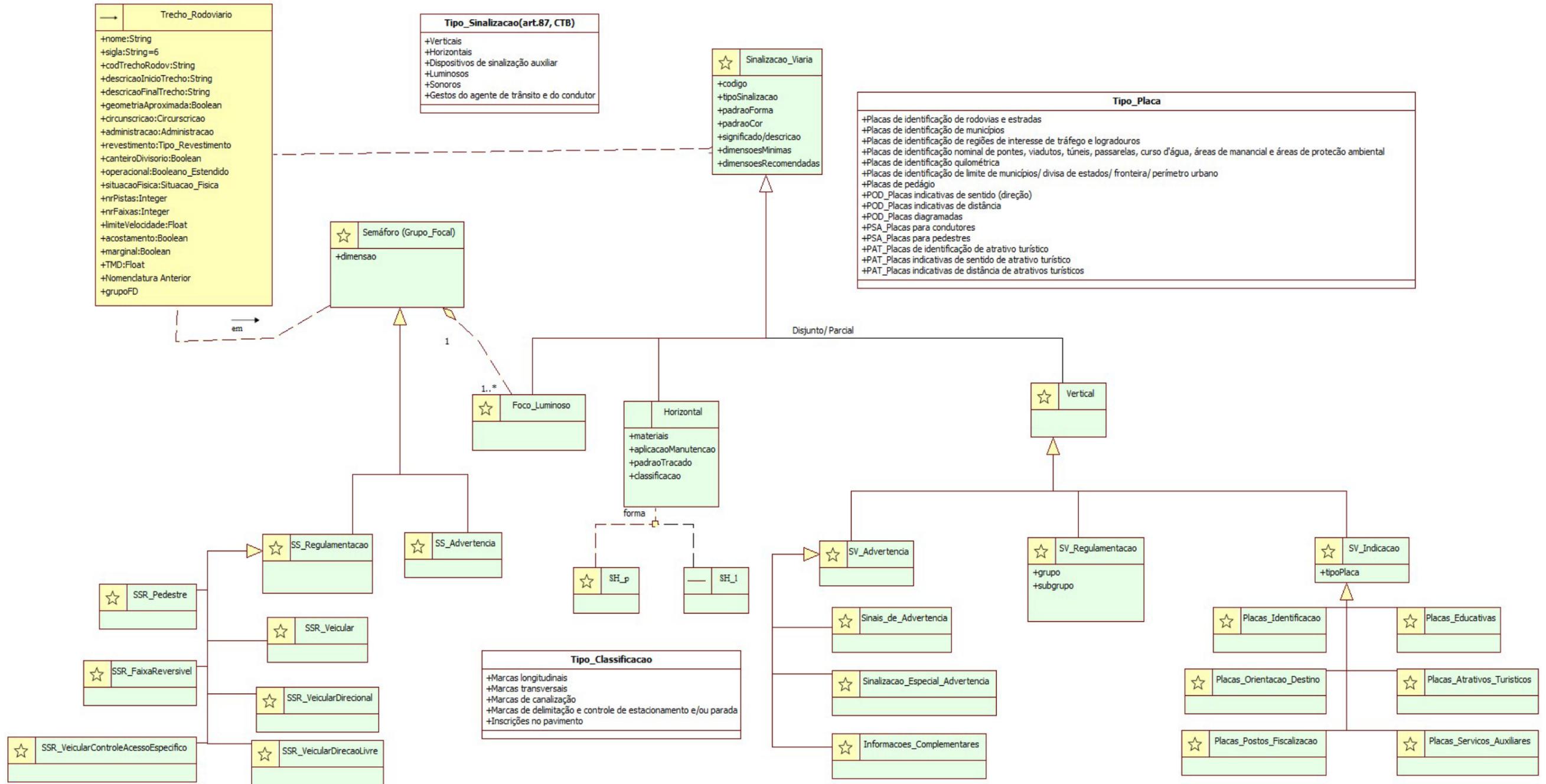
APÊNDICE B - Modelo Conceitual do DER/DF



APÊNDICE C - Modelo Conceitual da Gerência de Geoprocessamento (GEGEO)



APÊNDICE D - Modelo Conceitual do Núcleo de Sinalização (NUSIN)



APÊNDICE E - Funções Estatísticas de Análise dos Dados

--FUNÇÃO DE ANÁLISE DE DADOS NÃO GEOMÉTRICOS

```
BEGIN;
CREATE OR REPLACE FUNCTION fn_estatistica(atributo varchar, tabela varchar)
RETURNS character varying AS
$$
DECLARE
num_registros varchar;
num_registros_nulos varchar;
num_registros_unicos varchar;
num_max_algarismo varchar;
min_registro varchar;
max_registro varchar;
max_frequencia_registros_unicos varchar;
BEGIN
--Número de registros
BEGIN
EXECUTE '
SELECT num_registros::varchar
FROM
(
SELECT count(*) as num_registros
FROM ||tabela||
) as a;
'
INTO num_registros;
END;

RAISE NOTICE 'Número de Registros: %', num_registros;
--Registros Nulos
BEGIN
EXECUTE '
SELECT num_registros_nulos::varchar
FROM
(
SELECT count(*) as num_registros_nulos
FROM ||tabela||
WHERE ||atributo|| is null
) as a;
'
INTO num_registros_nulos;
END;

RAISE NOTICE 'Número de Registros Nulos: %', num_registros_nulos;
--Registros únicos
BEGIN
EXECUTE '
SELECT num_registros_unicos::varchar
FROM
(
SELECT count(||atributo||) as num_registros_unicos
FROM
(
SELECT DISTINCT ||atributo||
FROM ||tabela||
) as a

```

```

) as a;
'
INTO num_registros_unicos;
END;

RAISE NOTICE 'Número de Registros Únicos: %', num_registros_unicos;

--Máximo de algarismos
BEGIN
EXECUTE '
SELECT num_max_algarismo::varchar
FROM
(
SELECT max(var1) as num_max_algarismo
FROM
(
SELECT char_length('||atributo||'::varchar) as var1
FROM ||tabela||
) as a
) as a;
'

INTO num_max_algarismo;
END;

RAISE NOTICE 'Número Máximo de algarismos: %', num_max_algarismo;

--Valor Mínimo
BEGIN
EXECUTE '
SELECT min_registro::varchar
FROM
(
SELECT min('||atributo||') as min_registro
FROM ||tabela||
) as a;
'

INTO min_registro;
END;

RAISE NOTICE 'Valor Mínimo: %', min_registro;

--Valor Máximo
BEGIN
EXECUTE '
SELECT max_registro::varchar
FROM
(
SELECT max('||atributo||') as max_registro
FROM ||tabela||
) as a;
'

INTO max_registro;
END;

RAISE NOTICE 'Valor Máximo: %', max_registro;

--Frequência Máxima dos Registros Únicos
BEGIN
EXECUTE '
SELECT max_frequencia_registros_unicos::varchar
FROM
(
SELECT count('||atributo||') as max_frequencia_registros_unicos
FROM ||tabela||

```

```

GROUP BY '||atributo||'
ORDER BY count('||atributo||') DESC
LIMIT 1
) as a;
'

INTO max_frequencia_registros_unicos;
END;
RAISE NOTICE 'Frequência Máxima dos Registros Únicos: %', max_frequencia_registros_unicos;
RETURN 'OK';
END;
$$
LANGUAGE PLPGSQL;
COMMIT;

```

```

-----
--FUNÇÃO DE ANÁLISE DE DADOS GEOMÉTRICOS
-----

```

```

BEGIN;
CREATE OR REPLACE FUNCTION fn_estadistica_geometria(atributo varchar, tabela varchar)
RETURNS character varying AS
$$
DECLARE
tipo_geometria varchar;
espaco_dimensional integer;
dimensao_objeto integer;
srid integer;
num_registros_geom_multipla bigint;
num_registros_geom_ nao_simples bigint;
num_registros_geom_ nao_valida bigint;
BEGIN
--Tipo de Geometria
BEGIN
EXECUTE '
SELECT DISTINCT GeometryType('||atributo||')
FROM '||tabela||';
'

INTO tipo_geometria;
END;
RAISE NOTICE 'Tipo de Geometria: %', tipo_geometria;
--Espaço dimensional onde o objeto está contido
BEGIN
EXECUTE '
SELECT DISTINCT ST_NDims('||atributo||')
FROM '||tabela||';
'

INTO espaco_dimensional;
END;
RAISE NOTICE 'Espaço Dimensional: %', espaco_dimensional;
--Dimensão do Objeto
BEGIN
EXECUTE '
SELECT DISTINCT ST_Dimension('||atributo||')
FROM '||tabela||';
'

INTO dimensao_objeto;
END;
RAISE NOTICE 'Dimensão do Objeto: %', dimensao_objeto;
--SRID do Objeto

```

```

BEGIN
EXECUTE '
SELECT DISTINCT ST_SRID('||atributo||')
FROM ||tabela||';
'

INTO srid;
END;
RAISE NOTICE 'SRID do Objeto: %', srid;
--Número de registros com geometria múltipla
BEGIN
EXECUTE '
SELECT count(*)
FROM ||tabela||
WHERE ST_NumGeometries('||atributo||') > 1;
'

INTO num_registros_geom_multipla;
END;
RAISE NOTICE 'Número de registros com geometria múltipla: %', num_registros_geom_multipla;
--Número de registros com geometria não simples
BEGIN
EXECUTE '
SELECT count(*)
FROM ||tabela||
WHERE ST_IsSimple('||atributo||') = false;
'

INTO num_registros_geom_nao_simples;
END;
RAISE NOTICE 'Número de registros com geometria não simples: %', num_registros_geom_nao_simples;
--Número de registros com geometria não válida
BEGIN
EXECUTE '
SELECT count(*)
FROM ||tabela||
WHERE ST_IsValid('||atributo||') = false;
'

INTO num_registros_geom_nao_valida;
END;
RAISE NOTICE 'Número de registros com geometria não válida: %', num_registros_geom_nao_valida;
RETURN 'OK';
END;
$$
LANGUAGE PLPGSQL;
COMMIT;

```

APÊNDICE F - Estatística dos Dados Espaciais Vetoriais existentes no DER/DF

--Análise Estatística de cada atributo de cada tabela de entrada

--Funções:

--fn_estatistica(atributo varchar, tabela varchar) - para dados não geométricos

--fn_estatistica_geometria(atributo varchar, tabela varchar) - para dados geométricos

-- Tabela: public.der_brt_estacoes

```
(  
gid serial NOT NULL,  
latitude numeric,  
longitude numeric,  
terminal character varying(50),  
geom geometry(MultiPoint,31983),  
CONSTRAINT der_brt_estacoes_pkey PRIMARY KEY (gid)  
)
```

SELECT fn_estatistica('terminal', 'der_brt_estacoes');

NOTA: Número de Registros: 10

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 10

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 22

NOTA: Valor Mínimo: Terminal Catetinho

NOTA: Valor Máximo: Terminal Vargem Bonita

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

SELECT fn_estatistica_geometria('geom', 'der_brt_estacoes');

NOTA: Tipo de Geometria: MULTIPOINT

NOTA: Espaço Dimensional: 2

NOTA: Dimensão do Objeto: 0

NOTA: SRID do Objeto: 31983

NOTA: Número de registros com geometria múltipla: 0

NOTA: Número de registros com geometria não simples: 0

NOTA: Número de registros com geometria não válida: 0

-- Tabela: public.der_brt

```
(  
gid integer NOT NULL DEFAULT nextval('der_brt_t_gid_seq'::regclass),  
cod_trecho character varying(15),  
brt character varying(50),  
tipo character varying(50),  
situacao character varying(20),  
extensaokm numeric,  
geom geometry(MultiLineString,31983),  
CONSTRAINT der_brt_t_pkey PRIMARY KEY (gid)  
)
```

SELECT fn_estatistica('cod_trecho', 'der_brt');

NOTA: Número de Registros: 33

NOTA: Número de Registros Nulos: 24

NOTA: Número de Registros Únicos: 9

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 14

NOTA: Valor Mínimo: 003EDF0210BRTS

NOTA: Valor Máximo: 480EDF0030BRTS
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

```
SELECT fn_estadistica('brt', 'der_brt');  
NOTA: Número de Registros: 33  
NOTA: Número de Registros Nulos: 0  
NOTA: Número de Registros Únicos: 5  
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 13  
NOTA: Valor Mínimo: Eixo Norte  
NOTA: Valor Máximo: Terminal  
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 16
```

```
SELECT fn_estadistica('tipo', 'der_brt');  
NOTA: Número de Registros: 33  
NOTA: Número de Registros Nulos: 0  
NOTA: Número de Registros Únicos: 2  
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 37  
NOTA: Valor Mínimo: Melhorias no Sistema Viário para o TC  
NOTA: Valor Máximo: Tratamento Exclusivo para o TC  
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 23
```

```
SELECT fn_estadistica('situacao', 'der_brt');  
NOTA: Número de Registros: 33  
NOTA: Número de Registros Nulos: 0  
NOTA: Número de Registros Únicos: 2  
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 3  
NOTA: Valor Mínimo: PAV  
NOTA: Valor Máximo: PLA  
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 22
```

```
SELECT fn_estadistica_geometria('geom', 'der_brt');  
NOTA: Tipo de Geometria: MULTILINESTRING  
NOTA: Espaço Dimensional: 2  
NOTA: Dimensão do Objeto: 1  
NOTA: SRID do Objeto: 31983  
NOTA: Número de registros com geometria múltipla: 0  
NOTA: Número de registros com geometria não simples: 0  
NOTA: Número de registros com geometria não válida: 0
```

```
--=====
```

```
-- Tabela: public.der_ciclovias
```

```
--=====
```

```
(  
  gid integer NOT NULL DEFAULT nextval('ciclovias_der_df_gid_seq'::regclass),  
  layer character varying(17),  
  legenda character varying(23),  
  rodovia character varying(50),  
  geom geometry(MultiLineString,31983),  
  CONSTRAINT ciclovias_der_df_pkey PRIMARY KEY (gid)  
)
```

```
SELECT fn_estadistica('layer', 'der_ciclovias');  
NOTA: Número de Registros: 33  
NOTA: Número de Registros Nulos: 22  
NOTA: Número de Registros Únicos: 1  
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 17  
NOTA: Valor Mínimo: Unknown Line Type  
NOTA: Valor Máximo: Unknown Line Type
```

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 11

```
SELECT fn_estadistica('legenda', 'der_ciclovias');
```

NOTA: Número de Registros: 33

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 3

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 20

NOTA: Valor Mínimo: Acostamento Ciclável

NOTA: Valor Máximo: Ciclovía Planejada

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 15

```
SELECT fn_estadistica('rodovia', 'der_ciclovias');
```

NOTA: Número de Registros: 33

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 23

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 16

NOTA: Valor Mínimo: Barragem Paranoá

NOTA: Valor Máximo: DF-483

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 5

```
SELECT fn_estadistica_geometria('geom', 'der_ciclovias');
```

NOTA: Tipo de Geometria: MULTILINESTRING

NOTA: Espaço Dimensional: 2

NOTA: Dimensão do Objeto: 1

NOTA: SRID do Objeto: 31983

NOTA: Número de Registros com Geometria Múltipla: 0

NOTA: Número de Registros com Geometria Não Simples: 0

NOTA: Número de Registros com Geometria Não Válida: 0

```
-----  
-- Tabela: public.der_distritos_rodoviaros_a  
-----
```

```
(  
  gid integer NOT NULL DEFAULT nextval('distritos_rodoviaros_a_gid_seq'::regclass),  
  distritos character varying(22),  
  area_meter double precision,  
  geom geometry(MultiPolygon,31983),  
  CONSTRAINT distritos_rodoviaros_a_pkey PRIMARY KEY (gid)  
)
```

```
SELECT fn_estadistica('gid', 'der_distritos_rodoviaros_a');
```

NOTA: Número de Registros: 5

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 5

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 1

NOTA: Valor Mínimo: 1

NOTA: Valor Máximo: 5

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

```
SELECT fn_estadistica('distritos', 'der_distritos_rodoviaros_a');
```

NOTA: Número de Registros: 5

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 5

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 22

NOTA: Valor Mínimo: 1º Distrito Rodoviário

NOTA: Valor Máximo: 5º Distrito Rodoviário

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

```
SELECT fn_estadistica('area_meter', 'der_distritos_rodoviaros_a');
NOTA: Número de Registros: 5
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 5
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 14
NOTA: Valor Mínimo: 556799487.386
NOTA: Valor Máximo: 1507267828.304
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1
```

```
SELECT fn_estadistica_geometria('geom', 'der_distritos_rodoviaros_a');
NOTA: Tipo de Geometria: MULTIPOLYGON
NOTA: Espaço Dimensional: 2
NOTA: Dimensão do Objeto: 2
NOTA: SRID do Objeto: 31983
NOTA: Número de registros com geometria múltipla: 0
NOTA: Número de registros com geometria não simples: 0
NOTA: Número de registros com geometria não válida: 0
```

```
-----
-- Tabela: public.der_distritos_rodoviaros_p
-----
```

```
(
gid integer NOT NULL DEFAULT nextval('distritos_rodoviaros_p_gid_seq'::regclass),
id integer,
nome character varying(40),
legenda character varying(40),
abrev character varying(50),
geom geometry(MultiPoint,31983),
CONSTRAINT distritos_rodoviaros_p_pkey PRIMARY KEY (gid)
)
```

```
SELECT fn_estadistica('id', 'der_distritos_rodoviaros_p');
NOTA: Número de Registros: 6
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 5
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 1
NOTA: Valor Mínimo: 1
NOTA: Valor Máximo: 5
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 2
```

```
SELECT fn_estadistica('nome', 'der_distritos_rodoviaros_p');
NOTA: Número de Registros: 6
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 6
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 22
NOTA: Valor Mínimo: 1º Distrito Rodoviário
NOTA: Valor Máximo: Sede
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1
```

```
SELECT fn_estadistica('legenda', 'der_distritos_rodoviaros_p');
NOTA: Número de Registros: 6
NOTA: Número de Registros Nulos: 1
NOTA: Número de Registros Únicos: 1
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 19
NOTA: Valor Mínimo: Distrito Rodoviário
NOTA: Valor Máximo: Distrito Rodoviário
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 5
```

```
SELECT fn_estadistica('abrev', 'der_distritos_rodoviaros_p');
NOTA: Número de Registros: 6
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 6
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 5
NOTA: Valor Mínimo: 1° DR
NOTA: Valor Máximo: Sede
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1
```

```
SELECT fn_estadistica_geometria('geom', 'der_distritos_rodoviaros_p');
NOTA: Tipo de Geometria: MULTIPOINT
NOTA: Espaço Dimensional: 2
NOTA: Dimensão do Objeto: 0
NOTA: SRID do Objeto: 31983
NOTA: Número de registros com geometria múltipla: 0
NOTA: Número de registros com geometria não simples: 0
NOTA: Número de registros com geometria não válida: 0
```

```
-----
-- Tabela: public.der_marginais
-----
```

```
(
  id_0 serial NOT NULL,
  geom geometry(MultiLineString,31983),
  id integer,
  codigo character varying(20),
  trecho_i character varying(250),
  trecho_f character varying(250),
  km_i numeric,
  km_f numeric,
  exten_km numeric,
  sit_fisica character varying(5),
  tipo character varying(20),
  CONSTRAINT der_marginais_pkey PRIMARY KEY (id_0)
)
```

```
SELECT fn_estadistica('codigo', 'der_marginais');
NOTA: Número de Registros: 26
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 26
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 12
NOTA: Valor Mínimo: 001EDF0130ME
NOTA: Valor Máximo: 095EDF0050ME
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1
```

```
SELECT fn_estadistica('trecho_i', 'der_marginais');
NOTA: Número de Registros: 26
NOTA: Número de Registros Nulos: 16
NOTA: Número de Registros Únicos: 8
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 35
NOTA: Valor Mínimo: ACESSO A RODOVIÃ
NOTA: Valor Máximo: LINHA FÃ%RREA DO METRÃ”
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 2
```

□ RIA INTERESTADUAL

```
SELECT fn_estadistica('trecho_f', 'der_marginais');
NOTA: Número de Registros: 26
NOTA: Número de Registros Nulos: 16
NOTA: Número de Registros Únicos: 7
```

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 31
NOTA: Valor Mínimo: ACESSO A DF-003 (EPIA)
NOTA: Valor Máximo: ENTR. DF-463
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 2

SELECT fn_estadistica('km_i', 'der_marginais');
NOTA: Número de Registros: 26
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 9
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 4
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 75.4
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 16

SELECT fn_estadistica('km_f', 'der_marginais');
NOTA: Número de Registros: 26
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 8
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 4
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 77.2
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 16

SELECT fn_estadistica('exten_km', 'der_marginais');
NOTA: Número de Registros: 26
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 7
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 3
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 2.4
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 16

SELECT fn_estadistica('sit_fisica', 'der_marginais');
NOTA: Número de Registros: 26
NOTA: Número de Registros Nulos: 17
NOTA: Número de Registros Únicos: 1
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 3
NOTA: Valor Mínimo: PAV
NOTA: Valor Máximo: PAV
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 9

SELECT fn_estadistica('tipo', 'der_marginais');
NOTA: Número de Registros: 26
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 1
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 8
NOTA: Valor Mínimo: Marginal
NOTA: Valor Máximo: Marginal
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 26

SELECT fn_estadistica_geometria('geom', 'der_marginais');
NOTA: Tipo de Geometria: MULTILINESTRING
NOTA: Espaço Dimensional: 2
NOTA: Dimensão do Objeto: 1
NOTA: SRID do Objeto: 31983
NOTA: Número de Registros com Geometria Múltipla: 1
NOTA: Número de Registros com Geometria Não Simples: 0
NOTA: Número de Registros com Geometria Não Válida: 0

```
--=====
-- Tabela: public.der_rodovias_2016
--=====
```

```
(
gid serial NOT NULL,
layer character varying(254), --Codigo da Rodovia
coincident smallint,
--cdistrital character varying(15),
--cfederal character varying(15),
fonte character varying(75),
--codtrecho character varying(254),
descricao_ character varying(254),
descricao1 character varying(254),
km_i double precision,
km_f double precision,
extensao_k double precision,
situafisic character varying(254),
tiporevest character varying(254),
tmd double precision,
nomanterio character varying(254),
marginal_d smallint,
marginal_e smallint,
circunscri character varying(50),
cod_distri character varying(50),
cod_distr2 character varying(50),
cod_federa character varying(50),
cod_feder2 character varying(50),
cod_feder3 character varying(50),
cod_vicina character varying(50),
administra character varying(50),
fxrsentn_s smallint,
fxrsentl_o smallint,
fxrtotal numeric,
fd_grupo character varying(50),
fd_larg_m smallint,
fd_legis character varying(254),
--extreal_km numeric,
--obs character varying(250),
geom geometry(MultiLineStringZM,31983),
CONSTRAINT der_rodovias_2016_pkey PRIMARY KEY (gid)
```

```
SELECT fn_estadistica('layer', 'der_rodovias_2016');--SIGLA
```

```
NOTA: Número de Registros: 498
```

```
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
```

```
NOTA: Número de Registros Únicos: 149
```

```
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 5
```

```
NOTA: Valor Mínimo: BR010
```

```
NOTA: Valor Máximo: VC561
```

```
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 33
```

```
SELECT fn_estadistica('coincident', 'der_rodovias_2016');
```

```
NOTA: Número de Registros: 498
```

```
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
```

```
NOTA: Número de Registros Únicos: 2
```

```
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 1
```

```
NOTA: Valor Mínimo: 0
```

```
NOTA: Valor Máximo: 1
```

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 422

SELECT fn_estadistica('descricao_', 'der_rodovias_2016');

NOTA: Número de Registros: 498

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 299

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 62

NOTA: Valor Mínimo: ACESSO A ASA NORTE

NOTA: Valor Máximo: SÃO SEBASTIÃO

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 10

SELECT fn_estadistica('descricao1', 'der_rodovias_2016');

NOTA: Número de Registros: 498

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 313

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 66

NOTA: Valor Mínimo: ACESSO A ASA NORTE

NOTA: Valor Máximo: VARGEM BONITA (km. 7,2)

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 11

SELECT fn_estadistica('km_i', 'der_rodovias_2016');

NOTA: Número de Registros: 498

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 231

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 5

NOTA: Valor Mínimo: 0

NOTA: Valor Máximo: 135.9

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 147

SELECT fn_estadistica('km_f', 'der_rodovias_2016');

NOTA: Número de Registros: 498

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 285

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 5

NOTA: Valor Mínimo: 0.5

NOTA: Valor Máximo: 138.7

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 9

SELECT fn_estadistica('extensao_k', 'der_rodovias_2016');

NOTA: Número de Registros: 498

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 103

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 4

NOTA: Valor Mínimo: 0.2

NOTA: Valor Máximo: 21.3

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 18

SELECT fn_estadistica('situafisic', 'der_rodovias_2016');

NOTA: Número de Registros: 498

NOTA: Número de Registros Nulos: 0

NOTA: Número de Registros Únicos: 5

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 3

NOTA: Valor Mínimo: DUP

NOTA: Valor Máximo: PLA

NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 191

SELECT fn_estadistica('tiporevest', 'der_rodovias_2016');

NOTA: Número de Registros: 498

NOTA: Número de Registros Nulos: 43
NOTA: Número de Registros Únicos: 4
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 4
NOTA: Valor Mínimo: CA
NOTA: Valor Máximo: TSD
NOTA: Freqüência Máxima dos Registros Únicos: 192

SELECT fn_estadistica('tmd', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 237
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 12
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 138757
NOTA: Freqüência Máxima dos Registros Únicos: 137

SELECT fn_estadistica('nomanterio', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 241
NOTA: Número de Registros Únicos: 98
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 72
NOTA: Valor Mínimo: BR-060
NOTA: Valor Máximo: VC-189
NOTA: Freqüência Máxima dos Registros Únicos: 20

SELECT fn_estadistica('marginal_d', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 2
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 1
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 1
NOTA: Freqüência Máxima dos Registros Únicos: 495

SELECT fn_estadistica('marginal_e', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 2
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 1
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 1
NOTA: Freqüência Máxima dos Registros Únicos: 497

SELECT fn_estadistica('circunscri', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 4
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 10
NOTA: Valor Mínimo: Distrital
NOTA: Valor Máximo: Vicinal
NOTA: Freqüência Máxima dos Registros Únicos: 341

SELECT fn_estadistica('cod_distri', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 119
NOTA: Número de Registros Únicos: 379
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 10
NOTA: Valor Mínimo: 001EDF0010

NOTA: Valor Máximo: 495EDF0030
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

SELECT fn_estadistica('cod_distr2', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 488
NOTA: Número de Registros Únicos: 10
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 10
NOTA: Valor Mínimo: 025EDF0110
NOTA: Valor Máximo: 445EDF0050
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

SELECT fn_estadistica('cod_federa', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 414
NOTA: Número de Registros Únicos: 79
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 10
NOTA: Valor Mínimo: 010BDF0010
NOTA: Valor Máximo: 479BDF0132
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 3

SELECT fn_estadistica('cod_feder2', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 469
NOTA: Número de Registros Únicos: 29
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 10
NOTA: Valor Mínimo: 020BDF0010
NOTA: Valor Máximo: 080BDF0072
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

SELECT fn_estadistica('cod_feder3', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 491
NOTA: Número de Registros Únicos: 7
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 10
NOTA: Valor Mínimo: 030BDF0010
NOTA: Valor Máximo: 030BDF0030
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

SELECT fn_estadistica('cod_vicina', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 425
NOTA: Número de Registros Únicos: 73
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 10
NOTA: Valor Mínimo: 103EVC0010
NOTA: Valor Máximo: 561EVC0010
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 1

SELECT fn_estadistica('administra', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 425
NOTA: Número de Registros Únicos: 2
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 9
NOTA: Valor Mínimo: Distrital
NOTA: Valor Máximo: Federal
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 67

SELECT fn_estadistica('fxrsentn_s', 'der_rodovias_2016');

NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 6
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 1
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 5
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 256

SELECT fn_estadistica('fxrsentl_o', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 6
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 1
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 5
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 256

SELECT fn_estadistica('fxrtotal', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 100
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 14
NOTA: Valor Mínimo: 0.0000000000
NOTA: Valor Máximo: 58.0000000000
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 260

SELECT fn_estadistica('fd_grupo', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 60
NOTA: Número de Registros Únicos: 4
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 9
NOTA: Valor Mínimo: Grupo I
NOTA: Valor Máximo: Grupo IV
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 146

SELECT fn_estadistica('fd_larg_m', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 5
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 2
NOTA: Valor Mínimo: 0
NOTA: Valor Máximo: 65
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 146

SELECT fn_estadistica('fd_legis', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 60
NOTA: Número de Registros Únicos: 4
NOTA: Número Máximo de Algarismos: 97
NOTA: Valor Mínimo: Decreto nº 27.365, de 1º de novembro de 2006 e Lei Complementar nº 457, de 08 de janeiro de 2002.
NOTA: Valor Máximo: Decreto nº 28.688, de 17 de janeiro de 2008.
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 424

SELECT fn_estadistica('fonte', 'der_rodovias_2016');
NOTA: Número de Registros: 498
NOTA: Número de Registros Nulos: 0
NOTA: Número de Registros Únicos: 2

NOTA: Número Máximo de Algarismos: 51
NOTA: Valor Mínimo: DER-DF/COPLAN/GECEO - Ortofotos 2014/Terracap
NOTA: Valor Máximo: DER-DF/COPLAN/GECEO e SUTEC/NUTOP - Escala 1:10.000
NOTA: Frequência Máxima dos Registros Únicos: 483

```
SELECT fn_estadistica_geometria('geom', 'der_rodovias_2016');  
NOTA: Tipo de Geometria: MULTILINESTRING  
NOTA: Espaço Dimensional: 4  
NOTA: Dimensão do Objeto: 1  
NOTA: SRID do Objeto: 31983  
NOTA: Número de registros com geometria múltipla: 2  
NOTA: Número de registros com geometria não simples: 20  
NOTA: Número de registros com geometria não válida: 0
```

```
--=====
```

--CONSISTÊNCIA DOS DADOS DE ENTRADA

```
--=====
```

-- TABELA: public.der_rodovias_2016

```
DROP TABLE IF EXISTS public.der_rodovias_2016_tmp;
```

```
CREATE TABLE public.der_rodovias_2016_tmp AS  
SELECT *  
FROM public.der_rodovias_2016;
```

--A tabela de entrada public.der_rodovias_2016 apresenta atributo geométrico com dimensão igual a 4.

```
ALTER TABLE public.der_rodovias_2016_tmp  
ADD COLUMN geom_ geometry(MultiLineString,31983);
```

--Atualizar o novo atributo criado forçando uma geometria em duas dimensões

```
UPDATE public.der_rodovias_2016_tmp  
SET geom_ = ST_FORCE_2D(geom);
```

--Apagar o atributo geométrico original geom

```
ALTER TABLE public.der_rodovias_2016_tmp  
DROP COLUMN geom;
```

--Renomear o novo atributo geométrico com o mesmo nome do atributo original

```
ALTER TABLE public.der_rodovias_2016_tmp  
RENAME COLUMN geom_ TO geom;
```

-- public.der_rodovias_2016_tmp.tiporevest

```
SELECT DISTINCT tiporevest  
FROM public.der_rodovias_2016_tmp  
ORDER by tiporevest nulls first
```

```
UPDATE public.der_rodovias_2016_tmp  
SET tiporevest = 'Desconhecido'  
WHERE tiporevest is null;
```

-- public.der_rodovias_2016_tmp.circunscri

```
SELECT DISTINCT circunscri  
FROM public.der_rodovias_2016_tmp  
ORDER by circunscri nulls first
```

```
UPDATE public.der_rodovias_2016_tmp  
SET circunscri = 'Distrital'  
WHERE circunscri = 'Vicinal';
```

APÊNDICE G - Criação das Tabelas

--TABELAS ASSOCIATIVAS

-- Tabela: der.deras_codigos

--Criação da tabela

```
DROP TABLE IF EXISTS der.deras_codigos;
CREATE TABLE der.deras_codigos
```

```
(
  cod_pk integer NOT NULL,
  cod_trr_pk integer,
  cod_cd varchar,
  cod_x varchar,
  cod_y varchar,
  cod_z varchar,
  cod_sigla varchar
);
```

--Chave-Primária

```
ALTER TABLE ONLY der.deras_codigos
DROP CONSTRAINT IF EXISTS cod_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.deras_codigos
ADD CONSTRAINT cod_pk_pkey PRIMARY KEY (cod_pk);
```

--Sequência

```
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.cod_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.cod_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
```

```
ALTER SEQUENCE der.cod_pk_seq OWNED BY der.deras_codigos.cod_pk;
```

```
ALTER TABLE der.deras_codigos ALTER COLUMN cod_pk SET DEFAULT
nextval('der.cod_pk_seq'::regclass);
```

-- Tabela: der.deras_trr_has_cd

--Criação da tabela

```
DROP TABLE IF EXISTS der.deras_trr_has_cd;
CREATE TABLE der.deras_trr_has_cd
```

```
(
  thc_pk integer NOT NULL,
  thc_trr_pk integer,
  thc_cod_pk integer
);
```

--Chave-Primária

```
ALTER TABLE ONLY der.deras_trr_has_cd
DROP CONSTRAINT IF EXISTS thc_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.deras_trr_has_cd
ADD CONSTRAINT thc_pk_pkey PRIMARY KEY (thc_pk);
```

--Sequência

```
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.thc_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.thc_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
```

```
ALTER SEQUENCE der.thc_pk_seq OWNED BY der.deras_trr_has_cd.thc_pk;
ALTER TABLE der.deras_trr_has_cd ALTER COLUMN thc_pk SET DEFAULT
nextval('der.thc_pk_seq'::regclass);
```

```
-----
-- Tabela: der.deras_trr_has_rod
-----
```

```
--Criação da tabela
```

```
DROP TABLE IF EXISTS der.deras_trr_has_rod;
CREATE TABLE der.deras_trr_has_rod
(
  thr_pk integer NOT NULL,
  thr_trr_pk integer,
  thr_rod_pk integer
);
```

```
--Chave-Primária
```

```
ALTER TABLE ONLY der.deras_trr_has_rod
DROP CONSTRAINT IF EXISTS thr_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.deras_trr_has_rod
ADD CONSTRAINT thr_pk_pkey PRIMARY KEY (thr_pk);
```

```
--Sequência
```

```
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.thr_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.thr_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
```

```
ALTER SEQUENCE der.thr_pk_seq OWNED BY der.deras_trr_has_rod.thr_pk;
ALTER TABLE der.deras_trr_has_rod ALTER COLUMN thr_pk SET DEFAULT
nextval('der.thr_pk_seq'::regclass);
```

```
--TABELAS COM FEIÇÕES GEOGRÁFICAS
```

```
-----
--Tabela: der.derft_acostamento_ciclavel
-----
```

```
--Criação da tabela
```

```
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_acostamento_ciclavel;
CREATE TABLE der.derft_acostamento_ciclavel
(
  aci_pk integer NOT NULL,
  aci_cic_pk integer NOT NULL,
  aci_tsf_pk character varying(22),
  aci_gm geometry(multilinestring, 31983)
);
```

```
--Chave-Primária
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_acostamento_ciclavel
DROP CONSTRAINT IF EXISTS aci_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_acostamento_ciclavel
ADD CONSTRAINT aci_pk_pkey PRIMARY KEY (aci_pk);
```

```
--Sequência
```

```
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.aci_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.aci_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
```

```
ALTER SEQUENCE der.aci_pk_seq OWNED BY der.derft_acostamento_ciclavel.aci_pk;
```

```

ALTER TABLE der.derft_acostamento_ciclavel ALTER COLUMN aci_pk SET DEFAULT
nextval('der.aci_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_brt
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_brt;
CREATE TABLE der.derft_brt
(
    brt_pk integer NOT NULL,
    brt_nu_valence integer,
    brt_gm geometry(Point, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS brt_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_brt
ADD CONSTRAINT brt_pk_pkey PRIMARY KEY (brt_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.brt_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.brt_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.brt_pk_seq OWNED BY der.derft_brt.brt_pk;
ALTER TABLE der.derft_brt ALTER COLUMN brt_pk SET DEFAULT nextval('der.brt_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_ciclovioa
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_ciclovioa;
CREATE TABLE der.derft_ciclovioa
(
    cic_pk integer NOT NULL,
    cic_gm geometry(multilinestring, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_ciclovioa
DROP CONSTRAINT IF EXISTS cic_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ciclovioa
ADD CONSTRAINT cic_pk_pkey PRIMARY KEY (cic_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.cic_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.cic_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.cic_pk_seq OWNED BY der.derft_ciclovioa.cic_pk;
ALTER TABLE der.derft_ciclovioa ALTER COLUMN cic_pk SET DEFAULT
nextval('der.cic_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_distrito_rodoviario
=====
--Criação da tabela

```

```

DROP TABLE IF EXISTS der.derft_distrito_rodoviario;
CREATE TABLE der.derft_distrito_rodoviario
(
  dro_pk integer NOT NULL,
  dro_nm varchar(22),
  dro_sigla varchar(8),
  dro_end varchar,
  dro_contato varchar,
  dro_email varchar,
  dro_responsavel varchar,
  dro_tci_pk varchar(22),
  dro_nrfunc integer,
  dro_maq integer,
  dro_exter boolean,
  dro_projedu boolean,
  dro_usasf boolean,
  dro_ofmec boolean,
  dro_borrac boolean,
  dro_refeit boolean,
  dro_resid boolean,
  dro_pcomb boolean,
  dro_dep boolean,
  dro_mat varchar,
  dro_gm_p geometry(multipoint,31983),
  dro_gm_a geometry(multipolygon,31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS dro_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
ADD CONSTRAINT dro_pk_pkey PRIMARY KEY (dro_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.dro_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.dro_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.dro_pk_seq OWNED BY der.derft_distrito_rodoviario.dro_pk;
ALTER TABLE der.derft_distrito_rodoviario ALTER COLUMN dro_pk SET DEFAULT
nextval('der.dro_pk_seq':regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_estacoes_brt
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_estacoes_brt;
CREATE TABLE der.derft_estacoes_brt
(
  ebr_pk integer NOT NULL,
  ebr_nm varchar(22),
  ebr_gm geometry(multipoint, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS ebr_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
ADD CONSTRAINT ebr_pk_pkey PRIMARY KEY (ebr_pk);

```

```

--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.ebr_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.ebr_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.ebr_pk_seq OWNED BY der.derft_estacoes_brt.ebr_pk;
ALTER TABLE der.derft_estacoes_brt ALTER COLUMN ebr_pk SET DEFAULT
nextval('der.ebr_pk_seq':regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_marginal
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_marginal;
CREATE TABLE der.derft_marginal
(
  mrg_pk integer NOT NULL,
  mrg_sigla varchar,
  mrg_gm_comprimento_km numeric,
  mrg_gm geometry(multilinestring, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS mrg_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_marginal
ADD CONSTRAINT mrg_pk_pkey PRIMARY KEY (mrg_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.mrg_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.mrg_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.mrg_pk_seq OWNED BY der.derft_marginal.mrg_pk;
ALTER TABLE der.derft_marginal ALTER COLUMN mrg_pk SET DEFAULT
nextval('der.mrg_pk_seq':regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_ponto_brt
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_ponto_brt;
CREATE TABLE der.derft_ponto_brt
(
  pbr_pk integer NOT NULL,
  pbr_nu_valence integer,
  pbr_gm geometry(Point, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS pbr_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
ADD CONSTRAINT pbr_pk_pkey PRIMARY KEY (pbr_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.pbr_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.pbr_pk_seq

```

```

START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.pbr_pk_seq OWNED BY der.derft_ponto_brt.pbr_pk;
ALTER TABLE der.derft_ponto_brt ALTER COLUMN pbr_pk SET DEFAULT
nextval('der.pbr_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_ponto_cicloviario
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_ponto_cicloviario;
CREATE TABLE der.derft_ponto_cicloviario
(
pci_pk integer NOT NULL,
pci_nu_valence integer,
pci_gm geometry(Point, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_cicloviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS pci_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_cicloviario
ADD CONSTRAINT pci_pk_pkey PRIMARY KEY (pci_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.pci_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.pci_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.pci_pk_seq OWNED BY der.derft_ponto_cicloviario.pci_pk;
ALTER TABLE der.derft_ponto_cicloviario ALTER COLUMN pci_pk SET DEFAULT
nextval('der.pci_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_ponto_marginal
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_ponto_marginal;
CREATE TABLE der.derft_ponto_marginal
(
pma_pk integer NOT NULL,
pma_nu_valence integer,
pma_gm geometry(Point, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS pma_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
ADD CONSTRAINT pma_pk_pkey PRIMARY KEY (pma_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.pma_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.pma_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE

```

```

CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.pma_pk_seq OWNED BY der.derft_ponto_marginal.pma_pk;
ALTER TABLE der.derft_ponto_marginal ALTER COLUMN pma_pk SET DEFAULT
nextval('der.pma_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_ponto_rodoviario
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_ponto_rodoviario;
CREATE TABLE der.derft_ponto_rodoviario
(
  pro_pk integer NOT NULL,
  pro_nu_valence integer,
  pro_gm geometry(Point, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS pro_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
ADD CONSTRAINT pro_pk_pkey PRIMARY KEY (pro_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.pro_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.pro_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.pro_pk_seq OWNED BY der.derft_ponto_rodoviario.pro_pk;
ALTER TABLE der.derft_ponto_rodoviario ALTER COLUMN pro_pk SET DEFAULT
nextval('der.pro_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_rodovia
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_rodovia;
CREATE TABLE der.derft_rodovia
(
  rod_pk integer NOT NULL,
  rod_sigla varchar,
  rod_gm_comprimento_km numeric,
  rod_gm geometry(multilinestring, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
DROP CONSTRAINT IF EXISTS rod_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
ADD CONSTRAINT rod_pk_pkey PRIMARY KEY (rod_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.rod_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.rod_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.rod_pk_seq OWNED BY der.derft_rodovia.rod_pk;

```

```

ALTER TABLE der.derft_rodovia ALTER COLUMN rod_pk SET DEFAULT
nextval('der.rod_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_trecho_brt
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_trecho_brt;
CREATE TABLE der.derft_trecho_brt
(
  trb_pk integer NOT NULL,
  trb_cd varchar(14),
  trb_tpb_pk integer,
  trb_ds integer,
  trb_tsf_pk integer,
  trb_ext double precision,
  trb_pbr_pk_sourcenode integer,
  trb_pbr_pk_targetnode integer,
  trb_gm geometry(multilinestring, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trb_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
ADD CONSTRAINT trb_pk_pkey PRIMARY KEY (trb_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.trb_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.trb_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.trb_pk_seq OWNED BY der.derft_trecho_brt.trb_pk;
ALTER TABLE der.derft_trecho_brt ALTER COLUMN trb_pk SET DEFAULT
nextval('der.trb_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_trecho_ciclovionario
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_trecho_ciclovionario;
CREATE TABLE der.derft_trecho_ciclovionario
(
  trc_pk integer NOT NULL,
  trc_tsf_pk varchar(22),
  trc_ds varchar,
  trc_ext double precision,
  trc_pci_pk_sourcenode integer,
  trc_pci_pk_targetnode integer,
  trc_gm geometry(multilinestring, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovionario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trc_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovionario
ADD CONSTRAINT trc_pk_pkey PRIMARY KEY (trc_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.trc_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.trc_pk_seq

```

```

START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.trc_pk_seq OWNED BY der.derft_trecho_cicloviario.trc_pk;
ALTER TABLE der.derft_trecho_cicloviario ALTER COLUMN trc_pk SET DEFAULT
nextval('der.trc_pk_seq':regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_trecho_marginal
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_trecho_marginal;
CREATE TABLE der.derft_trecho_marginal
(
  trm_pk integer NOT NULL,
  trm_cd varchar(14),
  trm_ds_inicio varchar,
  trm_ds_final varchar,
  trm_tsf_pk integer,
  trm_km_i double precision,
  trm_km_f double precision,
  trm_ext double precision,
  trm_pma_pk_sourcenode integer,
  trm_pma_pk_targetnode integer,
  trm_gm geometry(multilinestring, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trm_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
ADD CONSTRAINT trm_pk_pkey PRIMARY KEY (trm_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.trm_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.trm_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.trm_pk_seq OWNED BY der.derft_trecho_marginal.trm_pk;
ALTER TABLE der.derft_trecho_marginal ALTER COLUMN trm_pk SET DEFAULT
nextval('der.trm_pk_seq':regclass);
=====
-- Tabela: der.derft_trecho_rodoviario
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.derft_trecho_rodoviario;
CREATE TABLE der.derft_trecho_rodoviario
(
  trr_pk integer NOT NULL,
  trr_cd_string varchar,
  trr_cd_array varchar[],
  trr_ds_inicio varchar(70),
  trr_ds_final varchar(70),
  trr_tci_pk integer,
  trr_tad_pk integer,
  trr_tsf_pk integer,

```

```

trr_tre_pk integer,
trr_cant_div boolean,
trr_oper boolean,
trr_nr_pista integer,
trr_nr_faixa integer,
trr_lim_vel integer,
trr_acost boolean,
trr_mrg_pk integer,
trr_tmd decimal,
trr_nm_ant varchar,
trr_km_i double precision,
trr_km_f double precision,
trr_ext double precision,
trr_pro_pk_sourcenode integer,
trr_pro_pk_targetnode integer,
trr_gm geometry(multilinestring, 31983)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trr_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT trr_pk_pkey PRIMARY KEY (trr_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.trr_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.trr_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.trr_pk_seq OWNED BY der.derft_trecho_rodoviario.trr_pk;
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario ALTER COLUMN trr_pk SET DEFAULT
nextval('der.trr_pk_seq::regclass');
=====
----TABELAS de Tipo (Não têm geometria)
=====
-- Tabela: der.dertb_tipo_administracao
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.dertb_tipo_administracao;
CREATE TABLE der.dertb_tipo_administracao
(
  tad_pk integer NOT NULL,
  tad_nm varchar(22),
  tad_ds varchar
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_administracao
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tad_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_administracao
ADD CONSTRAINT tad_pk_pkey PRIMARY KEY (tad_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.tad_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.tad_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE

```

```

NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.tad_pk_seq OWNED BY der.dertb_tipo_administracao.tad_pk;
ALTER TABLE der.dertb_tipo_administracao ALTER COLUMN tad_pk SET DEFAULT
nextval('der.tad_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.dertb_tipo_brt
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.dertb_tipo_brt;
CREATE TABLE der.dertb_tipo_brt
(
tpb_pk integer NOT NULL,
tpb_nm varchar(25),
tpb_sigla varchar(5)
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tpb_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_brt
ADD CONSTRAINT tpb_pk_pkey PRIMARY KEY (tpb_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.tpb_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.tpb_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.tpb_pk_seq OWNED BY der.dertb_tipo_brt.tpb_pk;
ALTER TABLE der.dertb_tipo_brt ALTER COLUMN tpb_pk SET DEFAULT
nextval('der.tpb_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.dertb_tipo_circunscricao
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.dertb_tipo_circunscricao;
CREATE TABLE der.dertb_tipo_circunscricao
(
tci_pk integer NOT NULL,
tci_nm varchar(22),
tci_ds varchar
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY tipo_circunscricao
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tci_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY tipo_circunscricao
ADD CONSTRAINT tci_pk_pkey PRIMARY KEY (tci_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.tci_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.tci_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.tci_pk_seq OWNED BY der.dertb_tipo_circunscricao.tci_pk;

```

```

ALTER TABLE der.dertb_tipo_circunscricao ALTER COLUMN tci_pk SET DEFAULT
nextval('der.tci_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.dertb_tipo_revestimento
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.dertb_tipo_revestimento;
CREATE TABLE der.dertb_tipo_revestimento
(
    tre_pk integer NOT NULL,
    tre_nm varchar(35),
    tre_sigla varchar(3),
    tre_ds varchar
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_revestimento
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tre_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_revestimento
ADD CONSTRAINT tre_pk_pkey PRIMARY KEY (tre_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.tre_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.tre_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.tre_pk_seq OWNED BY der.dertb_tipo_revestimento.tre_pk;
ALTER TABLE der.dertb_tipo_revestimento ALTER COLUMN tre_pk SET DEFAULT
nextval('der.tre_pk_seq'::regclass);
=====
-- Tabela: der.dertb_tipo_situacao_fisica
=====
--Criação da tabela
DROP TABLE IF EXISTS der.dertb_tipo_situacao_fisica;
CREATE TABLE der.dertb_tipo_situacao_fisica
(
    tsf_pk integer NOT NULL,
    tsf_nm varchar(25),
    tsf_sigla varchar(3),
    tsf_ds varchar
);
--Chave-Primária
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_situacao_fisica
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tsf_pk_pkey;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_situacao_fisica
ADD CONSTRAINT tsf_pk_pkey PRIMARY KEY (tsf_pk);
--Sequência
DROP SEQUENCE IF EXISTS der.tsf_pk_seq;
CREATE SEQUENCE der.tsf_pk_seq
START WITH 1
INCREMENT BY 1
NO MINVALUE
NO MAXVALUE
CACHE 1;
ALTER SEQUENCE der.tsf_pk_seq OWNED BY der.dertb_tipo_situacao_fisica.tsf_pk;
ALTER TABLE der.dertb_tipo_situacao_fisica ALTER COLUMN tsf_pk SET DEFAULT
nextval('der.tsf_pk_seq'::regclass);

```

APÊNDICE H - Inserção dos Dados

--Tabela: der.derft_distrito_rodoviario

```
DELETE FROM der.derft_distrito_rodoviario;
SELECT setval(('der.dro_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);
```

--1-

--Importar nome, sigla, geometrias ponto e área dos Dados Originais.

```
INSERT INTO der.derft_distrito_rodoviario
(
dro_nm, dro_sigla, dro_gm_p, dro_gm_a
)
SELECT DISTINCT p.nome, p.abrev, p.geom, a.geom
FROM public.der_distritos_rodoviaros_p p, public.der_distritos_rodoviaros_a a
WHERE p.id = a.gid
```

--2-

--Dados coletados no site do DER/DF: dro_end, dro_contato, dro_email, dro_responsavel.

--Dados coletados nos Distritos Rodoviaros em 2014: dro_nrfunc, dro_maq, dro_exter, dro_projedu, dro_usasf, dro_ofmec, dro_borrac, dro_refeit, dro_resid, dro_pcomb, dro_dep.

```
UPDATE der.derft_distrito_rodoviario
SET (dro_end, dro_contato, dro_email, dro_responsavel,
dro_nrfunc, dro_maq, dro_exter, dro_projedu, dro_usasf, dro_ofmec, dro_borrac, dro_refeit, dro_resid,
dro_pcomb, dro_dep) =
('SAM Bloco C - Setor Complementares - Ed. Sede do DER/DF, CEP: 70.620.030',
'(61) 3111-5500',
'N/A',
'Diretoria Geral',
'340', '0', '0', '1', '0', '0', '0', '0', '0', '1', '1')
WHERE dro_sigla = 'Sede';
```

```
UPDATE der.derft_distrito_rodoviario
SET (dro_end, dro_contato, dro_email, dro_responsavel,
dro_nrfunc, dro_maq, dro_exter, dro_projedu, dro_usasf, dro_ofmec, dro_borrac, dro_refeit, dro_resid,
dro_pcomb, dro_dep, dro_mat) =
('Setor de Área Especial Nº 1 - Planaltina-DF, CEP: 73.300-000',
'(61) 3111-5826',
'1der@der.df.gov.br',
'Fábio Cardoso da Silva',
'74', '15', '1', '0', '0', '0', '1', '1', '1', '1', '1', 'Placas')
WHERE dro_sigla = '1° DR';
```

```
UPDATE der.derft_distrito_rodoviario
SET (dro_end, dro_contato, dro_email, dro_responsavel,
dro_nrfunc, dro_projedu, dro_ofmec) =
('Parque Rodoviário do DER/DF – DF-001 Km 0 da Br-020 - Sobradinho-DF, CEP: 73.001-970',
'(61) 3111-5840',
'2der@der.df.gov.br',
'Geraldo Jacinto da Silva Filho',
'300', '1', '1')
WHERE dro_sigla = '2° DR';
```

```
UPDATE der.derft_distrito_rodoviario
SET (dro_end, dro_contato, dro_email, dro_responsavel,
```


Função: der.assign_vertex_id_marginal()

--Tabela: der.derft_ponto_rodoviario

Function: der.assign_vertex_id_trr()

--Tabela: der.derft_trecho_brt

DELETE FROM der.derft_trecho_brt;
SELECT setval(('der.trb_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.derft_trecho_brt

(
 trb_cd,
 trb_tpb_pk,
 trb_tsf_pk,
 trb_gm
)
SELECT
 cod_trecho,
 CASE
WHEN brt='Eixo Norte' THEN 1
WHEN brt='Eixo Sul' THEN 2
WHEN brt='Eixo Oeste' THEN 3
WHEN brt='Eixo Sudoeste' THEN 4
WHEN brt='Terminal' THEN 5
ELSE null END,
 CASE
WHEN situacao='PAV' THEN 10
WHEN situacao='PLA' THEN 11
ELSE null END,
 geom
FROM der_brt;

--
UPDATE der.derft_trecho_brt
SET trb_ext = ST_length(ST_TRANSFORM(trb_gm, 31983)) / 1000
Where trb_ext is null
or trb_ext = 0

--Tabela: der.derft_trecho_ciclovuario

DELETE FROM der.derft_trecho_ciclovuario;
SELECT setval(('der.trc_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.derft_trecho_ciclovuario

(
 trc_tsf_pk,
 trc_ds,
 trc_gm
)
SELECT
 CASE
WHEN legenda='Ciclovua' THEN 10
WHEN legenda='Ciclovua Planejada' THEN 11
WHEN legenda='Acostamento Ciclável' THEN 12
ELSE null END,
 rodovia,

```

geom
FROM public.der_ciclovias;
--
UPDATE der.derft_trecho_cicloviario
SET trc_ext = ST_length(ST_TRANSFORM(trc_gm, 31983)) / 1000
Where trc_ext is null
or trc_ext = 0
-----
--Tabela: der.derft_trecho_marginal
-----
DELETE FROM der.derft_trecho_marginal;
SELECT setval(('der.trm_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.derft_trecho_marginal
(
  trm_cd,
  trm_ds_inicio,
  trm_ds_final,
  trm_tsf_pk,
  trm_km_i,
  trm_km_f,
  trm_gm
)
SELECT
  codigo,
  trecho_i,
  trecho_f,
  CASE
    WHEN sit_fisica='PAV' THEN 10
  ELSE null END,
  km_i,
  km_f,
  geom
FROM public.der_marginais2;
--
UPDATE der.derft_trecho_marginal
SET trm_ext = ST_length(ST_TRANSFORM(trm_gm, 31983)) / 1000
Where trm_ext is null
or trm_ext = 0
-----
--Tabela: der.derft_trecho_rodoviario
-----
DELETE FROM der.derft_trecho_rodoviario;
SELECT setval(('der.trr_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.derft_trecho_rodoviario
(
  --tr_pk integer NOT NULL DEFAULT nextval('trr_pk_seq'::regclass),
  --tr_nm character varying, --nao se aplica ao DF
  trr_cd_string,
  --trr_cd_array,
  trr_ds_inicio, --inserir campo
  trr_ds_final, --inserir campo
  trr_tci_pk,
  trr_tad_pk,
  trr_tsf_pk,
  trr_tre_pk,
  --tr_cant_div, --o DER nao tem essa informacao consolidada.

```

```

--tr_oper,
--tr_nr_pista,
tr_nr_faixa,
--tr_lim_vel,
--tr_acost,
--tr_mrg_pk,
tr_tmd,
tr_nm_ant,
--tr_ext,
tr_gm
)
SELECT
ARRAY_TO_STRING(ARRAY[cod_distri, cod_distr2, cod_vicina,
cod_federa, cod_feder2, cod_feder3], ', '):character varying,
--coincident,
--cdistrital,
--cfederal,
--fonte,
--codtrecho,
descricao_,
descricao1,
CASE
WHEN circunscri='Desconhecido' THEN 1
WHEN circunscri='Distrital' THEN 2
WHEN circunscri='Internacional' THEN 3
WHEN circunscri='Federal' THEN 4
WHEN circunscri='Estadual' THEN 5
WHEN circunscri='Municipal' THEN 6
WHEN circunscri='Propriedade Particular' THEN 7
WHEN circunscri='Coincidente' THEN 8
ELSE null END,--circunscri,
CASE
WHEN administra='Desconhecida' THEN 1
WHEN administra='Distrital' THEN 2
WHEN administra='Federal' THEN 3
WHEN administra='Estadual' THEN 4
WHEN administra='Municipal' THEN 5
WHEN administra='Privada' THEN 6
WHEN administra='Concessionada' THEN 7
WHEN administra='Não se aplica' THEN 8
ELSE null END,--administra,
--km_i,
--km_f,
--extensao_k,
CASE
WHEN situafisic='ABD' THEN 1
WHEN situafisic='DES' THEN 2
WHEN situafisic='DET' THEN 3
WHEN situafisic='DUP' THEN 4
WHEN situafisic='EOD' THEN 5
WHEN situafisic='EOI' THEN 6
WHEN situafisic='EOP' THEN 7
WHEN situafisic='IMP' THEN 8
WHEN situafisic='LEN' THEN 9
WHEN situafisic='PAV' THEN 10
WHEN situafisic='PLA' THEN 11
ELSE null END, --tr_tsf_pk,--situafisic,
CASE

```

```

WHEN tiporevest='DES' THEN 1
WHEN tiporevest='TS' THEN 2
WHEN tiporevest='TD' THEN 3
WHEN tiporevest='TT' THEN 4
WHEN tiporevest='MB' THEN 5
WHEN tiporevest='N/A' THEN 6
WHEN tiporevest='AA' THEN 7
WHEN tiporevest='CA' THEN 8
WHEN tiporevest='PF' THEN 9
WHEN tiporevest='PQ' THEN 10
WHEN tiporevest='RP' THEN 11
WHEN tiporevest='CC' THEN 12
ELSE null END, --tr_re_pk,--tiporevest,
fxrtotal,
--marginal_d,
--marginal_e,
tmd,
nomanterio,
--fxrsentn_s,
--fxrsentl_o,
--fd_grupo,
--fd_larg_m,
--fd_legis,
--extreal_km,
--obs,
geom -----Verificar se tenho que fazer a transformacao
FROM public.der_rodovias_2016_tmp;

UPDATE der.derft_trecho_rodoviario
SET trr_ext = ST_length(ST_TRANSFORM(trr_gm, 31983)) / 1000
Where trr_ext is null
or trr_ext = 0;

UPDATE der.derft_trecho_rodoviario
SET trr_cd_array = regexp_split_to_array(trr_cd_string, ', ');
-----
----TABELAS de Tipo (Não têm geometria)
-----
--Tabela: der.dertb_tipo_administracao
-----
DELETE FROM der.dertb_tipo_administracao;
SELECT setval(('der.tad_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.dertb_tipo_administracao(tad_nm, tad_ds) VALUES ('Desconhecida', 'Valor desconhecido.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_administracao(tad_nm, tad_ds) VALUES ('Distrital', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_administracao(tad_nm, tad_ds) VALUES ('Federal', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_administracao(tad_nm, tad_ds) VALUES ('Estadual', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_administracao(tad_nm, tad_ds) VALUES ('Municipal', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_administracao(tad_nm, tad_ds) VALUES ('Privada', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_administracao(tad_nm, tad_ds) VALUES ('Concessionada', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_administracao(tad_nm, tad_ds) VALUES ('Não se aplica', ');
-----
--Tabela: der.dertb_tipo_brt
-----
DELETE FROM der.dertb_tipo_brt;
SELECT setval(('der.tpb_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_brt(tpb_nm, tpb_sigla) VALUES ('Eixo Norte', 'BRTN');
INSERT INTO der.dertb_tipo_brt(tpb_nm, tpb_sigla) VALUES ('Eixo Sul', 'BRTS');
INSERT INTO der.dertb_tipo_brt(tpb_nm, tpb_sigla) VALUES ('Eixo Oeste', 'BRTW');
INSERT INTO der.dertb_tipo_brt(tpb_nm, tpb_sigla) VALUES ('Eixo Sudoeste', 'BRTSO');
INSERT INTO der.dertb_tipo_brt(tpb_nm, tpb_sigla) VALUES ('Terminal', 'TERM');
-----
--Tabela: der.dertb_tipo_circunscricao
-----
DELETE FROM der.dertb_tipo_circunscricao;
SELECT setval(('der.tci_pk_seq':text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.dertb_tipo_circunscricao(tci_nm, tci_ds) VALUES ('Desconhecido', 'Valor desconhecido.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_circunscricao(tci_nm, tci_ds) VALUES ('Distrital', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_circunscricao(tci_nm, tci_ds) VALUES ('Internacional', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_circunscricao(tci_nm, tci_ds) VALUES ('Federal', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_circunscricao(tci_nm, tci_ds) VALUES ('Estadual', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_circunscricao(tci_nm, tci_ds) VALUES ('Municipal', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_circunscricao(tci_nm, tci_ds) VALUES ('Propriedade Particular', '');
INSERT INTO der.dertb_tipo_circunscricao(tci_nm, tci_ds) VALUES ('Coincidente', ');
-----
--Tabela: der.dertb_tipo_revestimento
-----
DELETE FROM der.dertb_tipo_revestimento;
SELECT setval(('der.tre_pk_seq':text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Desconhecido', 'DES', 'Valor desconhecido.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Tratamento Superficial Simples', 'TS', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Tratamento Superficial Duplo', 'TD', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Tratamento Superficial Triplo', 'TT', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Macadame Betuminoso', 'MB', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Não Aplicável', 'N/A', 'Nos trechos cuja situação física encontra-se planejada (PLA), leito natural (LEN), em obras de implantação (EOI) ou implantada (IMP), não há revestimento');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Areia Asfalto', 'AA', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Concreto Asfáltico', 'CA', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Pré-Misturado a Frio', 'PF', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Pré-Misturado a Quente', 'PQ', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Revestimento Poliedro', 'RP', ');
INSERT INTO der.dertb_tipo_revestimento(tre_nm, tre_sigla, tre_ds) VALUES ('Concreto Cimento', 'CC', ');
-----
--Tabela: der.dertb_tipo_situacao_fisica
-----
DELETE FROM der.dertb_tipo_situacao_fisica;
SELECT setval(('der.tsf_pk_seq':text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Abandonada', 'ABD', 'Situação física desconhecida.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Desconhecida', 'DES', 'Valor desconhecido.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Destruída', 'DET', 'Rodovia destruída.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Duplicada', 'DUP', 'Rodovia
pavimentada com duas ou mais pistas.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Em Obra de Duplicação',
'EOD', '');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Em Obra de Implantação',
'EOI', '');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Em Obra de Pavimentação',
'EOP', '');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Implantada', 'IMP', 'Rodovia
com superfície de rolamento sem pavimentação que atende, parcial ou totalmente, às normas rodoviárias de
projeto geométrico.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Leito Natural', 'LEN',
'Rodovia existente construída em primeira abertura, com superfície de rolamento no próprio terreno natural e
sem atendimento às normas rodoviárias de projeto geométrico.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Pavimentada', 'PAV',
'Rodovia com superfície de rolamento com pavimento asfáltico, de concreto ou de alvenaria poliédrica.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('Planejada', 'PLA', 'Rodovia
fisicamente inexistente, visando atender uma demanda potencial de tráfego.');
```

```

INSERT INTO der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_nm, tsf_sigla, tsf_ds) VALUES ('PAV Acostamento Ciclável',
'PAC', 'Rodovia com acostamento ciclável com superfície de rolamento de pavimento asfáltico, de concreto ou
de alvenaria poliédrica.');
```

```

-----
--TABELAS ASSOCIATIVAS
-----
--1- der.deras_codigos
--2- der.deras_trr_has_cd
--3- der.deras_trr_has_rod
--   e
-- Tabela com Geometria: der.derft_rodovia
-----
--Tabela Associativa: der.deras_codigos
-----
DELETE FROM der.deras_codigos;
SELECT setval(('der.cod_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.deras_codigos
(
cod_trr_pk, cod_cd, cod_x, cod_y, cod_z
)
SELECT trr_pk, unnest(trr_cd_array) as codigos, substring(unnest(trr_cd_array) from 1 for 3),
substring(unnest(trr_cd_array) from 4 for 3), substring(unnest(trr_cd_array) from 7 for 4)
FROM der.derft_trecho_rodoviario
ORDER BY codigos

UPDATE der.deras_codigos cod
SET cod_sigla = a.sigla
FROM
(
SELECT
cod_pk,
CASE
WHEN cod_y='EDF' THEN 'DF'
WHEN cod_y='BDF' THEN 'BR'
WHEN cod_y='EVC' THEN 'VC'
ELSE null END
|| '-' || cod_x AS sigla
from der.deras_codigos
) as a
```

```

WHERE cod.cod_pk = a.cod_pk
=====
--Tabela Associativa: der.deras_trr_has_cd
=====
DELETE FROM der.deras_trr_has_cd;
SELECT setval(('der.thc_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.deras_trr_has_cd
(
thc_trr_pk,
thc_cod_pk
)
SELECT
trr.trr_pk,
cod.cod_pk--,
--tet.tet_nm,
--tei.tei_nm_etnia_array
FROM der.derft_trecho_rodoviario trr, der.deras_codigos cod
WHERE cod.cod_cd = ANY(trr.trr_cd_array);
=====
--Tabela Geográfica: der.derft_rodovia
=====
DELETE FROM der.derft_rodovia;
SELECT setval(('der.rod_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.derft_rodovia
(
rod_sigla,
rod_gm
)
SELECT cod.cod_sigla as sigla, ST_MULTI(ST_UNION(trr.trr_gm)) as rod_gm
FROM der.derft_trecho_rodoviario trr, der.deras_codigos cod
WHERE cod.cod_trr_pk = trr.trr_pk
GROUP BY cod.cod_sigla
ORDER BY cod.cod_sigla
=====
--Tabela Associativa: der.deras_trr_has_rod
=====
DELETE FROM der.deras_trr_has_rod;
SELECT setval(('der.thr_pk_seq'::text)::regclass, 1, false);

INSERT INTO der.deras_trr_has_rod
(
thr_trr_pk,
thr_rod_pk
)
SELECT
cod.cod_trr_pk,
rod.rod_pk
FROM der.deras_codigos cod, der.derft_rodovia rod
WHERE rod.rod_sigla = cod.cod_sigla
ORDER BY cod.cod_trr_pk;

```

APÊNDICE I – Funções de Consistência da Rede Rodoviária

1 Gerar Topologia de Rede dos Trechos

```
-----  
-- Function: der.assign_vertex_id()  
-----  
-- DROP FUNCTION der.assign_vertex_id();  
CREATE OR REPLACE FUNCTION der.assign_vertex_id()  
  RETURNS character varying AS  
$BODY$  
DECLARE  
  
time_timestamp;  
  
BEGIN  
  
time_ := timeofday();  
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS IN : %', time_;  
--DROP INDEX IF EXISTS der.trr_gm_idx;  
time_ := timeofday();  
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 1 : %', time_;  
DELETE FROM der.derft_trecho_rodoviario  
WHERE ST_length(ST_SnapToGrid(trr_gm, 0.0000000001)) = 0  
OR trr_gm is null;  
  
time_ := timeofday();  
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 2 : %', time_;  
  
UPDATE der.derft_trecho_rodoviario SET trr_pro_pk_sourcenode = NULL, trr_pro_pk_targetnode = NULL;  
  
time_ := timeofday();  
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 3 : %', time_;  
  
TRUNCATE der.derft_ponto_rodoviario;  
  
time_ := timeofday();  
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 4 : %', time_;  
PERFORM addgeometrycolumn('der', 'trecho_rodoviario', 'trr_gm_startpoint',  
(  
SELECT srid FROM geometry_columns  
WHERE f_table_name = 'derft_ponto_rodoviario'  
AND f_table_schema = 'der'  
)  
, 'POINT', 2);  
  
time_ := timeofday();  
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 5 : %', time_;  
  
PERFORM addgeometrycolumn('der', 'derft_trecho_rodoviario', 'trr_gm_endpoint',  
(  
SELECT srid FROM geometry_columns  
WHERE f_table_name = 'derft_ponto_rodoviario'  
AND f_table_schema = 'der'  
)  
, 'POINT', 2);  
  
time_ := timeofday();
```

```

RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 6 : %', time_;

UPDATE der.derft_trecho_rodoviario a
SET trr_gm_startpoint = ST_StartPoint((ST_Dump(trr_gm)).geom);

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 7 : %', time_;

UPDATE der.derft_trecho_rodoviario a
SET trr_gm_endpoint = ST_EndPoint((ST_Dump(trr_gm)).geom);

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 8 : %', time_;

DROP INDEX IF EXISTS der.trr_gm_startpoint_idx;
DROP INDEX IF EXISTS der.trr_gm_endpoint_idx;

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 9 : %', time_;

CREATE INDEX trr_gm_startpoint_idx ON der.derft_trecho_rodoviario USING gist (trr_gm_startpoint);
CREATE INDEX trr_gm_endpoint_idx ON der.derft_trecho_rodoviario USING gist (trr_gm_endpoint);

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 10 : %', time_;

ALTER SEQUENCE der.pro_pk_seq RESTART WITH 1;

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 11 : %', time_;

INSERT INTO der.derft_ponto_rodoviario (pro_pk, pro_gm)
SELECT row_number() OVER ( )::integer AS pro_pk, pro_gm
FROM
(
SELECT DISTINCT ON (pro_gm) pro_gm
FROM
(
SELECT DISTINCT ON (trr_gm_startpoint) trr_gm_startpoint as pro_gm FROM der.derft_trecho_rodoviario
UNION
SELECT DISTINCT ON (trr_gm_endpoint) trr_gm_endpoint as pro_gm FROM der.derft_trecho_rodoviario
) as a
) as b;

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 12 : %', time_;
DROP INDEX IF EXISTS der.pro_pk_idx;
DROP INDEX IF EXISTS der.pro_gm_idx;

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 13 : %', time_;

CREATE INDEX pro_pk_idx ON der.derft_ponto_rodoviario(pro_pk);
CREATE INDEX pro_gm_idx ON der.derft_ponto_rodoviario USING gist (pro_gm);

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 14 : %', time_;
UPDATE der.derft_trecho_rodoviario trr

```

```

SET trr_pro_pk_sourcenode = pro.pro_pk
FROM der.derft_ponto_rodoviario pro
WHERE ST_Intersects(pro.pro_gm, trr.trr_gm_startpoint)
AND (pro.pro_gm && trr.trr_gm_startpoint);

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 15 : %', time_;
UPDATE der.derft_trecho_rodoviario trr
SET trr_pro_pk_targetnode = pro.pro_pk
FROM der.derft_ponto_rodoviario pro
WHERE ST_Intersects(pro.pro_gm, trr.trr_gm_endpoint)
AND (pro.pro_gm && trr.trr_gm_endpoint);

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 16 : %', time_;

--DELETE FROM geometry_columns
--WHERE f_geometry_column = 'trr_gm_startpoint';
time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 17 : %', time_;
--DELETE FROM geometry_columns
--WHERE f_geometry_column = 'trr_gm_endpoint';
time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 18 : %', time_;
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario
DROP COLUMN trr_gm_startpoint;

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 19 : %', time_;
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario
DROP COLUMN trr_gm_endpoint;
time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 20 : %', time_;
DROP INDEX IF EXISTS der.pro_pk_idx;
DROP INDEX IF EXISTS der.pro_gm_idx;

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'END OF PROCESS IN : %', time_;

RETURN 'OK';

END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE
COST 100;
ALTER FUNCTION der.assign_vertex_id()
OWNER TO postgres;

```

2 Gerar Grau dos Nós das Redes

```

-----
-- Function: der.calculatevalence()
-----

```

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION der.calculatevalence()
RETURNS character varying AS
$BODY$
DECLARE
subQuerySource varchar;
subQueryTarget varchar;

```

```

unionNode varchar;
finalQuery varchar;
_r record;
time_ timestamp;

BEGIN

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS IN : %', time_;

DROP INDEX IF EXISTS der.pro_pk_idx;
DROP INDEX IF EXISTS der.trr_pro_pk_sourcenode_idx;
DROP INDEX IF EXISTS der.trr_pro_pk_targetnode_idx;
CREATE INDEX trr_pro_pk_sourcenode_idx ON der.derft_trecho_rodoviario(trr_pro_pk_sourcenode);
CREATE INDEX trr_pro_pk_targetnode_idx ON der.derft_trecho_rodoviario(trr_pro_pk_targetnode);
CREATE INDEX pro_pk_idx ON der.derft_ponto_rodoviario(pro_pk);

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 1 : %', time_;

subQuerySource := 'SELECT pro_pk as id, count(trr_pro_pk_sourcenode) as qt FROM
der.derft_ponto_rodoviario INNER JOIN der.derft_trecho_rodoviario ON pro_pk = trr_pro_pk_sourcenode
GROUP BY pro_pk';

subQueryTarget := 'SELECT pro_pk as id, count(trr_pro_pk_targetnode) as qt FROM der.ponto_rodoviario
INNER JOIN der.derft_trecho_rodoviario ON pro_pk = trr_pro_pk_targetnode GROUP BY pro_pk';

unionNode := 'SELECT id, Sum(UNION_NODE.qt) as valence FROM (' || subQuerySource || ' UNION ALL '
|| subQueryTarget || ') as UNION_NODE GROUP BY id';

finalQuery := 'SELECT NODE_FINAL.id as node_id, NODE_FINAL.valence FROM (' || unionNode || ') as
NODE_FINAL INNER JOIN der.derft_ponto_rodoviario ON NODE_FINAL.id = pro_pk';

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 2 : %', time_;

FOR _r IN EXECUTE finalQuery LOOP

UPDATE der.derft_ponto_rodoviario SET pro_nu_valence = _r.valence WHERE pro_pk = _r.node_id;
END LOOP;

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'BEGIN OF PROCESS 3 : %', time_;
DROP INDEX IF EXISTS der.pro_pk_idx;
DROP INDEX IF EXISTS der.trr_pro_pk_sourcenode_idx;
DROP INDEX IF EXISTS der.trr_pro_pk_targetnode_idx;

time_ := timeofday();
RAISE NOTICE 'END OF PROCESS IN : %', time_;

RETURN 'OK';

END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE
COST 100;
ALTER FUNCTION der.calculatevalence()
OWNER TO postgres;

```

APÊNDICE J – Função de Interferência Rodoviária

```
UPDATE derft_rodovia
SET rod_gm_comprimento_km = ST_LENGTH(rod_gm)/1000;

DROP TABLE IF EXISTS interferencia;

CREATE TABLE interferencia
(
int_pk serial,
int_rod_pk integer,
int_rod_sigla varchar,
int_rod_gm_comprimento_km numeric,
int_comprimento_km numeric,
int_nm varchar,
int_gm geometry(Point,31983)
);

DROP FUNCTION IF EXISTS inserir_interferencia(varchar, numeric, varchar);

CREATE OR REPLACE FUNCTION inserir_interferencia(varchar, numeric, varchar)
RETURNS character varying AS
$BODY$
DECLARE
BEGIN

INSERT INTO interferencia
(
int_rod_pk,
int_rod_sigla,
int_rod_gm_comprimento_km,
int_comprimento_km,
int_nm,
int_gm
)
SELECT
rod_pk,
rod_sigla,
rod_gm_comprimento_km,
$2,
$3,
ST_LINE_INTERPOLATE_POINT(ST_LineMerge(rod_gm), ($2/rod_gm_comprimento_km)) AS rod_gm
FROM derft_rodovia
WHERE rod_sigla = $1;

RETURN 'OK';

END;
$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE
COST 100;
ALTER FUNCTION inserir_interferencia(varchar, numeric, varchar)
OWNER TO postgres;
```

EXEMPLO DE INSERÇÃO DE INTERFERÊNCIAS:

```
DELETE FROM interferencia;
```

```
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 010, 'Acidente');  
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 020, 'Buraco');  
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 030, 'Deslizamento');  
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 040, 'Animal na pista');  
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 050, 'Colisão');  
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 060, 'Blitz');  
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 070, 'Duplicação');  
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 080, 'Manifestação');  
SELECT inserir_interferencia('BR-251', 090, 'Ponte danificada');
```

```
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 010, 'Acidente');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 020, 'Buraco');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 030, 'Deslizamento');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 040, 'Animal na pista');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 050, 'Colisão');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 060, 'Blitz');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 070, 'Duplicação');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 080, 'Manifestação');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 090, 'Ponte danificada');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 100, 'Ponte danificada');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 110, 'Ponte danificada');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 120, 'Ponte danificada');  
SELECT inserir_interferencia('DF-001', 130, 'Ponte danificada');
```

```
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 000, 'km 0');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 005, 'km 5');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 010, 'km 10');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 015, 'km 15');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 020, 'km 20');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 025, 'km 25');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 030, 'km 30');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 035, 'km 35');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 040, 'km 40');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 045, 'km 45');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 050, 'km 50');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 055, 'km 55');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 060, 'km 60');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 065, 'km 65');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 070, 'km 70');  
SELECT inserir_interferencia('DF-205', 075, 'km 75');
```

APÊNDICE K - Indexação

--=====

--Indexação Não Espacial

--=====

-- Tabela: der.deras_codigos

```
DROP INDEX IF EXISTS der.cod_pk_idx;
CREATE INDEX cod_pk_idx ON der.deras_codigos(cod_pk);
```

```
DROP INDEX IF EXISTS der.cod_trr_pk_idx;
CREATE INDEX cod_trr_pk_idx ON der.deras_codigos(cod_trr_pk);
```

-- Tabela: der.deras_trr_has_cd

```
DROP INDEX IF EXISTS der.thc_pk_idx;
CREATE INDEX thc_pk_idx ON der.deras_trr_has_cd(thc_pk);
```

```
DROP INDEX IF EXISTS der.thc_trr_pk_idx;
CREATE INDEX thc_trr_pk_idx ON der.deras_trr_has_cd(thc_trr_pk);
```

```
DROP INDEX IF EXISTS der.thc_cod_pk_idx;
CREATE INDEX thc_cod_pk_idx ON der.deras_trr_has_cd(thc_cod_pk);
```

-- Tabela: der.deras_trr_has_rod

```
DROP INDEX IF EXISTS der.thr_pk_idx;
CREATE INDEX thr_pk_idx ON der.deras_trr_has_rod(thr_pk);
```

```
DROP INDEX IF EXISTS der.thr_trr_pk_idx;
CREATE INDEX thr_trr_pk_idx ON der.deras_trr_has_rod(thr_trr_pk);
```

```
DROP INDEX IF EXISTS der.thr_rod_pk_idx;
CREATE INDEX thr_rod_pk_idx ON der.deras_trr_has_rod(thr_rod_pk);
```

-- Tabela: der.derft_distrito_rodoviario

```
DROP INDEX IF EXISTS der.dir_pk_idx;
CREATE INDEX dir_pk_idx ON der.derft_distrito_rodoviario(dir_pk);
```

```
DROP INDEX IF EXISTS der.dir_tci_pk_idx;
CREATE INDEX dir_tci_pk_idx ON der.derft_distrito_rodoviario_pai(dir_tci_pk);
```

-- Tabela: der.derft_estacoes_brt

```
DROP INDEX IF EXISTS der.ebr_pk_idx;
CREATE INDEX ebr_pk_idx ON der.derft_estacoes_brt(ebr_pk);
```

-- Tabela: der.derft_ponto_brt

```
DROP INDEX IF EXISTS der.pbr_pk_idx;
CREATE INDEX pbr_pk_idx ON der.derft_ponto_brt(pbr_pk);
```

-- Tabela: der.derft_ponto_cicloviario

```
DROP INDEX IF EXISTS der.pci_pk_idx;
CREATE INDEX pci_pk_idx ON der.derft_ponto_cicloviario(pci_pk);
```

-- Tabela: der.derft_ponto_rodoviario

```
DROP INDEX IF EXISTS der.pro_pk_idx;
CREATE INDEX pro_pk_idx ON der.derft_ponto_rodoviario(pro_pk);
```

-- Tabela: der.derft_rodovia

```
DROP INDEX IF EXISTS der.rod_pk_idx;
CREATE INDEX rod_pk_idx ON der.derft_rodovia(rod_pk);
```

-- Tabela: der.derft_trecho_brt

```
DROP INDEX IF EXISTS der.trb_pk_idx;
CREATE INDEX trb_pk_idx ON der.derft_trecho_brt(trb_pk);
```

```
DROP INDEX IF EXISTS der.trb_tpb_pk_idx;
CREATE INDEX trb_tpb_pk_idx ON der.derft_trecho_brt(trb_tpb_pk);
```

```
DROP INDEX IF EXISTS der.trb_tsf_pk_idx;
```

```

CREATE INDEX trb_tsf_pk_idx ON der.derft_trecho_brt(trb_tsf_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trb_pbr_pk_sourcenode_idx;
CREATE INDEX trb_pbr_pk_sourcenode_idx ON der.derft_trecho_brt(trb_pbr_pk_sourcenode);

DROP INDEX IF EXISTS der.trb_pbr_pk_targetnode_idx;
CREATE INDEX trb_pbr_pk_targetnode_idx ON der.derft_trecho_brt(trb_pbr_pk_targetnode);
-- Tabela: der.derft_trecho_ciclovuario
DROP INDEX IF EXISTS der.trc_pk_idx;
CREATE INDEX trc_pk_idx ON der.trecho_ciclovuario(trc_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trc_tsf_pk_idx;
CREATE INDEX trc_tsf_pk_idx ON der.trecho_ciclovuario(trc_tsf_pk);
-- Tabela: der.derft_trecho_marginal
DROP INDEX IF EXISTS der.trm_pk_idx;
CREATE INDEX trm_pk_idx ON der.derft_trecho_marginal(trm_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trm_tsf_pk_idx;
CREATE INDEX trm_tsf_pk_idx ON der.derft_trecho_marginal(trm_tsf_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trm_pma_pk_sourcenode_idx;
CREATE INDEX trm_pma_pk_sourcenode_idx ON der.derft_trecho_marginal(trm_pma_pk_sourcenode);

DROP INDEX IF EXISTS der.trm_pma_pk_targetnode_idx;
CREATE INDEX trm_pma_pk_targetnode_idx ON der.derft_trecho_marginal(trm_pma_pk_targetnode);
-- Tabela: der.derft_trecho_rodovuario
DROP INDEX IF EXISTS der.trr_pk_idx;
CREATE INDEX trr_pk_idx ON der.derft_trecho_rodovuario(trr_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trr_tci_pk_idx;
CREATE INDEX trr_tci_pk_idx ON der.derft_trecho_rodovuario(trr_tci_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trr_tad_pk_idx;
CREATE INDEX trr_tad_pk_idx ON der.derft_trecho_rodovuario(trr_tad_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trr_tsf_pk_idx;
CREATE INDEX trr_tsf_pk_idx ON der.derft_trecho_rodovuario(trr_tsf_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trr_tre_pk_idx;
CREATE INDEX trr_tre_pk_idx ON der.derft_trecho_rodovuario(trr_tre_pk);

DROP INDEX IF EXISTS der.trr_pro_pk_sourcenode_idx;
CREATE INDEX trr_pro_pk_sourcenode_idx ON der.derft_trecho_rodovuario(trr_pro_pk_sourcenode);

DROP INDEX IF EXISTS der.trr_pro_pk_targetnode_idx;
CREATE INDEX trr_pro_pk_targetnode_idx ON der.derft_trecho_rodovuario(trr_pro_pk_targetnode);
-----
--Indexação Espacial
-----
-- Tabela: der.derft_brt
DROP INDEX IF EXISTS der.brt_gm_idx;
CREATE INDEX brt_gm_idx ON der.derft_brt USING GIST(brt_gm);
-- Tabela: der.derft_distrito_rodovuario
DROP INDEX IF EXISTS der.dir_gm_a_idx;
CREATE INDEX dir_gm_a_idx ON der.derft_distrito_rodovuario USING GIST(dir_gm_a);

DROP INDEX IF EXISTS der.dir_gm_p_idx;
CREATE INDEX dir_gm_p_idx ON der.derft_distrito_rodovuario USING GIST(dir_gm_p);

```

```

-- Tabela: der.derft_estacoes_brt
DROP INDEX IF EXISTS der.ebr_gm_idx;
CREATE INDEX ebr_gm_idx ON der.derft_estacoes_brt USING GIST(ebr_gm);
-- Tabela: der.derft_ponto_brt
DROP INDEX IF EXISTS der.pbr_gm_idx;
CREATE INDEX pbr_gm_idx ON der.derft_ponto_brt USING GIST(pbr_gm);
-- Tabela: der.derft_ponto_ciclovuario
DROP INDEX IF EXISTS der.pci_gm_idx;
CREATE INDEX pci_gm_idx ON der.derft_ponto_ciclovuario USING GIST(pci_gm);
-- Tabela: der.derft_ponto_rodovuario
DROP INDEX IF EXISTS der.pro_gm_idx;
CREATE INDEX pro_gm_idx ON der.derft_ponto_rodovuario USING GIST(pro_gm);
-- Tabela: der.derft_rodovia
DROP INDEX IF EXISTS der.rod_gm_idx;
CREATE INDEX rod_gm_idx ON der.derft_rodovia USING GIST(rod_gm);
-- Tabela: der.derft_trecho_brt
DROP INDEX IF EXISTS der.trb_gm_idx;
CREATE INDEX trb_gm_idx ON derft_trecho_brt USING GIST(trb_gm);
-- Tabela: der.derft_trecho_ciclovuario
DROP INDEX IF EXISTS der.trc_gm_idx;
CREATE INDEX trc_gm_idx ON der.derft_trecho_ciclovuario USING GIST(trc_gm);
-- Tabela: der.derft_trecho_marginal
DROP INDEX IF EXISTS der.trm_gm_idx;
CREATE INDEX trm_gm_idx ON der.derft_trecho_marginal USING GIST(trm_gm);
-- Tabela: der.derft_trecho_rodovuario
DROP INDEX IF EXISTS der.trr_gm_idx;
CREATE INDEX trr_gm_idx ON der.derft_trecho_rodovuario USING GIST(trr_gm);

```

APÊNDICE L - Criação das Restrições de Integridade

--=====

--Chave-estrangeira

--=====

-- Tabela: der.deras_codigos

```
ALTER TABLE ONLY der.deras_codigos
DROP CONSTRAINT IF EXISTS cod_trr_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.deras_codigos
ADD CONSTRAINT cod_trr_pk_fkey FOREIGN KEY (cod_trr_pk) REFERENCES
der.derft_trecho_rodoviario(trr_pk);
```

-- Tabela: der.derft_distrito_rodoviario

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS dir_tci_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
ADD CONSTRAINT dir_tci_pk_fkey FOREIGN KEY (dir_tci_pk) REFERENCES
der.dertb_tipo_circunscricao(tci_pk);
```

-- Tabela: der.derft_trecho_brt

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trb_tpb_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
ADD CONSTRAINT trb_tpb_pk_fkey FOREIGN KEY (trb_tpb_pk) REFERENCES
der.dertb_tipo_brt(tpb_pk);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trb_tsf_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
ADD CONSTRAINT trb_tsf_pk_fkey FOREIGN KEY (trb_tsf_pk) REFERENCES
der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_pk);
```

-- Tabela: der.derft_trecho_ciclovuario

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trc_tsf_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
ADD CONSTRAINT trc_tsf_pk_fkey FOREIGN KEY (trc_tsf_pk) REFERENCES
der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_pk);
```

-- Tabela: der.derft_trecho_rodoviario

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trr_tci_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT trr_tci_pk_fkey FOREIGN KEY (trr_tci_pk) REFERENCES
der.dertb_tipo_circunscricao(tci_pk);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trr_tad_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT trr_tad_pk_fkey FOREIGN KEY (trr_tad_pk) REFERENCES
der.dertb_tipo_administracao(tad_pk);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trr_tsf_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT trr_tsf_pk_fkey FOREIGN KEY (trr_tsf_pk) REFERENCES
der.dertb_tipo_situacao_fisica(tsf_pk);
```

```

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS trr_tre_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT trr_tre_pk_fkey FOREIGN KEY (trr_tre_pk) REFERENCES
der.dertb_tipo_revestimento(trr_pk);

```

-- Tabela: der.deras_trr_has_cd

```

ALTER TABLE ONLY rod_has_trr
DROP CONSTRAINT IF EXISTS rht_trr_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY rod_has_trr
ADD CONSTRAINT rht_trr_pk_fkey FOREIGN KEY (rht_trr_pk) REFERENCES
der.derft_trecho_rodoviario(trr_pk);

```

-- Tabela: rod_has_trr

```

ALTER TABLE ONLY rod_has_trr
DROP CONSTRAINT IF EXISTS rht_trr_pk_fkey;
ALTER TABLE ONLY rod_has_trr
ADD CONSTRAINT rht_trr_pk_fkey FOREIGN KEY (rht_trr_pk) REFERENCES
der.derft_trecho_rodoviario(trr_pk);

```

--=====

--Unicidade

--=====

--Tabela: der.dertb_tipo_administracao

```

ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_administracao
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tad_nm_unique;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_administracao
ADD CONSTRAINT tad_nm_unique UNIQUE (tad_nm);

```

--Tabela: der.dertb_tipo_brt

```

ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tpb_nm_unique;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_brt
ADD CONSTRAINT tpb_nm_unique UNIQUE (tpb_nm);

```

--Tabela: der.dertb_tipo_circunscricao

```

ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_circunscricao
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tci_nm_unique;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_circunscricao
ADD CONSTRAINT tci_nm_unique UNIQUE (tci_nm);

```

--Tabela: der.dertb_tipo_revestimento

```

ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_revestimento
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tre_nm_unique;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_revestimento
ADD CONSTRAINT tre_nm_unique UNIQUE (tre_nm);

```

--Tabela: der.dertb_tipo_situacao_fisica

```

ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_situacao_fisica
DROP CONSTRAINT IF EXISTS tsf_nm_unique;
ALTER TABLE ONLY der.dertb_tipo_situacao_fisica
ADD CONSTRAINT tsf_nm_unique UNIQUE (tsf_nm);

```

--=====

--Não Nulidade

--=====

-- Tabela: der.deras_codigos

```
ALTER TABLE der.deras_codigos
ALTER COLUMN cod_trr_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.deras_codigos
ALTER COLUMN cod_trr_pk SET NOT NULL;
```

-- Tabela: der.deras_trr_has_cd

```
ALTER TABLE der.deras_trr_has_cd
ALTER COLUMN thc_trr_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.deras_trr_has_cd
ALTER COLUMN thc_trr_pk SET NOT NULL;
```

```
ALTER TABLE der.deras_trr_has_cd
ALTER COLUMN thc_cod_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.deras_trr_has_cd
ALTER COLUMN thc_cod_pk SET NOT NULL;
```

-- Tabela: der.deras_trr_has_rod

```
ALTER TABLE der.deras_trr_has_rod
ALTER COLUMN thr_trr_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.deras_trr_has_rod
ALTER COLUMN thr_trr_pk SET NOT NULL;
```

```
ALTER TABLE der.deras_trr_has_rod
ALTER COLUMN thr_rod_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.deras_trr_has_rod
ALTER COLUMN thr_rod_pk SET NOT NULL;
```

-- Tabela: der.derft_trecho_brt

```
ALTER TABLE der.derft_trecho_brt
ALTER COLUMN trb_tpb_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.derft_trecho_brt
ALTER COLUMN trb_tpb_pk SET NOT NULL;
```

```
ALTER TABLE der.derft_trecho_brt
ALTER COLUMN trb_tsf_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.derft_trecho_brt
ALTER COLUMN trb_tsf_pk SET NOT NULL;
```

-- Tabela: der.derft_trecho_ciclovuario

```
ALTER TABLE der.derft_trecho_ciclovuario
ALTER COLUMN trc_tsf_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.derft_trecho_ciclovuario
ALTER COLUMN trc_tsf_pk SET NOT NULL;
```

-- Tabela: der.derft_trecho_marginal

```
ALTER TABLE der.derft_trecho_marginal
ALTER COLUMN trm_tsf_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.derft_trecho_marginal
ALTER COLUMN trm_tsf_pk SET NOT NULL;
```

-- Tabela: der.derft_trecho_rodoviario

```
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario
ALTER COLUMN trr_tci_pk DROP NOT NULL;
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario
```

```
ALTER COLUMN trr_tci_pk SET NOT NULL;
```

```
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario  
ALTER COLUMN trr_tad_pk DROP NOT NULL;  
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario  
ALTER COLUMN trr_tad_pk SET NOT NULL;
```

```
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario  
ALTER COLUMN trr_tsf_pk DROP NOT NULL;  
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario  
ALTER COLUMN trr_tsf_pk SET NOT NULL;
```

```
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario  
ALTER COLUMN trr_tre_pk DROP NOT NULL;  
ALTER TABLE der.derft_trecho_rodoviario  
ALTER COLUMN trr_tre_pk SET NOT NULL;
```

```
--=====
```

--Restrições de Integridade geométrica

```
--=====
```

```
-- Tabela: der.derft_distrito_rodoviario.dro_gm_p
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_dro_gm_p;  
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
ADD CONSTRAINT enforce_dims_dro_gm_p CHECK (st_ndims(dro_gm_p) = 2);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_dro_gm_p;  
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_dro_gm_p CHECK (geometrytype(dro_gm_p) =  
'MULTILINESTRING'::text OR dro_gm_p IS NULL);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_dro_gm_p;  
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
ADD CONSTRAINT enforce_srid_dro_gm_p CHECK (st_srid(dro_gm_p) = 31983);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_dro_gm_p;  
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_dro_gm_p CHECK (st_issimple(dro_gm_p) = true);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_dro_gm_p;  
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_dro_gm_p CHECK (st_isvalid(dro_gm_p) = true);
```

```
-- Tabela: der.derft_distrito_rodoviario.dro_gm_a
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_dro_gm_a;  
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
ADD CONSTRAINT enforce_dims_dro_gm_a CHECK (st_ndims(dro_gm_a) = 2);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario  
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_dro_gm_a;  
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
```

```

ADD CONSTRAINT enforce_geotype_dro_gm_a CHECK (geometrytype(dro_gm_a) =
'MULTILINESTRING'::text OR dro_gm_a IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_dro_gm_a;
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_srid_dro_gm_a CHECK (st_srid(dro_gm_a) = 31983);

ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_dro_gm_a;
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_dro_gm_a CHECK (st_issimple(dro_gm_a) = true);

ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_dro_gm_a;
ALTER TABLE ONLY der.derft_distrito_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_dro_gm_a CHECK (st_isvalid(dro_gm_a) = true);

-- Tabela: der.derft_estacoes_brt.ebr_gm
ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_ebr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
ADD CONSTRAINT enforce_dims_ebr_gm CHECK (st_ndims(ebr_gm) = 2);

ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_ebr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_ebr_gm CHECK (geometrytype(ebr_gm) = 'MULTILINESTRING'::text
OR ebr_gm IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_ebr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
ADD CONSTRAINT enforce_srid_ebr_gm CHECK (st_srid(ebr_gm) = 31983);

ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_ebr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_ebr_gm CHECK (st_issimple(ebr_gm) = true);

ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_ebr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_estacoes_brt
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_ebr_gm CHECK (st_isvalid(ebr_gm) = true);

-- Tabela: der.derft_ponto_brt.pbr_gm
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_pbr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
ADD CONSTRAINT enforce_dims_pbr_gm CHECK (st_ndims(pbr_gm) = 2);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_pbr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_pbr_gm CHECK (geometrytype(pbr_gm) = 'MULTILINESTRING'::text
OR pbr_gm IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt

```

```

DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_pbr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
ADD CONSTRAINT enforce_srid_pbr_gm CHECK (st_srid(pbr_gm) = 31983);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_pbr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_pbr_gm CHECK (st_issimple(pbr_gm) = true);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_pbr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_brt
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_pbr_gm CHECK (st_isvalid(pbr_gm) = true);

-- Tabela: der.derft_ponto_ciclovuario.pci_gm
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_pci_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_dims_pci_gm CHECK (st_ndims(pci_gm) = 2);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_pci_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_pci_gm CHECK (geometrytype(pci_gm) = 'MULTILINESTRING'::text
OR pci_gm IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_pci_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_srid_pci_gm CHECK (st_srid(pci_gm) = 31983);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_pci_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_pci_gm CHECK (st_issimple(pci_gm) = true);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_pci_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_pci_gm CHECK (st_isvalid(pci_gm) = true);

-- Tabela: der.derft_ponto_marginal.pma_gm
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_pma_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_dims_pma_gm CHECK (st_ndims(pma_gm) = 2);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_pma_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_pma_gm CHECK (geometrytype(pma_gm) =
'MULTILINESTRING'::text OR pma_gm IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_pma_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_srid_pma_gm CHECK (st_srid(pma_gm) = 31983);

```

```

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_pma_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_pma_gm CHECK (st_issimple(pma_gm) = true);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_pma_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_pma_gm CHECK (st_isvalid(pma_gm) = true);

-- Tabela: der.derft_ponto_rodoviario.pro_gm
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_pro_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_dims_pro_gm CHECK (st_ndims(pro_gm) = 2);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_pro_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_pro_gm CHECK (geometrytype(pro_gm) = 'MULTILINESTRING'::text
OR pro_gm IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_pro_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_srid_pro_gm CHECK (st_srid(pro_gm) = 31983);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_pro_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_pro_gm CHECK (st_issimple(pro_gm) = true);

ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_pro_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_ponto_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_pro_gm CHECK (st_isvalid(pro_gm) = true);

-- Tabela: der.derft_rodovia.rod_gm
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_rod_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
ADD CONSTRAINT enforce_dims_rod_gm CHECK (st_ndims(rod_gm) = 2);

ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_rod_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_rod_gm CHECK (geometrytype(rod_gm) = 'MULTILINESTRING'::text
OR rod_gm IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_rod_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
ADD CONSTRAINT enforce_srid_rod_gm CHECK (st_srid(rod_gm) = 31983);

ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_rod_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_rod_gm CHECK (st_issimple(rod_gm) = true);

```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_rod_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_rodovia
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_rod_gm CHECK (st_isvalid(rod_gm) = true);
```

```
-- Tabela: der.derft_trecho_brt.trb_gm
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_trb_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
ADD CONSTRAINT enforce_dims_trb_gm CHECK (st_ndims(trb_gm) = 2);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_trb_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_trb_gm CHECK (geometrytype(trb_gm) = 'MULTILINESTRING'::text
OR trb_gm IS NULL);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_trb_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
ADD CONSTRAINT enforce_srid_trb_gm CHECK (st_srid(trb_gm) = 31983);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_trb_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_trb_gm CHECK (st_issimple(trb_gm) = true);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_trb_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_brt
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_trb_gm CHECK (st_isvalid(trb_gm) = true);
```

```
-- Tabela: der.derft_trecho_ciclovuario.trc_gm
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_trc_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_dims_trc_gm CHECK (st_ndims(trc_gm) = 2);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_trc_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_trc_gm CHECK (geometrytype(trc_gm) = 'MULTILINESTRING'::text
OR trc_gm IS NULL);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_trc_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_srid_trc_gm CHECK (st_srid(trc_gm) = 31983);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_trc_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_trc_gm CHECK (st_issimple(trc_gm) = true);
```

```
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_trc_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_ciclovuario
```

```

ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_trc_gm CHECK (st_isvalid(trc_gm) = true);

-- Tabela: der.derft_trecho_marginal.trm_gm
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_trm_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_dims_trm_gm CHECK (st_ndims(trm_gm) = 2);

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_trm_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_trm_gm CHECK (geometrytype(trm_gm) =
'MULTILINESTRING':text OR trm_gm IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_trm_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_srid_trm_gm CHECK (st_srid(trm_gm) = 31983);

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_trm_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_trm_gm CHECK (st_issimple(trm_gm) = true);

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_trm_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_marginal
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_trm_gm CHECK (st_isvalid(trm_gm) = true);

-- Tabela: der.derft_trecho_rodoviario.trr_gm
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_dims_trr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_dims_trr_gm CHECK (st_ndims(trr_gm) = 2);

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_geotype_trr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_geotype_trr_gm CHECK (geometrytype(trr_gm) = 'MULTILINESTRING':text
OR trr_gm IS NULL);

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_srid_trr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_srid_trr_gm CHECK (st_srid(trr_gm) = 31983);

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_issimple_trr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_issimple_trr_gm CHECK (st_issimple(trr_gm) = true);

ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
DROP CONSTRAINT IF EXISTS enforce_isvalid_trr_gm;
ALTER TABLE ONLY der.derft_trecho_rodoviario
ADD CONSTRAINT enforce_isvalid_trr_gm CHECK (st_isvalid(trr_gm) = true);

```