

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

VICTOR DOS SANTOS MAROTTA

**UM FRAMEWORK PARA A DISPONIBILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA MUNICIPAL NA WEB**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

VICTOR DOS SANTOS MAROTTA

**UM FRAMEWORK PARA A DISPONIBILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA MUNICIPAL NA WEB**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Júlio César de Oliveira

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

M355f
2021
Marotta, Victor dos Santos, 1996-
Um framework para a disponibilização de informação
geográfica municipal na Web / Victor dos Santos Marotta. –
Viçosa, MG, 2021.
119 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Julio César de Oliveira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.104-110.

1. Banco de dados geográficos - Modelos. 2. Infraestruturas
de dados espaciais. 3. Sistemas de informação geográfica .

I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia
Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

II. Título.

CDD 22. ed. 910.285

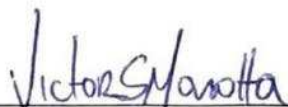
VICTOR DOS SANTOS MAROTTA

UM *FRAMEWORK* PARA A DISPONIBILIZAÇÃO DE INFORMAÇÃO
GEOGRÁFICA MUNICIPAL NA WEB

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 2 de março de 2021.

Assentimento:



Victor dos Santos Marotta
Autor



Júlio César de Oliveira
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Júlia, minha companheira e melhor amiga, por compartilhar desde os momentos de alegria com os bons resultados da pesquisa à tensão dos percalços do mestrado. Agradeço o carinho, o amor, a paciência e o conforto durante as fases mais duras deste trabalho, a dedicação de revisar cada palavra escrita, o incentivo para iniciar e continuar nessa caminhada e a companhia por todos os momentos juntos durante.

Aos meus pais, irmãos, madrinhas e família, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Este trabalho é resultado de tudo que sonhamos juntos e ele não seria possível sem o suporte que vocês me proporcionaram.

À família da Júlia, pelo carinho e apoio recebido nas fases de produção deste trabalho, em grande parte realizado durante o atípico ano de 2020, quarentenados juntos em Lavras.

Aos amigos do Grupo de Engenharia para Gestão Territorial da UFV, pela companhia nas incontáveis horas como estagiário e gestor das equipes. Agradeço especialmente à equipe que me auxiliou no desenvolvimento do WebGENTE, este trabalho não poderia ter sido desenvolvido sem vocês.

Aos professores Éder Marques e Daniel Duarte, coordenadores dos projetos do GENTE, agradeço a confiança depositada na gestão das equipes e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos de Viçosa e de sempre, pelo carinho, apoio e momentos compartilhados.

Aos professores Júlio César de Oliveira e Éder Marques, pela orientação, paciência e confiança.

À Universidade Federal de Viçosa, que mesmo em meio a todo o desmonte da educação pública me proporcionou o ambiente de estudos, os recursos, os professores e a oportunidade de realizar este trabalho. Nada disso seria possível sem uma Universidade Pública, nada seria possível sem uma Universidade que acredita na ciência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

MAROTTA, Victor dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, março de 2021. **Um Framework para a disponibilização de Informação Geográfica Municipal na Web**. Orientador: Julio César de Oliveira.

A disponibilização de cartografia digital pela Internet tem sido amplamente utilizada em todos os aspectos. A cartografia de caráter oficial, produzida por órgãos governamentais ou empresas e entidades técnicas, tem acompanhado a evolução das tecnologias relacionadas à cartografia de perto, influenciando na criação da Infraestruturas Nacional de Dados Espaciais. Com o crescimento do uso das informações cresce também sua carência por normas, e, no aspecto organizacional das informações geoespaciais brasileiras, foram publicadas diversas especificações que regravam como os dados deveriam ser armazenados e disponibilizados, como a Especificação Técnica para a Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV). Entretanto, mesmo com a normatização recente sobre os dados geoespaciais, informações provenientes de municípios foram negligenciadas e tratadas apenas como mapeamentos de grande escala. No aspecto tecnológico, a integração à nível nacional de informações provenientes de pequenas e médias municipalidades é ainda mais prejudicada pela ausência de infraestrutura e conhecimento técnico necessário à criação das Infraestruturas de Dados Espaciais. Este trabalho propõe uma solução estrutural para este problema em duas frentes: um modelo de dados genérico para produção e armazenamento da informação geoespacial municipal e um conjunto de softwares para sua disponibilização pela Internet com ferramentas adequadas para sua natureza. Parte-se da análise de três municípios brasileiros: Bom Despacho, Jacobina e Conceição do Mato Dentro; objetivando entender e mapear os planos de informação geoespacial contidos nestes, e, assim, obter um framework genérico que atingisse o objetivo proposto no trabalho. Como resultados são apresentados um Modelo de Dados Genérico que expande a ET-EDGV e se adapta à realidade dos três municípios bem como o WebGENTE, um framework de um WebGIS cadastral desenvolvido com Leaflet, Geoserver e PostgreSQL/PostGIS.

Palavras-chave: Cadastro Territorial Multifinalitário. Infraestruturas de Dados Espaciais. WebGIS. Modelagem Conceitual.

ABSTRACT

MAROTTA, Victor dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, March, 2021. **A framework for sharing Municipal Geographic Information on the Web.** Adviser: Julio César de Oliveira.

The availability of digital cartography over the Internet has been widely used in all aspects. Official cartography, produced in Brazil by government agencies or companies and technical entities, has closely followed the evolution of technologies related to cartography, influencing the creation of the National Infrastructure for Spatial Data. As the use of information grows, so does the need for standards, and in the organizational aspect of Brazilian geospatial information, several specifications were published that re-record how data should be stored and made available, such as the Technical Specification for Geospatial Vector Data Structuring (ET-EDGV). However, even with the recent regulation of geospatial data, information from municipalities has been neglected and treated only as large-scale mappings. In the technological aspect, the integration at national level of information from small and medium-sized municipalities is even more hampered by the lack of infrastructure and technical knowledge necessary for the creation of Spatial Data Infrastructures. This work proposes a structural solution to this problem on two fronts: a generic data model for the production and storage of municipal geospatial information and a set of software for its sharing over the Internet with tools suitable for its nature. We start from the analysis of three Brazilian municipalities: Bom Despacho, Jacobina and Conceição do Mato Dentro; aiming to understand and map the geospatial information contained therein, and, thus, obtain a generic framework that would achieve the objective proposed in the work. As results, a Generic Data Model is presented that expands ET-EDGV and adapts to the reality of the three municipalities as well as WebGENTE, a framework of a cadastral WebGIS developed with Leaflet, Geoserver and PostgreSQL / PostGIS.

Keywords: Multipurpose Cadastre. Spatial Data Infrastructure. WebGIS. Conceptual Modelling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Notação gráfica no OMT-G	34
Figura 2 - Primitivas Geométricas do OMT-G	35
Figura 3 - Relacionamentos no OMT-G	35
Figura 4 – Generalização/Especialização no OMT-G	36
Figura 5 - Notação gráfica para agregação no OMT-G	37
Figura 6 - Generalização cartográfica de forma no OMT-G	38
Figura 7 - Diagrama de transformação de um lote	39
Figura 8 - Diagrama de apresentação de uma feição pontual de acordo com a temática	39
Figura 9 - Pacotes do Mapeamento Topográfico em Grande Escala - MapTopoGE	43
Figura 10 - Pacotes para modelagem do CTM propostos por Gonçalves (2008).....	47
Figura 11 - Funcionamento do WMS e WMTS para a disponibilização de mapas....	52
Figura 12 - Funcionamento do CGI e Servlet	54
Figura 13 - Jacobina - BA, em destaque a mancha urbana do município	60
Figura 14 – Conceição do Mato Dentro - MG, em destaque a mancha urbana do município.....	62
Figura 15 – Bom Despacho - MG, em destaque a mancha urbana do município	64
Figura 16 - Exemplo de especialização de uma classe da ET-EDGV.....	71
Figura 17 - Metodologia de implementação do framework.....	72
Figura 18 - Interface do WebGENTE	74
Figura 19 - Funcionamento da ferramenta de Identificação de Feições.....	76
Figura 20 - Exemplos de pop-ups da ferramenta de identificação de feições	77
Figura 21 - Funcionamento da ferramenta de pesquisa por atributos	78
Figura 22 - Telas da ferramenta de pesquisa por atributos.....	78
Figura 23 - Funcionamento do Sistema de Login do WebGENTE	79
Figura 24 – Pacotes da ET-EDGV expandidos pelo modelo de dados genérico	81
Figura 25 - Vista geral do pacote para informações de tributação	81
Figura 26 - Cores das classes conforme sua origem no diagrama de classes	82
Figura 27 – Diagrama de Classes do Pacote de Cartografia Cadastral - CAD	84
Figura 28 – Diagrama de Classes do Pacote de Mapeamento Urbano Básico - MUB	85
Figura 29 – Diagrama de Classes do Pacote de Plano Diretor Municipal - PDM.....	85

Figura 30 – Diagrama de Classes do Pacote Infraestrutura Urbana - INF	86
Figura 31 – Diagrama de classes da expansão do Pacote Pontos de Referência - PTO	87
Figura 32 – Diagrama de classes da expansão do Pacote Transportes - TRA.....	88
Figura 33 – Diagrama de classes da expansão do Pacote Estrutura de Mobilidade Urbana - EMU	88
Figura 34 – Diagrama de Classes do Pacote Imposto Predial Territorial Urbano - IPTU	89
Figura 35 - Exemplo de aplicação do SGBD em Bom Despacho.....	91
Figura 36 - WebGENTE de Bom Despacho.....	93
Figura 37 – WebGENTE de Jacobina em um dispositivo móvel	96
Figura 38 - Simulador de IPTU de Conceição do Mato Dentro	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCE – Boletim de Cadastro de Edificações

BCI – Boletim de Cadastro Imobiliário

BDG – Banco de Dados Geográficos

CGI – Common Gateway Interface

CIATA - Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico-Administrativo das Pequenas Municipalidades

CONCAR - Comissão Nacional de Cartografia

CQL – Common Query Language

CTM – Cadastro Territorial Multifinalitário

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro

ER – Modelo Entidade-Relacionamento

ET-EDGV – Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais

FIG – International Federation of Surveyors

GENTE – Grupo de Engenharia para Gestão Territorial da UFV

GML – Geography Markup Language

GSD – Ground Sample Distance

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDE – Infraestrutura de Dados Espaciais

INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais

ISO – International Organization for Standardization

JVM – Java Virtual Machine

LADM – Land Administration Domain Model

MND – Mapoteca Nacional Digital

MapTopoGE – Mapeamento Topográfico em Grande Escala (ET-EDGV)

MapTopoPE – Mapeamento Topográfico em Pequena Escala (ET-EDGV)

OGC – Open Geospatial Consortium

OMT – Object Modeling Technique

OMT-G – Object Modeling Technique for Geographic Applications

RI – Registro de Imóveis

RRCM – Rede de Referência Cadastral Municipal

SBC – Sistema Básico Comum

SCM – Sistema Cartográfico Municipal

SCN – Sistema Cartográfico Nacional

SLD – Styled Layer Descriptor

SGB – Sistema Geodésico Brasileiro

SGBD – Sistema Gerenciador de Bancos de Dados

SGBDG – Sistema Gerenciador de Bancos de Dados Geográficos

SGBDO – Sistema Gerenciador de Bancos de Dados de Objetos

SGBDOR – Sistema Gerenciador de Bancos de Dados Objeto-Relacionais

SGBDR – Sistema Gerenciador de Bancos de Dados Relacionais

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SINTER – Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais

SOA – Service-Oriented Architecture

SQL – Structured Query Language

Sigef – Sistema de Gestão Fundiária

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação

UFV – Universidade Federal de Viçosa

UML – Unified Modelling Technique

WFS – Web Feature Service

WFS-T – Web Feature Service Transactional

WMS – Web Map Service

WMTS – Web Map Tile Service

WebGIS – Sistema de Informações Geográficas na Web

XML – eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1	Introdução	13
1.1	Objetivos	16
1.2	Justificativa	17
2	Fundamentação Teórica	20
2.1	A informação geográfica no âmbito municipal	20
2.1.1	Cadastro Territorial Multifinalitário no Brasil	20
2.1.2	Os elementos da cartografia municipal	23
2.1.3	O uso das informações geográficas nos municípios.....	25
2.2	Armazenamento de Bases de Dados Cadastrais.....	26
2.2.1	Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados	27
2.2.2	Bancos de Dados Geográficos	29
2.2.3	Modelagem Conceitual de Banco de Dados	31
2.2.4	OMT-G.....	33
2.2.5	Normas e padrões para a disponibilização de informações geoespaciais.....	39
2.2.6	PostgreSQL e PostGIS.....	48
2.3	Servidores de Mapas	49
2.3.1	Padrões Open Geospatial Consortium.....	50
2.3.2	Tecnologias envolvidas nos servidores de mapas	53
2.3.3	Geoserver.....	55
2.4	Visualizadores de Mapas	55
2.4.1	Leaflet	57
2.5	Frameworks	57
3	Áreas de Estudo	59
3.1	Jacobina - BA.....	59
3.2	Conceição do Mato Dentro - MG	61
3.3	Bom Despacho - MG.....	64
4	Metodologia	67
4.1	Diretrizes iniciais para o design do sistema.....	67
4.2	Modelagem Conceitual dos Dados	69
4.2.1	Análise de enquadramento dos dados geográficos na ET-EDGV.....	70
4.3	Metodologia de aplicação do framework em municípios	71
5	Resultados e Análises.....	74

5.1	WebGENTE	74
5.1.1	Identificação de Feições, Visualizador 360°e Integração com Sistema de Arquivos.....	75
5.1.2	Pesquisa por Atributos e Download dos Dados	77
5.1.3	Sistema de login e restrição de informações.....	78
5.1.4	Demais ferramentas	79
5.2	Diagramas de Classes do Modelo de Dados Genérico	80
5.3	Sistema de Informações Cadastrais de Bom Despacho	89
5.4	Sistema de Informações Cadastrais de Jacobina	94
5.5	Simulador de IPTU e Sistema de Informações Cadastrais de Conceição do Mato Dentro	96
6	Conclusões	101
6.1	Recomendações	103
	Referências Bibliográficas	104
	Apêndice A – Tabelas de Enquadramento dos Planos de Informação no Modelo Conceitual	111
	Apêndice B – Diagramas de Classe do Sistema Cadastral de Bom Despacho.....	117
	Apêndice C – Diagramas de Classe do Sistema Cadastral de Jacobina.....	118
	Apêndice D – Diagramas de Classe do Sistema Cadastral e Simulação de IPTU de Conceição do Mato Dentro.....	119

1 INTRODUÇÃO

O uso de produtos cartográficos nunca foi tão difundido como atualmente. O número de usuários de plataformas como o OpenStreetMap¹ e Google Maps têm aumentado exponencialmente ao longo dos últimos anos e tal mudança acarreta na melhora da disponibilização dos dados e serviços pelas plataformas.

Com ferramentas para a visualização de imagens obtidas a partir de câmeras 360°, consulta por informações e roteamento de serviços as plataformas de mapas na Web alteraram a forma como a cartografia é percebida pelo usuário. Essa evolução e a alta disponibilidade de dados livres, no entanto, não trouxe fim à cartografia produzida com rigor técnico e disponibilizada por instituições oficiais.

Necessárias às mais diversas atividades de gestão, pesquisa, ensino, profissionais, entre outras, a cartografia oficial evoluiu junto ao novo paradigma de disponibilização na Web, promovendo uma obsolescência gradual do uso de mapas analógicos. A nova produção cartográfica digital influenciou a criação de legislações e políticas públicas como a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) (BRASIL, 2008), o Sistema de Gestão Fundiária (Sigef) (INCRA, 2013) e o Sistema Nacional de Informações Territoriais (SINTER)² (BRASIL, 2016), todas com o propósito de possibilitar a difusão da cartografia nacional e seu melhor aproveitamento em território brasileiro.

É fato que a disponibilização da informação cartográfica na Web é de grande importância tanto na esfera nacional quanto nas esferas estaduais e municipais, e uma das ferramentas capazes de cumprir com tal objetivo é a Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE). No âmbito da gestão da informação pública esta ferramenta tem grande importância como uma forma de prover ferramentas de análise, consulta, transparência, acessibilidade e democratização dos dados espaciais à população.

A implementação de uma IDE é uma atividade multidisciplinar que envolve profissionais da informática, engenharias e administração pública, e a demanda desta multidisciplinaridade pode se tornar um empecilho para a implementação da

¹ De acordo com as estatísticas do portal, disponibilizadas em https://www.openstreetmap.org/stats/data_stats.html, o número de usuários do OpenStreetMap cruzou a linha de um milhão de usuários em 2013, se aproximando de 10 milhões no início de 2021.

²No momento de escrita deste trabalho, em 2021, o SINTER ainda se encontrava em fase de implementação.

ferramenta em municípios de pequeno a médio porte pela limitação de recursos humanos e financeiros. A ausência de dados municipais em IDEs acarreta uma perda no potencial das informações geográficas produzidas pelos entes públicos, uma vez que é no município que são produzidas importantes bases cartográficas que servem de referência para a construção do Cadastro Territorial Multifinalitário (CTM) e do Plano Diretor Municipal.

Para facilitar a implementação de IDEs podem ser utilizados frameworks, que são estruturas prontas de softwares e padrões de dados que simplificam a criação de uma determinada aplicação. Neste ponto a comunidade open source tem grande destaque ao desenvolver e disponibilizar diversas soluções que permitem a construção de diversos componentes individuais de uma IDE com relativa facilidade.

No entanto, a integração destes componentes, bem como a escolha entre os disponíveis, se apresenta como um desafio para os municípios que desejam implementar o sistema. A determinação de qual componente a ser utilizado esbarra na incompatibilidade entre softwares, problemas de segurança computacional, falta de pessoal especializado para a construção dos sistemas e ausência de padrões para os dados a serem disponibilizados.

No contexto deste trabalho entende-se por padrões de dados a estrutura de armazenamento das informações em um determinado meio, seja ele em formatos de arquivos convencionais ou sistemas de banco de dados. Normativas brasileiras como a Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV) e correlatas, desenvolvidas com o objetivo de padronizar as informações disponíveis na INDE, possibilitam que dados produzidos por diferentes atores sejam compartilhados e reutilizados em diferentes instâncias governamentais.

Ao analisar a ET-EDGV à luz das informações presentes em âmbito municipal percebe-se que a norma não fornece o suporte adequado para a representação e estruturação de bases cartográficas municipais, uma vez que o foco principal da norma é o mapeamento em pequena escala a nível nacional. A ausência de padronizações para a disponibilização dos dados é ainda mais prejudicada no âmbito cadastral e multifinalitário, uma vez que nem mesmo os produtos do CTM e correlatos possuem uma normatização adequada quanto à qualidade e forma de seu produto.

Tal diagnóstico deve ser considerado na elaboração de um framework destinado ao compartilhamento de informações geoespaciais municipais uma vez que o conjunto de normas e padrões é parte integrante de uma Infraestrutura de Dados Espaciais. É por meio das normas e padrões que se garante a manutenção, ampliação e interoperabilidade das bases de dados entre prefeituras e entidades da sociedade civil.

Diante dos desafios mencionados o presente estudo propõe facilitar o processo de disponibilização na Web de informações cartográficas oficiais de um município através de uma solução tecnológica e de padrões operacionais. Para tanto, propõe-se um modelo de estrutura computacional necessária a disponibilização dos dados e a geração de padrões de dados para as informações geoespaciais.

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um framework para a construção de um Sistema de Informações Geográficas na Web de forma a possibilitar o compartilhamento de informações geoespaciais cadastrais e temáticas provenientes de atividades cartográficas realizadas no âmbito municipal. São objetivos específicos:

1. Propor uma modelagem conceitual de dados para as informações municipais, em conformidade com as especificações técnicas brasileiras vigentes e produção acadêmica atual;
2. Aplicar o modelo cadastral em bases de dados municipais através do uso do Sistema Gerenciador de Bancos de Dados PostgreSQL e sua extensão espacial PostGIS;
3. Desenvolver uma estrutura tecnológica necessária ao compartilhamento das informações espaciais de um município pela Web, composta por uma base de dados apoiada nos sistemas PostgreSQL e PostGIS e o servidor de mapas Geoserver;
4. Desenvolver uma interface que seja de fácil acesso e manipulação para usuários em qualquer nível de conhecimento com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) empregando a biblioteca;
5. Aplicar o framework nas bases de dados municipais em estudo.

1.2 Justificativa

A justificativa deste trabalho parte de dois diagnósticos práticos da elaboração de sistemas de CTM no Brasil: há uma carência de estruturas normativas para a produção de bases de dados cadastrais e por estruturas tecnológicas livres para sua disponibilização.

Observa-se a dificuldade de construção de bases cartográficas vetoriais associadas às informações cadastrais e temáticas de um município devido à ausência de padrões para sua estruturação. Os padrões e modelos apresentados em detalhes na Seção 2.2.5 tratam as informações geoespaciais municipais cada um sob uma perspectiva própria, com replicação dificultada em um contexto de compatibilidade com a ET-EDGV.

Tal compatibilidade se faz necessária devido à interoperabilidade que se espera de uma base de dados produzida por alguma esfera da administração pública. É preciso que as informações geoespaciais produzidas no meio municipal possam ser reaproveitadas por outros sistemas de informação e consumidas em esferas estaduais e nacionais, de forma a cumprir os propósitos da INDE em uma eventual expansão da infraestrutura.

Neste contexto, a construção de uma base municipal que seja compatível à infraestrutura nacional deve ocorrer com base nas normas e padrões vigentes no Brasil. Este procedimento é dificultado pelo entendimento destoante da ET-EDGV quanto às informações municipais, sobretudo àquelas que compõem dados de referência fundiária nacional oriundas do CTM.

Brandão e Silva (2020) apontam que, apesar do plano de ação da INDE reconhecer as informações fundiárias como informações geoespaciais de referência, não existem, nas normas e padrões vigentes no Brasil, estruturas que contemplem os elementos básicos à cartografia municipal. Para os autores, o erro das atuais normativas é entender a cartografia cadastral como o mapeamento de grande escala.

Ao analisar o conceito de Cartografia Cadastral apresentados na Seção 2.1.2 e as classes do Mapeamento Topográfico em Grande Escala (MapTopoGE) da ET-EDGV apresentadas na Seção 2.2.5.1 entende-se que não há concordância do entendimento da norma junto ao entendimento acadêmico da matéria.

Existem tentativas de se criar um modelo de dados eficiente para o Cadastro no Brasil, como mostra a Seção 2.2.5.3 em maiores detalhes. Destas, enumera-se duas tratativas importantes para a realização deste trabalho: Santos (2012) e Gonçalves (2008).

Apesar de recomendado para o armazenamento de informações cadastrais, observou-se que o emprego do Land Administration Domain Model (Modelo de Conhecimento para Gestão Territorial, ou a sigla em inglês LADM), tal como apresentado por Santos (2012), não atenderia completamente às necessidades do trabalho. Tal diagnóstico se dá pela ausência de classes voltadas ao armazenamento de informações temáticas e necessárias à sistemas multifinalitários como os pretendidos neste trabalho.

Por outro lado, o modelo conceitual proposto por Gonçalves (2008) abarca grande parte das informações necessárias aos modelos dos estudos de caso elaborados no trabalho, no entanto, o mesmo não possui compatibilidade com a ET-EDGV dada sua criação antes do modelo nacional vigente.

A segunda justificativa do trabalho diz respeito às ferramentas para a disponibilização da informação cadastral, realizada usualmente por Sistemas de Informação Geográfica na Web (WebGIS). Há uma relativa escassez de produtos open-source voltados para a disponibilização de informações em um contexto municipal, sendo que o desenvolvimento próprio de uma aplicação dentro de uma prefeitura de pequeno a médio porte nem sempre é uma opção acessível.

Observa-se aqui a importância do software open-source para a administração pública, uma vez que estas evitam custos elevados e dependência tecnológica das organizações em torno de soluções proprietárias. Tal diretriz é incentivada pelo Governo Federal através de políticas públicas como o Portal do Software Público Brasileiro (BRASIL, 2016).

O prejuízo do uso de sistemas proprietários à longo prazo é exemplificado em trabalhos como Grigolin e Jabor (2020), onde a necessidade de expansão de um sistema proprietário acarretou a troca dos sistemas utilizados pela IDE Geobases Online do Espírito Santo por soluções open-source. A realidade de desenvolvimento de um novo sistema, entretanto, não é a realidade de grande parte das instituições

sobretudo pelo legado tecnológico deixado por um software em uma determinada instituição.

Um legado tecnológico está associado ao emprego de softwares descontinuados ou desatualizados, o que abre brechas para operações manuais dentro dos sistemas e, logo, a falhas (FEATHERS, 2004). Em uma perspectiva dos sistemas WebGIS, sistemas legados trazem ainda mais uma desvantagem: o desuso.

Sistemas de mapas na Web ainda são uma tecnologia recente, logo, é comum o emprego de frameworks que utilizam tecnologias defasadas devido à sua rápida obsolescência. Com esta desatualização os mapas se tornam lentos, pouco atualizados e logo deixam de ser empregados pela administração e pelos munícipes, públicos-alvo destes sistemas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Passa-se a abordar conceitos importantes para a compreensão de um framework para disponibilização de informações geoespaciais, abordando a natureza da informação geográfica no âmbito municipal, a que este se destinará a apresentar, e as tecnologias envolvidas na disponibilização da informação geográfica na Web.

2.1 A informação geográfica no âmbito municipal

2.1.1 Cadastro Territorial Multifinalitário no Brasil

O Cadastro brasileiro no âmbito urbano surge a partir da Constituição de 1946, onde foi institucionalizada a municipalização do país através da definição dos municípios como responsáveis pela arrecadação de seus próprios tributos (CUNHA et al., 2019). Segundo os autores, as primeiras tentativas de criação do Cadastro começaram a surgir na década de 1950 por meio do uso de levantamentos aerofotogramétricos para a composição de bases cadastrais pela empresa Hollerite.

As primeiras definições metodológicas quanto ao Cadastro surgiram junto ao Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico-Administrativo das Pequenas Municipalidades (projeto CIATA) criado em 1973 (SERPRO, 1979). O projeto definia o Cadastro Territorial Urbano (CTU) como:

Um conjunto de informações da área urbana que são levantadas e devem ser mantidas permanentemente atualizadas pelas municipalidades. Essas informações referem-se aos imóveis urbanos, valores dos imóveis, identificação dos contribuintes, obras públicas e particulares, serviços urbanos e ocupação do espaço urbano (SERPRO, 1979).

Os manuais na época definiram que os dados cadastrais deveriam ser coletados junto ao Boletim de Cadastro Imobiliário (BCI), trazendo o conceito da inscrição cadastral composta pelas entidades Distrito, Setor, Quadra, Lote e Unidade. A inscrição cadastral sobreviveu ao fim do projeto CIATA, causado pela reforma administrativa realizada pelo governo Collor, se tornando um elemento importante nos bancos de dados cadastrais como um identificador único do imóvel.

Apesar do sucesso do projeto CIATA, não havia um marco legal de institucionalização necessário para dar continuidade às políticas implantadas. Foi só com a Constituição Federal de 1988, que trouxe aos municípios a responsabilidade

de implementar ferramentas de desenvolvimento urbano e promover o cumprimento da função social da cidade nos Artigos 182 e 183 (BRASIL, 1988) que o Cadastro tomou novas perspectivas. No entanto, somente na próxima década as iniciativas de normatização dos dados cadastrais seriam retomadas por parte da União.

Em relação ao âmbito técnico foram publicadas poucas normas para a padronização de levantamentos cadastrais e criação de subsídios técnicos para tais execuções. Criada pela NBR 14.166 em 1998, a Rede de Referência Cadastral Municipal (RRCM) estabeleceu o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) como base para a realização de levantamentos cadastrais.

O produto, composto por marcos geodésicos de alta precisão posicionados ao longo da cidade, é referência para a execução de levantamentos para fins cadastrais, possibilitando ao município a criação de uma base cartográfica com o mesmo fim. A norma traz ainda um modelo de decreto para a institucionalização da RRCM, definindo seus elementos constituintes como:

- a) Marcos Geodésicos e Referências de Nível de Precisão;
- b) Marcos Geodésicos de apoio imediato e referências de nível de apoio imediato, implantados para densificação da rede e para apoio de levantamentos topográficos e aerofotogramétricos;
- c) Pontos topográficos e referências de nível topográficas executados a partir de apoio geodésico;
- d) Pontos de referência para estrutura fundiária materializados no terreno a partir de apoio geodésico;
- e) Pontos de segurança materializados no terreno pelos levantamentos topográficos executados no território municipal;
- f) Pontos de esquina materializados no terreno para a definição de interseção de alinhamentos de duas faces de quadra; e
- g) Pontos de referência utilizados como geocódigos (de quadra, de gleba e de segmento de logradouro) (ABNT, 1998).

A NBR 14.166 estabelece ainda os elementos constituintes do Sistema Cartográfico Municipal (SCM):

- a) Folhas de carta do IBGE em escala 1:100.000 e/ou 1:50.000;
- b) Folhas de carta na escala 1:10.000, que abrangem o território municipal;
- c) Plantas de Referência Cadastral, na escala 1:5.000, integrantes dos cadastros técnico e imobiliário fiscal do Município;
- d) Plantas indicativas de equipamentos urbanos, na escala 1:5.000, obtidas a partir de Plantas de Referência Cadastral integrantes dos cadastros técnico e imobiliário fiscal do Município;

- e) Plantas de Valores Genéricos de Terreno, na escala 1:5.000, obtidas a partir das Plantas de Referência Cadastral, integrantes do cadastro imobiliário fiscal do Município;
- f) Plantas Cadastrais Municipais, na escala 1:1.000 da área urbana e 1:5.000 da área rural, integrantes do cadastro técnico do Município;
- g) Plantas de Quadra, na escala 1:1.000 (ou 1:5.000), obtidas a partir das plantas cadastrais municipais, integrantes do cadastro imobiliário fiscal do Município;
- h) Arquivos magnéticos correspondentes aos levantamentos topográficos e/ou aerofotogramétricos realizados pela Prefeitura do Município ou através de convênios. (ABNT, 1998).

Com tais definições, dava-se por iniciada a produção cartográfica cadastral normatizada nos municípios brasileiros. A RRCM, conforme a definição trazida pela NBR 14.166, constitui apenas o elemento inicial dos levantamentos cadastrais, faltando ainda a definição normativa relativa à produção dos demais elementos da cartografia cadastral como as parcelas, seus vértices, entre outros³. Com a publicação do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) ficou evidente a necessidade de se estabelecer instrumentos para o cumprimento da função social da cidade, prevista na Constituição Federal, instrumentos estes que só poderiam ser executados com a correta disposição de dados provenientes do Cadastro Territorial.

Com o objetivo de iniciar uma capacitação nacional dos municípios para a implementação das novas políticas nacionais de desenvolvimento urbano criou-se, em 2003, o Ministério das Cidades. Entre suas primeiras ações, destaca-se a criação do Programa Nacional de Capacitação de Cidades (PNCC), que possuía como objetivo levar aos gestores e técnicos municipais as ferramentas necessárias ao desenvolvimento, entre elas o Cadastro Territorial agora sob uma perspectiva multifinalitária de acordo com tendências internacionais (CUNHA et al., 2019).

As ações de capacitação surtiram efeito e diversos municípios começaram a produzir seus próprios Cadastros, no entanto, a ausência de regulamentação quanto à produção destes dados prejudicava seu uso multifinalitário, uma vez que a produção contava com uma finalidade quase exclusivamente tributária. Tendo em vista tal diagnóstico, o Ministério das Cidades criou em 2007 o Grupo de Trabalho Cadastro (BRASIL, 2008b), objetivando aprimorar os conhecimentos sobre o tema e estabelecer diretrizes para a realização do Cadastro no Brasil.

³ A Seção 2.1.2 aborda os elementos da Cartografia Cadastral em maiores detalhes.

O trabalho do grupo culminou na publicação da Portaria 511 em 2009, que instituiu o CTM como o "inventário territorial oficial e sistemático do município sendo este embasado no levantamento dos limites de cada parcela, que recebe uma identificação numérica inequívoca" (BRASIL, 2009). Cabe ressaltar nesta definição dois conceitos: a parcela e sua identificação inequívoca.

A parcela, definida como a menor unidade do CTM, é uma parte contígua do território com regime jurídico único. Por sua vez, a identificação inequívoca da parcela retoma o conceito da inscrição cadastral dado pelo CIATA, ainda que não sendo obrigatoriamente a atribuição deste código à mesma. Ao associar essas duas entidades pode-se entender a unidade cadastral como um subelemento da parcela, constituída por um conjunto de edificações exclusivas à esta e a área em comum, compondo sua fração ideal; o lote como a parcela cadastral, dada pelo conjunto das frações ideais de cada unidade cadastral que a compõem; a quadra como um conjunto de lotes, e assim por diante.

A tratativa da portaria foi a última a ser promulgada no Brasil até a data de compilação deste trabalho. Entretanto, encontra-se em tramitação legislativa uma tentativa de tornar obrigatória a Portaria 511 através do Projeto de Lei nº 3.876, que busca estabelecer "normas para elaboração do cadastro territorial no município" (RODRIGUES, 2015). Tal projeto foi arquivado em 2018 e desarquivado em 2019, de forma que atualmente aguarda parecer da Comissão de Finanças e Tributação.

2.1.2 Os elementos da cartografia municipal

A cartografia municipal é orientada pela redação dada pela NBR 14.166 que define o SCM como:

Conjunto de documentos cartográficos [...] constituído pelas folhas da Carta Topográfica do Município, pelas folhas da Planta Cadastral Municipal, da Planta de Referência Cadastral, das Plantas Indicativas de Equipamentos Urbanos, da Planta de Valores Genéricos de Terreno e das Plantas de Quadra (ABNT, 1998).

O SCM objetiva reunir e sistematizar a cartografia cadastral, produzida com base na RRCM, junto às informações temáticas produzidas no âmbito municipal e que devem se basear nesta. A definição de cartografia cadastral é dada através da definição de seu produto primário, a Carta Cadastral, representação cartográfica cuja função básica, como afirma Hasenack (2013) é:

Representar os limites legais das parcelas territoriais e os vértices do polígono formado com as demarcações; a numeração das parcelas (identificador inequívoco para cada parcela); os limites entre setores cadastrais, distritos, municípios, estados, países; os topônimos de arruamentos e o tipo de uso atual do solo (BRASIL, 2009). (HASENACK, 2013)

Philips (2004) adiciona aos constituintes da cartografia cadastral a rede de referência cadastral e a propriedade legal das parcelas, informação esta que deve ser integrada ao Registro de Imóveis (RI) objetivando a garantia jurídica da propriedade. O autor define ainda que a cartografia cadastral acrescida dos originais de levantamento, bem como os dados alfanuméricos referentes às parcelas territoriais e interligada aos elementos anteriores através de chaves constituem o Sistema Básico Comum (SBC) para o CTM.

As definições trazidas por Hasenack (2013) e Philips (2004) denotam a cartografia necessária à um Cadastro Legal, isto é, aquele onde a representação da parcela cadastral no âmbito municipal e de caráter multifinalitário reflete sua descrição no âmbito notarial com finalidade registral. Entretanto, denota-se que a realidade de boa parte dos municípios brasileiros não condiz com esta análise, uma vez que os cadastros realizados pelo município e pelo RI são conduzidos por vezes separadamente, atendendo cada um à sua finalidade.

Neste sentido, é necessária para a análise deste trabalho a extensão da definição de cartografia cadastral a elementos que caracterizam domínios da parcela cadastral fora do âmbito notarial. Ao entender a cartografia cadastral como uma ferramenta capaz de monitorar a dinâmica de alterações territoriais na cidade é necessário que esta seja capaz de representar limites da parcela territorial além dos oficiais, como ocupações irregulares, regimes de posse e outros fenômenos da relação entre a parcela e seu domínio jurídico.

Hasenack (2013) também apresenta os conceitos de Carta Topográfica e Carta Temática. Para o autor, a descrição de lugares e fenômenos visíveis em campo como acidentes topográficos, infraestrutura urbana e corpos d'água é conteúdo da Carta Topográfica. Já a representação de temas específicos através de símbolos qualitativos ou quantitativos dispostos sobre uma base cartográfica de referência, como a planta de valores de terreno e zoneamentos municipais, é o conteúdo da Carta Temática (IBGE, 1999).

Na mais recente definição brasileira de CTM, dada pela Portaria 511 (BRASIL, 2009), são entendidas como feições temáticas as informações referentes aos “cadastros fiscal, de logradouros, de edificações, de infraestrutura, ambiental, socioeconômico, entre outros”. A cartografia temática é então a composição da cartografia cadastral, como base de referência, acrescida das representações gráficas dos cadastros temáticos (HASENACK, 2013).

No âmbito da cartografia digital entende-se que as informações do SCM devem ser compreendidas através de camadas, em paralelo às ‘folhas’ especificadas pela NBR 14.166. Neste sentido, as camadas relativas à Carta Cadastral são compostas pelos elementos definidores da parcela e seus identificadores, a Carta Topográfica é composta de elementos abstraídos do mundo real, como curvas de nível e infraestrutura urbana, e, por fim, a Carta Temática é composta de elementos construídos tendo as duas primeiras como referências, tais como o zoneamento, bairros, entre outros.

Em resumo, pode-se elencar os elementos presentes na cartografia municipal como os componentes do SCM, dado pela representação gráfica dos cadastros temáticos; as feições urbanas presentes nas cartas topográficas e de estruturas urbanas e a cartografia cadastral, dada pela representação gráfica e literal SBC, sendo este composto por:

- a Rede de Referência Cadastral Municipal;
- os limites e vértices da Parcela Cadastral;
- os limites entre setores e distritos;
- os limites políticos;
- os topônimos de arruamentos;
- o tipo de uso atual do solo e,
- a propriedade legal da parcela, obtida através da ligação junto ao RI.

2.1.3 O uso das informações geográficas nos municípios

Observa-se que a informação cadastral, quando produzida para cumprir os requisitos do SCM, é constituído por uma abundância de informações espaciais. Ao somar a estas a diversidade de demandas temáticas necessárias ao planejamento e

gestão municipal é possível a constituição de um vasto banco de dados geoespaciais dentro do município.

O uso da informação geoespacial em organizações ocorre em maior ou menor grau a depender do nível de conhecimento do usuário ao utilizá-lo. Neste sentido, o desenvolvimento tecnológico de uma organização atua como um catalizador do uso das informações geoespaciais ao possibilitar ao usuário um maior número de ferramentas e interfaces para que possa aplicar seu conhecimento. No caso de prefeituras, entende-se que o desenvolvimento tecnológico está diretamente ligado à disponibilidade de recursos financeiros, pessoais e tecnológicos da organização.

Silva e Camboim (2020) corroboram com tal conclusão através da análise da eficiência de IDEs dentro de prefeituras. Os autores demonstram por meio de índices que avaliam os usuários, as normas e os padrões das informações geoespaciais, que o uso adequado das informações no contexto de uma IDE apresenta alta correlação com a receita do município.

Tal diagnóstico não é inesperado. A aquisição das informações geoespaciais requer a contratação de serviços onerosos para as gestões municipais; a manutenção adequada dos dados requer profissionais capacitados nem sempre presentes nas pequenas e médias prefeituras e, por fim, seu uso adequado requer a existência de uma cultura de difusão da informação espacial e a disponibilidade de ferramentas adequadas ao nível profissional dos seus usuários, nem sempre presentes.

A Seção 3 apresenta análises do uso e governança de informações geoespaciais em prefeituras brasileiras realizadas pelo autor, enquanto participante de projetos de CTM realizados pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), através do Setor de Engenharia de Agrimensura do Departamento de Engenharia Civil.

2.2 Armazenamento de Bases de Dados Cadastrais

Como denotado na seção anterior, as bases de dados cadastrais em um município são compostas de diversas camadas e devem servir às diferentes necessidades municipais. Com o novo paradigma da cartografia digital, em que os dados analógicos dão lugar a informações digitais, com imagens aéreas de alta resolução e dados abertos disponibilizados na Web, é necessário que as prefeituras se mantenham atualizadas tecnologicamente de forma a possibilitar o

aperfeiçoamento de seus funcionários e, conseqüentemente, o aproveitamento adequado das informações disponíveis.

Em qualquer organização que utilize informações geoespaciais, é comum que diversos usuários façam uso dos dados para as mais diversas finalidades. Existe, então, a necessidade da manutenção e atualização das informações, o que requer um nível de acesso mais elevado aos usuários responsabilizados por esta tarefa do que para os usuários que utilizarão os dados somente para consultas.

Em um primeiro momento, quando se abandona as informações analógicas para o trabalho com informações digitais, é comum que os usuários experimentem formatos de dados mais populares, como shapefiles e arquivos de sistemas CAD. No entanto, na medida em que os usuários vão encontrando mais aplicações para os dados, também aumenta a necessidade de que o gerenciamento destes possua ferramentas que possibilitem maior interoperabilidade, controle de acessos, restrição de informações e mecanismos que garantam sua consistência e integridade.

Silberschatz et al. (2020) elucidam que os sistemas de arquivos convencionais apresentam inúmeras desvantagens como redundância e inconsistência das informações, problemas com acesso concorrente dos dados e dificuldades de estabelecer padrões de segurança para as informações, além disso, elenca-se a dificuldade de organização dos dados em uma organização com múltiplos usuários e níveis de acesso distintos. Para solucionar tais problemas, bem como trazer outras funcionalidades para uma base de dados, emprega-se os Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBD).

2.2.1 Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados

De acordo com Silberschatz et al. (2020) um SGBD é uma coleção de dados interrelacionados e um conjunto de programas que permitem acessá-los. Elmasri e Navathe (2015) apresentam que o objetivo do SGBD é facilitar os processos de definição, construção, manipulação e compartilhamento das bases de dados entre diversos tipos de usuários e aplicações.

Entende-se como definição o processo de especificação dos dados a serem armazenados, as estruturas que estes devem tomar e as restrições a que devem obedecer. Já o processo de construção está relacionado ao armazenamento das

informações na base de dados. A manipulação, por sua vez, permite que os usuários consultem, atualizem ou modifiquem os dados na base, ao passo que o compartilhamento permite que esta possa ser utilizada por diversos usuários e programas simultaneamente (ELMASRI; NAVATHE, 2015).

Um SGBD possui diversas vantagens em relação ao armazenamento por arquivos convencionais. Neste sentido, Elmasri e Navathe (2015) apresentam características do sistema que permitem maiores ferramentas operacionais e de controle das informações como controle de redundância, restrição de acessos não autorizados, estruturas de pesquisa avançada, sistemas de backup e restauração, automação de ações e mecanismos de restrições semânticas dos dados.

Ao analisar o uso de SGBD em um ambiente cadastral, Marotta e Ferreira (2018) denotam que o dado cadastral possui grande afinidade com a abordagem de um SGBD pela sua própria natureza. Com a utilização de um identificador único para se relacionar com várias informações temáticas à parcela, o CTM tem no SGBD uma grande possibilidade de expansão das suas funcionalidades.

Em um SGBD os dados são armazenados no formato relacional. De acordo com Silberschatz et al. (2020), uma base de dados relacional consiste em uma coleção de tabelas, sendo que para cada uma é associado um nome único. As linhas armazenadas em tabelas são denominadas tuplas e são compostas de informações dispostas em colunas, as quais são comumente denominadas de 'atributos' em SIG.

De acordo com Longley et al. (2015) pode-se classificar um SGBD de acordo com a forma como ele organiza, armazena e recupera dados, sendo separados em três tipos principais: aqueles que utilizam modelos relacionais (SGBDR), modelos objeto (SGBDO) e modelos objeto-relacionais (SGBDOR).

Os SGBDR são compostos de uma estrutura simples: uma tabela bidimensional contendo os atributos de cada tupla. Apesar de tal estrutura simplificada satisfazer os requisitos de grande parte das aplicações voltadas à gerência de dados como recursos humanos, inventários, entre outros, tais sistemas não permitiam o armazenamento de formatos complexos como informações geográficas (LONGLEY et al., 2015).

Para contornar tal situação surgem os SGBDO, que permitem o armazenamento persistente em disco e a execução de pesquisas em formatos complexos, como a informação geométrica. Apesar da nova funcionalidade, o sistema não se provou tão eficaz quanto seu predecessor, pois não é possível o armazenamento e recuperação de informações simples junto a objetos complexos (LONGLEY et al., 2015).

A solução para tais problemas se deu com a criação dos sistemas objeto-relacional (SGBDOR), que adicionam capacidades de pesquisa e armazenamento de informações relacionais aos SGBDO. Neste sentido, um SGBDOR pode armazenar tanto as informações complexas, como os tipos geométricos, quanto os atributos relacionados a este, como nome, cor, tamanho, entre outros (LONGLEY et al., 2015).

Atualmente existem diversos SGBD que possuem a funcionalidade de armazenamento de dados geométricos nos SGBDOR, entre eles o IBM DB2, Microsoft SQL Server, Oracle e PostgreSQL, que será tratado em tópico posterior. Ao banco de dados que permite o armazenamento de informações geométricas em um sistema de coordenadas terrestre, bem como as informações literais associadas à estas dá-se o nome de Banco de Dados Geográficos (BDG) (GONÇALVES, 2008)

2.2.2 Bancos de Dados Geográficos

Um BDG utilizado junto a um SGBD se propõe a armazenar e dispor de ferramentas que permitam a análise de dados espaciais e geográficos. O sistema difere daquele que lida com um banco de dados convencional principalmente pelos tipos de dados a serem armazenados, que deixam de ser descritivos e tomam formas espaciais (GONÇALVES, 2008). De acordo com o autor tal característica, no entanto, ainda não o faz um BDG, sendo necessária a associação da geometria a um sistema de coordenadas.

Com o propósito de diferenciar um SGBD que armazena e manipula com dados em um BDG denominaremos este como um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Geográficos (SGBDG).

Um SGBDG realiza o armazenamento e interpretação das informações geográficas utilizando diversos padrões definidos nas diretrizes OpenGIS como o Well-Known Text (WKT) e Well-Known Binary (WKB) (HERRING, 2011). Tais formatos

permitem que os SGBDG realizem o armazenamento das informações de forma literal através de cadeias de texto. Os mesmos padrões também são utilizados pelos SIG para a recuperação e escrita dos dados no SGBDG, dessa forma, permitem a manipulação da informação geográfica e interoperabilidade entre diversos tipos de sistemas (STOLZE, 2003).

Como já explicitado, o uso de um SGBDG se torna mais necessário conforme aumenta o tamanho de uma organização e seu nível de uso dos dados espaciais. No entanto, mesmo pequenos municípios que utilizem em nível reduzido as informações geográficas podem tirar proveito dos sistemas, sobretudo no âmbito cadastral.

Um SGBDG permite, por exemplo, a criação de regras de restrição topológica que permitam acusar a sobreposição entre parcelas de um município durante as fases de produção cadastral. No mesmo sentido, pode-se utilizar de regras de construção de tabelas derivadas que permitem a criação de polígonos a partir de linhas, evitando erros de sobreposição e lacunas entre os lotes, como os descritos anteriormente, empregando vistas dinâmicas de dados, funções de poligonização e de junção.

O sistema permite ainda a criação de regras que relacionam as informações geográficas e literais de um elemento, buscando por erros topológicos e semânticos. Através deste artifício pode-se detectar, por exemplo, situações em que uma edificação armazenada no banco invade a área de um lote (informação geográfica) com diferente inscrição cadastral (informação literal).

Como visto, o uso de um SGBDG tem grande potencial de ampliar a funcionalidade dos SIG, automatizando processos onerosos e permitindo diversos tipos de controle sobre a base de dados. As relações demonstradas ocorrem dentro do sistema através de atributos denominados chaves, podendo ser, por exemplo, a inscrição cadastral que liga um determinado lote cadastral às suas respectivas unidades autônomas.

Para que estas relações sejam possíveis e eficazes é necessário um modelo de dados ou modelagem conceitual, que consiste em um conjunto de construtores para descrever e representar aspectos do mundo real em um computador (LONGLEY et al., 2015).

2.2.3 Modelagem Conceitual de Banco de Dados

De acordo com Lisboa Filho (2000) a modelagem conceitual de uma base de dados é o processo de abstração da realidade dos elementos necessários à representação desta. Tal ferramenta, segundo Gonçalves (2008), permite descrever os dados, as relações entre si e suas regras de consistência.

O processo de abstração das entidades presentes no mundo real é uma parte do desenvolvimento de qualquer sistema de informação. Casanova et al. (2005) apresentam que a qualidade com a qual o sistema transpõe as informações no mundo real para a sua representação na implementação computacional é fator determinante para o sucesso deste.

Neste sentido, entende-se que a modelagem conceitual se presta a auxiliar no entendimento do sistema, decompondo-o em componentes que permitem analisar com maior ou menor grau de complexidade a estrutura da base de dados que o forma (CASANOVA et al., 2005). Longley et al. (2015) apresentam que a abstração dos dados na modelagem conceitual é realizada através de quatro níveis em decrescente nível de abstração: o nível da realidade, o nível conceitual, o nível lógico e o nível físico.

No mundo da realidade têm-se os fenômenos a serem representados no banco de dados como prédios, arruamentos, topônimos, parcelas, municípios e seus dados, entre outros. O nível conceitual permite a criação de um modelo parcialmente estruturado que seleciona os aspectos do mundo real que devem ser representados na base de dados, bem como operações que sejam relevantes a uma determinada aplicação desta.

O nível lógico, por sua vez, permite a representação através de um conjunto de conceitos formais dos fenômenos do mundo real que devem ser representados na base de dados, buscando ainda representar as relações entre estes. Por fim, no nível físico define-se padrões, formas de armazenamento e estruturação dos dados para a implementação das representações realizadas no nível lógico (CASANOVA et al., 2005).

Na realidade municipal a modelagem conceitual se mostra de grande importância. Neste sentido, a ferramenta permite criar padrões para a coleta,

processamento e disponibilização dos dados, minimizando assim os custos para aquisição dos dados (GONÇALVES, 2008) e possibilitando maiores funcionalidades às informações coletadas.

No contexto de elaboração de um framework para a disponibilização de dados cadastrais na Web, a modelagem conceitual se mostra uma importante aliada no sentido de permitir a reutilização do sistema. Sendo assim, é através da modelagem conceitual que o sistema atinge funcionalidades com a pesquisa por diferentes níveis das entidades cadastrais, associação à sistemas auxiliares de controle de arquivos ou mídias, entre outros.

O processo de modelagem conceitual é realizado através de estruturas de dados semânticos e orientadas a objetos, tais como o Entidade-Relacional (ER) (CHEN, 1976), o Unified Modeling Language (UML) (RUMBAUGH; JACOBSON; BOOCH, 1999), o Object Modeling Technique (OMT) (RUMBAUGH et al., 1991), entre outros. No entanto, Borges, Davis e Laender (2001) apresentam que, apesar da ótima adequabilidade destes modelos para explicar sistemas de banco de dados convencionais, estes ainda apresentam limitações para a modelagem de aplicações geográficas por não possuírem primitivas apropriadas para a representação de dados espaciais.

Objetivando expandir as ferramentas de alguns modelos para a representação espacial criam-se modelos como o Object Modeling Technique for Geographic Applications (OMT-G) (BORGES; DAVIS; LAENDER, 2001), GeoFrame (LISBOA FILHO, J, 1997), GeoOOA (KOSTERS; PAGEL; SIX, 1997), entre outros. Tais modelos ampliam as funcionalidades dos modelos já existentes ao permitir a representação e abstração tanto de conceitos e entidades espaciais quanto seus inter-relacionamentos (CASANOVA et al., 2005).

De forma a possibilitar maior interlocução entre os elementos de modelagem conceitual explorados neste trabalho e normas já existentes no Brasil, será abordado em maior profundidade o modelo OMT-G, desenvolvido por Borges, Davis e Laender (2001) e utilizado para a descrição do esquema de dados da ET-EDGV (CONCAR, 2017).

2.2.4 OMT-G

O modelo OMT-G parte das primitivas definidas no modelo UML para a criação do diagrama de classes, modificando-o para incluir aquelas necessárias à representação semântica da modelagem conceitual de um BDG e introduzindo ferramentas para a representação de análises espaciais, transformações geométricas e processos de apresentação dos dados. O OMT-G se baseia em três conceitos principais: classes, relacionamentos e restrições de integridade principal (CASANOVA et al., 2005).

As restrições de integridade são ferramentas importantes para o controle das informações de um banco de dados. Em aplicações de dados convencionais é comum o uso de restrições de domínio, de chave, integridade referencial e de integridade semântica (ELMASRI; NAVATHE, 2015). O OMT-G estende esta funcionalidade para o espaço geográfico, permitindo que o analista especifique tanto restrições topológicas como 'contém', 'está contido', 'toca', 'intercepta', entre outros, como também restrições semânticas necessárias à determinadas aplicações, como 'pelo menos à 200 metros de' ou 'próximo a'. De acordo com Borges, Davis e Laender (2001), as restrições de integridade podem ser armazenadas e garantidas por um repositório ativo, seja através de regras topológicas simples e inerentes à sistemas SIG, quanto regras aplicadas através de algoritmos de análise espacial.

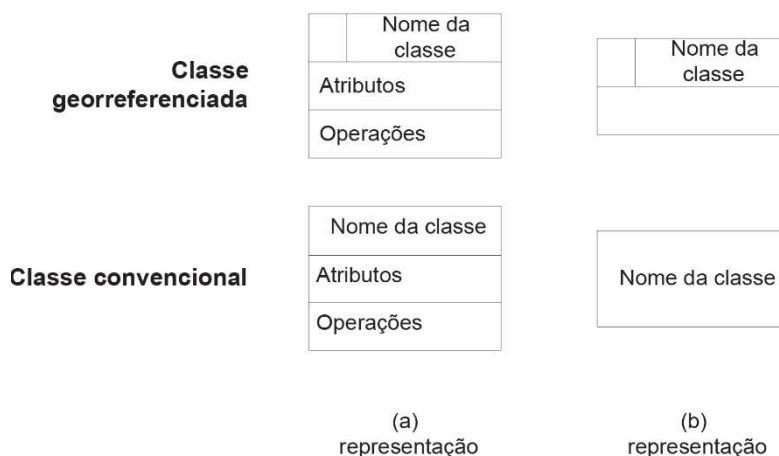
Em um modelo conceitual denomina-se classe toda entidade constituída no banco de dados, podendo ser tabelas, camadas com geometrias, imagens, entre outros. Para a definição e estruturação das classes utiliza-se o diagrama de classes, herdado do modelo UML. O OMT-G propõe ainda o uso de mais dois diagramas: o diagrama de transformação, utilizado para especificar o processo de transformação geométrica ou semântica de uma classe para sua representação, e o diagrama de apresentação, utilizado para especificar as alternativas de visualização que cada representação pode assumir.

As classes definidas no OMT-G representam três grandes grupos de objetos: fenômenos contínuos no espaço, objetos discretos e objetos não espaciais. As classes do OMT-G podem ser convencionais ou georreferenciadas. A classe convencional descreve o conjunto de dados que não está associado diretamente a

nenhuma representação geométrica, já a classe georreferenciada está associada a uma ou mais representações geográficas.

A notação gráfica para a representação das classes é composta por dois ou três retângulos como apresentado na Figura 1. No espaço superior indica-se o nome da classe, que deve ser único, sendo que em classes georreferenciadas define-se ainda a primitiva geométrica no canto superior esquerdo. No espaço inferior define-se os atributos da classe e as operações às quais a classe está sujeita, tal informação pode ser suprimida na representação simplificada do modelo.

Figura 1 - Notação gráfica no OMT-G



Fonte: Casanova et al. (2005).

De acordo com Longley et al. (2015), as duas formas fundamentais de representação geográfica envolvem objetos discretos e campos contínuos, sendo que o OMT-G retoma tais conceitos através das primitivas geográficas para geo-objetos e geo-campos. Os geo-objetos definem fenômenos descritos dentro de uma fronteira fechada, como pontos, linhas e polígonos. Já os geo-campos são compostos por fenômenos contínuos no espaço e constituídos no OMT-G pelas primitivas isolinhas, amostragem, tesselação, rede triangular irregular (TIN) e subdivisão planar.

O modelo OMT-G permite, ainda, a representação de um terceiro plano de informações dentro do conceito de geo-objetos: as redes. Uma rede é composta pelas primitivas arco e nó, onde ambos possuem atributos e regras topológicas para sua existência. A Figura 2 apresenta as primitivas geográficas do OMT-G para os geo-objetos que possuem apenas geometria (ponto, linha, polígono) que foram utilizados neste trabalho.

Figura 2 - Primitivas Geométricas do OMT-G

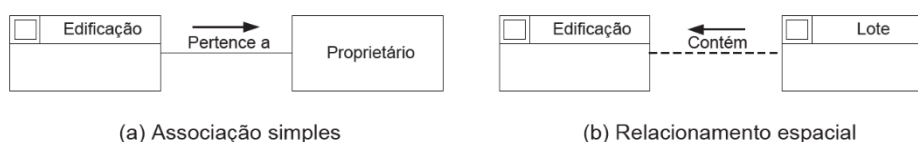
Geo-objetos com geometria

Fonte: Adaptado de Casanova et al. (2005).

Em um banco de dados é comum que uma classe referencie a outra como, por exemplo, uma unidade cadastral pode se associar a um proprietário através de um código, em modelagem conceitual tal fenômeno é denominado relacionamento. No OMT-G os relacionamentos podem ser associações simples, como a descrita, relacionamentos espaciais ou relacionamentos em rede. A notação gráfica para um relacionamento por associação simples é dada por um segmento reto entre as duas classes (Figura 3.a), tal como no modelo UML. O nome do relacionamento é descrito acima da linha com uma seta para orientar sua leitura.

Já os relacionamentos espaciais objetivam apresentar relações topológicas, métricas, de ordem e fuzzy (BORGES; DAVIS; LAENDER, 2001). Existem situações em que os relacionamentos derivam automaticamente da forma do objeto ou por alguma análise espacial, por exemplo, o polígono de um lote cadastral não deve se sobrepor a outro. Em outros casos a relação deve ser especificada de forma que o BDG possa armazenar e manter atualizada tal informação, denomina-se tais tipos de relações como explícitas (CASANOVA, 2005 apud PEUQUET, 1984). A notação gráfica para relacionamentos espaciais é dada por uma linha tracejada (Figura 3.b).

Figura 3 - Relacionamentos no OMT-G



Fonte: Adaptado de Casanova et al. (2005).

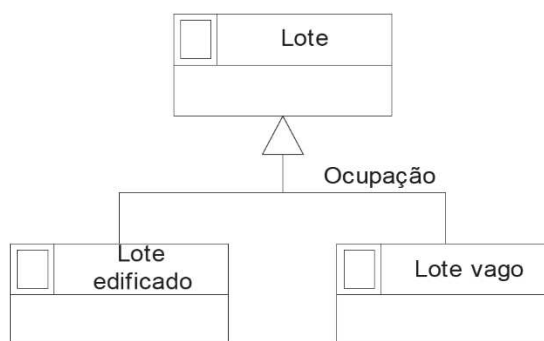
Na modelagem de relacionamentos, além de representar como uma classe se relaciona com as demais, é possível informar qual a ordem deste relacionamento por

meio da cardinalidade. O modelo OMT-G utiliza a mesma notação do UML considerando os casos em que uma classe se relaciona com zero ou nenhuma da classe relacionada, uma ou mais, zero ou um, exatamente um e no caso em que vários elementos da classe se relacionam com vários elementos de outra (muitos para muitos).

A modelagem conceitual permite exprimir tipos de relacionamentos especiais, pode-se por exemplo realizar a definição de superclasses e subclasses, o que pode ser útil para a definição de classes mais específicas com maior número de atributos ou operações, mas que herdem atributos de suas superclasses. Tal processo denomina-se generalização (quando de subclasses para superclasses) ou especialização (quando de superclasses para subclasses).

Em uma relação de especialização, a classe especializada herda os atributos, operações e demais características da classe genérica. A relação de generalização/especialização pode possuir um discriminador que determina qual propriedade está sendo abstraída. Na Figura 4 é apresentado uma especialização do lote cadastral em lote vago e lote construído, sendo abstraída tal informação através do atributo ocupação do lote. No sentido contrário, lê-se uma generalização das classes Lote Vago e Lote Edificado em Lote.

Figura 4 – Generalização/Especialização no OMT-G

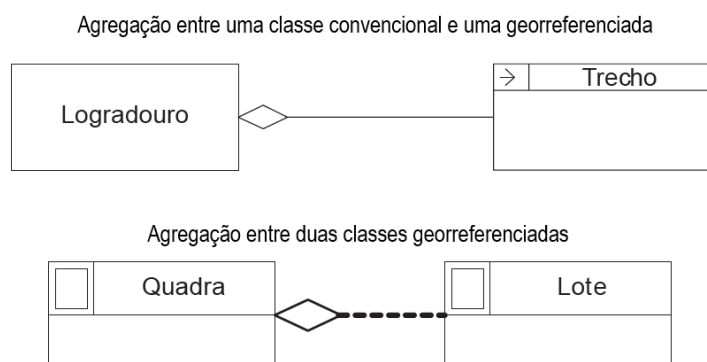


Fonte: Casanova et al. (2005).

Há casos em que o relacionamento entre duas classes denota a composição de uma a partir dos elementos da outra, de forma que na modelagem conceitual este fenômeno denomina-se agregação. No modelo UML a agregação é denotada por uma linha com um losango na ponta. O OMT-G mantém a primitiva, no entanto, para os

casos de agregação entre duas classes espaciais é necessária a utilização da primitiva de agregação espacial, denotada por uma linha tracejada (Figura 5).

Figura 5 - Notação gráfica para agregação no OMT-G



Fonte: Casanova et al. (2005).

A agregação espacial indica que a geometria de cada parte deve estar contida no todo, não sendo permitida a superposição das partes (CASANOVA, 2005). Neste sentido, o uso da ferramenta permite explicitar controles de integridade semântica e evitar possíveis erros na entrada de dados como a sobreposição entre lotes para a geração de uma quadra.

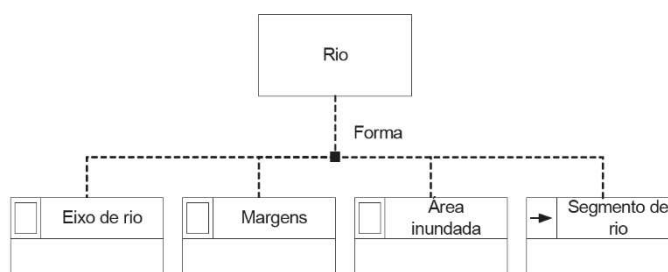
Na representação cartográfica comumente utiliza-se o conceito de generalização, diferente do contexto já descrito, que utiliza a generalização voltada a objetos (ELMASRI e NAVATHE, 2015; CASANOVA et al., 2005). A generalização cartográfica consiste na transformação de um elemento cartográfico objetivando sua melhor representação em um mapa dada uma escala ou contexto.

De acordo com Casanova et al. (2005) a generalização cartográfica pode ocorrer de duas formas: por escala e por forma geométrica. Na primeira uma entidade é representada por diferentes formas geométricas a depender da escala de representação, um rio, por exemplo, pode ser representado por um polígono da área inundada em escala maior ou por uma linha em escala menor.

A generalização por forma geométrica, por sua vez, permite registrar diversas formas geométricas que ocorrem simultaneamente na base de dados, independente da escala (CASANOVA, 2005). Dessa forma, é possível que o banco de dados armazene para a entidade 'rio' um polígono da área inundada, linhas que delimitam a margem dos rios e uma linha do eixo do rio (Figura 6).

A primitiva de generalização cartográfica foi incluída no OMT-G de forma que na generalização, a superclasse não possui uma primitiva geométrica, sendo esta herdada da subclasse em representação.

Figura 6 - Generalização cartográfica de forma no OMT-G



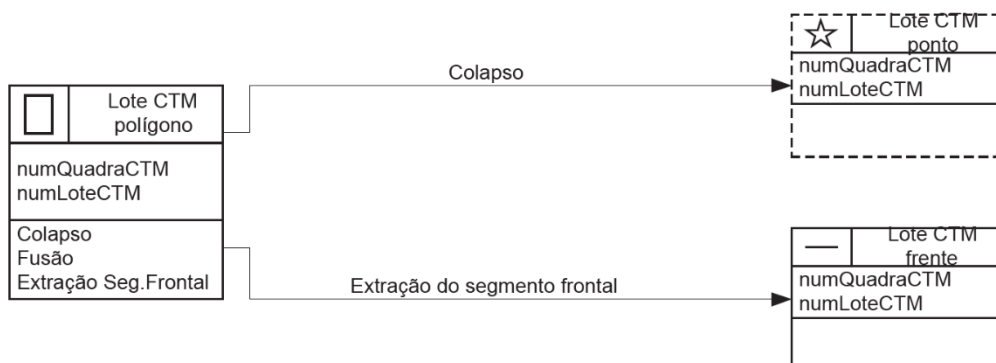
Fonte: Adaptado de Casanova et al. (2005).

Borges, Davis e Laender (2001) consideram que, como tanto a origem quanto o resultado da transformação geométrica de uma classe fazem parte da representação geográfica de uma entidade, tal processo também deve fazer parte da modelagem conceitual. O diagrama de transformação permite a especificação de tais fenômenos através de cadeias de transformação que podem suportar até análises espaciais complexas.

A notação gráfica para o diagrama de transformação é baseada na primitiva do diagrama de classes, devendo ser indicado por uma seta ao final da linha indicando o sentido da transformação. O diagrama permite a identificação de classes materializadas ou temporárias, úteis para a indicação de transformações que necessitem ser armazenadas permanentemente, devido à complexidade da transformação ou tamanho dos dados.

A Figura 7 apresenta o diagrama de transformação de um polígono de lotes em diferentes representações de forma a servir para análises espaciais distintas. Por exemplo, a transformação em ponto permite a rápida localização e identificação de um lote, ao passo que a transformação na linha de frente permite obter métricas da testada principal de um lote.

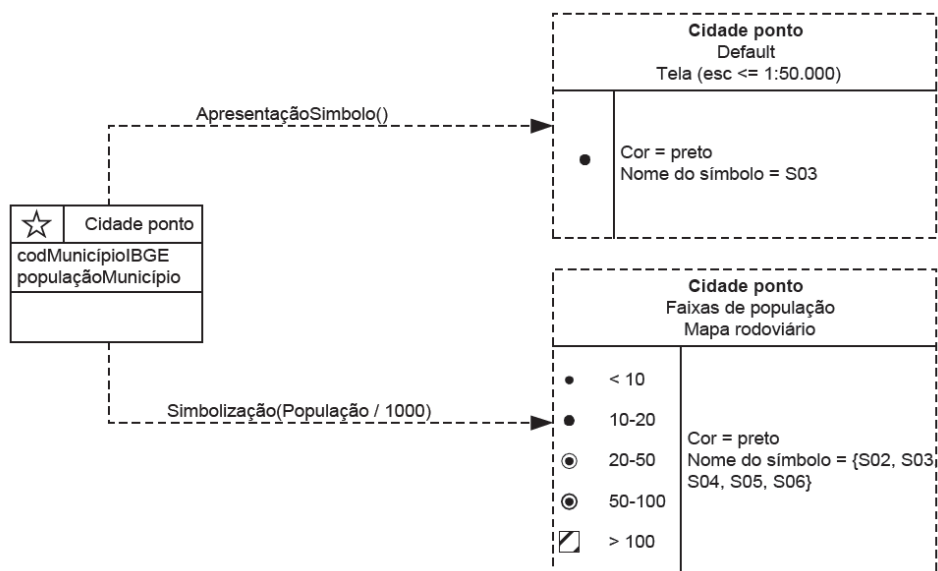
Figura 7 - Diagrama de transformação de um lote



Fonte: Casanova et al. (2005).

O diagrama de apresentação, por sua vez, permite especificar o aspecto visual de diferentes representações obtidas através do diagrama de transformação ou especificadas no diagrama de classes. A notação gráfica é dada por uma linha pontilhada com uma seta, indicando o sentido de apresentação e diferenciando da notação para o diagrama de transformação. A Figura 8 exemplifica a notação.

Figura 8 - Diagrama de apresentação de uma feição pontual de acordo com a temática



Fonte: Casanova et al. (2005).

2.2.5 Normas e padrões para a disponibilização de informações geoespaciais

A criação de IDEs requer não só o aparato tecnológico envolvido na disponibilização da informação geográfica na Web, mas também uma infraestrutura

cultural e normativa de forma a garantir e difundir o uso correto da informação de forma a promover processos de tomada de decisão dentro das organizações. A criação de normas e padrões das informações geoespaciais objetiva viabilizar o compartilhamento de dados de referência, a interoperabilidade entre sistemas e organizações e a otimização de recursos empregados pelos produtores e usuários de dados e informação cartográfica (CONCAR, 2017).

Ao analisar a interoperabilidade dos dados à luz da informação cadastral percebe-se que é neste conceito que há um grande gargalo à utilização de dados entre diferentes organizações. Tomando como exemplo a parcela cadastral, pode-se encontrar diferentes formas de descrição da mesma em diversos municípios e registros de imóveis.

Nos registros notariais brasileiros mais antigos é comum encontrar a descrição da parcela pela sua forma literal, por exemplo: 'a descrição do imóvel de matrícula 123 começa pela esquina entre a Rua X e a Rua Y, subindo pela Rua Y até a divisa com a propriedade de José Alves, virando à direita pelo córrego ao fundo da propriedade até a Rua X e retornando ao ponto inicial, totalizando 200 m²'. Observa-se que tal descrição, possivelmente de um polígono retangular, não possui qualquer informação geográfica ou mesmo geométrica, salvo a área. Além disso, a descrição é sujeita a modificações históricas como a alteração do proprietário José Alves, a mudança de nome das Ruas X e Y ou até mesmo a mudança do local do córrego.

O município, por sua vez, poderá possuir uma descrição do imóvel no formato pontual, datada de um levantamento mais atual, no entanto sem refletir as características geométricas do imóvel, armazenando a informação sobre um imóvel localizado na esquina das Ruas X e Y, com 300 m² de área e 120 m² de área construída. Tal informação, coletada para finalidades tributárias, não permite que haja interoperabilidade entre o RI e a Prefeitura, de forma que seja possível a existência de duas bases de dados sobre uma mesma informação (o imóvel cadastral) mas sem nenhuma consistência entre elas.

O exemplo, ainda que extremo, reflete a ausência de normatização adequada para a produção e disponibilização cartográfica cadastral brasileira. Tal situação melhorou significativamente no âmbito notarial com normas para os processos realizados nos Registros de Imóveis, regulado pelo Código de Normas relativos aos

serviços notariais e de registro (CGJ, 2013) e outras leis referentes à produção de dados georreferenciados para fins cadastrais⁴. No entanto, no âmbito municipal ainda não há uma padronização adequada para a produção cartográfica que possibilite uma futura integração de dados, objetivo da cartografia cadastral (PHILIPS, 2004).

O tópico da interoperabilidade entre as informações cadastrais faz sentido na discussão da disponibilização das informações geoespaciais pela Web na perspectiva de que, para que um modelo conceitual cadastral seja efetivo, é necessário que a produção de dados seja realizada no sentido de alimentar esta estrutura pré-determinada dos dados. Sendo assim, os próximos tópicos buscam abordar as normativas existentes em âmbito nacional e internacional para a produção de dados cadastrais, bem como estudos existentes no Brasil em busca da melhoria de tal estrutura normativa.

2.2.5.1 Especificação Técnica para Dados Geoespaciais Vetoriais - ET-EDGV

A ET-EDGV surgiu como um esforço para superar a dificuldade de compatibilização entre a produção cartográfica da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (CONCAR, 2017). A norma, criada pela Comissão Nacional de Cartografia (CONCAR) foi apresentada em 2005 e aprovada e homologada em 2006, em sua primeira versão.

O produto criado objetivava regular a produção de dados cartográficos em pequena escala do Sistema Cartográfico Nacional (SCN), de forma a compor a estrutura de dados geoespaciais da Mapoteca Nacional Digital (MND). Na época, o SCN abrangia toda a cartografia realizada pelos órgãos nacionais, tidos como dados de referência. A partir da publicação do Decreto 6.666 em 2008 (BRASIL, 2008a), a MND passa a se tornar a componente de dados da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) e a ET-EDGV passa a regular a entrada de dados na recém criada estrutura, sendo atualizada para sua segunda versão (CONCAR, 2017).

A produção de informações geoespaciais para integração à INDE era feita exclusivamente pelos órgãos federais. Para as informações produzidas fora do âmbito nacional fazia-se necessária a homologação e uma auditoria técnica realizada por

⁴ Lei 10.267/2001 (BRASIL, 2001a), Decreto 9.310/2018 (BRASIL, 2018), entre outros.

uma instituição com autoridade técnica para tal⁵, sendo os dados submetidos à luz da norma para posterior integração à esta. O problema para a análise destes dados era que a própria ET-EDGV não possuía uma especificação adequada para dados produzidos em mapeamentos de grande escala, sendo assim, grande parte dos dados produzidos por entidades privadas, estaduais e municipais ficariam de fora da integração à infraestrutura.

Em 2013, face à grandes eventos esportivos em que o Exército Brasileiro seria o responsável pelas atividades de segurança, a DSG enfrentou o problema da ausência de produção cartográfica padronizada nos municípios, como aponta o próprio documento:

O planejamento e execução das operações nestes eventos exigia o uso de geoinformação do tipo temática de defesa e segurança, além de uma base de dados em grandes escalas, como é o caso das bases cartográficas produzidas pelas prefeituras municipais. Neste contexto, a DSG recebeu a incumbência de prover estes tipos de dados ao Exército Brasileiro.

Por ser uma das organizações provedoras de dados geoespaciais oficiais de referência da cartografia básica (Mapeamento Topográfico de Pequena Escala - MapTopoPE) no nível federal, a DSG não encontrou dificuldades em fornecer este tipo de dados. No entanto, as bases de dados do MapTopoGE (Mapeamento Topográfico de Grande Escala) de cada município, fornecidas ao Exército Brasileiro pelas prefeituras municipais, não seguiam um padrão único, diferentemente da MapTopoPE, que observa o padrão previsto na ET-EDGV. Este fato impossibilitava a interoperabilidade dos sistemas de defesa e segurança, e a sua integração em uma mesma base de dados geoespaciais. (CONCAR, 2017)

Considerando o problema foram realizados diversos estudos⁶ que resultaram em versões preliminares da norma com o objetivo de integrar junto à INDE as bases de dados das capitais Fortaleza, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Brasília e Rio de Janeiro, culminando em 2017 na homologação da versão 3.0 da norma. Esta versão continha, além das normativas para a produção do MapTopoPE, novos modelos de dados para a produção de MapTopoGE, denominada de Cartografia Cadastral.

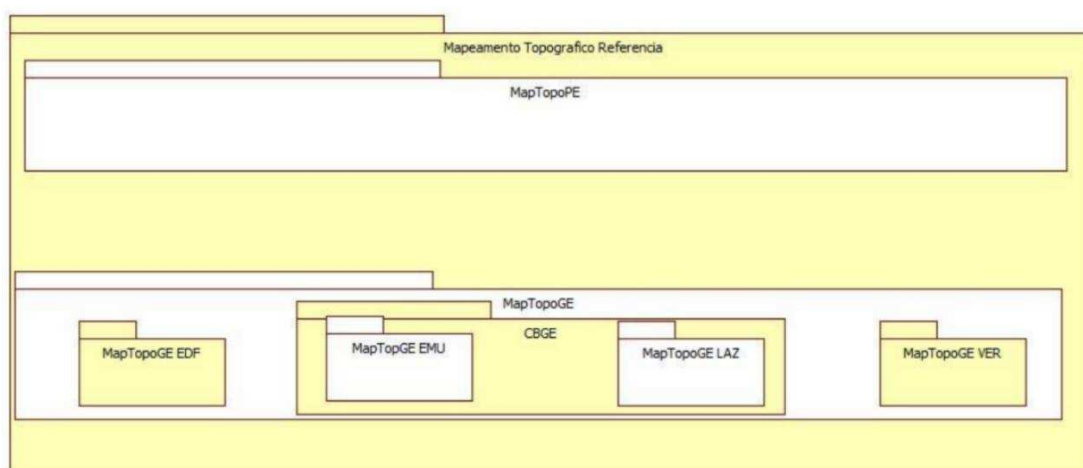
A ET-EDGV se divide em pacotes agrupando planos de informação com características semelhantes. A modelagem conceitual é realizada utilizando o modelo

⁵ A homologação de dados fora do âmbito nacional junto à INDE pode ser realizada pelo IBGE em processos semelhantes ao de integração da IDE-SEFIN, do município de Salvador, à infraestrutura, como apresenta Gimenes et al. (2020).

⁶ Estudos estes que levaram à consolidação das Especificações Técnicas para IDEs do Estado da Bahia (CECAR, 2013), Salvador (SEFAZ, 2017) e Distrito Federal (SEDHAB, 2013), partindo do resultado do trabalho realizado pelo Comitê de Normatização do Mapeamento Cadastral da CONCAR (CNMC) (CONCAR, 2011).

OMT-G e expandindo para conceitos mais atuais do UML, em razão da necessidade de maior especificação dos planos de informação a um nível que as versões mais atuais do OMT-G não satisfaziam (CONCAR, 2017). A Figura 9 apresenta os pacotes do MapTopoGE da ET-EDGV, que, junto aos pacotes do MapTopoPE, compõem o mapeamento topográfico de referência. A Tabela 1 apresenta a descrição do conteúdo destes pacotes.

Figura 9 - Pacotes do Mapeamento Topográfico em Grande Escala - MapTopoGE



Fonte: CONCAR (2017).

Tabela 1 - Pacotes do Mapeamento Topográfico em Grande Escala – MapTopoGE.

Fonte: CONCAR (2017).

Categoria	Definição
Área Verde (VER)	Agrupa as feições que representam os espaços urbanos públicos com predomínio de vegetação.
Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas (CBGE)	Agrupa as feições que representam as classes consideradas básicas e de uso comum no Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas, com exceção das feições altimétricas.
Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas/Cultura e Lazer (LAZ)	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas dos sistemas associados à cultura, lazer e esporte.
Edificações (EDF)	Agrupa as feições que representam os diferentes tipos de edificações no contexto urbano e rural.
Classes Base do Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas/Estrutura de Mobilidade Urbana (EMU)	Agrupa as feições que representam as estruturas físicas relacionadas aos deslocamentos de pessoas e bens dentro de um espaço urbano.

2.2.5.2 Land Administration Domain Model - ISO 19.152

Lançada em 2012, a ISO 19.152, denominada LADM, objetiva estabelecer um modelo conceitual básico para a organização de informações geográficas voltadas para a gestão territorial. Com a proposta de normatizar um modelo cadastral em todo o mundo, o LADM tem por desafio lidar com as grandes diferenças entre os sistemas cadastrais, propondo um modelo conceitual de forma a não substituir os modelos cadastrais já existentes, mas permitir descrevê-los formalmente, dando capacidades à diferentes sistemas cadastrais de entender suas diferenças e similaridades (SANTOS, 2012)

As primeiras proposições do LADM surgiram através do Modelo de Domínio Cadastral proposto pela Federação Internacional dos Geômetras (FIG) em 2002, as propostas permitiriam a comunicação e integração das partes que fazem uso de informações cadastrais visando o propósito "Cadastro 2014". De acordo com Kaufmann e Steudler (1998), o Cadastro 2014 é um conjunto de diretrizes, publicadas durante um evento da FIG em 2004, de forma a orientar um futuro para o desenvolvimento dos sistemas cadastrais em todo o mundo nos próximos dez anos.

Os autores apontam ainda seis princípios básicos que sumarizam o Cadastro 2014:

1. Os sistemas cadastrais deverão apresentar a completa situação legal da terra, incluindo os direitos sobre a qual incidem e as suas restrições;
2. A separação entre mapas e registros deverá ser abolida;
3. O mapeamento cadastral dará lugar à modelagem cadastral, substituindo o tradicional método de levantamento e armazenamento do produto cartográfico pelo levantamento e armazenamento das informações cartográficas em um sistema de informações territoriais;
4. Os sistemas cadastrais deverão abandonar o meio analógico em prol do uso de geotecnologias;
5. O Cadastro deverá ser elaborado majoritariamente pelo setor privado, e os setores públicos deverão buscar parcerias de forma a possibilitar tal situação;
6. O investimento realizado para a criação de um sistema cadastral nestas diretrizes deverá ser recuperado.

O período entre a publicação do primeiro modelo e a publicação da primeira versão da ISO foi marcado pela publicação de diversas versões preliminares do LADM através do Comitê Técnico em Informações Geográficas 211 (TC211) da Organização Internacional de Normalização (ISO). A apreciação e aprovação dos modelos e versões da LADM contou com países como Austrália, Canadá, Dinamarca, Finlândia, Alemanha, Japão, Malásia, Holanda, Reino Unido, Estados Unidos, África do Sul, Tailândia, Arábia Saudita, Espanha e Suécia, além de um grupo de pesquisa criado pela FIG em parceria com a União Europeia. Este grupo conta com organizações e instituições internacionais de mais de 60 países, porém nenhum que representasse a América Latina (SANTOS, 2012).

Atualmente, a ISO 19.152 encontra-se em processo de atualização, sendo substituída pela ISO/AWI 19.152-1. O novo modelo objetiva a inclusão de classes que permitam o armazenamento de informações do Cadastro 3D (VAN OOSTEROM et al., 2018), associando à representação dos dados bidimensionais a representação de feições subterrâneas e aéreas.

O esquema conceitual do LADM se organiza em três pacotes básicos: as partes (Party), a unidade administrativa básica (Administrative) e a unidade espacial (SpatialUnit). O pacote de partes representa os interessados e envolvidos no processo cadastral, ou seja, organizações, pessoas ou grupos de pessoas. A unidade administrativa básica corresponde às restrições, direitos e responsabilidades que incidem sobre cada unidade cadastral. A unidade espacial é composta pelas parcelas, edifícios, infraestrutura e unidades cadastrais, contendo ainda um subpacote referente a levantamento e representação.

Objetivando uma implementação tão simples quanto possível, o LADM oferece um modelo conceitual que não se destina a ser completo para qualquer país, sendo assim, é provável que seja necessária a criação de atributos adicionais, operadores e novas classes para a representação de peculiaridades de cada região (SANTOS, 2012). Neste sentido, entende-se que a criação de normas nacionais deverá partir do LADM no sentido de estabelecer maiores especificações regionais, possibilitando, no futuro, uma integração supranacional. No Brasil a ET-EDGV já emprega esta diretriz para sua própria elaboração, de acordo com a CONCAR (2017), as recomendações para o desenvolvimento das próximas versões da norma deverão manter a compatibilidade com os padrões ISO.

2.2.5.3 Modelos de Dados Geoespaciais Municipais no Brasil

Considerando a ausência de diretrizes para a modelagem dos dados cadastrais no Brasil e a concepção de modelagem do LADM, desenvolveram-se alguns estudos nacionais objetivando aplicar e analisar a aplicabilidade do modelo LADM aos CTM Brasileiros. Apesar das propostas de integração, acredita-se não haver trabalhos acadêmicos no Brasil que demonstrem o emprego em totalidade o LADM como base para a organização dos sistemas cadastrais⁷, sendo que os estudos a seguir apresentam somente propostas que ainda não foram adotadas integralmente pelos respectivos municípios.

Santos (2012) apresenta uma aplicação do modelo no município de Arapiraca (AL), a autora parte do banco de dados cadastrais já existentes do município, recém atualizado à época do estudo, e faz a análise de adequação deste à estrutura proposta pelo LADM. O estudo demonstra que o LADM pode ser aplicável ao caso brasileiro, além disso fornece subsídios para necessidades futuras à cartografia cadastral brasileira, como a integração com os sistemas de RI, prevista pela legislação atual brasileira⁸.

Na mesma linha de estudo da integração ao RI, Paiva (2016) apresenta uma proposta de modelo conceitual que integra a LADM aos dados do Cadastro Imobiliário Urbano do município de São José dos Pinhais - Paraná. A proposta se destaca por compatibilizar o modelo proposto ao modelo existente da ET-EDGV disponível na época, em sua versão 2.0. Destaca-se que no modelo ET-EDGV vigente até então não havia ainda o pacote MapTopoGE, que previa algumas entidades referentes à cartografia cadastral.

Objetivando demonstrar a aplicabilidade do LADM para a modelagem do CTM, Marra (2017) apresenta uma aplicação do modelo no cadastro do Território Quilombola Família Silva, localizado no município de Porto Alegre. O autor destaca a aplicabilidade do LADM para a função, demonstrando mais uma vez o aspecto do

⁷ Informação fornecida pela professora Andrea Tenório Carneiro, referência na área de pesquisa sobre a LADM no Brasil, durante apresentação oral no 14º Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial, ocorrido em 2020.

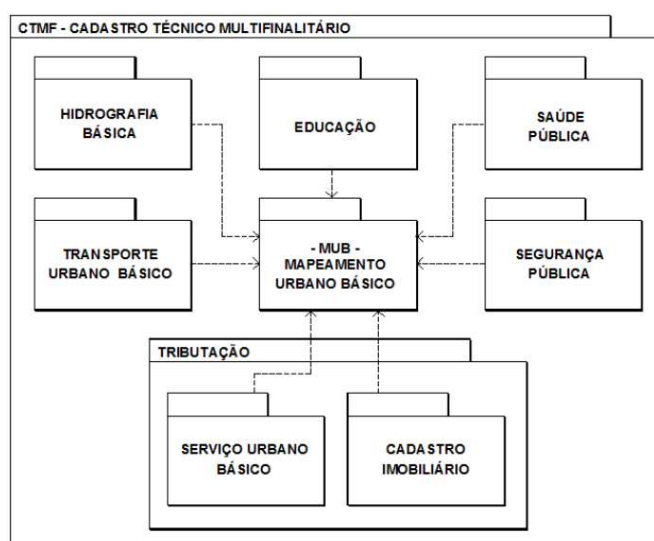
⁸ Na época do estudo, a Portaria 511 do Ministério das Cidades (BRASIL, 2009)

LADM para modelagem dos dados cadastrais no que tange o contexto jurídico e administrativo da informação.

Apesar dos resultados positivos à utilização do LADM para dados cadastrais, entende-se que há um consenso que o modelo não possui como objetivo a modelagem de dados geoespaciais da cartografia cadastral e temática municipal, tendo como foco estabelecer os relacionamentos entre os elementos presentes no espaço urbano e seus direitos e restrições. Neste sentido, entende-se que um modelo conceitual para a cartografia cadastral deve empregar os conceitos do LADM, no sentido de trazer os conceitos de direitos e restrições às informações geoespaciais, mas também estabelecer classes e relações espaciais que atendam às informações geoespaciais presentes na cartografia cadastral e municipal.

Neste sentido, Gonçalves (2008) traz um modelo de dados concebido segundo a visão do Cadastro 2014 que precede a modelagem trazida pela LADM em 2012. O trabalho tem sua relevância principalmente pela análise voltada a municípios de pequeno a médio porte, trazendo ao modelo além de elementos cadastrais os elementos cartográficos presentes nos municípios analisados. O trabalho apresenta no total sete pacotes, como ilustra a Figura 10.

Figura 10 - Pacotes para modelagem do CTM propostos por Gonçalves (2008)



Fonte: Gonçalves (2008).

O pacote MUB consiste nas classes do mapeamento urbano básico do município, considerando aqui a cartografia cadastral dos lotes, quadras, setores, distritos, logradouros etc. Os pacotes Educação, Saúde Pública, Segurança Pública,

Hidrografia Básica e Transporte Urbano Básico se destinam ao armazenamento de dados temáticos que se relacionam ao MUB. Já o pacote Tributação e seus subpacotes Serviço Urbano Básico e Cadastro Imobiliário se destinam a armazenar, respectivamente, a disponibilidade espacial de infraestrutura no município e os dados referentes ao Cadastro para fins tributários do município, como o nome do contribuinte, regimes fiscais, entre outros.

Observa-se que o modelo proposto por Gonçalves (2008) possui uma modelagem com maior enfoque no Cadastro Tributário do município. Analisa-se que tal foco pode favorecer a adoção do modelo em municípios que possuem um Cadastro voltado para a mesma finalidade, criando uma estrutura que possibilite a expansão dos dados para as demais finalidades do CTM posteriormente.

2.2.6 PostgreSQL e PostGIS

Os SGBD figuram de softwares proprietários à iniciativas livres, entretanto, nem todos possuem capacidade de armazenamento de informações geográficas. O PostgreSQL é um SGBDOR baseado no sistema POSTGRES, desenvolvido na Universidade da Califórnia (POSTGRESQL, 2020). O projeto POSTGRES teve início em 1986 no Departamento de Ciências da Computação de Berkeley, sendo que o sistema ganhou a capacidade de uso junto à linguagem de pesquisa estruturada (SQL) em 1994, e lançado em 1996 como PostgreSQL sob licença própria de acordo com os protocolos de licença open-source (MILANI, 2008).

Atualmente o sistema abarca a grande maioria dos padrões SQL, oferecendo ainda diversas funcionalidades modernas como pesquisas complexas, sistemas de chaves, gatilhos, vistas, integridade transacional e controle de concorrência multiversão. Pela natureza da licença livre, o PostgreSQL permite ainda a sua expansão em diversos sentidos, através da adição de novas funções, tipos de dados, operadores, entre outros, tendo como exemplo, a adição da capacidade ao sistema de armazenamento e manipulação de dados espaciais através da sua extensão espacial denominada de o PostGIS.

Já o PostGIS, desenvolvido em 2001 pela Refrations Research e mantido atualmente pela Fundação OSGeo (OSGEO, 2020b), é disponibilizado sob licença livre e garante ao PostgreSQL a capacidade de armazenamento de dados espaciais

conforme os padrões OpenGIS e SQL/MM. Atualmente o sistema conta com suporte à construtores topológicos avançados, suporte à interfaces SIG e sistemas de acesso aos dados pela Web.

Os sistemas são amplamente empregados no Brasil, sendo utilizado como ambiente de análises para implementação dos modelos da ET-EDGV (CONCAR, 2017) em Infraestruturas de Dados Espaciais como a IDE do Estado da Bahia; a IDE Acadêmica da Universidade Federal de Viçosa (SILVA, 2019); SITURB - IDE do Distrito Federal (SEDUH, 2019); Geosampa - IDE do município de São Paulo (MUNDOGEO, 2020); IDE-SEFIN - IDE, do município do Salvador (GIMENES et al., 2020); IDE-SEFAZ - IDE do Estado do Tocantins (BORGES et al., 2020); GeoMG - IDE da PRODEMGE (CHAVES; LAUDARES, 2020); IDE do Serviço Geológico Brasileiro, mantida pela CPRM (MOTA et al., 2020) entre diversos outros.

2.3 Servidores de Mapas

SIGs têm como objetivo armazenar, manipular e divulgar informações cartográficas. Um SIG desenvolvido em ambiente desktop permite que o usuário manipule e compartilhe dados espaciais somente no âmbito local ou em uma rede interna, no entanto, para a publicação da informação geográfica na Web no formato de mapas é necessário o emprego dos servidores de mapas.

Um servidor de mapas permite a comunicação de dados geoespaciais via protocolo Hyper Text Transfer Protocol (HTTP), dessa forma, possibilita que navegadores Web e demais clientes capazes de consumir tal tipo de formato tenham acesso às informações geográficas publicadas. A transmissão de tais informações é realizada através de mecanismos⁹ de processamento do lado do servidor, ou seja, o cliente realiza uma requisição HTTP ao servidor de mapas, este a interpreta, processa os dados solicitados e os retorna em um formato Web ao cliente (HUNTER; CRAWFORD, 2001).

Os servidores de mapas mais modernos se baseiam no paradigma da Arquitetura Orientada a Serviços (SOA, no acrônimo em inglês), que objetiva, dentre outras funções, facilitar a comunicação entre aplicações e bases de dados relacionais.

⁹ Mecanismos de processamento "do lado do servidor", também conhecidos como backend ou server-side processing, são executados através de Servlets, Applets, CGI, FastCGI, entre outros, a Seção 2.3.2 aborda o assunto em mais detalhes.

Erl (2005) apresenta que a motivação para o uso da SOA advém da necessidade de prover dados advindos de uma linguagem relacional no formato consumido por aplicações na Web¹⁰.

A arquitetura SOA para dados geoespaciais é prevista como preferencial para a aquisição e desenvolvimento de sistemas de Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) no Brasil (BRASIL, 2004), sendo uma das principais responsáveis pela garantia de interoperabilidade entre sistemas de comunicação. Segundo Kolodziej (2004) o conceito de interoperabilidade se dá na garantia de intercomunicação no nível de protocolos de comunicação, equipamentos, programas e compatibilidade de dados.

No âmbito dos SIGs, a interoperabilidade garantida pelos servidores de mapas possibilita que, independentemente da fonte de dados utilizada, o cliente que requisita acesso à informação geográfica possuirá as ferramentas necessárias para decifrá-la e exibi-la ao usuário final. Neste contexto, entram em ação os padrões de compartilhamento de dados na Web da Open Geospatial Consortium (OGC), descritos nos próximos tópicos.

2.3.1 Padrões Open Geospatial Consortium

Os padrões OGC são especificações técnicas para informações posicionais e serviços que objetivam torná-las acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis (OGC, 2020). Com o sucesso de aplicações SIG por todo o mundo desde o final dos anos 80 os usuários passaram a enfrentar um problema: a pouca flexibilidade dos sistemas, o que dificultava o compartilhamento adequado de dados geoespaciais devido às restrições de formatos, particularidades operacionais, entre outros.

Diante da pouca flexibilidade dos sistemas que nenhuma organização particular sozinha pudesse resolver criou-se, em 1994, o Open Geospatial Consortium, que lançou em 1997 os primeiros padrões de dados junto à mais de 500 parceiros, entre governos, pesquisadores e empresas produtoras de aplicações SIG (OGC, 2020).

¹⁰ Aplicações Web comumente empregam documentos no formato eXtensible Markup Language (XML). A linguagem permite o armazenamento orientado a objetos no formato textual, ideal para utilização em aplicações na Web pela facilidade de transmissão via HTTP e pela complexidade de armazenamento que o formato permite.

Atualmente os padrões OGC são implementados na grande maioria dos sistemas que consomem e produzem informações geográficas, seja para a especificação de formatos de armazenamento ou para a disponibilização de serviços na Web, como o Web Map Service, Web Map Tile Service e Web Feature Service, formatos empregados neste estudo.

2.3.1.1 Web Map Service

A interface Web Map Service (WMS) provê um protocolo de comunicação entre cliente e servidor através de requisições HTTP de imagens georreferenciadas (OGC, 2010b). A requisição ao servidor é realizada através da linguagem de marcação XML, onde o servidor retorna uma ou mais imagens ao cliente (nos formatos GIF, PNG, JPG, entre outros), além de outras informações a depender da requisição como listagens de atributos e camadas.

A requisição pode ser realizada através de um dos seguintes métodos: GetCapabilities, GetMap, GetFeatureInfo, Exceptions, DescribeLayer e GetLegendGraphic (OSGEO, 2020a). Através do GetCapabilities o usuário solicita ao servidor os metadados do serviço, incluindo as camadas disponíveis e tipos de operações possíveis, a operação é comumente realizada em aplicações SIG no desktop para a obtenção da lista de camadas de um servidor.

Dada uma determinada área e conteúdo, o método GetMap solicita uma imagem do mapa pré-renderizada. O WMS suporta a geração de imagens em qualquer sistema de coordenadas e qualquer retângulo envolvente solicitado, cabe ao servidor da aplicação realizar o processamento da imagem e fornecimento do resultado.

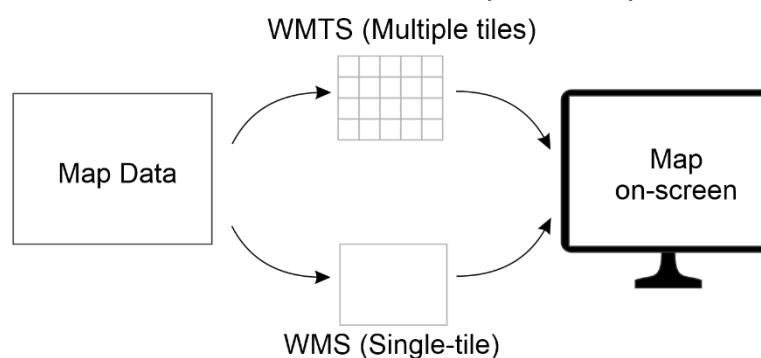
Observa-se que uma das principais características do WMS é que não é possível a separação do mapa ao nível de feição¹¹, bem como não é possível a estilização do mapa do lado do cliente. No entanto, ao realizar uma requisição GetFeatureInfo sob uma determinada área e conteúdo o usuário recebe como resultado os atributos da camada em questão naquela localização, fornecidas ao nível individual.

¹¹ A separação de um mapa a nível de feição permite por exemplo a seleção e manipulação de uma única quadra ou lote no formato vetor.

2.3.1.2 Web Map Tile Service

O Web Map Tile Service (WMTS) é uma derivação do WMS destinada a fornecer as imagens pré-renderizadas (OGC, 2010a). Enquanto o WMS gera uma nova imagem para cada requisição de um determinado retângulo envolvente, o WMTS renderiza pequenas imagens (tiles) para compor a área do retângulo inicialmente solicitado. A Figura 11 ilustra o funcionamento das duas ferramentas.

Figura 11 - Funcionamento do WMS e WMTS para a disponibilização de mapas



Fonte: O Autor.

Ao passo que o WMS é capaz de renderizar múltiplas camadas com eficiência e rapidez, o WMTS apresenta maior lentidão na renderização e no processamento sob demanda. De forma a contornar tal problema, os sistemas atuais utilizam o WMTS mediante pré-renderização, criando uma pirâmide de tiles para diversas escalas, armazenando-as em disco e fornecendo a imagem já renderizada sob requisição. O serviço permite que o usuário manipule o mapa sem que ele tenha carregado completamente, podendo melhorar significativamente a experiência com a manipulação da informação cartográfica.

2.3.1.3 Web Feature Service

O Web Feature Service (WFS) é um protocolo de comunicação com servidores de dados geoespaciais que permite a transmissão de dados no formato vetorial através do protocolo HTTP (OSGEO, 2020a). O WFS utiliza a linguagem Geography Markup Language (GML), uma derivada do XML, para a execução desta tarefa.

O WFS é capaz de fornecer mapas no nível da feição geográfica, permitindo a estilização ao lado do cliente, bem como a interrogação e download de dados individuais. Através da sua variante Web Feature Service Transactional (WFS-T) o

protocolo permite ainda a realização de transações pelo servidor de mapas, utilizando de mecanismos de comunicação bilateral com a base de dados.

A capacidade transacional do WFS-T permite o desenvolvimento de sistemas de mapeamento colaborativo, possibilitando às aplicações o acesso e envio de dados às bases de dados relacionais através da linguagem XML. No Brasil, o protocolo WFS é utilizado por diversos portais que compõem INDE para a disponibilização de dados para download, realce e acesso via SIG.

2.3.2 Tecnologias envolvidas nos servidores de mapas

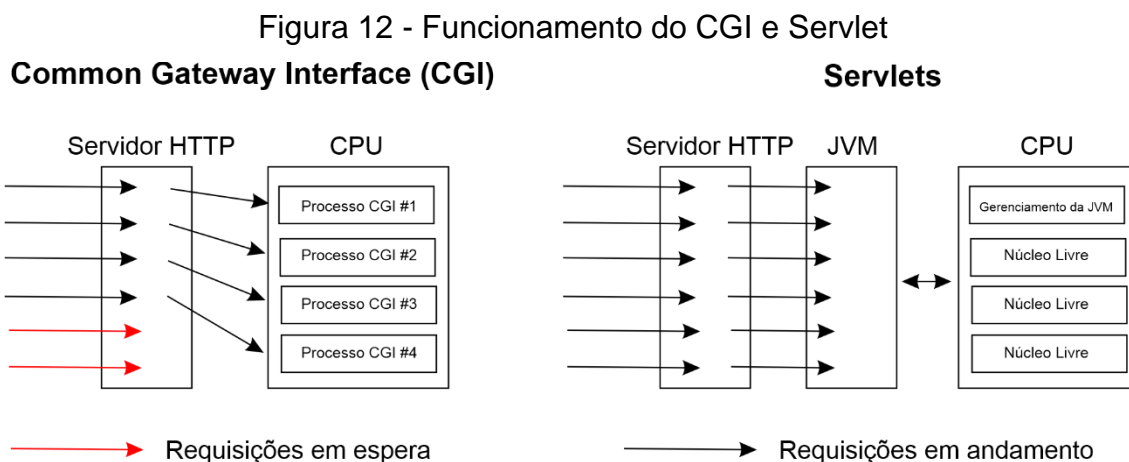
As tecnologias para a disponibilização de mapas na Web evoluem constantemente para atender às mais diversas aplicações disponibilizadas pela Internet. Os servidores de mapas têm o funcionamento semelhante ao de páginas dinâmicas na Web, ou seja, que permitem que o usuário interaja com ela e altere seu conteúdo (MIRANDA, 2003).

A geração de conteúdo dinâmico com diversas funcionalidades nas páginas Web surgiu com novas técnicas de programação nos anos 90, como o Common Gateway Interface (CGI) (HUNTER; CRAWFORD, 2001). Uma aplicação CGI recebe uma requisição e a repassa a uma aplicação interna no servidor, que pode ser desenvolvida em qualquer linguagem, a aplicação retorna ao CGI o resultado da requisição e este a retorna ao usuário, que a interpreta pelo navegador.

O grande gargalo do CGI reside no seu ciclo de funcionamento. Para cada requisição recebida o servidor cria um processo e repassa ao CGI as informações via variáveis de ambiente, impedindo a reutilização de recursos do servidor por processos que ocorrem simultaneamente. Apesar de obsoleto, o CGI ainda é utilizado por grande parte das aplicações que empregam versões antigas do Mapserver, um dos servidores de mapas mais populares e em desenvolvimento desde 1996.

De forma a corrigir o problema do CGI, desenvolveu-se ainda na década de 90 as tecnologias de servlets Java, na época uma linguagem de programação desenvolvida pela Sun Microsystems (MIRANDA, 2003). Os servlets operam dentro de uma máquina virtual Java (JVM, na sigla em inglês) e cada requisição recebida é transmitida ao servlet através de um thread e este, por sua vez, consome os recursos

do servidor conforme necessário, possibilitando a operação de diversos processos simultâneos.



A Figura 12 ilustra o funcionamento de duas máquinas semelhantes com 4 núcleos de processamento, sendo uma com o CGI e outra com servlet, ao lidar com requisições em um servidor HTTP. O CGI ocupa os núcleos de processamento da máquina na ordem de chegada da requisição, sendo assim, requisições realizadas além do limite do servidor permanecem em espera até a liberação de um núcleo de processamento. O servlet, por sua vez, recebe as requisições do HTTP e as gerencia dentro da JVM, utilizando os núcleos do CPU para a execução simultânea de diversos processos, sendo, dessa forma, ilimitado quanto à sua capacidade de processamento simultâneo.

A tecnologia trazida pelo servlet se propagou, sendo utilizada para diversas outras aplicações derivadas, inclusive a evolução do CGI, o FastCGI, que permite o processamento multithread utilizando a mesma lógica da interface inicial. Os sistemas de servidores de mapas evoluíram na mesma medida, cabendo citar dois servidores de código aberto que ainda são amplamente utilizados: o Mapserver, empregando CGI/FastCGI, e o Geoserver, desenvolvido para operar como um servlet.

Na comparação entre os sistemas, Graser (2010) destaca as principais diferenças entre estes como sendo a presença do protocolo transacional WFS-T no Geoserver; a possibilidade de estilizações avançadas utilizando os arquivos mapfile do Mapserver, considerados à época mais evoluídos do que as especificações para estilos utilizadas pelo Geoserver e as diferenças com relação às requisições de

filtragem, com o primeiro utilizando a linguagem SQL e o segundo filtros em Common Query Language (CQL), baseados nas especificações OGC.

Observa-se que ambos os sistemas são semelhantes quanto ao desempenho para aplicações de pequeno e médio porte, sendo assim, a escolha do analista reside na finalidade que deseja para o sistema (KROPLA, 2005). Para este estudo optou-se pelo uso do Geoserver¹², em razão da facilidade de manuseio em uma interface integrada, facilidade para integração do sistema com a estilização via aplicações SIG desktop e para o uso e consumo de serviços OGC.

2.3.3 Geoserver

O Geoserver teve seu início em 2001, desenvolvido por uma organização não governamental com o objetivo de criar ferramentas para melhorar a transparência governamental. Elaborado com o auxílio da biblioteca Java GeoTools (OSGEO, 2020a), o Geoserver é um sistema open source que possui compatibilidade com diversos protocolos e formatos utilizados na disponibilização e compartilhamento de informações geoespaciais.

Desenvolvido em Java, o sistema opera através de uma Java Virtual Machine (JVM) como um servlet, podendo e sendo comumente instalado junto de servidores Java como o Apache Tomcat (IACOVELLA, 2017), tendo compatibilidade com qualquer sistema operacional capaz de operar uma JVM. O sistema possui alto grau de maturidade e uma vasta comunidade de desenvolvedores composta por profissionais da área SIG, pesquisadores e empresas dedicadas no desenvolvimento e disponibilização do software a nível comercial.

2.4 Visualizadores de Mapas

Visualizadores de mapas são páginas na Web construídas utilizando os protocolos convencionais HTTP que possuem programação suficiente para permitir a manipulação e visualização de informação geográfica pela Internet. Construídos empregando a linguagem de marcação HTML, folhas de estilo CSS e alguma linguagem de programação, comumente PHP ou JavaScript, os visualizadores

¹² A análise entre Geoserver e Mapserver é abordada com maiores detalhes em Marotta e Ferreira (2018), sendo as conclusões obtidas decisivas para a escolha do Geoserver como o Servidor de Mapas do WebGENTE

interpretam o serviço provido por um servidor de mapas ou a informação geoespacial armazenada em disco e a exibem em tela, permitindo que o usuário a manipule.

Comumente os visualizadores de mapas são denominados WebGIS ou Webmap, sendo tratados como sinônimos, embora não o sejam. Heda e Chikurde (2016) apresentam a definição de Webmap como uma plataforma capaz de apresentar informação geográfica referenciada através de uma interface Web, ao passo que o WebGIS permite o uso de diversos dados, entre eles os espaciais, bem como a possibilidade de realização de análises e emprego de técnicas de visualização avançadas dos dados comumente disponível nos SIG.

Visualizadores são a interface disponível ao usuário final dos sistemas de mapeamento na Web. Através do software o usuário tem acesso à diversas ferramentas como controles de zoom, camadas, identificação de feições, pesquisas por atributos e até mesmo funcionalidades mais avançadas relacionadas ao geoprocessamento, análises multicritério, entre outros.

Sistemas WebGIS, assim como as aplicações SIG para desktop, figuram desde produtos proprietários até sistemas open source. No entanto, devido à natureza livre da Internet, seu ambiente de existência e desenvolvimento, os sistemas livres prevalecem sobre os proprietários principalmente pelas razões de custo, velocidade de aprendizado, facilidade de integração com infraestruturas TI e soluções de geoprocessamento disponíveis (HEDA; CHIKURDE, 2016).

Apesar de contar com mais de uma década de desenvolvimento, os sistemas WebGIS se relacionam com diversas tecnologias ainda em desenvolvimento como os padrões OGC, SGBD, FastCGI, JVM, e linguagens de programação da Web como o PHP, Javascript e .NET. Veenendaal (2011) aponta que os sistemas WebGIS têm se desenvolvido no sentido de implementar maiores funcionalidades compatíveis com a Arquitetura Orientada à Serviços, possibilidade de personalização da aplicação para as finalidades do usuário, uso de plataformas open source e quebra do paradigma de softwares 'feitos por profissionais SIG, para profissionais SIG'.

A tendência da afirmação anterior reside na popularização do uso de plataformas de mapeamento na Web por diversos usuários, permitindo maiores níveis de transparência de informações, melhorando processos de tomada de decisão e

aproximando o usuário que não possui experiência com aplicações SIG das plataformas na Web.

2.4.1 Leaflet

A construção de um WebGIS começa a partir da definição da linguagem de programação a ser utilizada. No contexto do desenvolvimento Web, destaca-se o Javascript como uma das linguagens mais utilizadas, seja pela facilidade de aprendizado, o rol de ferramentas disponíveis e o caráter assíncrono da linguagem através de mecanismos como o AJAX, permitindo o carregamento e requisições simultâneas de elementos na página.

Entretanto, o desenvolvimento de um WebGIS não parte necessariamente do Javascript puro, sendo que o uso de bibliotecas torna possível o reuso de diversas funções já desenvolvidas para a disponibilização de dados geográficos na Web. Uma das bibliotecas de desenvolvimento de mapas na Web mais recentes e que tem ganhado grande popularidade é o Leaflet.

De acordo com seus desenvolvedores, o Leaflet é uma biblioteca desenvolvida almejando simplicidade, usabilidade e performance, seja em plataformas desktop como em dispositivos móveis (AGAFONKIN, 2020). O código fonte do Leaflet pode ser expandido através de plugins e APIs, contendo ampla documentação disponível na Web e uma comunidade crescente de usuários e desenvolvedores.

2.5 Frameworks

O conceito de frameworks remete à ideia de reutilização de sistemas da informação. Lisboa Filho e Lochpe (1999) apresentam que a ideia remonta da década de 60, quando a reutilização de códigos de programas e subprogramas objetivava aumentar a produtividade e melhorar os sistemas de informação. Dessa forma, frameworks constituem uma evolução da reutilização de códigos, uma vez que estes consistem em um sistema já desenvolvido que permite sua especialização e reutilização para as mais diversas aplicações.

Souza (1998) apud Lisboa Filho e Lochpe (1999) define um framework como “Um projeto genérico em um domínio que pode ser adaptado a aplicações específicas, servindo como um molde para a construção de aplicações”. Esta definição, no

contexto deste trabalho, pode ser entendida em dois momentos: na concepção de um framework de dados conceituais e na concepção de um framework de um sistema Web para publicação de dados cadastrais.

Separa-se tal definição com o objetivo de melhor esclarecer as finalidades e interdependências entre os sistemas, pois, ainda que um SIG e um SGBDG tenham seus usos mais adequados quando associados à uma modelagem conceitual dos dados, é possível que ambos sejam utilizados sem a modelagem.

No contexto da Modelagem Conceitual, entende-se que um framework é uma estrutura genérica que emprega termos abstratos de dados, permitindo a criação de estruturas mais específicas e que atendam às necessidades do usuário através da especialização do modelo anterior. Os trabalhos apresentados na Seção 2.2.5 fazem uso constante do conceito no sentido de que, em essência, consistem em frameworks a serem empregados para a estruturação de uma base de dados geoespaciais.

Já no conceito dos WebGIS, pode-se entender um framework como um programa já estruturado, de forma a possibilitar que o desenvolvedor final aplique as personalizações necessárias à sua finalidade e o disponibilize. Neste contexto, os frameworks atuam permitindo que o desenvolvedor aplique o framework no desenvolvimento de suas próprias aplicações tendo o conhecimento apenas da interface (LISBOA FILHO; IOCHPE, 1999) e das funções necessárias à sua finalidade, ignorando toda a programação por trás.

3 ÁREAS DE ESTUDO

A informação geoespacial no âmbito municipal possui particularidades inerentes à cada cidade. Neste sentido, deve-se analisar não só o que uma cidade possui de informação como também quais são as ferramentas necessárias à sua representação e manipulação.

Passa-se a analisar então a natureza das informações cadastrais e temáticas presentes em três municípios brasileiros, as ferramentas presentes para sua manipulação e a capacitação técnica dos funcionários públicos responsáveis pela atividade de manutenção destas. A análise é realizada sob a ótica do autor, na condição de participante dos projetos de CTM dos municípios, realizados pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), através do Setor de Engenharia de Agrimensura do Departamento de Engenharia Civil e do Grupo de Engenharia para Gestão Territorial (GENTE).

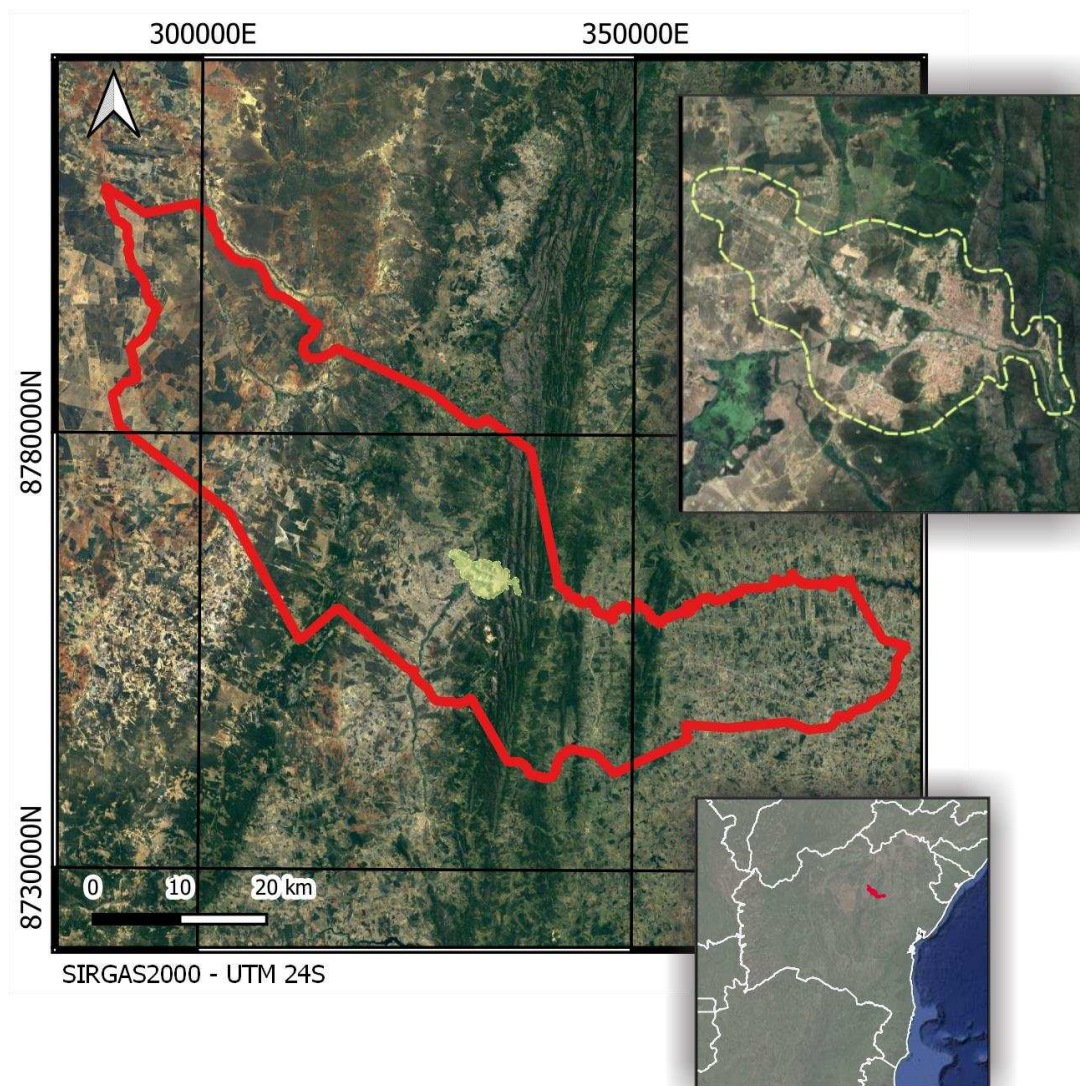
São objetos de estudo os municípios mineiros de Bom Despacho e Conceição do Mato Dentro e o município baiano de Jacobina. A análise se justifica no propósito do framework como uma estrutura genérica e adaptável à diversas realidades municipais, sendo assim, opta-se pelo estudo dos projetos realizados pela Universidade, sendo que a implementação do framework é ainda parte dos projetos realizados nos municípios.

3.1 Jacobina - BA

O município de Jacobina se localiza na região norte da Bahia, apresentado pela Figura 13, no extremo norte da Chapada Diamantina e a 339 quilômetros de Salvador. Com população estimada em 2020 de 80.635 habitantes (IBGE, 2020c), o município é polo de ecoturismo na região.

A governança das informações geoespaciais do município é realizada por diversas secretarias de acordo com sua finalidade, apresentando uma estrutura descentralizada e desconectada das bases de referência cadastrais, organizadas pela Secretaria de Finanças. Como grande parte dos municípios de pequeno e médio porte brasileiros, os dados cadastrais serviam majoritariamente à tributação.

Figura 13 - Jacobina - BA, em destaque a mancha urbana do município



Fonte: O Autor.

Ao início do projeto, em 2018, foram reunidas todas as informações que constavam nas bases cartográficas da prefeitura, produzidas em grande parte durante o Programa de Administração Municipal e Desenvolvimento de Infraestrutura Urbana do Estado da Bahia (PRODUR), em 1999. O programa se destinava, em essência, à produção dos Planos Diretores Urbanos de municípios do estado (TRIGO, 2008). As bases cartográficas geradas neste momento consistiam em plantas gerais da cidade com o traçado parcial de quadras, arruamentos e seus topônimos e algumas edificações, além de informações temáticas relativas ao plano diretor da cidade.

Os dados cadastrais, por sua vez, se encontravam em formato analógico, compostos de plantas de quadras de parte do município, com indicações dos

topônimos dos arruamentos e serviços presentes no logradouro. As informações das unidades cadastrais se encontravam em um banco de dados à parte, conectados à geometria das plantas pela inscrição cadastral.

Sendo constatadas as faltas de alguns produtos cartográficos da base cadastral, o projeto realizado pelo GENTE objetivou a implementação dos elementos do SBC no município. Foi instalada a RRCM, com 166 marcos geodésicos, executou-se um levantamento aerofotogramétrico e topográfico, produzindo ortomosaicos, modelos digitais de terreno, curvas de nível e mapeamento topográfico de pontos de interesse na área urbana do município.

Os produtos dos levantamentos foram digitalizados¹³, produzindo assim uma base cartográfica digital com mobiliário urbano, arruamentos, edificações e parcelas cadastrais devidamente codificadas e relacionadas à base tributária do município pelas inscrições cadastrais no formato DD.SS.QQQQ.LLLL.UUU (Distrito, Setor, Quadra, Lote e Unidade). A composição final da base cadastral foi realizada através da aplicação dos BCI, sendo coletadas as informações sobre a propriedade ou posse das parcelas e demais informações necessárias ao CTM.

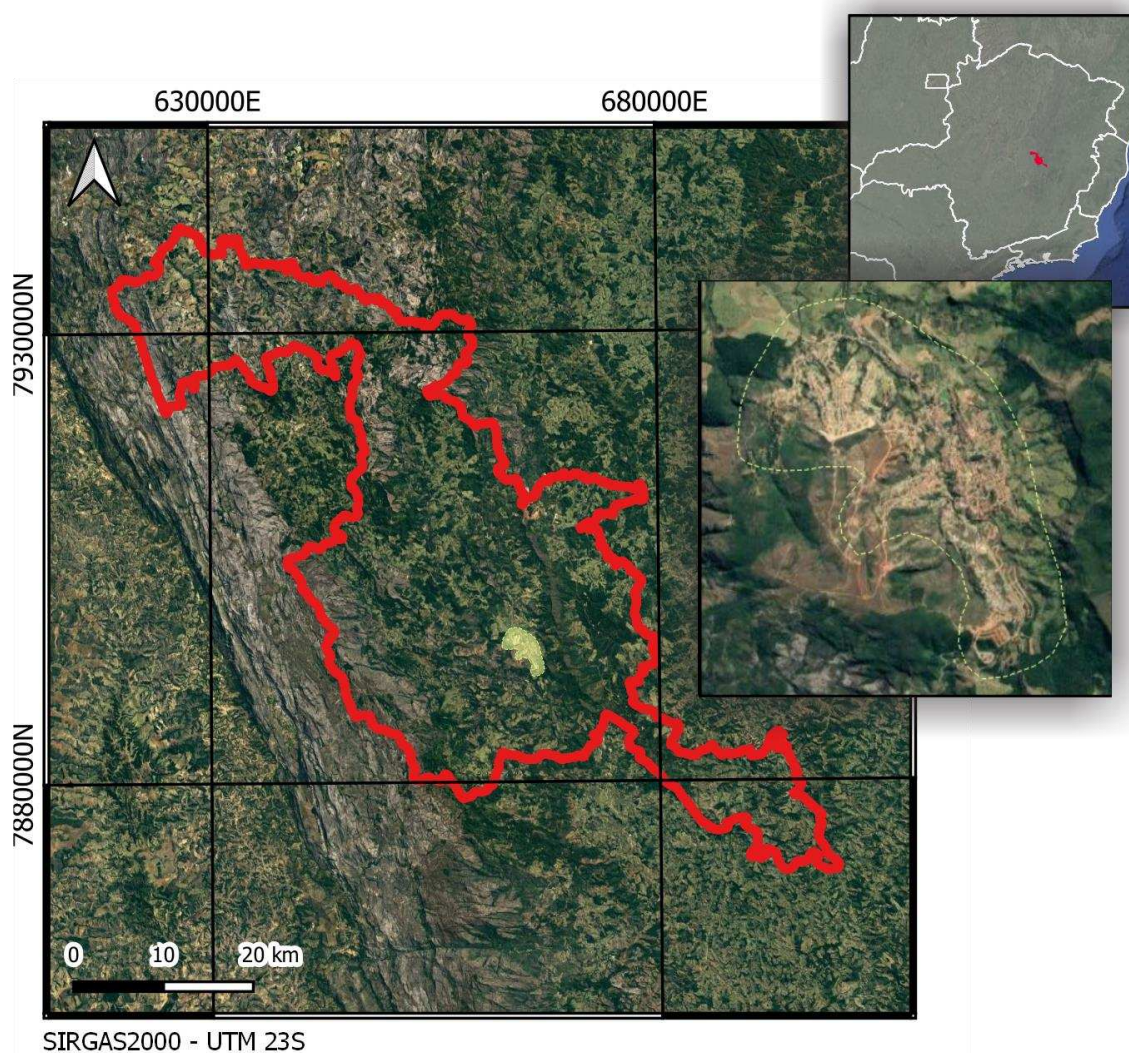
O novo banco de dados cadastral, agora composto das informações cadastrais e feições urbanas coletadas pela topografia, foi disponibilizado via o SGBDG PostgreSQL/PostGIS empregando a metodologia apresentada neste trabalho. Denota-se o uso imediato das feições coletadas junto ao SBC para propósitos multifinalitários dentro do município, como a Regularização Fundiária Urbana (Reurb). A Seção 5.4 apresenta os resultados da implementação do framework no município.

3.2 Conceição do Mato Dentro - MG

O município de Conceição do Mato Dentro, apresentado na Figura 14, localiza-se nas bordas do Parque Estadual da Serra do Intendente, a 167 km ao Norte da capital Belo Horizonte. Com população estimada de 17.503 pessoas (IBGE, 2020b) o município é considerado a capital do ecoturismo de Minas Gerais.

¹³ No contexto de produção de bases cartográficas o termo 'digitalização' se refere à produção de dados cartográficos no formato vetorial a partir de produtos em formato raster, como imagens aerofotogramétricas, plantas baixas e modelos digitais de terreno.

Figura 14 – Conceição do Mato Dentro - MG, em destaque a mancha urbana do município



Fonte: O Autor.

Conceição do Mato Dentro também é alvo de um plano de mineração da empresa Anglo American, e ponto de partida do Mineroduto Minas-Rio. Com 13 distritos cadastrais, foi em 2017 que o município iniciou o processo de atualização de sua base cadastral produzida no início dos anos 2000.

As bases cartográficas cadastrais do município eram constituídas no mesmo formato de Jacobina, com plantas produzidas manualmente em papel manteiga e disponíveis somente em formato analógico. O banco de dados cadastral se encontrava mais atualizado do que as plantas, em razão da alta atividade imobiliária municipal, porém, ainda com desfalque de informação cadastral.

Constatada a falta de elementos básicos da cartografia cadastral, foram realizados a implantação da RRCM, o levantamento topográfico planialtimétrico cadastral do município e o levantamento aerofotogramétrico. As plantas foram digitalizadas junto aos levantamentos em campo, obtendo assim a nova base cartográfica cadastral.

Uma vez que os códigos identificadores das parcelas anteriores se encontravam desatualizados, optou-se por realizar uma nova codificação tendo o mesmo formato anterior da inscrição cadastral (DD.SS.QQQQ.LLLL.UUU). A base foi então complementada com a aplicação de BCI nos imóveis, sendo adquiridos ainda fotografias destes.

Concomitantemente ao processo de Recadastramento o município realizou uma revisão do plano diretor municipal (CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO, 2020). Durante tal processo, foi elaborada uma base cartográfica em ambiente SIG, alicerçada na base de referência cadastral que estava sendo construída, composta pelas camadas temáticas de Macrozoneamento, Zoneamento Urbano, Áreas Especiais, Sistema Viário Municipal e Sistema Viário Urbano.

A governança cartográfica do município é realizada de forma centralizada na Secretaria de Meio Ambiente e no setor existem funcionários com conhecimento e domínio de software SIG. Apesar de tal conhecimento, o software utilizado possuía apenas uma licença e isso se mostrou limitante para o uso de informações cartográficas no município pois, ainda que as informações fossem utilizadas com ferramentas corretas pelo setor de governança, outros usuários não possuíam acesso ao mesmo dado nos demais setores, dada a falta de licenças para sua utilização.

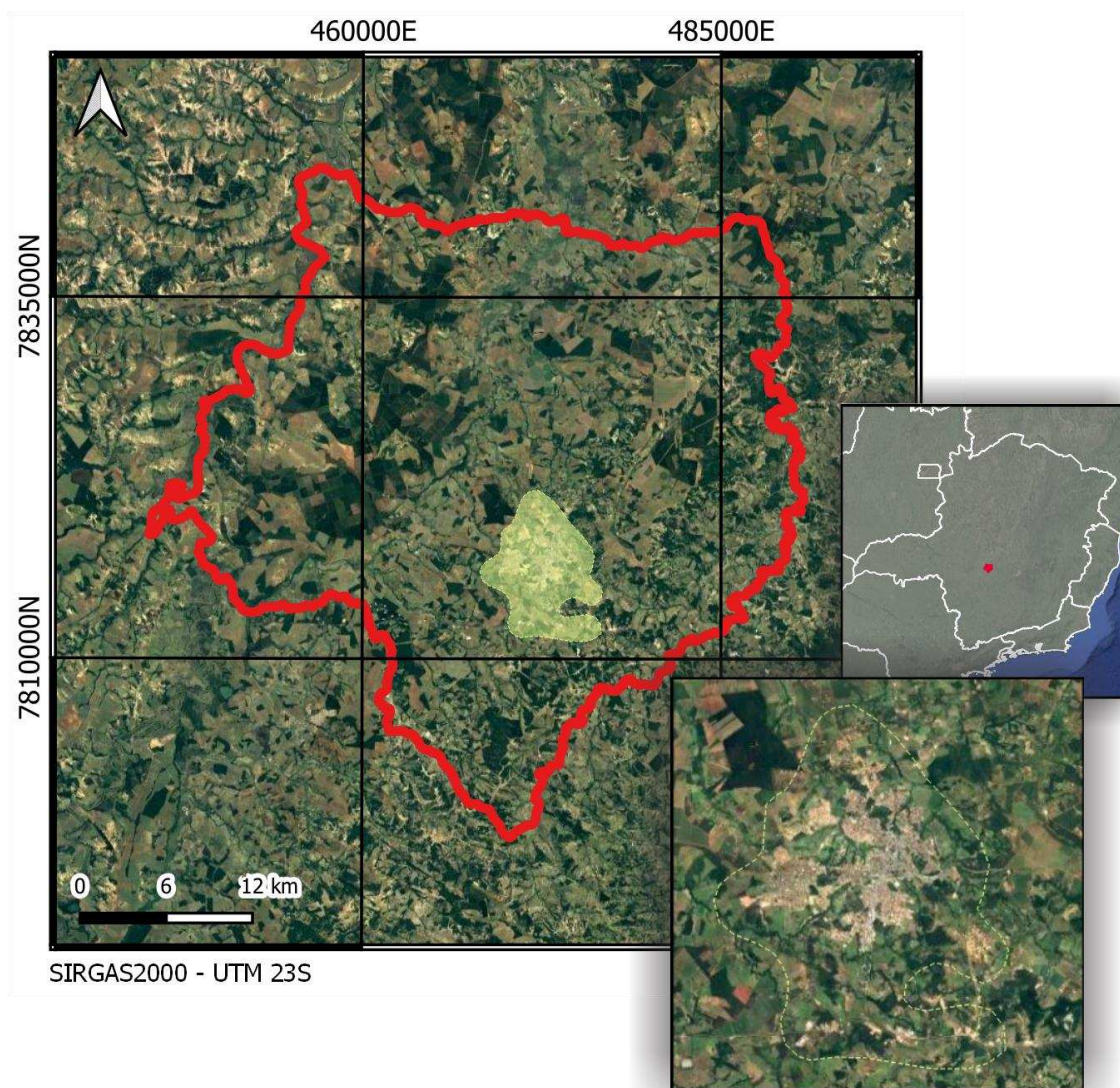
Para contornar a situação, a Secretaria do Meio Ambiente realizava a exportação dos formatos comuns ao SIG para demais formatos, como CAD e CSV, de forma a possibilitar o uso dos arquivos cartográficos para áreas como fiscalização, obras públicas e tributação. A metodologia adotada acabou por gerar uma desatualização dos dados, uma vez que havia pouca interoperabilidade entre os formatos utilizados pelos setores.

Ao final do projeto as informações geoespaciais foram organizadas e disponibilizadas conforme a metodologia disposta neste trabalho, cujos resultados são discutidos na Seção 5.5.

3.3 Bom Despacho - MG

Bom Despacho é um município de 51.028 habitantes (IBGE, 2020a), localizado a 167 quilômetros a oeste da capital Belo Horizonte. Em 2019 firmou-se um convênio entre a Prefeitura Municipal de Bom Despacho e a Universidade Federal de Viçosa para a atualização tecnológica do Cadastro Territorial. O município e sua mancha urbana são apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Bom Despacho - MG, em destaque a mancha urbana do município



Fonte: O Autor.

O município de Bom Despacho tem realizado atualização da base cartográfica ao longo de anos, porém, o último projeto de atualização cadastral massiva foi executado em 2007 (BARBOSA; MARQUES; MAROTTA, 2020). Desde

então, o município manteve sua base atualizada com as informações provenientes de transações imobiliárias e outras atividades de fiscalização no município.

A base cadastral de Bom Despacho contava com arquivos digitalizados de plantas de quadra de todo o município, produzidas em formato digital e disponibilizadas em formato PDF, sem informações relativas ao sistema de coordenadas empregado.

De forma a recuperar os limites das plantas de quadra e possibilitar seu georreferenciamento foi realizado um levantamento aerofotogramétrico apoiado sobre uma recém instalada RRCM, composta por 5 marcos geodésicos homologados pelo IBGE. A digitalização do produto aerofotogramétrico foi auxiliada ainda por um levantamento fotogramétrico terrestre, utilizando um veículo com uma câmera 360°, sistema inercial e receptores GNSS embarcados, provendo mais de 117 mil panoramas em alta resolução.

Através da restituição e identificação das plantas anteriores a equipe da UFV, através do GENTE, espacializou as informações contidas na base de dados anterior, sendo realizada a digitalização das parcelas através das linhas de divisas e pontos geocodificados com as inscrições cadastrais das unidades.

A governança cartográfica do município é realizada de forma descentralizada, de forma que cada secretaria possui sua base de dados e a comunicação entre elas é feita mediante solicitação. Com uma base cadastral sem a devida espacialização em ambiente SIG, não havia ligação entre as bases temáticas de forma a caracterizar o aspecto multifinalitário do cadastro imobiliário.

Como parte das solicitações do município no convênio, as tecnologias a serem transferidas deveriam ser plataformas livres, de forma a possibilitar uma maior difusão da cultura de uso das informações geoespaciais dentro do município sem limitações financeiras de softwares proprietários. Para atingir ainda mais usuários, solicitou-se ainda a criação de um WebGIS.

O desenvolvimento da componente tecnológica do framework descrito neste trabalho tem grande parte de suas funcionalidades desenvolvidas com base no termo de referência deste município. O município ainda foi alvo da aplicação da metodologia

de estruturação dos dados descrita na seção metodológica, tendo seus resultados discutidos na Seção 5.3.

4 METODOLOGIA

Os próximos tópicos objetivam apresentar as prerrogativas iniciais para o desenvolvimento do sistema, especificado em comum acordo com as prefeituras, as especificações e peculiaridades dos dados coletados e os métodos de disponibilização e manipulação desenvolvidos.

4.1 Diretrizes iniciais para o design do sistema

Dada a necessidade inicial de desenvolvimento de um software que não gerasse custos tecnológicos às prefeituras definiu-se como diretriz o uso de softwares e bibliotecas livres para o desenvolvimento do framework. Ao visualizador de mapas, interface final para grande parte do público alvo do trabalho, deu-se o nome de WebGENTE.

Considerando a popularidade do uso das plataformas cartográficas na Web por meio de dispositivos móveis, optou-se pela escolha do Leaflet para o desenvolvimento da interface do mapa. A biblioteca permite ainda o uso de diversos plugins para ampliar suas funcionalidades, sendo estes desenvolvidos pela comunidade. No desenvolvimento do framework foram empregados os plugins Leaflet.draw, Leaflet.wms, GroupedLayerControl, Leaflet.EasyPrint e EasyButton.

O desenvolvimento da interface do visualizador, as telas de administração, login e definição de senha, entre outros painéis que compunham o aspecto estético do framework foram desenvolvidas utilizando a biblioteca Javascript Bootstrap, escolhida devido à responsividade semelhante à do Leaflet. A responsividade é a característica que permite que o sistema tenha boa usabilidade em telas grandes e pequenas.

Devido à arquitetura orientada a serviços do framework é possível que sejam consumidos quaisquer serviços de dados geográficos disponibilizados conforme os padrões WFS e WMS pelo WebGENTE. No entanto, pelo intuito de apresentar uma solução completa de disponibilização de dados cadastrais, apresenta-se aqui também a escolha dos softwares para disponibilização dos serviços de dados geográficos e armazenamento das informações.

O armazenamento dos dados publicados pelo WebGENTE neste estudo foi realizado em duas modalidades de acordo com o tipo de representação (vetorial ou matricial) do dado. Os dados vetoriais, provenientes da restituição aerofotogramétrica, levantamentos topográficos e geoprocessamento foram armazenados no SGBD PostgreSQL associado à extensão PostGIS.

Optou-se pelo uso das versões 9.6 do SGBDOR e 3.0.1 de sua extensão espacial em razão do aprimoramento tecnológico atingido pelo produto à época dos levantamentos. Devido à necessidade organizacional de informações geoespaciais na esfera pública, faz-se necessário o armazenamento dos dados de acordo com um modelo de dados que permita sua interoperabilidade entre sistemas, conforme já apresentado na Seção 2.2.

O armazenamento das informações matriciais, por sua vez, foi realizado diretamente em disco, sendo que a principal razão que justifica tal escolha é a capacidade do servidor de mapas de construir e utilizar eficientemente pirâmides das imagens armazenadas em um disco de alta velocidade para a disponibilização rápida das imagens através do serviço WMS.

Por sua vez, a disponibilização dos serviços se deu através do emprego do Geoserver, como apresentado na Seção 2.3.3. O Geoserver é compatível com o PostgreSQL e PostGIS, além de ser capaz de manipular eficientemente as imagens GeoTIFF armazenadas em disco.

A motivação inicial para a definição de grande parte das ferramentas desenvolvidas no WebGENTE parte do plano de trabalho acordado entre a prefeitura de Bom Despacho e a UFV. O documento, desenvolvido pelos pesquisadores e a equipe da prefeitura, buscava especificar as ferramentas de um Sistema de Informações Geográficas e Cadastrais que atendessem às necessidades dos setores de Cadastro, Fiscalização, Tributação, e que possibilitasse ainda a expansão do sistema para outros setores e funcionalidades.

Atendendo às diretrizes do documento o sistema a ser desenvolvido deveria suprir necessidades básicas de manipulação de dados geográficos, como controle de camadas, ferramentas de zoom, panorâmica e ferramentas de realização de medidas de distâncias e áreas. Pela natureza da informação cadastral seria necessário ainda a possibilidade de realização de pesquisa por atributos ou pela inscrição cadastral,

retornando resultados tabulares e em mapa exibidos em tela, bem como a possibilidade de realização de download dos dados para formatos de marcação (formatos XML e afins), separados por vírgula (formato CSV) e geográficos (formatos semelhantes ao shapefile).

Além da consulta dos dados pelos atributos, o sistema deveria possibilitar a identificação espacial das feições em uma ferramenta semelhante à ferramenta "Identificar Feições", comumente encontrada em softwares SIG. A exibição das informações, por sua vez, deve ser realizada com restrições, de forma a evitar o acesso de usuários não autorizados a informações confidenciais, como nome de moradores, documentos pessoais, informações econômicas etc. Para possibilitar o acesso aos dados em pelo menos dois níveis, o sistema deveria conter também a possibilidade de login, sendo possível acessar os dados sem restrições pela equipe da prefeitura.

De forma a atender duas necessidades específicas para a prefeitura de Bom Despacho, o sistema deverá possibilitar a associação das entidades geográficas a arquivos diversos, como PDF e DWG, e possibilitar a visualização dos panoramas 360° obtidos através de um mapeamento móvel terrestre. Para atender à primeira demanda optou-se pelo reaproveitamento do sistema Alfresco, software de código aberto destinado ao gerenciamento de código multiconteúdo, já utilizado pela prefeitura para a mesma finalidade. Já para a segunda demanda, optou-se pela utilização da biblioteca Javascript PhotoSphereViewer, adaptada à interface do WebGENTE.

4.2 Modelagem Conceitual dos Dados

Em razão da necessidade de disponibilização dos dados em um SGBDG, para possibilitar uma melhor usabilidade dos dados cadastrais e o desenvolvimento de ferramentas que empregassem conceitos básicos dos sistemas, fez-se necessário o desenvolvimento de um Modelo de Dados Genérico para os sistemas cadastrais apresentados na Seção 3.

Considerando classes criadas por Gonçalves (2008), as classes estabelecidas pela ET-EDGV e algumas classes criadas com base nas informações presentes nos municípios elaborou-se um modelo conceitual genérico de expansão da ET-EDGV

através da adição de classes e pacotes voltadas à representação da realidade cartográfica municipal. A criação do modelo conceitual genérico prioriza classes já existentes na especificação técnica, procurando adaptar as informações temáticas ao formato de dados oficial.

Na ausência de classes que contemplem a informação pode-se tomar duas atitudes: cria-se uma classe especializada de uma superclasse da ET-EDGV ou cria-se uma classe genérica que possibilite especialização posterior. A criação de uma nova classe emprega um prefixo de três letras maiúsculas que descrevem o pacote em que a classe se enquadra¹⁴, permitindo assim uma organização alfabética por temas na listagem de camadas.

A próxima seção apresenta a análise dos dados geográficos presentes nos três municípios supracitados, selecionados para a composição do sistema de informações geográficas. A partir das informações presentes nestes municípios propõe-se um modelo de dados genérico que abarque todas as informações geoespaciais e convencionais necessárias ao sistema. Os diagramas de classe derivados do modelo genérico, apresentado na Seção 5.2, e desenvolvidos para cada município são apresentados nos Apêndices B, C e D.

4.2.1 Análise de enquadramento dos dados geográficos na ET-EDGV

Para a realização da análise, compilou-se inicialmente as informações cadastrais, cartográficas e temáticas existentes nas prefeituras de Jacobina (J.), Conceição do Mato Dentro (C.M.D.) e Bom Despacho (B.D.). Para a realização da modelagem considerou-se todas as informações que deveriam alimentar o sistema de informações na Web.

Realizou-se então a análise temática de correspondências entre os produtos cartográficos e as classes da ET-EDGV, resultando nas tabelas encontradas no Apêndice A – Tabelas de Enquadramento dos Planos de Informação no Modelo Conceitual. A Tabela 2 do Apêndice A apresenta as classes que possuem correspondência na norma, sendo apresentado ainda em quais municípios a informação foi encontrada e qual a classe correspondente na norma. O prefixo de três

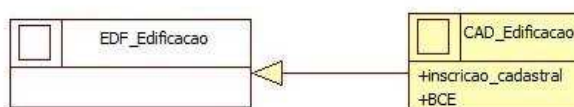
¹⁴ Por exemplo, a criação da classe Panoramas, enquadrada no pacote Pontos de Referência - PTO, resulta na camada de nome 'PTO_Panoramas'

letras ao início de cada nome da camada indica o pacote de informações do qual a classe deriva.

Devido às especificidades da informação cadastral e temática dos municípios diversos planos de informação não puderam ser enquadrados, como já era esperado. Neste sentido, foram criadas classes que ampliassem o modelo conceitual da ET-EDGV, priorizando especialização das já existentes.

A Figura 16 exemplifica a especialização da classe EDF_Edificacao de forma a criar CAD_Edificacao. Neste exemplo, a classe especializada herda todos os atributos da classe genérica, adicionando ainda as informações quanto à inscrição cadastral e o Boletim de Cadastro de Edificações (BCE).

Figura 16 - Exemplo de especialização de uma classe da ET-EDGV



Fonte: O Autor.

Quando a criação de uma classe especializada não for possível cria-se uma classe independente, agregada ou a um pacote de informações já existente da norma ou a um novo pacote proposto. A Tabela 3 do Apêndice A apresenta os planos de informação cujas classes foram especializadas do modelo da ET-EDGV ou criadas

4.3 Metodologia de aplicação do framework em municípios

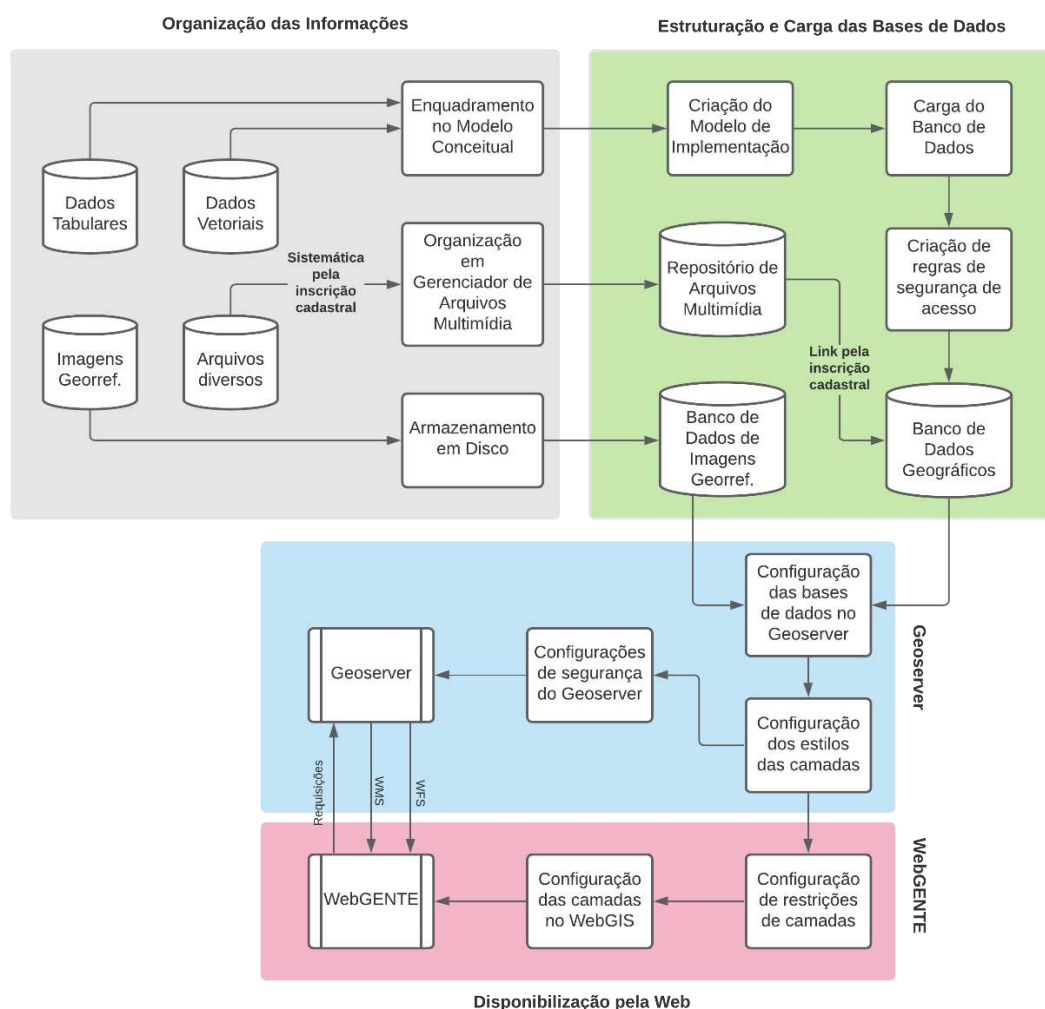
A aplicação do framework é realizada através de uma metodologia de organização sistemática dos dados, criação de protocolos de segurança e comunicação e configuração da estrutura tecnológica necessária. A Figura 17 apresenta em detalhes a sequência de passos necessária à esta tarefa.

Pode-se dividir a metodologia em três partes: a organização das informações, a implementação das estruturas de dados e a disponibilização na Web. Na primeira etapa deve-se realizar uma compilação de todas as informações disponíveis no município, buscando por dados nas secretarias, sistemas cadastrais, autarquias e demais entidades que apresentam o caráter de usuários dos sistemas de informação geográfica urbana.

As informações geográficas e convencionais, armazenadas em planilhas e dados vetoriais, devem ser enquadradas conforme o modelo de dados genérico proposto na Seção 5.2. A atividade requer a interpretação semântica do dado, analisando seu conteúdo e representação geográfica, e se necessário, realizar a especialização de uma classe do modelo conceitual da qual o dado mais se aproxima de forma a prover o armazenamento de todas as informações necessárias.

Na etapa de implementação das estruturas de dados cria-se o modelo de implementação das informações através do modelo conceitual especializado definido na etapa anterior. Na prática, esta atividade consiste na criação do 'esqueleto' do banco de dados, preparando-o para receber as informações por meio das tabelas, restrições espaciais, relacionamentos e índices.

Figura 17 - Metodologia de implementação do framework



Fonte: O Autor.

Em seguida, o banco de dados é abastecido com as informações, utilizando de softwares SIG, linguagem SQL e aplicações capazes de lidar com a função. Por fim, para garantir o acesso seguro aos dados do SGBD, cria-se regras de acesso, estabelecendo vistas dos dados, restrições de usuário, gatilhos de atualização e controle da base, entre outros.

Na etapa seguinte realiza-se a configuração dos mecanismos de disponibilização dos dados na Web: o Geoserver e o WebGENTE. A configuração do Geoserver¹⁵ se dá em três etapas, primeiramente configuram-se as bases de dados no sistema, realizando as conexões com os arquivos de imagens georreferenciadas armazenados em disco e o SGBD. Configura-se então os estilos da camada através de arquivos Styled Layer Descriptor (SLD), exportados pela maioria dos softwares SIG desktop. Opcionalmente pode-se configurar os parâmetros de segurança do Geoserver¹⁶, especificando serviços a serem disponibilizados, pontos de conexão, entre outros.

A etapa final consiste na configuração do código do WebGENTE¹⁷, sendo necessário a criação dos objetos das camadas de sobreposição e base, além da configuração dos atributos a serem exibidos no sistema. O comportamento padrão do WebGIS é de restrição total, sendo liberados somente os atributos explicitamente especificados no código.

¹⁵ Esta etapa é elucidada em detalhes na [documentação do WebGENTE](#).

¹⁶ Iacovella (2017) e Henderson (2014) são literaturas de referência que apresentam metodologias específicas nesta etapa.

¹⁷ Esta etapa é elucidada em detalhes no [repositório oficial do WebGENTE](#).

5 RESULTADOS E ANÁLISES

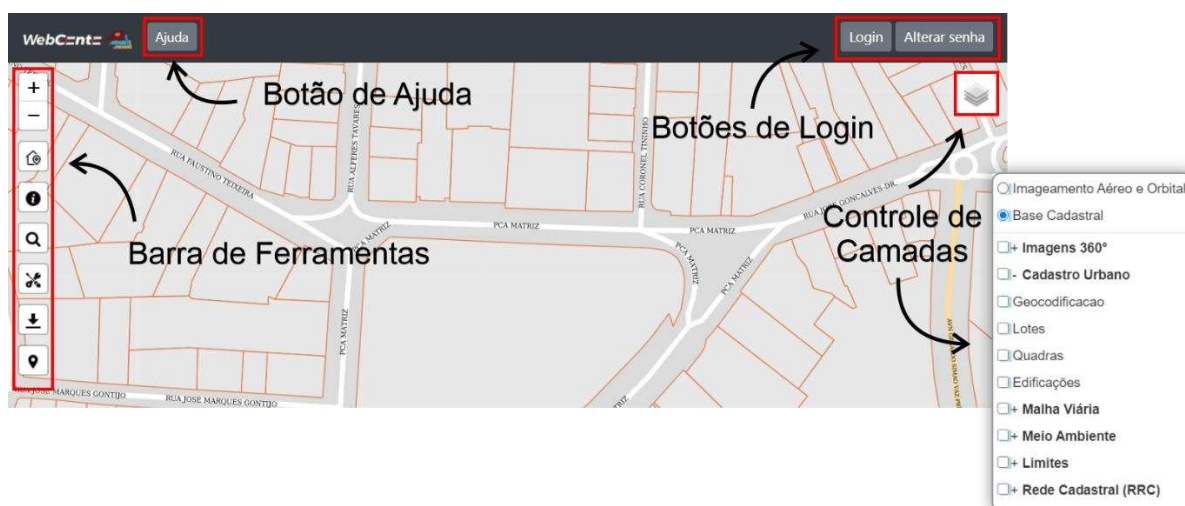
Nesta seção apresenta-se os resultados intermediários, o desenvolvimento da interface do WebGENTE e do modelo de dados genérico, e resultados gerais da aplicação dos sistemas nos municípios em estudo.

5.1 WebGENTE

A interface do WebGENTE é desenvolvida a partir das bibliotecas Javascript Bootstrap, utilizado para o design das barras e botões, e Leaflet, utilizado para a interface do mapa. O programa possui uma interface com poucos elementos, apresentando um conjunto de ferramentas em seu canto esquerdo, como exibe a Figura 18.

A Barra de Ferramentas agrupa as ferramentas de zoom, retorno à vista inicial, identificador de feições, pesquisa por atributos, desenho em tela, download do mapa em tela e geolocalização. O Botão de Ajuda exibe tutoriais de uso do sistema, podendo ser personalizado pelo desenvolvedor final. Os Botões de Login permitem o acesso à interface do sistema no modo irrestrito, possuindo a mesma interface, no entanto sem limitações nos dados.

Figura 18 - Interface do WebGENTE



Fonte: O Autor.

O Controle de Camadas, colapsado para otimizar o uso em dispositivos móveis, é acessado por um clique, permitindo o controle das camadas exibidas no sistema. O WebGENTE diferencia camadas em duas modalidades: camadas base e de

sobreposição. Camadas base são usualmente constituídas por uma base cartográfica estática, por padrão são sobrepostas às demais camadas, sendo possível o uso de apenas uma camada base por vez.

As camadas de sobreposição, por sua vez, são chamadas individualmente ou em grupo, sendo sobrepostas umas às outras na ordem de chamada. O sistema permite interações de investigação somente com camadas sobrepostas, sendo assim, mesmo que a camada de base contenha a informação temática desejada, como no exemplo, um lote, é necessário que o usuário faça a chamada da camada de forma a realizar as requisições necessárias.

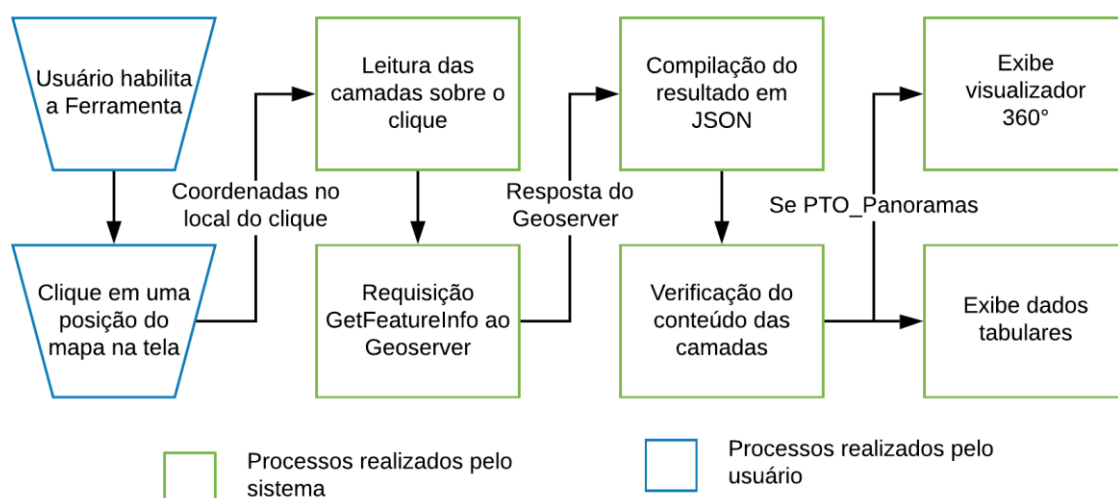
O sistema consome as camadas base apenas pelo serviço WMS e WMTS (quando disponível), ao passo que as camadas de sobreposição são consumidas pelo serviço WMS, WMTS (quando disponível) e WFS.

Passa-se a apresentar as ferramentas desenvolvidas para o WebGENTE, abordando desde o funcionamento dos mecanismos mais básicos de navegação às funções mais avançadas de integração junto ao servidor de mapas.

5.1.1 Identificação de Feições, Visualizador 360° e Integração com Sistema de Arquivos

A ferramenta Identificador de Feições permite que o usuário realize requisições GetFeatureInfo sobre camadas de sobreposição ativadas. O sistema envia ao servidor de mapas a requisição via XML contendo as coordenadas e camadas sobrepostas ao clique, este a responde no formato JSON, informando as feições selecionadas na área, o visualizador realiza a formatação do resultado e o exibe em uma caixa de diálogo no mapa (pop-up), individualizando as informações de cada feição. A Figura 19 ilustra o funcionamento completo da ferramenta.

Figura 19 - Funcionamento da ferramenta de Identificação de Feições

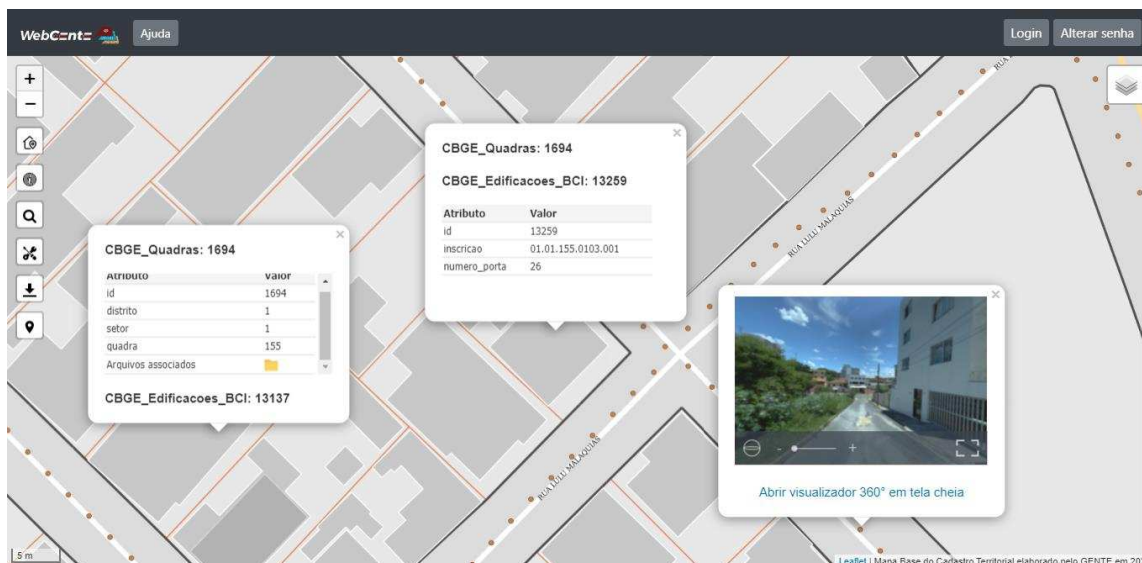


Fonte: O Autor.

Assim como em aplicações SIG no desktop, a ferramenta de identificação de feições deve ser habilitada através de um clique. Na etapa de compilação do resultado para a exibição no pop-up o sistema analisa qual a camada a ser exibida, filtrando os atributos restritos e formatando a tabela a ser exibida.

Caso o conteúdo contenha uma camada PTO_Panoramas com o atributo path_360 o sistema altera a exibição interna do pop-up para o Visualizador 360°, que emprega a biblioteca Javascript PhotoSphereViewer para realizar a leitura de um arquivo 360° localizado no servidor e direcionado pelo atributo. Da mesma forma, caso o conteúdo contenha algum atributo denominado path_folder, o sistema formatará a exibição do dado disponibilizando um hyperlink para o sistema externo desejado. A Figura 20 apresenta os três tipos de exemplos implementados.

Figura 20 - Exemplos de pop-ups da ferramenta de identificação de feições



Fonte: O Autor.

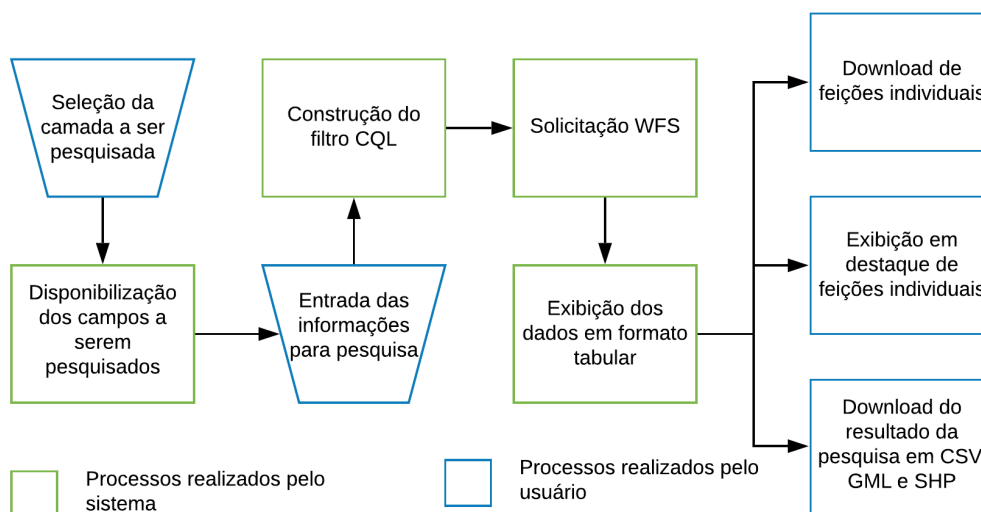
5.1.2 Pesquisa por Atributos e Download dos Dados

A ferramenta de pesquisa por atributos permite selecionar feições de uma determinada camada com base nas informações de seus atributos, sendo possível a pesquisa tanto de feições individuais como de grupos de dados. O resultado é apresentado na forma de tabela contendo os atributos das feições selecionadas, e com a possibilidade de aproximar e destacar uma feição através de zoom.

Ao passo que a ferramenta de identificação de feições utiliza dos métodos dispostos no WMS, a pesquisa por atributos executa a funcionalidade através de uma requisição WFS, solicitando ao servidor as tuplas de uma determinada camada que obedecem à uma determinada regra de filtragem com base na linguagem CQL.

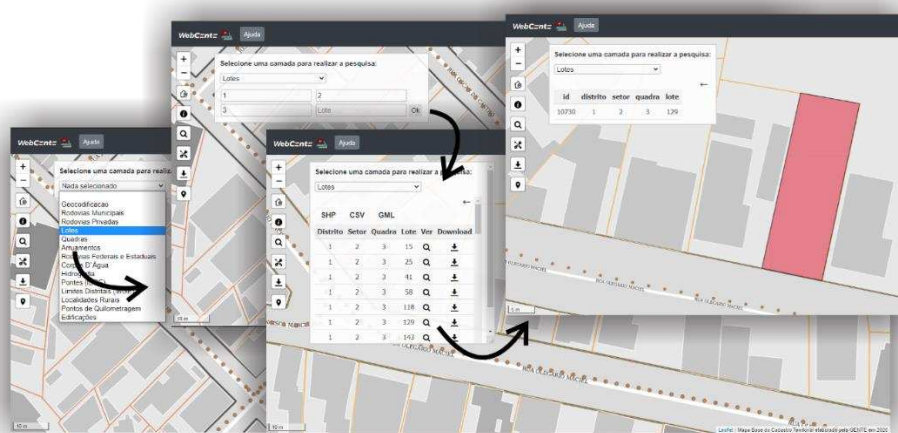
A Figura 21 apresenta o fluxograma de funcionamento da ferramenta, ao passo que a Figura 22 ilustra as telas de funcionamento da pesquisa. Através da tabela de resultados (em segundo plano na Figura 22) o usuário pode optar por realizar o download do grupo de resultados nos formatos shapefile, GML e XML. Através do clique no ícone da lupa o sistema aproximará a feição e aplicará um realce, obtido também através do protocolo WFS.

Figura 21 - Funcionamento da ferramenta de pesquisa por atributos



Fonte: O Autor.

Figura 22 - Telas da ferramenta de pesquisa por atributos



Fonte: O Autor.

5.1.3 Sistema de login e restrição de informações

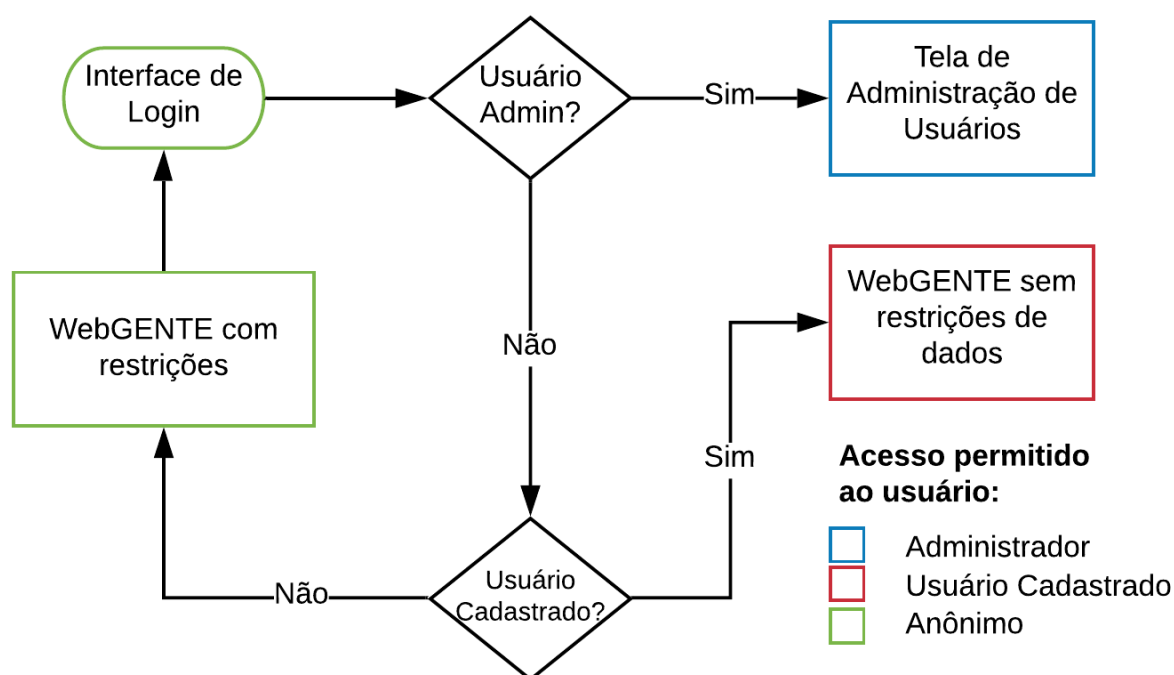
O sistema de login do WebGENTE permite que o usuário com autorização tenha acesso às informações cadastrais sem as restrições impostas no modo anônimo. A funcionalidade possui também uma tela de administração, acessível ao usuário admin, cuja função é criar novos usuários ao sistema.

O login é realizado através da consulta em uma base de dados armazenada no SGBD SQLite onde são armazenadas as informações do usuário. O emprego do

SQLite permite manter o sistema Web independente do BDG armazenado em PostgreSQL, onde são armazenadas informações com alto nível de sensibilidade. Dessa forma, evita-se a exposição direta das chaves de acesso ao banco de dados cadastral através do sistema de login.

A Figura 23 ilustra o funcionamento do sistema de login e restrição de dados do WebGENTE. Ao acessar o sistema todos os usuários visualizam os dados com restrições, sendo este o modo anônimo e padrão do WebGENTE, caso o usuário possua uma credencial autorizada a realizar login no sistema ele poderá visualizar todos os dados sem restrições.

Figura 23 - Funcionamento do Sistema de Login do WebGENTE



Fonte: O Autor.

5.1.4 Demais ferramentas

O sistema conta com ferramentas adicionais para auxiliar o usuário, como a geolocalização, que permite ao usuário se localizar no sistema através da posição de seu dispositivo. Para tal funcionalidade, emprega-se as ferramentas HTML de obtenção das coordenadas através do receptor GNSS do dispositivo, ou geolocalização pela Internet, de forma que o sistema aproxima a visão até a posição do usuário e sinaliza a posição com um ponto.

De forma a possibilitar a impressão e exportação do mapa com atributos personalizados, o WebGENTE permite a exportação do mapa conforme apresentado em tela, sendo possível que o usuário utilize o realce da pesquisa por atributos e a ferramenta de feições, exibindo informações adicionais na imagem exportada.

De forma a possibilitar a execução de medidas simples no sistema, empregou-se um sistema de desenho desenvolvido a partir do plugin Leaflet.Draw. O plugin permite o desenho de áreas ou linhas, exibindo durante o traçado as distâncias lineares na unidade metros, e as áreas em metros quadrados ou hectare.

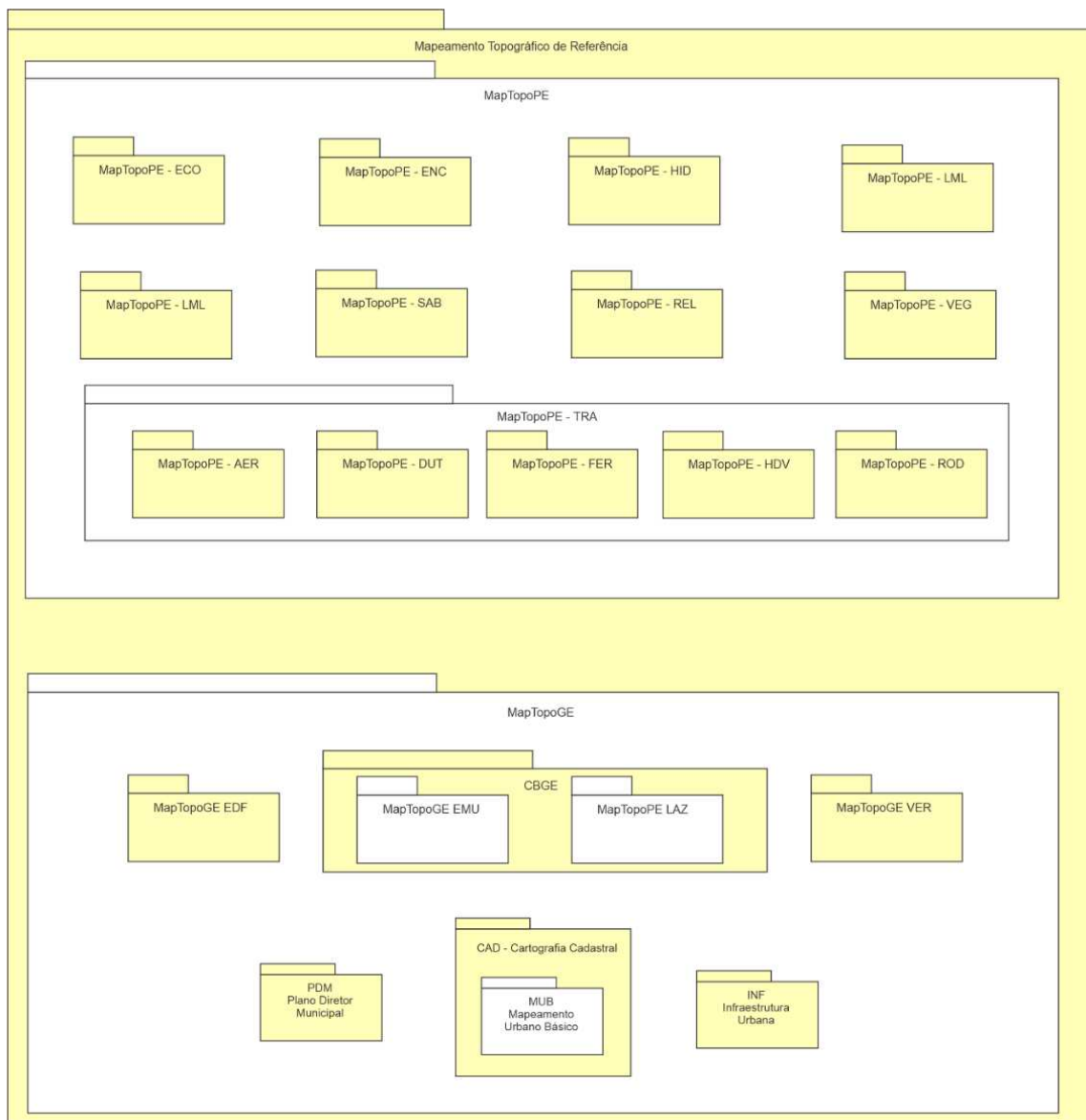
5.2 Diagramas de Classes do Modelo de Dados Genérico

O modelo de dados genérico desenvolvido propõe a adição de quatro pacotes de informações ao esquema de dados do Mapeamento Topográfico de Referência, consistindo em classes que ampliam o alcance do conceito na ET-EDGV. O modelo expande, ainda, classes nos pacotes já existentes MapTopoPE - TRA, MapTopoPE - PTO, MapTopoGE - EMU. A Figura 24 apresenta a vista geral do diagrama de classes da ET-EDGV, com a expansão dos 4 novos pacotes

As informações referentes à tributação do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) encontradas nos municípios de Bom Despacho e Conceição do Mato Dentro, embora não comumente presentes em sistemas WebGIS, são utilizadas em uma aplicação para a simulação do tributo no WebGENTE. Neste sentido, optou-se por incluir neste trabalho um esquema de dados que permita o armazenamento de tais informações, comuns no âmbito municipal, como aponta Gonçalves (2008).

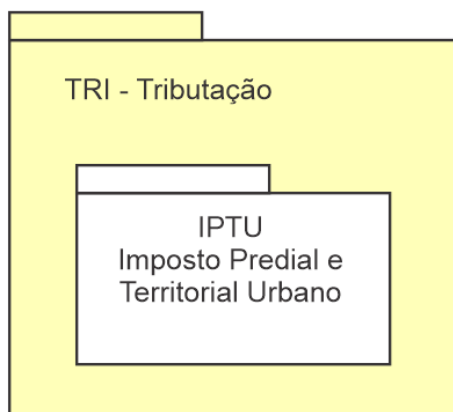
Pela natureza exclusivamente fiscal da informação tributária optou-se por não a incluir no modelo de expansão, dessa forma, propõe-se um pacote externo à ET-EDGV para as informações. A Figura 25 apresenta a vista geral do modelo criado, contendo o pacote Tributação - TRI e seu subpacote Imposto Territorial e Predial Urbano - IPTU.

Figura 24 – Pacotes da ET-EDGV expandidos pelo modelo de dados genérico



Fonte: O Autor.

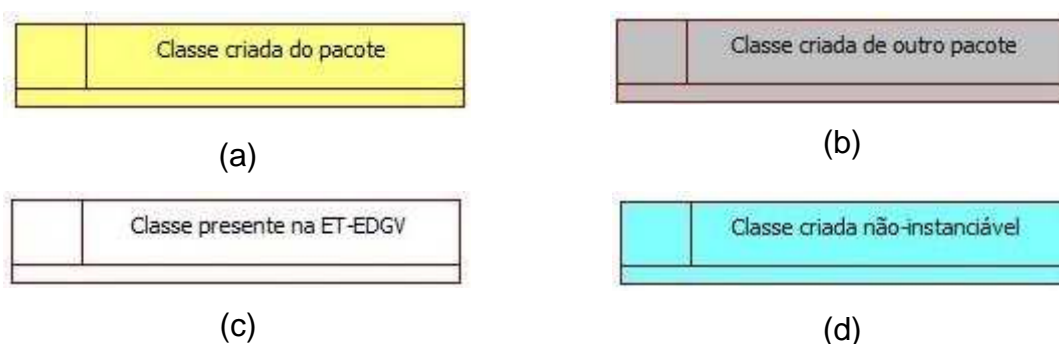
Figura 25 - Vista geral do pacote para informações de tributação



Fonte: O Autor.

Os diagramas de classe apresentados neste trabalho possuem 3 tipos de classes a serem representadas: classes da ET-EDGV, classes criadas e classes abstratas, logo, não-instanciáveis. A representação detalhada de cada pacote do modelo conceitual expandido é realizada utilizando o modelo OMT-G, sendo atribuídas cores conforme sua origem, como mostra a Figura 26. Classes criadas são representadas na cor amarela (Figura 26.a) quando pertencem ao pacote em representação. Já a cor cinza (Figura 26.b) está relacionada à classe criada que pertencem a outro pacote, sendo as cores brancas quando representam classes originárias do modelo ET-EDGV (Figura 26.c) e, por fim, as cores azuis quando representam classes abstratas (Figura 26.d).

Figura 26 - Cores das classes conforme sua origem no diagrama de classes



Fonte: O Autor.

Apesar da semelhança temática entre os planos de informação de um município a outro, detectou-se diferenças nos atributos de um mesmo plano de informação. Tomando como exemplo os Boletins de Cadastro Imobiliário dos municípios de Bom Despacho e Jacobina, a informação 'Coleta Seletiva' foi observada no primeiro e não no segundo município, sendo que para esta informação foi definido o armazenamento na forma de atributo da entidade CAD_Unidade_Cadastral. De forma a não prejudicar a modelagem por diferenças entre os dados que podem ocorrer nos municípios, o modelo apresentado nesta seção não especifica a estrutura comum de atributos em sua totalidade, sendo assim, utiliza-se a notação simplificada do modelo OMT-G.

O pacote Cartografia Cadastral, identificado pela sigla CAD e apresentado na Figura 27, compreende as informações necessárias à cartografia cadastral como definido na Seção 2.1.2, salvo classes já consolidadas em outros pacotes. O modelo gira em torno da inscrição cadastral, chave natural utilizada pelos municípios em

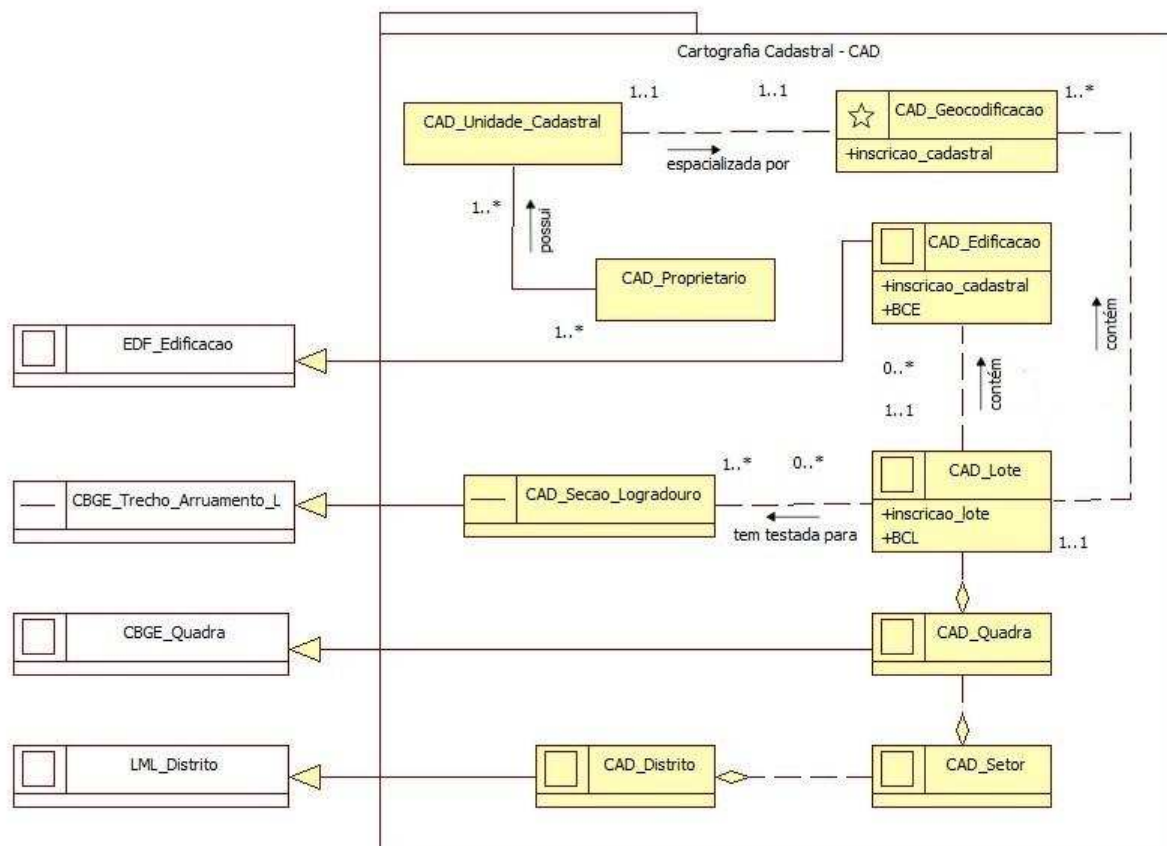
estudo para a ligação das informações, sendo a classe CAD_Geocodificacao a sua representação espacial.

Optou-se por desvincular as informações do BCI trazidos nas classes CAD_Unidade_Cadastral de sua representação espacial, tornando possível, dessa forma, a alimentação do sistema através de mecanismos cross-platform¹⁸ com bases de dados não-espaciais. A necessidade de comunicação entre plataformas, embora ainda não tão consolidada no PostgreSQL, surge do emprego de softwares proprietários para a emissão de guias tributárias, situação atual dos três municípios em estudo.

A modelagem deste pacote denota o uso de restrições espaciais semânticas entre as classes, como a relação de CAD_Lotes com testada para CAD_Secao_Logradouro. Embora ainda não implementados em ambiente PostgreSQL, a utilização deste tipo de semântica é prevista para o OMT-G e auxilia na coleta de informações e descrição do banco de dados geográficos, fornecendo descrições necessárias para o correto funcionamento da base cadastral.

¹⁸ Um mecanismo cross-platform permite que um banco de dados seja alimentado por outro (e.g. uma base de dados no PostgreSQL sendo alimentada por uma base de dados no MySQL)

Figura 27 – Diagrama de Classes do Pacote de Cartografia Cadastral - CAD

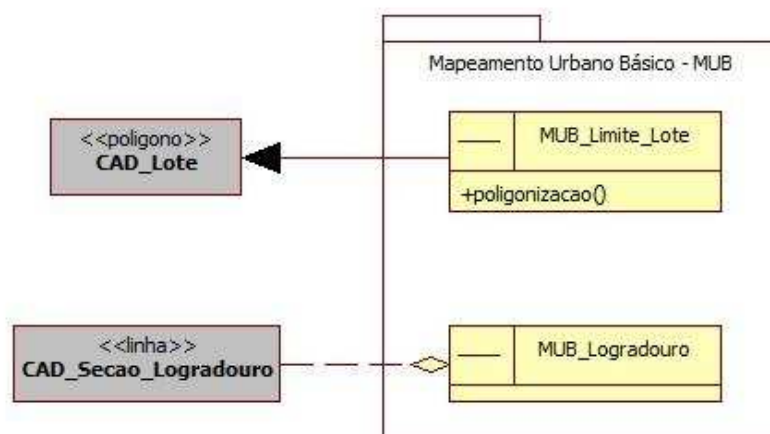


Fonte: O Autor.

O pacote CAD possui ainda um subpacote: o Mapeamento Urbano Básico, identificado pela sigla MUB, agrupando as informações relativas ao mapeamento do SBC¹⁹. O diagrama, apresentado na Figura 28, possui apenas duas classes: as linhas de divisa entre os lotes, que possibilita a geração dos demais elementos cadastrais por operações de poligonização e dissolução, e os logradouros, gerados pela dissolução das seções de um mesmo logradouro.

¹⁹ Ver definição de Phillips (2004) na Seção 2.1.2

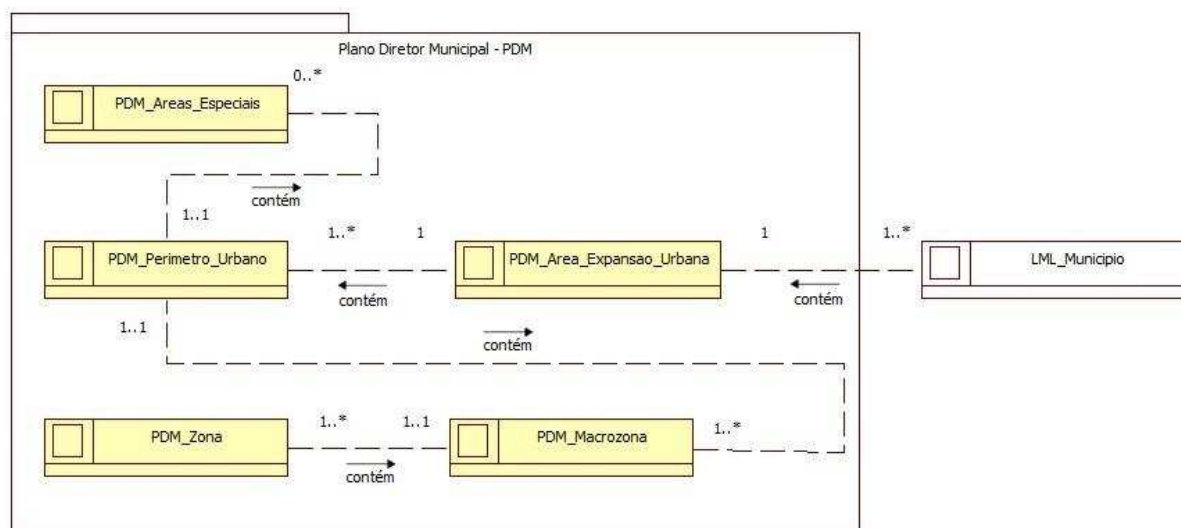
Figura 28 – Diagrama de Classes do Pacote de Mapeamento Urbano Básico - MUB



Fonte: O Autor.

O pacote Plano Diretor Municipal, representado pela sigla PDM, agrupa as informações presentes no município relacionadas ao Plano Diretor Municipal conforme previsto pela Lei 10.257/2001 (BRASIL, 2001). O diagrama, apresentado na Figura 29, é constituído pelas classes do zoneamento municipal e dos limites urbanos previstos por lei, sendo modelados o perímetro urbano e a área de expansão urbana.

Figura 29 – Diagrama de Classes do Pacote de Plano Diretor Municipal - PDM

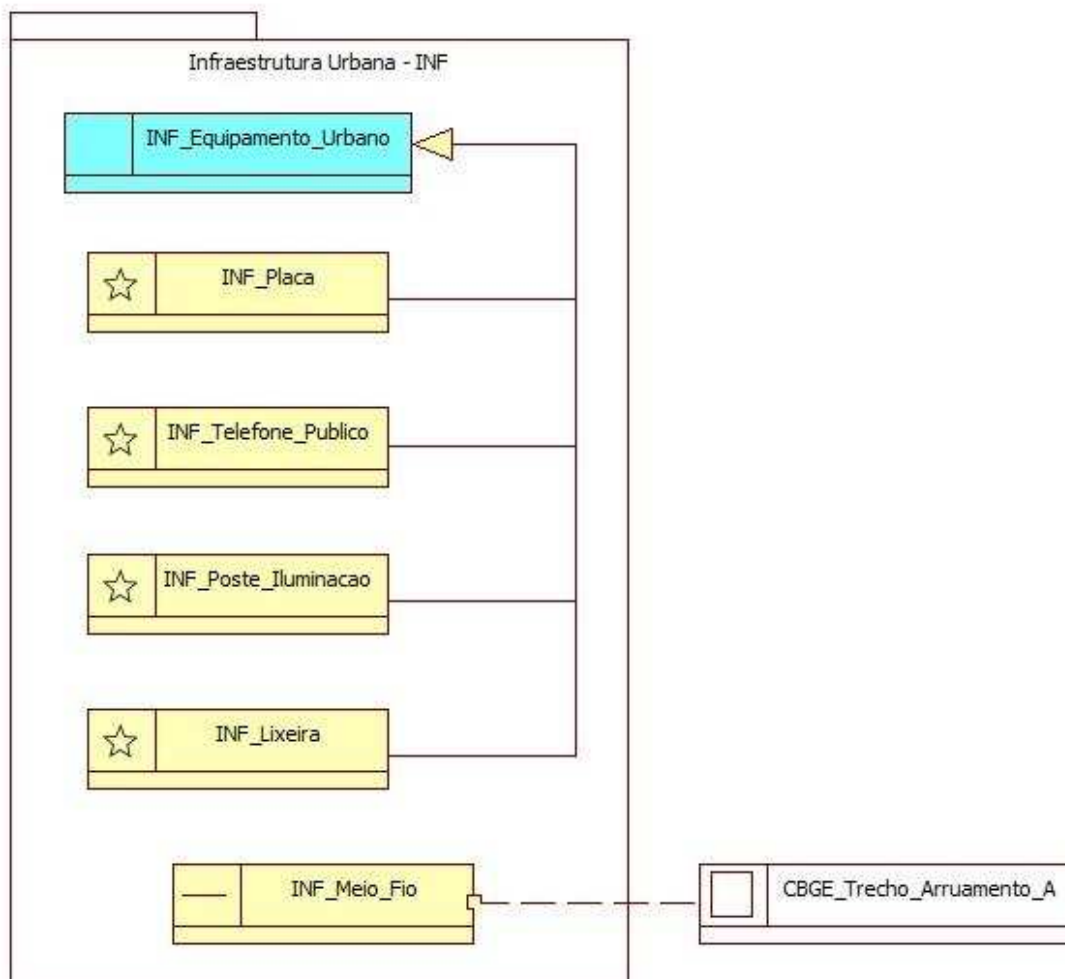


Fonte: O Autor.

O pacote Infraestrutura Urbana, representado pela sigla INF, apresenta elementos da infraestrutura urbana que não figuram em outros pacotes da ET-EDGV. Os elementos representados neste pacote podem ser relacionados espacialmente

com outras classes da ET-EDGV, entretanto, dada a inexistência de outros elementos que se relacionassem a estes no espaço de estudo, optou-se por agrupá-los em um mesmo pacote e omitir tais relações. O diagrama é apresentado na Figura 30.

Figura 30 – Diagrama de Classes do Pacote Infraestrutura Urbana - INF



Fonte: O Autor.

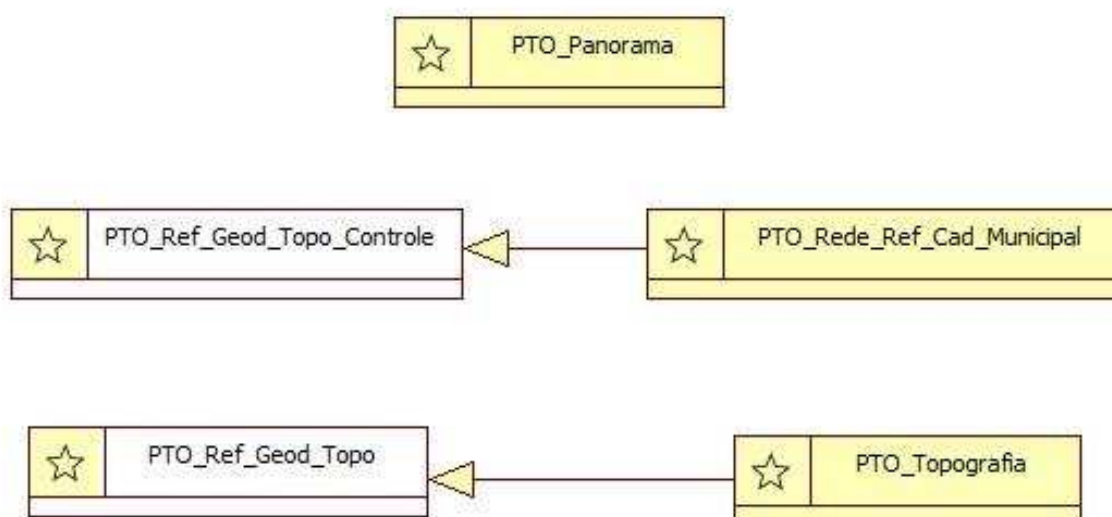
Os diagramas citados anteriormente caracterizam as classes de expansão da ET-EDGV contidas em pacotes de dados agrupados de acordo com seu tema. Em algumas situações, entretanto, convém a especialização de classes da ET-EDGV dentro de pacotes já existentes.

Nos diagramas apresentados nas Figuras Figura 31, Figura 32 e Figura 33 a seguir as classes da norma ET-EDGV que não possuem relação direta com as classes especializadas foram suprimidas, de forma a possibilitar uma melhor visualização das

entidades criadas. Omitiu-se também a simbologia do pacote, por se tratar da expansão parcial destes.

A expansão do pacote MapTopoPE – PTO, que agrupa pontos de medição de fenômenos geográficos na superfície terrestre como pontos cotados e marcos geodésicos, é realizada por três classes compreendendo pontos notáveis de levantamentos topográficos apoiados na Rede de Referência Cadastral (RRC) implementada no município, a própria RRC e a localização de panoramas 360°(Figura 31).

Figura 31 – Diagrama de classes da expansão do Pacote Pontos de Referência - PTO



Fonte: O Autor.

O pacote MapTopoPE - TRA, que agrupa estruturas relacionadas aos sistemas de transporte em qualquer modalidade, é expandido através da adição de uma classe: TRA_Quilometragem, empregada na representação de pontos de quilometragem da estrutura rodoviária. A classe é utilizada no município de Bom Despacho para a estruturação do Plano Rodoviário Municipal e se relaciona com a classe TRA_Trecho_Rodoviario. O diagrama é apresentado na Figura 32.

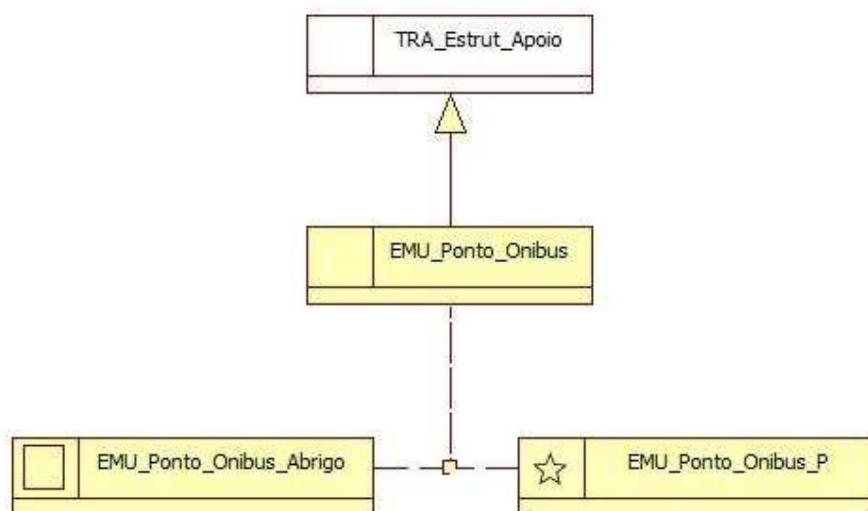
Figura 32 – Diagrama de classes da expansão do Pacote Transportes - TRA



Fonte: O Autor.

A expansão do pacote MapTopoGE - EMU, relacionado às estruturas de apoio ao transporte de pessoas, bens e serviços no ambiente urbano, por sua vez, é realizada através da especialização da classe TRA_Estrut_Apoio, criando a classe EMU_Ponto_Onibus representada por ponto ou polígono. A Figura 33 apresenta o diagrama.

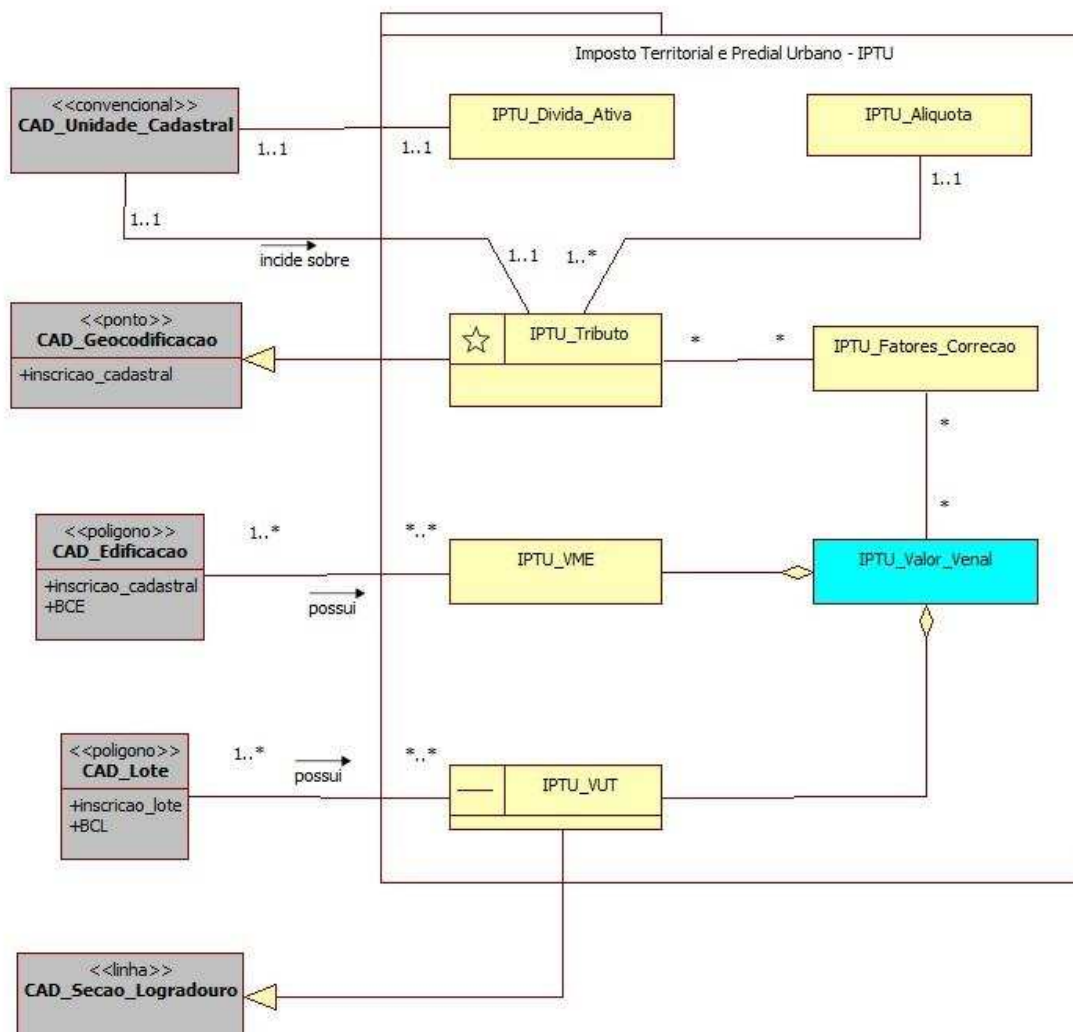
Figura 33 – Diagrama de classes da expansão do Pacote Estrutura de Mobilidade Urbana - EMU



Fonte: O Autor.

As informações de tributação armazenam os dados necessários para o cálculo de tributos no município, e estas informações são definidas externamente aos pacotes de expansão. O pacote Imposto Predial e Territorial Urbano - IPTU desenvolvido como uma especialização do pacote genérico Tributação - TRI apresenta as informações necessárias ao cálculo do tributo nos municípios de Bom Despacho e Conceição do Mato Dentro. A Figura 34 apresenta o diagrama gerado.

Figura 34 – Diagrama de Classes do Pacote Imposto Predial Territorial Urbano - IPTU



Fonte: O Autor.

Passa-se a discutir os resultados gerais obtidos com o trabalho e os aspectos gerais da implementação do framework nos municípios de Bom Despacho, Jacobina e Conceição do Mato Dentro, de acordo com a metodologia proposta na Seção 4.3.

5.3 Sistema de Informações Cadastrais de Bom Despacho

A implementação do Sistema de Informações Cadastrais de Bom Despacho consistiu na utilização de todo o framework. Neste sentido, foram implementados o Sistema Gerenciador de Banco de Dados, o Servidor de Mapas e o WebGENTE, sendo associado a este as funcionalidades do Visualizador de imagens 360° e a integração com o sistema de arquivos da prefeitura (sistema Alfresco).

O diagrama de classes utilizado no município, construído a partir do modelo genérico apresentado na Seção 3.3.2, é apresentado nos Apêndices A (contendo as Tabelas de Enquadramento dos Planos de Informação no Modelo de Dados) e B (contendo o Modelo Conceitual do Sistema Cadastral de Bom Despacho). O esquema conceitual de Bom Despacho emprega funções avançadas do SGBD, utilizando para o traçado do lote cadastral somente as linhas de divisa.

A representação dos lotes, por sua vez, é realizada através da poligonização²⁰ de limites fechados de MUB_Limite_Lote, como ilustra a Figura 35. A função criada no SGBD coleta os limites fechados (representados por linhas brancas) e os transforma em polígonos (representados por linhas vermelhas). Posteriormente obtém as informações de um ponto da camada CAD_Geocodificacao entre os limites e gera a classe CAD_Lote, um polígono contendo a inscrição cadastral a nível de lote.

Para o recurso o SGBD faz uso das vistas de dados, funcionalidade que permite criar classes derivadas de outras entidades no banco executando funções diversas como agregações, processamentos geométricos, entre outros. A depender do custo de processamento escolhe-se entre vistas dinâmicas, em que o processamento é realizado após solicitação do usuário, ou vistas materializadas, que são armazenadas como tabelas e atualizadas sob demanda.

²⁰ A função consiste na criação de polígonos a partir de linhas, tomando como polígonos a área compreendida entre os limites fechados das linhas.

Figura 35 - Exemplo de aplicação do SGBD em Bom Despacho



Fonte: O Autor.

O recurso permite a implementação de uma regra relacionada à parcela cadastral: a garantia de inexistência de lacunas e sobreposições entre as parcelas. Em termos práticos, ao empregar o uso de linhas de lote elimina-se uma das etapas de controle de qualidade dos dados cadastrais, utilizando ferramentas de análise topológica para corrigir tais erros.

Os demais elementos da inscrição cadastral Quadra, o Setor e o Distrito, representados respectivamente pelas classes CAD_Quadra, CAD_Setor e CAD_Distrito são implementados a partir da dissolução espacial do Lote, gerado a partir das linhas de divisa. O artifício impossibilita a existência de inconsistências como um lote fora de uma quadra e limites distintos entre as entidades, além de possibilitar o aumento de produtividade em atividades de manutenção, uma vez que o usuário deverá alterar somente a informação dos limites de quadras em MUB_Limite_Lote e as alterações serão propagadas na periodicidade especificada no SGBD.

Devido ao grande volume de dados processados na etapa de poligonização e dissolução para geração dos elementos implementou-se um mecanismo de execução da atualização em períodos pré-estabelecidos, evitando a sobrecarga dos sistemas que porventura poderiam prejudicar aos usuários. Utilizou-se de vistas materializadas atualizadas a cada 15 minutos pelo pgAgent, ferramenta de agendamento de tarefas do PostgreSQL.

Para o armazenamento dos panoramas em 360° fez-se uso da classe PTO_Panorama do modelo conceitual. O destaque à funcionalidade está no armazenamento de um link com o panorama em uma feição pontual, desta forma, é possível a busca por um panorama nas proximidades de uma dada localização, semelhante a plataformas comerciais comuns ao mercado. A leitura dos panoramas é realizada através de requisições com o método GetFeatureInfo, sendo processadas ainda no navegador e exibidas através da biblioteca PhotoSphereViewer.

Justifica-se a inclusão da classe devido à grande popularidade alcançada pelas ferramentas de visualização 360° de logradouros públicos pela Internet, como o Google Streetview, Mapillary e OpenStreetCam. A presença dos panoramas na cartografia atual é uma realidade, sendo assim, é importante que especificações técnicas para dados espaciais os abarquem de forma a possibilitar a criação de uma base de dados livre e oficial deste tipo de informação em Infraestruturas de Dados Espaciais.

Os sistemas de transporte do município, cujo mapeamento e sistematização compunham o trabalho realizado, foram representados empregando classes da ET-EDGV e classes especializadas destas. Faz-se necessário observar a necessidade de especialização da classe CBGE_Trecho_Arruamento na classe CAD_Secao_Logradouro, uma vez que a entidade é um dos elementos base para os sistemas cadastrais, armazenando informações referentes ao mobiliário urbano em uma determinada parte da via. A especialização permite a codificação sistemática das seções, utilizando as indicações contidas no CIATA, e a associação com os boletins de logradouro, contendo as informações quanto à infraestrutura do trecho.

Apointa-se ainda a ausência de mais dois itens do sistema de transporte na especificação técnica nacional: pontos de quilometragem, representados pela classe TRA_Quilometragem e meio fio, representado pela classe INF_Meio_Fio. Justifica-se a inclusão do primeiro na base de dados uma vez que é a representação da rodovia em seus pontos de quilometragem, elemento previsto no Plano Nacional de Viação (DNIT, 2021). A presença dos pontos de quilometragem facilita a busca em sistemas de informação geográfica por uma posição específica em uma rodovia.

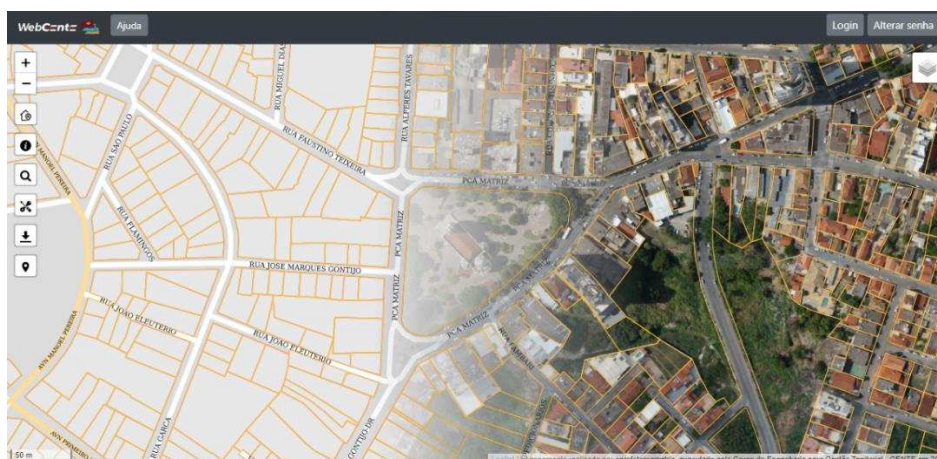
Por sua vez, a classe INF_Meio_Fio figura como uma especialização geométrica da classe CBGE_Trecho_Arruamento, em sua representação poligonal.

Entende-se que o meio fio delimita a área do logradouro público, sendo assim, a presença desta informação na base de dados permite a geração da classe genérica através de operações de poligonização. Do pacote PDM utilizou-se duas classes, sendo uma contendo o perímetro urbano do município e outra a área de expansão urbana, ambas restituídas conforme memorial apresentado em lei.

Foram utilizados para a composição dos mapas base do WebGENTE de Bom Despacho uma camada composta do imageamento aéreo e uma base temática. O primeiro é composto de um levantamento aerofotogramétrico com Ground Sample Distance (GSD) de 10 cm nas áreas urbanizadas e uma imagem orbital com GSD de 70 cm para a área rural. Já o segundo é construído pela composição dos vetores de quadras, lotes, eixos de via e seus topônimos, permitindo a rápida localização visual de elementos de interesse na malha urbana.

A implementação do WebGENTE e do Geoserver ocorreram conforme a metodologia expressa na Seção 4.3, sendo estes instalados em um servidor Unix Ubuntu 16.04, de acordo com a documentação do sistema. A Figura 36 apresenta uma montagem da interface final do WebGENTE, apresentando as duas camadas base com a sobreposição da camada de lotes.

Figura 36 - WebGENTE de Bom Despacho



Fonte: O Autor.

5.4 Sistema de Informações Cadastrais de Jacobina

A implementação do framework no município de Jacobina consistiu no desenvolvimento do SGBD de acordo com o modelo genérico proposto, além da implementação do WebGENTE. No município fez-se uso da interface básica do sistema, não sendo implementados os Visualizadores 360° e conexão com sistemas de arquivos.

O diagrama de classes elaborado para o sistema é apresentada no Apêndice C – Modelo Conceitual do Sistema Cadastral de Jacobina. O diagrama possui como principal diferença do esquema estabelecido para Bom Despacho o estabelecimento da parcela cadastral diretamente no polígono de CAD_Lote, e dessa forma não empregando a transformação dinâmica de linhas para lotes. O esquema também não faz uso da camada CAD_Geocodificação, sendo a camada CAD_Unidade_Cadastral representada apenas como uma classe convencional que se relaciona diretamente com CAD_Lote.

A escolha operacional por utilizar a classe CAD_Lote se deve à incompatibilidade dos softwares de coleta de dados em campo com o modelo de linhas. Para a aplicação de BCI em Jacobina utilizou-se o sistema MTServer, que lida com as informações geométricas de lotes, quadras e edificações através de polígonos em formato CAD. A conversão dos dados do formato geográfico armazenado no SGBD para o formato DXF empregado pelo sistema acarretaria a perda da capacidade de retorno ao modelo de linhas e geração dinâmica dos lotes, sendo assim, optou-se pela utilização direta de polígonos de forma a possibilitar a interoperabilidade com o sistema de coleta.

A escolha de lotes como polígonos, no entanto, não ocorreu sem prejuízo à produtividade dos sistemas. A capacidade de transformação entre CAD_Lote, CAD_Quadra, CAD_Setor e CAD_Distrito através de operações dinâmicas de dissolução foi afetada por erros topológicos no elemento original, CAD_Lote, sendo necessárias várias etapas de validação geométrica e limpeza dos dados para garantir o correto funcionamento dos mecanismos de transformação.

Ao comparar a produtividade das equipes de produção das bases cartográficas entre os projetos de Jacobina e Bom Despacho percebe-se o aumento de produtividade que o modelo de lotes a partir da classe MUB_Limite_Lote proporciona.

Uma vez que operações de divisão, remembramento, criação e exclusão de lotes ocorrem sem a possibilidade de erros topológicos, não há a necessidade de retrabalho nem de validação intensa dos dados a posteriori. Em ambientes organizacionais onde, por vezes, os usuários de SIG e das bases cartográficas não possuem uma formação extensa nos sistemas que utilizam, a ferramenta possibilita um maior controle de consistência e integridade dos dados.

A execução do levantamento planialtimétrico cadastral em Jacobina possibilitou a obtenção de diversas feições pontuais relacionadas ao mobiliário urbano do município, sendo empregadas as especializações da classe a INF_Equipamento_Urbano, no pacote de dados Infraestrutura. Da classe genérica derivam feições pontuais relativas aos equipamentos de telefonia pública, plaqueamentos, lixeiras e postes, opta-se pelo uso das classes especializadas, e não instanciando a classe genérica, de forma a possibilitar a rápida localização e consulta de elementos das feições urbanas em sistemas SIG.

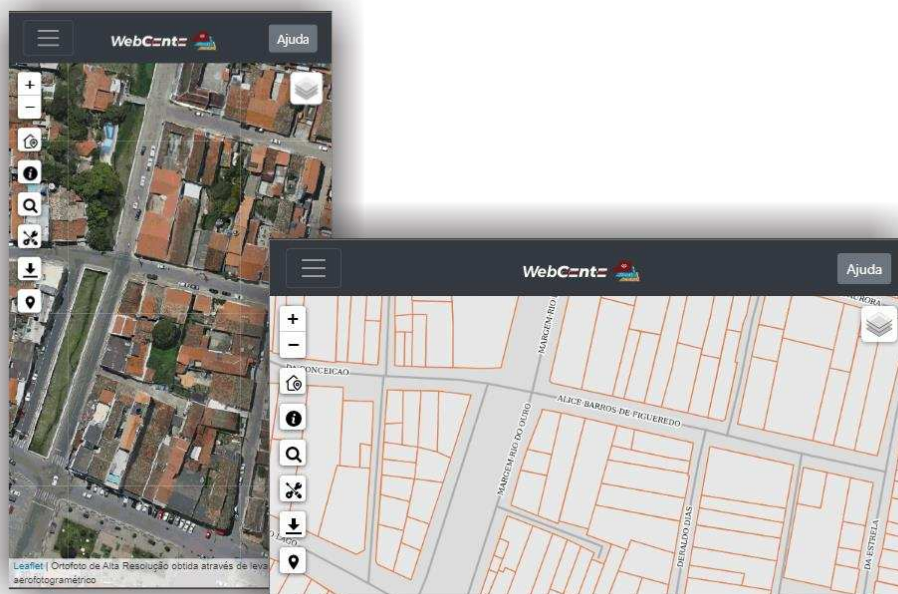
Além dos elementos de infraestrutura descritos anteriormente, outras feições obtidas através da topografia derivam de componentes do pacote de Sistemas de Transportes da ET-EDGV, a classe DUT_Galeria_Bueiro apresenta feições superficiais relativas aos sistemas de esgoto. Deve-se observar que, em situações que as bases de dados temáticas possuam maior riqueza de informações sobre o tema, pode ser necessária maior especialização dos dados e a geração de um novo pacote de informações, objetivando suportar particularidades de sistemas destinados ao esgotamento sanitário, pluvial e abastecimento de água.

Da topografia realizada no município derivam ainda duas classes destinadas a estruturar o produto no banco de dados: PTO_Rede_Ref_Cad_Municipal e PTO_Topografia, sendo ambas especializadas de classes do pacote Pontos de Referência da ET-EDGV. Na primeira objetiva-se o armazenamento dos pontos de adensamento da RRCM, obtidos através de marcações no chão e codificação de pontos nos locais de instalação dos equipamentos de mensuração. No segundo objetiva-se o armazenamento dos pontos irradiados, contendo informações temáticas quanto ao ponto bem como suas informações de coordenadas tridimensionais.

O WebGENTE, implementado ao modelo de Jacobina, possui características semelhantes ao implementado no município de Bom Despacho, tendo como camadas

base a imagem aerofotogramétrica com GSD de oito centímetros e uma base cartográfica temática para rápida orientação, além de camadas de sobreposição disponíveis com os demais elementos do modelo conceitual. A Figura 37 apresenta as telas do WebGENTE de Jacobina, exibidas em um dispositivo móvel tanto na posição retrato como paisagem, denotando a característica responsiva do sistema.

Figura 37 – WebGENTE de Jacobina em um dispositivo móvel



Fonte: O Autor.

5.5 Simulador de IPTU e Sistema de Informações Cadastrais de Conceição do Mato Dentro

A aplicação do framework no município de Conceição do Mato Dentro se deu em dois momentos. Inicialmente, em um período de produção e validação dos dados, utilizou-se o visualizador e do pacote de dados Tributação para a elaboração de um simulador de valores para o Imposto Predial e Territorial Urbano. O segundo momento se deu no armazenamento e disponibilização dos dados aos usuários da prefeitura e população, como nos demais trabalhos.

O esquema de dados gerado para o simulador, contido no diagrama de classes apresentado no Apêndice D, utilizava das ligações aos elementos do modelo cadastral implementado. Cabe notar a estrutura cadastral no município em que um lote possuía uma ou mais unidades e cada unidade, por sua vez, possuía nenhuma ou várias

edificações; tal estrutura deve ser levada em consideração no cálculo do imposto uma vez que cada edificação possui características construtivas distintas e que devem ser levadas em consideração.

A fórmula de cálculo empregada se baseia nos métodos apresentados pela NBR 14.653 (ABNT, 2011) para a obtenção do valor venal dos imóveis, utilizando do método comparativo para a obtenção do valor venal da terra nua, o método reprodutivo, para obtenção do valor venal da edificação e, por fim, o método evolutivo, para obtenção do valor venal do imóvel. A metodologia utilizada neste trabalho permite generalizações para aplicação nos três municípios estudados e se baseia na equação apresentada a seguir, sendo o valor do IPTU calculado uma única vez para cada inscrição cadastral.

$$IPTU = \left(VVT + \sum VVE \right) \times FCG \times Alíquota$$

Na equação têm-se o VVT como o Valor Venal do Terreno, obtido através da multiplicação entre os elementos do modelo conceitual ao qual a unidade se relaciona:

- Valor Unitário do Terreno (VUT), obtido por seção cadastral do imóvel na classe IPTU_VUT;
- Fatores de Correção do Lote (obtidos em IPTU_Fatores_Correcao) aplicados a partir dos campos do boletim de lote (componente do Boletim de Cadastro Imobiliário ligada a CAD_Lote);
- Área do imóvel, calculada a partir da geometria de CAD_Lote e;
- Fração ideal da unidade, calculada a partir do somatório das áreas de CAD_Edificacao em uma inscrição dividido pela área de CAD_Lote.

O Valor Venal da Edificação (VVE) é único para cada edificação individualizada no terreno e deve ser calculado separadamente dadas as características distintas das construções. O valor é obtido através da multiplicação entre os elementos relacionados à construção:

- Valor de Metro Quadrado da Edificação (apresentado na tabela IPTU_VME) definido, no caso de Conceição do Mato Dentro, pelas tabelas de Custo Unitário Básico por padrão construtivo, publicados pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais;

- Fatores de Correção da edificação (obtidos em IPTU_Fatores_Correcao) aplicados a partir dos campos do boletim da edificação (componente do BCI ligada à CAD_Edificacao) e;
- Área da edificação, calculada a partir da geometria de CAD_Edificacao.

A soma entre VVT e cada VVE calculado individualmente compõem o valor venal do imóvel, ao qual se multiplica, para a obtenção do valor do imposto:

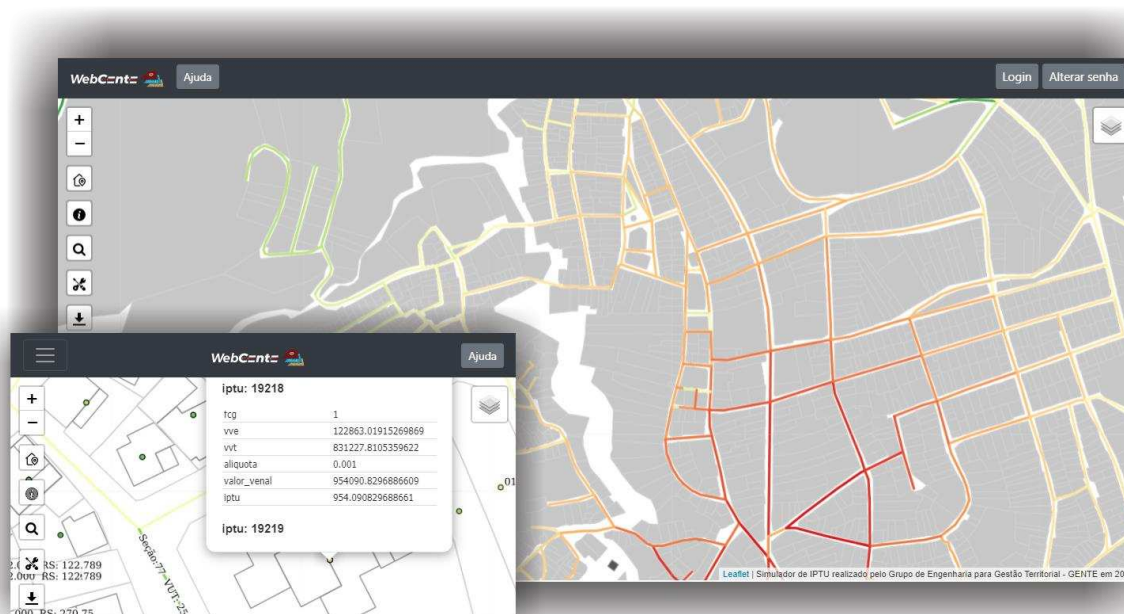
- Fatores de Correção Gerais (FCG, obtido em IPTU_Fatores_Correcao) aplicados sobre elementos gerais do BCI, como isenções e imunizações à determinadas características ou homogeneização por zonas. A utilização deste fator permite a simplificação de regras no banco de dados para cálculo ou isenção do IPTU de acordo com determinado campo;
- Alíquota, determinada em IPTU_Aliquota, podendo variar conforme estabelecido pelo código tributário do município e determinado, no município, a partir da área do imóvel.

A justificativa de determinação de um modelo de cálculo para a tributação municipal relacionada ao modelo cadastral proposto no framework parte da dificuldade que municípios podem enfrentar ao utilizar modelos mais complexos de informações cadastrais e calcular seus impostos a partir destes. O modelo cadastral anterior de Conceição do Mato Dentro possibilitava o cálculo do imposto generalizando todas as edificações dentro de uma mesma unidade em área principal ou área secundária, o que acarretava um cálculo pouco representativo da realidade do valor venal de uma edificação.

Com o uso do modelo implementado após o projeto foi possível que cada parte da edificação com um padrão construtivo diferente tivesse seu valor calculado individualmente. A título de exemplo, uma casa de dois pavimentos de mesma área, em que o primeiro pavimento fosse construído com alto padrão e o segundo com baixo padrão, funcionando apenas como uma cobertura ou terraço, teria o valor venal calculado a partir das características da área principal e a área duplicada, aumentando o valor venal do imóvel. Com o novo modelo, cada pavimento possui um valor calculado separadamente de acordo com suas características, possibilitando um valor venal mais próximo da realidade.

A modelagem e implementação junto ao SGBD permitiram que alterações realizadas no modelo e nos dados cadastrais recalculassem os dados do IPTU exibidos pelo visualizador do WebGENTE em tempo real. Dessa forma, auxiliando aos integrantes da comissão da Planta Genérica de Valores a analisar o produto entregue em um contexto espacial sem a necessidade de conhecimento prévio em Sistemas de Informação Geográfica. A Figura 38 apresenta a interface do visualizador, onde a simbologia empregada permite escalar as cores dos trechos de logradouro com maiores valores por metro quadrado de terreno, ao passo que com o clique em uma unidade cadastral (CAD_Unidade_Cadastral) o usuário pode visualizar seus parâmetros de cálculo em detalhes.

Figura 38 - Simulador de IPTU de Conceição do Mato Dentro



Fonte: O Autor.

Em um segundo momento, o framework foi aplicado na disponibilização e estruturação da base de dados cadastral do município. Dadas as condições de projeto semelhantes às aplicadas em Jacobina, o modelo conceitual se assemelha ao do município, no entanto, com a adição do pacote Plano Diretor Municipal, que contém as informações cartográficas do tema no município. O diagrama de classes implementado para o município é apresentado no Apêndice D.

Destaca-se novamente o emprego da classe CAD_Lote como a unidade básica dos elementos cadastrais, em oposição ao uso da sua geração a partir das linhas de divisa de MUB_Limite_Lote, pelas mesmas razões de interoperabilidade com o

sistema de coleta de dados MTServer. As observações realizadas quanto à praticidade de tal medida no projeto de Jacobina se mantiveram nesta aplicação, sendo necessárias diversas etapas de validação topológica dos dados recebidos do sistema para que fosse possível a disponibilização dinâmica dos elementos cadastrais gerados a partir do lote.

6 CONCLUSÕES

A implementação do framework nos municípios supracitados denota a aplicabilidade desta pesquisa no desenvolvimento de IDEs, ainda que básicas, em ambientes com pouca infraestrutura computacional e humana. Espera-se que o sistema auxilie na expansão do uso da informação cartográfica municipal nas cidades, bastando, para tal, um mínimo de estrutura organizacional necessária.

Pode-se concluir, a partir das análises apresentadas na Seção 2, que o tema de padronização de dados e produção cadastral no Brasil é um ponto de carência das legislações e normas. Destaca-se que apesar dos modelos propostos no âmbito acadêmico o assunto ainda requer maiores discussões e análises, sobretudo com relação à ET-EDGV, dado que grande parte dos trabalhos realizados pré-datam a norma. Neste sentido, o presente trabalho emprega uma metodologia de especialização da ET-EDGV, no qual a adequação à legislação brasileira sobre o tema é facilitada.

O Modelo de Dados Genérico propõe uma solução necessária à produção de cartografia cadastral em todo o país e, ainda que não tenha o efeito normativo semelhante à ET-EDGV, possibilita o fomento de discussões sobre o tema. Denota-se que, apesar de reconhecida a necessidade de que o modelo tenha abrangência às informações advindas do RI, caracterizando assim o Cadastro Legal das parcelas do município, não havia tal característica nos municípios na área de estudo de forma a ser realizada sua inclusão ao modelo segundo a metodologia adotada.

Neste sentido, as representações necessárias ao conceito de cartografia cadastral apresentado neste trabalho são cumpridas com exceção de uma: a relação com a propriedade legal da parcela, obtida através da ligação com o dado notarial. Entende-se que dado o design do modelo de dados em torno da parcela cadastral, representada pela entidade CAD_Lote, tal ligação é possível de ser implementada, uma vez que toda propriedade legal sobre a parcela incide sobre este elemento. Para tanto, recomenda-se o reuso do modelo proposto pela ISO 19.152, utilizando dos pacotes LA_SpatialUnit e LA_Party para a adição das classes necessárias.

A implementação do sistema de banco de dados nos municípios denota a aplicabilidade do modelo, otimizando processos desde a metodologia de produção do dado à sua disponibilização final. O uso do modelo junto ao PostGIS permite que o

usuário crie funções de controle e auxílio à produção. Neste contexto, destaca-se o uso do modelo nas fases de produção da cartografia cadastral do município de Bom Despacho, tendo como exemplo a metodologia de restituição de parcelas cadastrais no município utilizando linhas e vértices cadastrais em oposto ao traçado de polígonos, evitando erros topológicos e agilizando processos, como denotado na Seção 5.3.

Cabe ainda citar o benefício do uso de um SGBDG no aspecto organizacional. Através do sistema as prefeituras exploram, sem ônus adicionais, o benefício de atualizações concorrentes nos dados, controles de qualidade, controles de acesso, disponibilização simultânea instantânea e em múltiplas plataformas dos dados, controles de versionamento das informações e demais funcionalidades exploráveis no sistema.

Considera-se que o objetivo de uso de tecnologias modernas e de código aberto é cumprido tanto no aspecto de desenvolvimento quanto de implementação. Todos os sistemas utilizados como base para o desenvolvimento do framework são de licença livre, possibilitando ao município a expansão das capacidades deste sem custos de software. As componentes do framework são disponibilizadas de forma livre, através do repositório oficial do WebGENTE e dos repositórios oficiais dos softwares empregados.

Ainda no aspecto de tecnologias livres, denota-se que o desempenho do framework é semelhante em qualquer sistema operacional, não sendo notadas diferenças tanto para as aplicações de Bom Despacho e Jacobina, hospedadas em servidores Unix, quanto a aplicação do sistema de Conceição do Mato Dentro, hospedada em um servidor de sistema proprietário.

Com uma interface básica acessível ao usuário comum, o framework apresentou bons resultados, como apresenta Marotta et al. (2020) em uma pesquisa de experiência do usuário aplicada entre usuários anônimos do sistema, avaliando a usabilidade do WebGENTE. No estudo, as ferramentas de identificação de feições, controles da interface e pesquisa por atributos foram avaliadas com desempenho ótimo ou bom para usuários entre os níveis leigo a avançado em sistemas SIG. A ferramenta de visualização 360°, por sua vez, teve desempenho médio, com as críticas concentradas na lentidão do carregamento dos panoramas no sistema.

Das demais componentes do sistema, embora não avaliadas quanto à usabilidade, destacam-se as interfaces administrativas como a interface de administração do Geoserver e do PostgreSQL através do software pgAdmin. Interfaces administrativas, embora não constituam o foco da experiência do usuário, são fatores preponderantes na aplicabilidade do sistema por equipes sem especialização na área.

O framework pode ser implementado por interfaces gráficas em grande parte do processo, com exceção das configurações de camadas no código do WebGENTE. Existe ainda a possibilidade de configuração das simbologias através dos códigos SLD exportados a partir de aplicações SIG como o QGIS, transportando a simbologia aplicada no software ao Geoserver, facilitando ao usuário a configuração de suas próprias camadas.

6.1 Recomendações

Apesar do sucesso da especialização do modelo genérico nos municípios citados, entende-se que o campo ainda necessita de validação em outros municípios. Neste sentido, recomenda-se estudos de replicação desta metodologia e análise da adequabilidade do modelo em outras situações. Da mesma forma, o framework desenvolvido carece de análise de desempenho técnico, obtida através de pesquisas de experiência de usuário mais amplas e benchmarks.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas e Tratados. **NBR 14166**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ABNT, Associação Brasileira de Normas e Tratados. **NBR 14653-2**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

AGAFONKIN, Vladimir. **Leaflet - an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps**. 2020. Disponível em: <https://leafletjs.com/>. Acesso em: 20 nov. 2020.

BARBOSA, Pedro Jardel; MARQUES, Éder Teixeira; MAROTTA, Victor dos Santos. Análise da desatualização da área edificada no Cadastro Territorial Multifinalitário de Bom Despacho – MG. 2020. **Anais do 14° CONEA - Congresso Nacional de Engenharia e Agrimensura** [...]. [S. l.]: CONEA, 2020. Disponível em: <https://doity.com.br/anais/14-conea/trabalho/1710660>. Acessado em: 20 Dez 2020.

BORGES, Rodrigo Sabino Teixeira; COSTA, Cecília Amélia Miranda; SOUSA, Paulo Augusto Barros de; CISNEROS, Amparo; ANGUIX, Alvaro. Sistema Estadual de Informações Geográfica do Estado do Tocantins. 2020. **Anais do 2SBIDE - Simpósio Brasileiro de Infraestruturas de Dados Espaciais** [...]. [S. l.]: INDE, 2020. Disponível em: https://inde.gov.br/images/inde/ANAIS_2SBIDE.pdf. Acessado em: 20 Dez 2020.

BORGES, Karla A V; DAVIS, Clodoveu A; LAENDER, Alberto H F. OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications. **Geoinformatica**, vol. 5, no. 3, p. 221–260, 2001.

BRANDAO, Artur Caldas; SILVA, Suzana Daniela Rocha Santos. Cadastro territorial como elemento de referência da INDE para uma administração territorial eficaz. 2020. **Anais do 2SBIDE - Simpósio Brasileiro de Infraestruturas de Dados Espaciais** [...]. [S. l.]: INDE, 2020. Disponível em: https://inde.gov.br/images/inde/ANAIS_2SBIDE.pdf. Acessado em: 20 Dez 2020.

BRASIL, Governo do. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acessado em: 20 Dez 2020.

BRASIL, Governo do. Decreto Nº 6.666, de 27 de Novembro de 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2008a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6666.htm. Acessado em: 20 Dez 2020.

BRASIL. Governo do. Institui o Sistema Nacional de Gestão de Informações Territoriais e regulamenta o disposto no art. 41 da Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. **Decreto Nº 8.764, de 10 de Maio de 2016**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Decreto/D8764.htm#:~:text=1%C2%BA%20Fica%20institu%C3%ADdo%20o%20Sistema,geoespaciais%20de%20im%C3%B3veis%20urbanos%20e. Acesso em: 25 nov. 2020.

BRASIL, Governo do; Secretaria de Tecnologia da Informação. Portaria nº 46, de 28

de Setembro de 2016. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/software-publico/portaria-46.pdf>. Acessado em: 20 Dez 2020.

BRASIL, Governo do. e-PING Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico. **Comitê Executivo de Governo Eletrônico, Maio, 2004.** .

BRASIL, Governo do. Lei 10.257, de 10 de Julho de 2001. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm. Acessado em: 20 Dez 2020.

BRASIL, Governo do. Portaria N° 376 , de 16 de Outubro de 2008. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2008b. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/729469/pg-39-secao-2-diario-oficial-da-uniao-dou-de-17-10-2007>. Acessado em: 20 Dez 2020.

BRASIL, Governo do. Portaria nº511, de 7 de Dezembro de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2009. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/1560609/pg-75-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-08-12-2009>. Acessado em: 20 Dez 2020.

CASANOVA, Marco Antonio; CÂMARA, Gilberto; DAVIS JR., Clodoveu A.; VINHAS, Lúbia; BANCOS, Gilberto Ribeiro de Queiroz. **Bancos de Dados Geográficos**. 1ª ed. [S. I.]: MundoGEO Curitiba, 2005.

CGJ, Corregedoria Geral de Justiça. **Provimento N° 260/CGJ/2013**. 2013. Disponível em: <http://www8.tjmg.jus.br/institucional/at/pdf/cpr02602013.pdf>. Acessado em: 20 Dez. 2020.

CHAVES, Leonardo Grandinetti; LAUDARES, Sandro. Armazenamento de Dados Geográficos em SIGs públicos e comerciais: Estudo de Caso na PRODEMGE. 2020. **Anais do 2SBIDE - Simpósio Brasileiro de Infraestruturas de Dados Espaciais** [...]. [S. I.]: INDE, 2020. Disponível em: https://inde.gov.br/images/inde/ANAIS_2SBIDE.pdf. Acessado em: 20 Dez 2020.

CHEN, Peter Pin-Shan. The entity-relationship model—toward a unified view of data. **ACM transactions on database systems (TODS)**, vol. 1, no. 1, p. 9–36, 1976.

CONCAR, Comissão Nacional de Cartografia. **Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0)**. p. 43, 2017. Disponível em: https://www.concar.gov.br/temp/365@ET-EDGV_versao_3.0_2018_05_20.pdf%0Ahttps://www.concar.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=365&ln=1%0Ahttps://inde.gov.br/Legislacao. Acessado em: 20 Dez 2020.

CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO, Prefeitura de. Lei Complementar nº 101/2020. **Diário Oficial de Conceição do Mato Dentro**, Conceição do Mato Dentro, MG, 2020. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/plano-diretor-conceicao-do-mato-dentro-mg>. Acessado em: 20 Dez 2020.

CUNHA, Eglaisa; OLIVEIRA, Francisco; JULIÃO, Rui; CARNEIRO, Andrea. O cadastro urbano no Brasil: histórico e evolução. **GOT - Journal of Geography and Spatial Planning**, no. 17, p. 55–74, 2019. <https://doi.org/10.17127/got/2019.17.003>.

DNIT. **Nomenclatura das rodovias federais**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/rodovias-federais/nomeclatura-das-rodovias-federais>. Acessado em: 10 Fev. 2021.

PAIVA, Caio dos Anjos. **Proposta de modelagem entre os dados do Cadastro Imobiliário Urbano e do Registro de Imóveis**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Fundamentals of database systems**. [S. l.]: Pearson, 2015.

ERL, Thomas. **Service-oriented architecture**. [S. l.]: Pearson Education Incorporated, 2005.

FEATHERS, Michael. **Working effectively with legacy code**. [S.l.]: Pearson, 2004. 464 p.

GIMENES, Fernanda de Sousa Farias; NOBERTO, Luan Victor Vasconcelos; OLIVEIRA, Antonio Augusto Ferreira de; CAVALCANTE, José Ramon Vasconcelos; SABINO, Carlos Whebert Castro; BANDEIRA, Sandro Ricardo Vasconcelos; TAVARES, Marcio Fonseca. A Infraestrutura de Dados Espaciais da Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza - IDE-SEFIN como produto do cadastro imobiliário municipal. 2020. **Anais do 2SBIDE - Simpósio Brasileiro de Infraestruturas de Dados Espaciais** [...]. [S. l.]: INDE, 2020. Disponível em: https://inde.gov.br/images/inde/ANAIS_2SBIDE.pdf. Acessado em: 20 Dez 2020.

GONÇALVES, Rômulo Parma. **Modelagem Conceitual de bancos de dados geográficos para cadastro técnico multifinalitário em municípios de pequeno e médio porte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008.

GRASER, Anita. **Geoserver vs. Mapserver | Free and Open Source GIS Ramblings**. 8 Jun. 2010. Disponível em: <https://anitagraser.com/2010/06/08/geoserver-vs-mapserver/>. Acessado em: 5 Jan. 2021.

GRIGOLIN, Giuliano; JABOR, Pablo Medeiros. GEOBASES 2.0 – Migração DA Plataforma ESRI/ArcGIS para Geonode – Contexto e Perspectivas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS - SBIDE, 2., 2020, Online. **Anais do II SBIDE**. Online: INDE, 2020. p. 59-60. Disponível em: https://inde.gov.br/images/inde/ANAIS_2SBIDE.pdf. Acesso em: 25 dez. 2020

HASENACK, Markus. **A cartografia cadastral no Brasil**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

HEDA, M R; CHIKURDE, S V. A Review : Geo-Information Technology for Web-Mapping Application. **IJARCCE - International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering**, vol. 5, no. 3, p. 3–6, 2016. <https://doi.org/10.17148/IJARCCE.2016.53141>.

HERRING, John. **Opengis@implementation standard for geographic information-simple feature access-part 1: Common architecture** [corrigendum]. 2011. Disponível em: <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/1104>.

Acessado em: 16 Dez. 2020.

HUNTER, Jason; CRAWFORD, William. **Java servlet programming: Help for server side Java developers**. 2^o Ed. [S.I.] O'Reilly Media, Inc., 2001.

IACOVELLA, Stefano. **GeoServer Beginner's Guide**. 2^a Ed. [S.I.] Packt Publishing, 2017.

IBGE. **Bom Despacho (MG) | Cidades e Estados** | IBGE. 2020a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/bom-despacho.html>. Acessado em: 12 Dez. 2020.

IBGE. **Conceição do Mato Dentro (MG) | Cidades e Estados** | IBGE. 2020b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/conceicao-do-mato-dentro.html>. Acessado em: 12 Dez. 2020.

IBGE. **Jacobina (BA) | Cidades e Estados** | IBGE. 2020c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/jacobina.html>. Acessado em: 12 Dez. 2020.

IBGE. **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro, 1^a Ed. IBGE, 1999.

INCRA. **Instrução Normativa nº 77, de 23 de agosto de 2013**. Regulamenta o procedimento de certificação da poligonal objeto de memorial descritivo de imóveis rurais a que se refere o § 5^o do art. 176 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973. Brasília, Disponível em: <https://www.colegioregistrals.org.br/wp-content/uploads/2013/10/InstrucaoNormativa77.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2020.

KAUFMANN, Jürg; STEUDLER, Daniel. **A vision for a future cadastral system**. Berne, Switzerland. 1^a Ed. FIG and Associate at Swiss Federal Directorate of Cadastral Surveying, 1998. Disponível em: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/cadastre2014/translation/c2014-english.pdf>. Acesso em: 10 Jan. 2021.

KOŁODZIEJ, Kris. **OpenGIS Web Map Server Cookbook**. [S. I.]: Open Geospatial Consortium, 2004.

KOSTERS, Georg; PAGEL, Bernd-Uwe; SIX, Hans-Werner. GIS-application development with GeoOOA. **International Journal of Geographical Information Science**, vol. 11, no. 4, p. 307–335, 1997.

KROPLA, Bill. **Beginning MapServer**. [S. I.]: Apress, 2005. DOI 10.1007/978-1-4302-0053-6. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-1-4302-0053-6>. Acessado em: 20 Dez 2020.

LISBOA FILHO, J. **Modelos de dados conceituais para sistemas de informação geográfica**. Porto Alegre, UFRGS, 1997. Disponível em: <http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/ivsbgeo97.pdf>. Acessado em: 11 Jan. 2021.

LISBOA FILHO, Jugurta; IOCHPE, Cirano. Mecanismos de Reutilização em Sistemas de Informação. **ACTA SCIENTIAE**, vol. 1, no. 2, p. 39–52, 1999. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/197>. Acessado em: 6 Jan. 2021.

LONGLEY, Paul A; GOODCHILD, Michael F; MAGUIRE, David J; RHIND, David W. **Geographic information science and systems**. [S. I.]: John Wiley & Sons, 2015.

MAROTTA, Victor dos Santos; BRUMATTI, Carlos Henrique T.; ALMEIDA, Brenda Batista; MARTINS, Sabrina Roberta de Moura; DUARTE, Daniel C. de Oliveira; COELHO, Rayra B. Cária e; MARQUES, Éder T.; OLIVEIRA, Júlio Cesar; OLIVEIRA, Isadora A. WebGENTE: Desenvolvimento de um framework open source para um WebGIS Cadastral. 2020. **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário** [...]. [S. l.]: UFSC, 2020. p. 1–13. Disponível em: <http://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2020/paper/view/819/343>. Acessado em: 20 Dez 2020.

MAROTTA, Victor S; FERREIRA, Karine S. **Disponibilização de Base de Dados Cadastrais através dos Servidores de Mapas Geoserver e Mapserver, associados ao Gerenciador de Bancos de Dados PostgreSQL**. Monografia (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2018.

MARRA, Thiago Batista. **Cadastro Territorial no Brasil : modelagem de posse e propriedade a partir do Modelo para o Domínio da Administração de Terras (LADM, ISO 19152)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade de Brasília. Brasília, 2017.

MILANI, André. **PostgreSQL-Guia do Programador**. [S. l.]: Novatec Editora, 2008.

MIRANDA, José Iguelmar. **Publicando mapas na Web: Servlets, Applets ou CGI?** [S. l.]: Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2003.

MOTA, Carlos Eduardo Miranda; ZOEL, Marcelo Pacheco; BARCELLOS, Alvaro Gomes Sobral; SANTOS, Marcio Vinicius de Queiroz. Implantação de arquitetura baseada em docker swarm: Alta disponibilidade, Balanceamento de Carga e Escalabilidade Horizontal para Geoserviços de (Meta)dados para a INDE. 2020. **Anais do 2SBIDE - Simpósio Brasileiro de Infraestruturas de Dados Espaciais** [...]. [S. l.]: INDE, 2020. Disponível em: https://inde.gov.br/images/inde/ANAIS_2SBIDE.pdf. Acessado em: 20 Dez 2020.

MUNDOGEO. **Conheça os detalhes dos projetos GeoInfo da Embrapa e GeoSampa**. 2020. Disponível em: <https://mundogeo.com/2016/04/25/conheca-os-detalhes-dos-projetos-geoinfo-da-embrapa-e-geosampa/>. Acessado em: 20 Dez 2020.

OGC, Open Geospatial Consortium. **OGC Standards and Resources** | OGC. 2020. Disponível em: <https://www.ogc.org/standards>. Acessado em: 5 Jan. 2021.

OGC, Open Geospatial Consortium. **OpenGIS® Web Map Tile Service Implementation Standard**. [S. l.]: OGC, 2010a. Disponível em: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=35326. Acessado em: 20 Dez 2020.

OGC, Open Geospatial Consortium. **OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard – With Corrigendum**. [S. l.]: OGC, 2010b. Disponível em: <http://docs.opengeospatial.org/is/09-025r2/09-025r2.html>. Acessado em: 20 Dez 2020.

OSGEO, Foundation. **GeoServer Documentation**. 2020a. Disponível em: <https://docs.geoserver.org/>. Acessado em: 20 Dez 2020.

OSGEO, Foundation. **PostGIS Documentation**. 2020b. Disponível em: https://postgis.net/docs/manual-3.1/postgis_introduction.html. Acessado em: 20 Dez

2020.

PEUQUET, Donna J. A conceptual framework and comparison of spatial data models. **Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**, vol. 21, no. 4, p. 66–113, 1984. .

PHILIPS, Jürgen Wilhelm. **Breve histórico do cadastro de imóveis no mundo**. <https://academia.irib.org.br/xmlui/handle/123456789/2517>, 2004. Acessado em: 20 Dez 2020.

POSTGRESQL, The Global Development Group. **Documentation**. 2020. Disponível em: <https://www.postgresql.org/docs/9.1/intro-what-is.html>.

RODRIGUES, Edmilson. **Projeto de Lei N°3876, de 2015** . Câmara dos Deputados, 2015. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=068DD238681F803233765E1DB277A764.proposicoesWebExterno2?codteor=1422235&fileame=PL+3876/2015. Acessado em: 20 Dez 2020.

RUMBAUGH, James; BLAHA, Michael; PREMERLANI, William; EDDY, Frederick; LORENSEN, William E; et al. **Object-oriented modeling and design**. [S. I.]: Prentice-hall Englewood Cliffs, NJ, 1991. vol. 199, .

RUMBAUGH, James; JACOBSON, Ivar; BOOCH, Grady. **The unified modeling language. Reference manual**, 1ª Ed. [S.I.] Addison-Wesley Professional. 1999.

SANTOS, Juciela Cristina dos. **Análise da aplicação do modelo de domínio de conhecimento em administração territorial (LADM) ao Cadastro Territorial Urbano brasileiro – Estudo de caso para o município de Arapiraca-AL**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) - Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2012.

SEDUH, Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **Relatório de Atividades 28101**. 2019. Disponível em: http://www.seduh.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/11/Relatório-de-Atividades-UO-28101-22_01_2019_16_11.pdf. Acessado em: 20 Dez 2020.

SERPRO. CIATA - **Manual do Cadastro Imobiliário**. [S.I.]. 1979.

SILBERSCHATZ, Abraham; KORTH, Henry F; SUDARSHAN, Shashank; OTHERS. **Database system concepts**. 17th ed. [S. I.]: McGraw-Hill New York, 2020.

SILVA, Eduardo Silverio da; CAMBOIM, Silvana Philippi. Um índice multicritério para avaliar o desenvolvimento de IDEs municipais. 2020. **Anais do 2SBIDE - Simpósio Brasileiro de Infraestruturas de Dados Espaciais [...]**. [S. I.]: INDE, 2020. Disponível em: https://inde.gov.br/images/inde/ANAIS_2SBIDE.pdf. Acessado em: 20 Dez 2020.

SILVA, Priscila de Lima e. **IDE-UFV: Proposta de Infraestrutura de Dados Espaciais Acadêmica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2019.

SOUZA, Cleidson Ronald Botelho de. **Um Framework para Editores de Diagramas Cooperativos baseados em Anotações**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas.

Campinas, 1998. Disponível em:
http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/275954/1/Souza_CleudsonRonaldBotelhode_M.pdf. Acessado em: 6 Jan. 2021.

STOLZE, Knut. SQL/MM spatial: The standard to manage spatial data in a relational database system. In: **Proceedings of the BTW 2003 – DATENBANKSYSTEME FÜR BUSINESS, TECHNOLOGIE UND WEB, TAGUNGSBAND DER 10. BTW KONFERENZ, 10., 2003**, Bonn. . Bonn: Weikum, Gerhard And Schöning, Harald And Rahm, Erhard, 2013. p. 247-264. Disponível em:
<https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/30056>. Acesso em: 25 nov. 2020.

TRIGO, Agustin Justo. **O PRODUR-Programa de administração municipal de desenvolvimento de infra-estrutura urbana do Estado da Bahia e o desenvolvimento urbano preconizado pelo Banco Mundial**. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2008.

VAN OOSTEROM, Peter et al. **Best Practices 3D Cadastres: Extended version**. Istanbul: Fig, 2018. 258 p. Disponível em: <https://vbn.aau.dk/en/publications/best-practices-3d-cadastres-extended-version>. Acesso em: 1 mar. 2021.

VEENENDAAL, Bert. **Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications**. [S. l.]: CRC Press, 2011. DOI 10.1201/b15452. Disponível em:
<https://www.taylorfrancis.com/books/9780415890816>. Acessado em: 20 Dez 2020.

VLADMIR AGAFONKIN. **Documentation - Leaflet - a JavaScript library for interactive maps**. 2020. Disponível em: <https://leafletjs.com/reference-1.7.1.html>. Acessado em: 5 Jan. 2021.

**APÊNDICE A – TABELAS DE ENQUADRAMENTO DOS PLANOS DE
INFORMAÇÃO NO MODELO CONCEITUAL**

Tabela 2 - Enquadramento dos planos de informação nas classes da ET-EDGV.
Fonte: O Autor.

Descrição do produto cartográfico	J.	C.M.D.	B.D.	Nome da Camada
Áreas verdes no município contendo, mas não exclusivamente, APPs, Reservas Legais e etc.		Sim		VER_Area_Verde
Árvores no ambiente urbano com coordenadas georreferenciadas	Sim	Sim		VER_Arvore_Isolada
Lagos, represas, lagoas, trechos caudalosos de rios e afins localizados no limite municipal	Sim	Sim	Sim	HID_Massa_Dagua
Trechos de rios, córregos e afins localizados no limite municipal	Sim	Sim	Sim	HID_Trecho_Drenagem
Pontos contendo o nome de localidades no município			Sim	LML_Nome_Local
Polígono contendo o limite do município	Sim	Sim	Sim	LML_Municipio
Polígonos contendo unidades de conservação estabelecidas no Plano Diretor Municipal		Sim		LML_Unidade_Conservacao
Pontos contendo a localização de marcos geodésicos implantados e homologados junto ao IBGE			Sim	PTO_Ref_Geod_Topo_Control
Pontos contendo a localização de pinos implantados para apoio e levantamento topográfico de adensamento da Rede de Referência Cadastral	Sim	Sim		PTO_Ref_Geod_Topo

Descrição do produto cartográfico	J.	C.M.D.	B.D.	Nome da Camada
Pontos contendo a localização de bueiros, bocas de lobo e afins, compondo a parte superficial da rede de esgoto dos municípios	Sim	Sim		DUT_Galeria_Bueiro
Linhas contendo os eixos de vias rurais privadas obtidas através de restituição de imagens de satélite de altíssima precisão			Sim	TRA_Caminho_Carroavel
Pontos contendo a localização de pontes na zona rural			Sim	TRA_Ponte
Linhas contendo os eixos de trechos rodoviários rurais de jurisdição estadual ou federal	Sim	Sim	Sim	TRA_Trecho_Rodoviario
Linhas contendo os eixos de trechos rodoviários rurais de jurisdição municipal		Sim	Sim	TRA_Trecho_Rodoviario
Limites dos distritos obtidos junto a autarquias estaduais/nacionais			Sim	LML_Distrito
Localização de Poços de Visitação obtidos por topografia	Sim			DUT_Poco_Visitacao

Tabela 3 - Enquadramento dos planos de informação nas novas classes do Modelo Genérico. Fonte: O Autor.

Descrição do produto cartográfico	J.	C.M.D.	B.D.	Nome da Camada
Pontos contendo a localização das inscrições cadastrais de cada unidade dentro do lote para rápida pesquisa			Sim	CAD_Geocodificacao

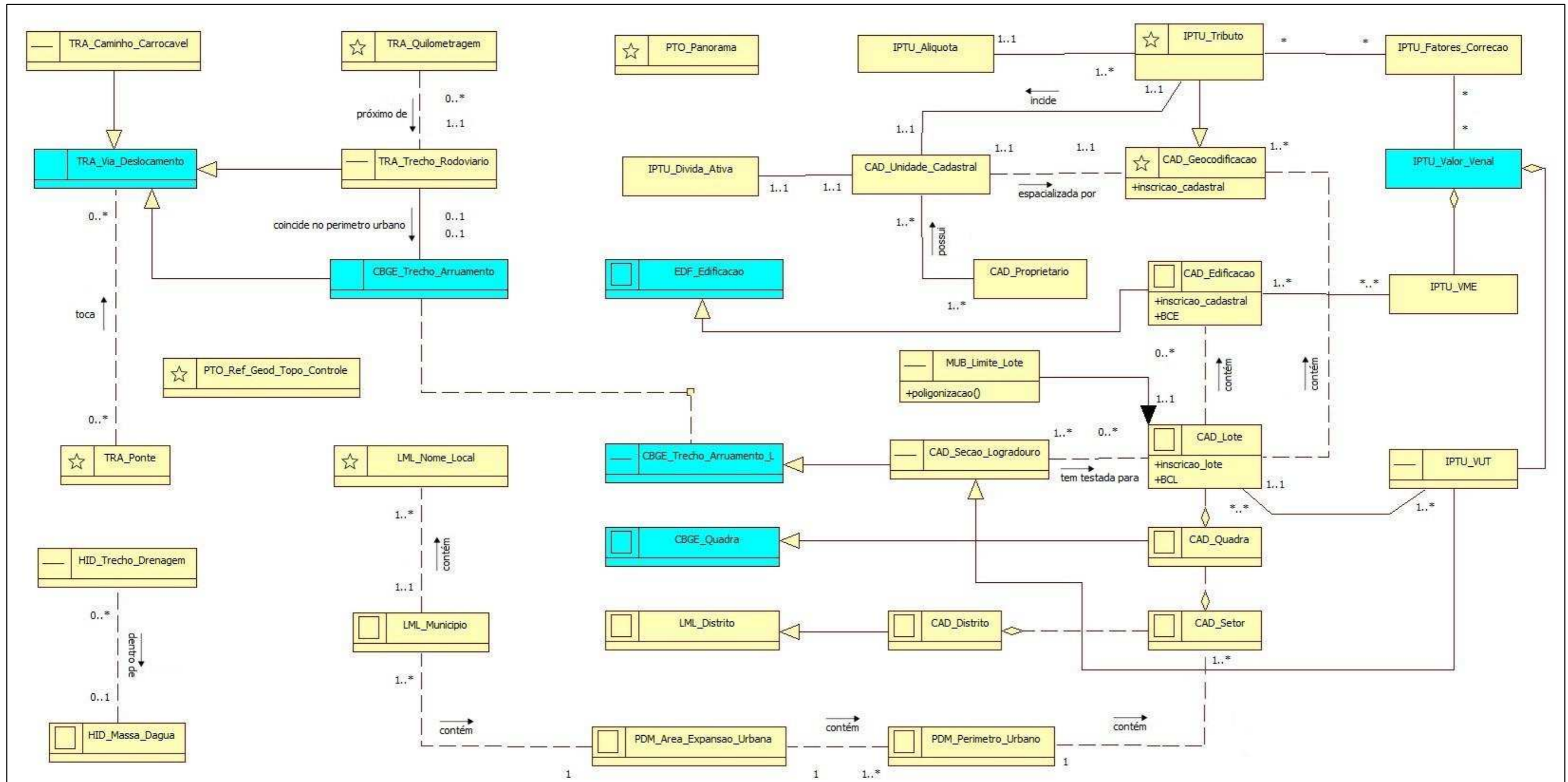
Descrição do produto cartográfico	J.	C.M.D.	B.D.	Nome da Camada
Polígonos dos lotes cadastrais contendo o BCL - Boletim de Cadastro de Lotes, integrante do BCI	Sim	Sim	Sim	CAD_Lote
Proprietários dos imóveis cadastrais e suas informações	Sim	Sim	Sim	CAD_Proprietario
Multipolígonos dos setores cadastrais, compostos pela dissolução das fronteiras das quadras segundo os atributos da inscrição cadastral DD.SS	Sim	Sim	Sim	CAD_Setor
Boletins de Cadastro da Unidade, parte nuclear do Boletim de Cadastro Imobiliário (BCI), a este se associam as informações de proprietário, BCE, BCL e BL através da inscrição cadastral e código da seção de logradouro	Sim	Sim	Sim	CAD_Unidade_Cadastral
Alíquota aplicada ao cálculo do IPTU de uma Unidade Cadastral		Sim	Sim	IPTU_Aliquota
Dívida ativa relacionada a uma Unidade Cadastral no cálculo do IPTU		Sim	Sim	IPTU_Divida_Ativa
Fatores de correção do valor venal de uma Unidade Cadastral aplicados para o cálculo do IPTU		Sim	Sim	IPTU_Fatores_Correcao
Valores calculados de IPTU para cada Unidade Cadastral		Sim	Sim	IPTU_Tributo
Valores de metro quadrado para edificação obtidos através de tabela SINDUSCON/MG		Sim	Sim	IPTU_VME
Valores unitários do terreno (valor de m ²) obtidos através da planta genérica de valores		Sim	Sim	IPTU_VUT

Descrição do produto cartográfico	J.	C.M.D.	B.D.	Nome da Camada
Pontos contendo a localização de placas indicando o nome das ruas	Sim	Sim		INF_Placa
Pontos contendo a localização de postes de iluminação pública	Sim	Sim		INF_Poste_Iluminacao
Pontos contendo a localização de telefones públicos	Sim	Sim		INF_Telefone_Publico
Linhas contendo as divisas dos lotes cadastrais, obtidas através de digitalização aerofotogramétrica			Sim	MUB_Limite_Lote
Linhas representando o eixo dos logradouros, compostos pela dissolução das seções de logradouro mantido o código do logradouro, contendo informações dos topônimos associados a estes	Sim	Sim		MUB_Logradouro
Polígono contendo o limite da área de expansão urbana do município estabelecida por lei e contida no Plano Diretor Municipal		Sim	Sim	PDM_Area_Espansao_Urbana
Polígonos contendo as áreas especiais urbanas, estabelecidas no Plano Diretor Municipal		Sim		PDM_Areas_Especiais
Polígonos contendo o macrozoneamento do município, estabelecido no Plano Diretor Municipal		Sim		PDM_Macrozona
Polígono contendo o perímetro urbano do município, estabelecido por Lei e contido no Plano Diretor Municipal	Sim	Sim	Sim	PDM_Perimetro_Urbano

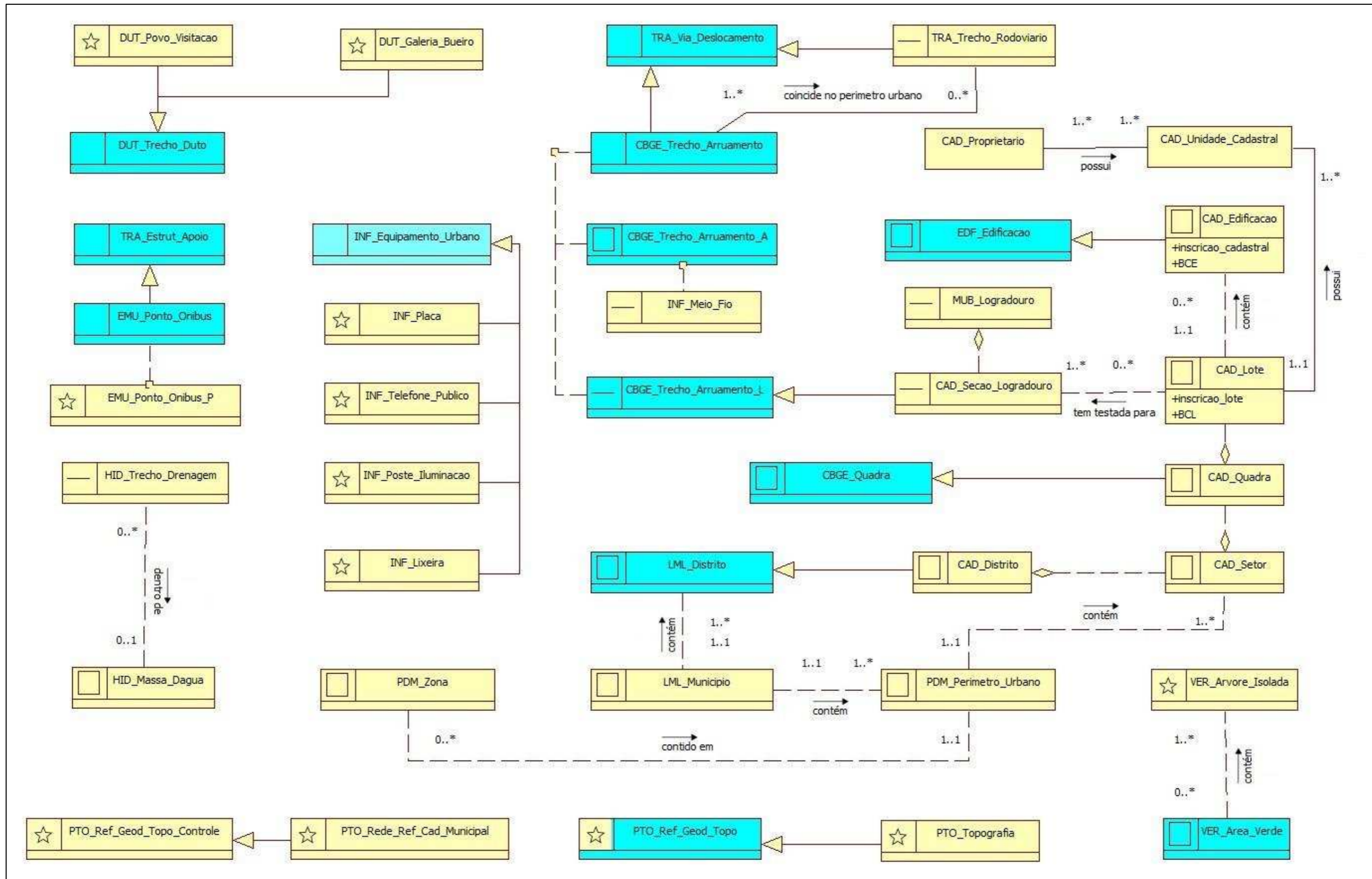
Descrição do produto cartográfico	J.	C.M.D.	B.D.	Nome da Camada
Polígonos contendo o zoneamento do município, estabelecido no Plano Diretor Municipal	Sim	Sim		PDM_Zona
Pontos contendo a localização e endereço URL de panoramas 360° obtidos através de levantamento fotográfico terrestre			Sim	PTO_Panorama
Pontos contendo a localização de lixeiras no município	Sim	Sim		INF_Lixeira
Pontos contendo a numeração e codificação de trechos rodoviários rurais no município			Sim	TRA_Quilometragem
Polígonos das quadras cadastrais, compostas pela dissolução das fronteiras dos lotes segundo os atributos da inscrição cadastral DD.SS.QQQQ	Sim	Sim	Sim	CAD_Quadra
Linhas das seções de logradouro, trecho de um arruamento entre cruzamentos ou pontos de mudança notável de padrão de infraestrutura urbana. Contém o BL - Boletim de Logradouro, integrante do BCI	Sim	Sim	Sim	CAD_Seção_Logradouro
Polígonos das edificações cadastrais contendo as informações do BCE - Boletim de Cadastro de Edificações, integrante do BCI	Sim	Sim	Sim	CAD_Edificacao
Multipolígonos dos distritos cadastrais, compostos pela dissolução das fronteiras dos setores segundo o atributo DD da inscrição cadastral	Sim	Sim	Sim	CAD_Distrito

Descrição do produto cartográfico	J.	C.M.D.	B.D.	Nome da Camada
Pontos contendo a localização de marcos geodésicos da Rede de Referência Cadastral implantados pela prefeitura através de chapas de metal no chão	Sim	Sim		PTO_Rede_Ref_Cad_Municipal
Pontos notáveis obtidos por levantamento topográfico in loco	Sim	Sim		PTO_Topografia
Pontos representado abrigos de ônibus ou pontos de parada dos ônibus urbanos	Sim	Sim		EMU_Ponto_Onibus
Linha representando o traçado do meio fio obtido através de restituição topográfica	Sim	Sim		INF_Meio_Fio

APÊNDICE B – DIAGRAMAS DE CLASSE DO SISTEMA CADASTRAL DE BOM DESPACHO



APÊNDICE C – DIAGRAMAS DE CLASSE DO SISTEMA CADASTRAL DE JACOBINA



APÊNDICE D – DIAGRAMAS DE CLASSE DO SISTEMA CADASTRAL E SIMULAÇÃO DE IPTU DE CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO

