

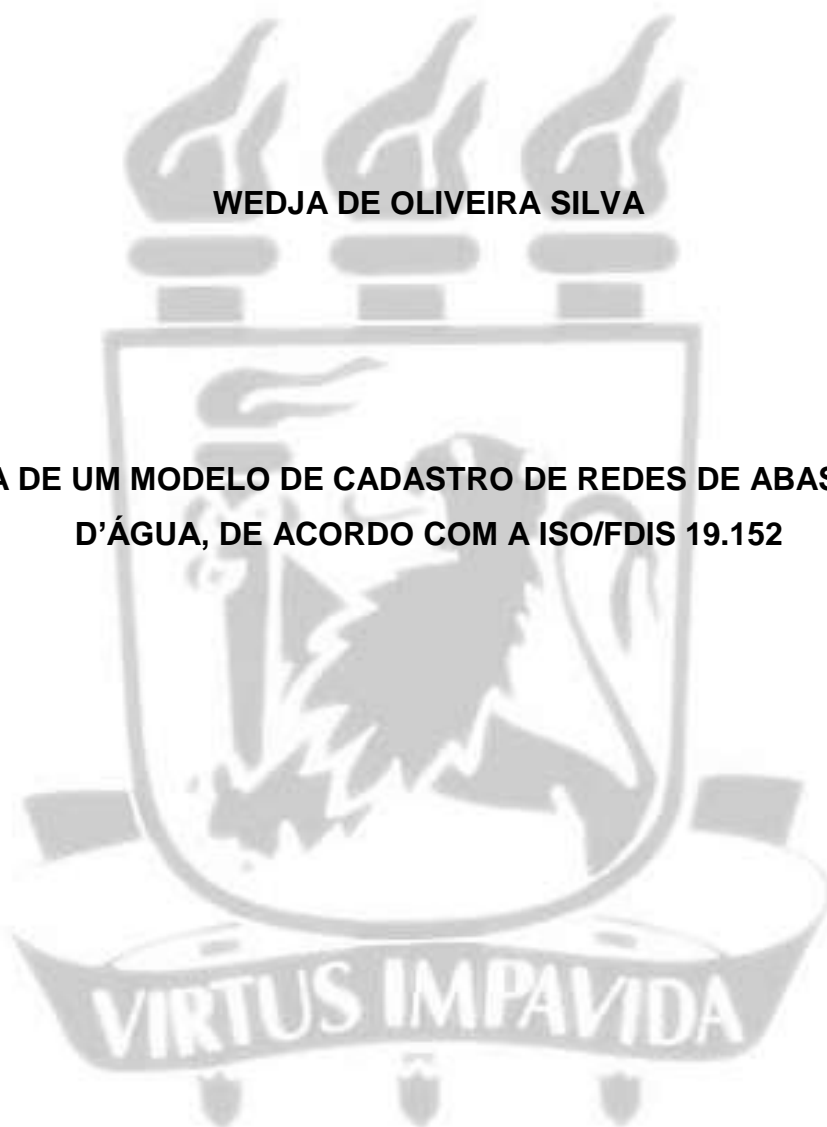
---

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E**  
**TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

---

**WEDJA DE OLIVEIRA SILVA**

**PROPOSTA DE UM MODELO DE CADASTRO DE REDES DE ABASTECIMENTO  
D'ÁGUA, DE ACORDO COM A ISO/FDIS 19.152**



**RECIFE**  
**2017**

**WEDJA DE OLIVEIRA SILVA**

**PROPOSTA DE UM MODELO DE CADASTRO DE REDES DE ABASTECIMENTO  
D'ÁGUA, DE ACORDO COM A ISO/FDIS 19.152**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

**Área de Concentração:** Cartografia e Sistemas de Geoinformação.

**Orientadora:** Prof. Dra. Andrea Flávia Tenório Carneiro

**RECIFE**

**2017**

Catálogo na fonte  
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S586p Silva, Wedja de Oliveira.  
Proposta de um modelo de cadastro de redes de abastecimento d'água, de acordo com a ISO/FDIS 19.152 / Wedja de Oliveira Silva. – 2017.  
113 folhas, il., gráfs.

Orientadora: Profa. Dra. Andréa Flávia Tenório Carneiro.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.  
Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2017.

Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1. Engenharia Cartográfica. 2. Cadastro de redes de infraestrutura. 3. LADM. 4. Visualização de rede 3D. I. Carneiro, Andréa Flávia Tenório. (Orientadora). II. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.)

BCTG/2017-401

**WEDJA DE OLIVEIRA SILVA**

**PROPOSTA DE UM MODELO DE CADASTRO DE REDES DE ABASTECIMENTO  
D'ÁGUA, DE ACORDO COM A ISO/FDIS 19.152**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Aprovado em: 30 / 08 / 2017

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Andrea Flávia Tenório Carneiro (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Daniel Carneiro da Silva (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Silvane Karoline Silva Paixão (Examinadora Externa)  
Pesquisadora e Consultora Internacional em Gestão Territorial

Ao meu filho, que mudou o tom da minha vida. E  
ao meu marido, por fazer com que eu não me perca  
em meio às mudanças.

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus por me sustentar em cada passo que consegui dar até chegar aqui, mas principalmente por me carregar no colo em todas as vezes que cai. À Ele toda honra e toda glória, para sempre!

À Deus por colocar em meu caminho um companheiro ímpar, que é meu refúgio nas noites de desespero, amigo, namorado, pai do meu filho, aquele com quem quero estar até o findar. Danilo: a você todo meu amor e gratidão, por todo carinho, paciência, incentivo e apoio.

À Deus, por me presentear com a Andrea Carneiro como orientadora. Foi um prazer estar ao seu lado adquirindo conhecimento durante esses anos. Não imaginas o quão importante foram seus ensinamentos de vida. Levarei para sempre esses momentos.

A minha psicóloga, Gloria Nogueira, por me mostrar que com organização e uma boa ajuda psicológica tudo é possível. Minha passagem pelo seu consultório foi um divisor de águas em minha vida.

Aos membros da banca, Daniel Carneiro e Silvana Paixão, por cada contribuição no intuito de fazer dessa dissertação mais completa. Vocês foram fundamentais na transição do andamento para defesa final.

Ao gerente do setor de Cadastro Técnico e Comercial da COMPESA, Luís Henrique Oliveira, por ceder as informações necessárias para o desenvolvimento dessa pesquisa, e aos funcionários, que auxiliaram no entendimento do sistema: George Silva, Valter Santos, Elba Gonzaga e Anny Dias.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro nos “42 minutos do segundo tempo”. Foram 24 meses cursando e apenas os últimos 6 meses com bolsa. Mas esses foram muito importantes para conclusão da pesquisa.

À Elizabeth por sempre me receber com um sorriso no rosto, palavras de conforto e torcida.

À dona Judite por todos os mimos em forma de comida e café.

À professora Andrea de Seixas por todo ensinamento.

Aos professores Portugal, Schuler e Haroldo pelo tanto que aprendi com vocês. Obrigada por compartilhar o conhecimento.

À minha família, pelo apoio de sempre. Em especial minha irmã e meu cunhado: vocês são os melhores!

Minha mãe e minha tia Eliene: obrigada por existirem em minha vida! Amo-as infinitamente.

As minhas *best*- Alline, Andrea e Mari - por tantos anos de amizade e por continuarem me ajudando, mesmo que à distância. Vocês são fundamentais!

À Anny por ser meu suporte no início da minha jornada em Recife. Você tem um coração (marrento) enorme.

À minha muchacha (Carla Marques) por se fazer presente sempre!

As meninas da graduação: Renata, Nathalia, Debora e Yasmim. Vocês são umas queridas!

Aos amigos que cativei durante minha permanência na empresa Arcadis - Renata, Renan, Adriana Lima, Adriana Rocha e Marcela - pelas palavras de apoio nas minhas manhãs sonolentas devido às noites mal dormidas.

Durante minha permanência no curso tive oportunidade de interagir com várias turmas. A turma que entrei (2015), a turma veterana (2014), a turma que me adotou pós-licença maternidade (2016) e a turma do ano de conclusão (2017) a qual tive um breve e carinhoso contato. À todos deixo meu carinho e gratidão.

Dentre esses deixo meus agradecimentos especiais à: Amanda, você tem uma participação especial nessa dissertação, obrigada!; Elaine, nunca esquecerei seu acolhimento e seus gritos pelo corredor do CTG me chamando de “buchuda”; Catarina, mesmo breve, nosso encontro foi especial; Kelly, minha irmã por orientação *rsrs*; Gabi “Venezuela”, você é um presente nessa vida. E ao meu amigo-compadre, Max, agradeço por estar comigo em mais uma jornada. Vamos completar com o doutorado? Já passamos pela graduação, estágio, intercâmbio e mestrado juntos mesmo *rsrs*.

E eu que achava que não iria conseguir, cheguei até aqui. E sou toda gratidão por ter ultrapassado mais essa etapa.

“Você não sabe o quanto eu caminhei pra chegar até aqui” (A estrada, Cidade Negra).

"Confie no SENHOR de todo o coração e não se apoie na sua própria inteligência. Lembre-se de Deus em tudo o que fizer, e Ele lhe mostrará o caminho certo."

Provérbios 3:5-6



## RESUMO

A utilização cada vez mais intensa de espaços acima e abaixo da superfície aumenta a necessidade de controle dessa ocupação. A localização de redes subterrâneas de infraestrutura é um grande desafio, e a realidade da maioria dos países é que estas informações não são facilmente disponíveis. Os mapas cadastrais, quando existentes, apresentam-se de forma bidimensional e a realidade das redes de infraestrutura é tridimensional, haja vista que toda rede possui coordenadas X e Y, adicionados à profundidade da mesma. Nessa conjuntura, o cadastro de localização das redes é de fundamental importância para o gerenciamento dos sistemas de abastecimentos de água, e o conhecimento da sua realidade 3D é fundamental para a completude desse cadastro. A ISO 19.152 de 2012 – *Land Administration Domain Model* (LADM) - aborda a padronização e integração das feições comuns dos sistemas cadastrais de forma simples e aplicável, podendo ser modelado em todos os campos do cadastro territorial. A norma propõe um esquema conceitual que relaciona direitos, restrições e responsabilidades, trabalhando com pacotes e classes, que servem de base para organização cadastral de diversos países, onde suas particularidades podem ser incorporadas a estrutura a mesma. Nesse sentido, essa pesquisa teve como objetivo desenvolver um modelo de cadastro de redes de abastecimento d'água, baseado no padrão LADM. A implementação do modelo sugerido pela ISO 19.152 foi testada utilizando como estudo de caso o cadastro de rede de abastecimento de água da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA. A modernização e avanços tecnológicos adotados pela empresa facilitaram o entendimento da estrutura do banco de dados geográficos e adequação à norma internacional. A modelagem foi realizada utilizando linguagem UML, e a implementação física confeccionadano *DBDesigner*, e executado em conexão ao PostgreSQL/PostGIS junto ao QGIS. Em adicional foi gerado uma visualização 3D da rede, tomando como base o recorte de uma quadra na localidade de abastecimento de Cabanga – Recife/PE.

**Palavras-chave:** Cadastro de redes de infraestrutura. LADM. Visualização de rede 3D.

## ABSTRACT

Increased use of the space above and underneath the land surface increases the need to control its occupation. The infrastructure network underground location is a major challenge. It has been reality for most of the countries that this information is not yet available. When cadastral maps exist they are presented in two-dimensional (2D), however the infrastructure networks have three-dimensional (3D) format, since all networks have X and Y coordinates, added its depth (Z). At this juncture, the cadaster of the network location is a fundamental importance for the water supply systems management, and knowledge of its 3D reality is fundamental to accomplish cadastre. ISO 19.152 of 2012 - Land Administration Domain Model (LADM) - addresses the standardization and integration of the common features of cadastral systems in a simple and applicable way, and can be modeled in all fields of land registry. The standard proposes a conceptual scheme that relates rights, restrictions and responsibilities, working with packages and classes, which serve as the basis for the cadastral organization of several countries, where their particularities can be incorporated into the same structure. In this sense, this research had the objective of developing a water supply network cadastre model, based on the LADM standard. The implementation of the model suggested by ISO 19.152 was tested using the water supply network of *Companhia Pernambucana de Saneamento*– COMPESA as a case study. The modernization and technological advances adopted by the company facilitated the understanding of the geographic database structure and adaptation to the international standard. The modeling was done using UML language, and the physical implementation was made in DBDesigner, and executed in connection with PostgreSQL / PostGIS with QGIS. In addition, a 3D visualization of the network was generated, using Cabanga's water supply as study area.

**Keywords:** Cadastre of subsurface utility networks. LADM. 3D network visualization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Procedimentos metodológicos. ....	18
Figura 02: Etapas do sistema de abastecimento de água.....	21
Figura 03: Planta da Rede de distribuição de água apresentada nos projetos de concepção.....	22
Quadro 01: Normas brasileiras relativas à sistemas de abastecimento de água .....	24
Quadro 02: Normas relacionadas de forma direta à rede de distribuição de água....	24
Figura 04: Fluxo do Sistema de abastecimento de água. ....	25
Quadro 03: Exemplo de alguns parâmetros existentes nas normas. ....	26
Figura 05: Relação dos pacotes básicos do LADM.....	29
Figura 06: Esquema de classes do LADM .....	30
Figura 07: Principais classes do LADM e seus relacionamentos. ....	34
Figura 08: Modelo conceitual para representação do UtilityNetwork.....	35
Figura 09: Modelagem da rede de infraestrutura no LADM para o cadastro urbano de Arapiraca.....	36
Figura 10: Modelagem das redes de infraestrutura da Polônia no LADM .....	37
Figura 11: Relação das classes na situação da administração de terras em Israel através de modelagem UML com base no LADM .....	39
Figura 12: O conceito de <i>Face String</i> a partir do LADM.....	40
Figura 13: Visualização 3D da volumetria dos edifícios gerada no ArcScene® .....	41
Figura 14: Exemplo de visualização 3D para rede de infraestrutura. ....	43
Figura 15: Visualização de modelagem em 3D. ....	44
Figura 16: Tela de visualização do cadastro comercial. ....	47
Figura 17: Tela de visualização do cadastro técnico.....	48
Figura 18: Tela de inicial do banco de dados alfanuméricos.....	50
Figura 19: Mapa cognitivo dos atributos do GSAN.....	51
Figura 20: Tela de inicial do WebGIS.....	52
Figura 21: Fluxo de trabalho no GISCOMP .....	53
Figura 22: Estrutura do Banco de Dados. ....	54
Figura 23: Estrutura do Banco de Dados. ....	55
Figura 24: Nível de abstração. ....	57
Figura 25: Exemplo de um diagrama de Classes.....	58

Quadro 04: Exemplo de relação entre domínio e tipo de dado. ....	58
Figura 26: Notação gráfica do diagrama de classe UML e seus relacionamentos ....	59
Quadro 05: Exemplo de multiplicidade.....	60
Figura 27: Etapas executadas no processo de modelagem.....	61
Figura 28: Modelagem da Classe LA_Party .....	61
Figura 29: Modelo de análise do pacote Party .....	62
Figura 30: Classe LA_RRR estruturada conforme a norma .....	63
Figura 31: Classe LA_SpatialUnit relacionada ao modelo de análise .....	64
Figura 32: Classe LA_LegalSpaceUtilityNetwork .....	65
Quadro 06: Camadas que compõem a rede de abastecimento de água .....	66
Quadro 07: Atributos que compõe a camada “Rede_Agua” .....	67
Figura 33: Classes específicas da rede de abastecimento de água. ....	68
Figura 34: Modelagem LADM para rede de abastecimento de água .....	70
Figura 35: Comparação entre a modelagem conceitual e física.....	72
Figura 36: Chaves primárias e chaves estrangeiras. ....	72
Figura 37: Modelagem física. ....	74
Figura 38: Exportação do <i>Script</i> através do programa <i>DBDesigner</i> .....	75
Figura 39: <i>Script</i> criado no <i>DBDesigner</i> executado no pgAdmin 4.....	76
Figura 40: resultado da conexão do QGIS com o PostgreSQL/PostGIS.....	77
Figura 41: Mapa de localização da área de estudo.....	78
Figura 42: Visualização da rede em 3D (a). ....	79
Figura 43: Visualização da rede em 3D (b). ....	79
Figura 44: Modelagem física da classe LA_Party. ....	81
Figura 45: Modelagem física da classe LA_RRR. ....	82
Figura 46: Modelagem física da classe LA_SpatialUnit. ....	84
Figura 47: Modelagem física da classe LA_LegalUtilityNetwork. ....	85
Figura 48: Modelagem física das classes LA_Point, RD_RedeAgua, RA_Ramal e RA_Hidrometro.....	86
Figura 49: Configuração da classe LA_Point implementada no pgAdmin.....	87
Figura 50: Visualização das classes implementadas no QGIS. ....	88

## LISTA DE SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
ADE	<i>Application Domain Extension</i>
Art.	Artigo
BAUnit	<i>Basic Administrative Unit</i>
CAD	Computer Aided Design
CityGML	<i>City Geography Markup Language</i>
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CTM	Cadastro Territorial Multifinalitário
DRR	Direitos, Restrições e Responsabilidades
ed.	Edição
ESRI	Environmental Systems Research Institute, Inc
et al	e outros
FDIS	<i>Final Draft International Standard</i>
FIG	<i>International Federation of Surveyors</i>
FK	<i>Foreign Key</i>
FOFO	Ferro Fundido
GeoBD	Bancos de Dados Geográficos
GeoProfile	Perfil UML para modelar projetos GeoBD
GIS	<i>Geography Information System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ID	Identificador
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INDE	Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
Int	<i>Integer</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LA	<i>Land Administration</i>
LADM	<i>Land Administration Domain Model</i>
MDA	<i>Driven Architecture Model</i>

NBR	Norma desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas
OGC	<i>Open GIS Consortium</i>
OMT-G	<i>Object-Modeling Technique for Geographic Applications</i>
p.	página
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PK	<i>Primary Key</i>
PVC	Policloreto de Vinila
QGIS	QuantumGIS
RRR	<i>Rights, Restrictions, Responsibilities</i>
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TC	<i>Technical Committee</i>
UML	<i>Unified Language Model</i>
Vol.	Volume
XML	<i>eXtensible Markup Language</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS DA PESQUISA	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	MATERIAIS E MÉTODOS	17
1.2.1	Recursos materiais	19
<b>2</b>	<b>SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA</b>	<b>21</b>
2.1	REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	22
2.2	NORMATIVAS BRASILEIRAS SOBRE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA	23
<b>3</b>	<b>LAND ADMINISTRATION DOMAIN MODEL - LADM</b>	<b>29</b>
3.1	ESTRUTURA DO LADM	30
3.1.2	Classes e Pacotes	31
3.2	LADM E A MODELAGEM DE REDES	34
3.3	LADM E A MODELAGEM 3D	38
3.4	MODELAGEM 3D E CADASTRO DE REDES DE INFRAESTRUTURA	41
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>46</b>
4.1	OS CADASTROS DA COMPESA	46
4.1.1	Cadastro Comercial	47
4.1.2	Cadastro Técnico	48
4.2	BANCO DE DADOS CADASTRAIS DA COMPESA	49
4.2.1	Banco de Dados Alfanuméricos	49
4.2.2	Banco de Dados Geográficos	52
<b>5</b>	<b>MODELAGEM DO CADASTRO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA</b>	<b>57</b>
5.1	MODELAGEM UML	57
5.2	MODELAGEM LADM APLICADA AO ESTUDO DE CASO	60
<b>6</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO E VISUALIZAÇÃO DA REDE 3D</b>	<b>71</b>
6.1	MODELAGEM FÍSICA DO PROJETO	71
6.2	IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO FÍSICO	76
6.3	VISUALIZAÇÃO DA REDE EM 3D	78

<b>7</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS.....</b>	<b>81</b>
7.1	PACOTE LA_PARTY .....	81
7.2	PACOTE LA_RRR .....	82
7.3	PACOTE LA_SPATIALUNIT .....	83
7.4	IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO .....	87
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>89</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>96</b>
	<b>APÊNDICE 01:</b> Mapa de localização da área de estudo para geração da visualização 3D .....	<b>97</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>
	<b>ANEXO 01:</b> Prints da tela do sistema GSAN. ....	<b>99</b>
	<b>ANEXO 02:</b> Domínios da rede. ....	<b>109</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Todas as esferas administrativas partilham do mesmo interesse quanto ao bom funcionamento de sua estrutura organizacional. Várias pesquisas voltadas a modelos de bancos de dados e ferramentas de sistemas de informações andam juntas em busca da harmonia dessa composição.

À proposta da Infraestrutura de Dados Espaciais - IDE - relata claramente essa procura, o que não é uma novidade no campo do Cadastro Territorial Multifinalitário - CTM. A interoperabilidade dos dados é o que se deseja alcançar dentro dessa conjuntura. Com o intuito de proporcionar um modelo de cadastro de fácil aplicação e manuseio o Comitê Técnico da *International Organization for Standardization*(ISO) apresentou em 2012 a norma ISO/FDIS 19.152, que define o *Land Administration Domain Model* – LADM, para tratar de forma específica o cadastro territorial.

Dentro desta perspectiva faz-se necessário atuar em todas as camadas que compõem o cadastro territorial, visto que a utilização cada vez mais intensa de espaços acima e abaixo da superfície aumenta a necessidade de controle dessa ocupação. Os espaços abaixo da superfície, antes ocupados principalmente por redes de água, esgoto e gás, agora são também compartilhados com redes de energia, telefonia, TV, fibra ótica. etc.

Informações insuficientes sobre a localização e profundidade das redes de infraestrutura têm como consequência diversos problemas, como o planejamento de construções na superfície e subsuperfície, é a principal causa de danos às redes durante operações de escavação, com perdas financeiras consideráveis, além de acidentes trágicos (DÖNER et. al. 2011).

*Hashim et. al.* (2010) ressaltam que a maioria das redes de infraestrutura são instaladas nas ruas e estradas numa profundidade de até 2m, o que causa o problema de saturação da ocupação desse espaço cada vez mais disputado. Um sistema de informações desenvolvido para a administração de redes de infraestrutura subterrâneas possui características diferenciadas, pela necessidade de agregar as informações referentes as profundidades, ou diferença de cota, com relação a ocupações acima da superfície, como edifícios, por exemplo. Nesse contexto, este trabalho se dispõe a elaborar uma proposta de cadastro para rede de

distribuição de água com base na LADM, tendo como estudo de caso os cadastros da Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA.

O LADM aborda a unificação e integração das feições comuns dos sistemas cadastrais de forma simples, com intuito de facilitar a implementação do cadastro de terra por parte dos órgãos governamentais e privados dentro de um padrão internacional.

## 1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.1.1 Objetivo Geral

Propor um modelo conceitual para o cadastro de rede de infraestrutura de subterrânea com base na ISO 19.152, e desenvolver uma modelagem física adequada a um caso brasileiro.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

1. Analisar a constituição comum as redes de infraestrutura de água;
2. Identificar as normas brasileiras referentes à gestão de redes de água;
3. Compreender a modelagem proposta pela ISO 19.152 (LADM);
4. Propor um modelo conceitual para o cadastro de redes de água, de acordo com o padrão LADM, considerando as normas brasileiras;
5. Desenvolver um modelo físico utilizando como caso de estudo o cadastro de rede de água da COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento;
6. Testar uma visualização em 3D do modelo implementado.

## 1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a consecução dos objetivos propostos, foram adotados os procedimentos apresentados na figura 01.

Figura 01: Procedimentos metodológicos.



A etapa inicial consiste na organização das informações teóricas disponíveis, a fim de estruturar o conhecimento científico abordado por pesquisadores da área a respeito da temática. Com isso foram formados os conceitos e definições importantes de todo o trabalho, como: definição de sistema de abastecimento de água e rede de distribuição de água; as normas pertinentes a rede de distribuição de água no Brasil; a estrutura e modelo do LADM, suas classes e pacotes. Também foram estudadas pesquisas internacionais relacionadas ao LADM, a modelagem de redes, assim como a terceira dimensão agregada ao LADM. Ainda dentro do embasamento teórico são apresentadas pesquisas relacionadas à visualização 3D de redes de infraestrutura, visando testar a visualização de rede de água para o estudo de caso em questão, assim como cadastro de redes de infraestrutura em geral que vem sendo desenvolvido internacionalmente.

A seguinte etapa consiste na caracterização dos dados utilizados nesse estudo, descrevendo o cadastro da rede de água da COMPESA, detalhando sua estrutura e elementos, e o banco de dados cadastral, objeto desta pesquisa. Tendo conhecimento dos dados é possível organizá-los e estruturá-los, identificando as classes e construindo a base para a posterior modelagem, através de uma análise dos requisitos.

A modelagem dos dados consiste da diagramação UML, que é uma etapa que facilita a transição do cadastro atual para a estrutura LADM, processo detalhado na modelagem conceitual. A etapa posterior apresenta a modelagem física, onde são apresentados as etapas para implementação do projeto, e a transição do modelo conceitual para o físico.

Na etapa seguinte foi gerada a visualização da rede em 3D, tendo como base uma quadra em uma área de abastecimento de água da COMPESA, na localidade de Cabanga em Recife-PE.

A próxima etapa da pesquisa corresponde à análise e discussão dos resultados, através das classes modeladas, tendo como parâmetro estudos relacionados à temática em questão, como Cumbe (2016) e Costa (2016).

A última etapa traz as conclusões sobre a pesquisa e algumas recomendações para estudos complementares ou posteriores.

### **1.2.1 Recursos materiais**

Para execução das etapas supracitadas, foram utilizados os materiais listados a seguir:

- Notebook Asus, processador Intel Core i5, 8GB RAM, Sistema Operacional Windows 10;
- Software Astah Community, versão 7.0, para o desenvolvimento das modelagens em UML;
- ArcGIS Desktop para a visualização dos dados cartográficos;
- Base cartográfica digital cedida pela COMPESA;
- Informações dos sistemas cadastrais da rede abastecimento d'água da COMPESA;
- ISO 19:152/2012 – LADM;
- ArcScene 10.1 - para visualização da rede em 3D;
- DBDesigner para modelagem física do projeto;
- pgAdmin 4 Desktop Runtime com o uso da ferramenta PostgreSQL (versão 9.6) para o gerenciamento do banco de dados;
- PostGIS (versão 2.0) - é uma extensão integrada do PostgreSQL, que permite a integração ou armazenamento de dados geométricos das propriedades.

- QGIS Desktop (versão 2.8.1) utilizado para a visualização do conteúdo geométrico e descritivo do banco de dados desenvolvido em PostgreSQL.

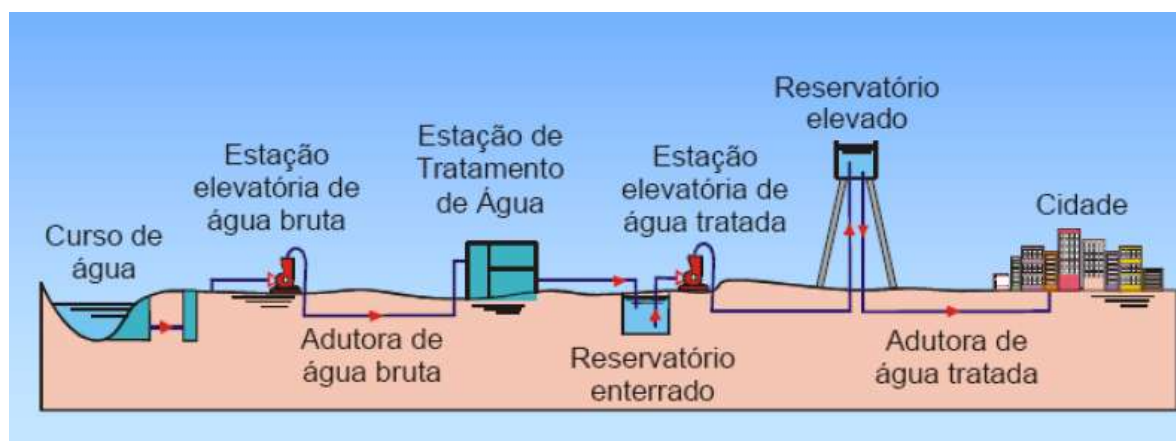
## 2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O uso e ocupação do solo engloba várias atividades de infraestrutura urbana, e umas das aplicações, imprescindível para o bem-estar humano é a distribuição de água potável. A gestão dos recursos hídricos no país é de responsabilidade da Agência Nacional de Águas – ANA, que obedece aos fundamentos, diretrizes e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos e sua atuação é desenvolvida em articulação com órgãos públicos e privados integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Um Sistema de Abastecimento de Água caracteriza-se pela captação de água da natureza e posterior tratamento da mesma para que possa ser fornecida à população em quantidade compatível com as suas necessidades (consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros). Os sistemas de abastecimento de água são compostos, de maneira geral, pelas unidades de captação, tratamento, estação elevatória, adução, reservatórios, rede de distribuição e ligações prediais.

A figura 02 apresenta um esquema com as etapas deste processo.

Figura 02: Etapas do sistema de abastecimento de água.



Fonte: Guedes, 2016.

A figura 02 simula, de forma simplificada, as etapas envolvidas no sistema de abastecimento de água, que vai da captação a distribuição da água tratada para o aglomerado populacional.

## 2.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A rede de distribuição representa a fase final de um sistema de abastecimento de água, na qual se procede ao fornecimento de água potável a população. Se caracteriza por um conjunto de tubulações, conexões e peças especiais, destinada a conduzir água em quantidade, qualidade e pressão suficientes para o abastecimento dos diversos pontos de consumo. A distribuição é efetuada por intermédio de tubulações da rede pública, que devem ser dimensionadas de modo a permitir o fornecimento de água às instalações dos edifícios (prédios, moradias, escolas, hospitais, etc) em quantidade suficiente, pressão adequada e qualidade desejável.

A figura 03 apresenta a maneira como a rede é trabalhada na COMPESA em plataformas GIS (*Geographical Information System*, em específico no *ArcGIS*) na concepção de projetos de rede de distribuição de água.

Figura 03: Planta da Rede de distribuição de água apresentada nos projetos de concepção.



Fonte: adaptado da COMPESA.

As linhas em azul representam a tubulação da rede. As informações de diâmetro e dimensão estão presentes nas tabelas de atributos, e para geração da planta as informações (*layers/annotation*) são ativadas, como a identificação dos capse nó. Os nós, apresentados em forma de ponto, representam os elementos que conectam as tubulações, como: tês, curvas e redução. Os caps, representados por um quadrado com um ponto no centro, indicam o ponto final de uma tubulação.

Os códigos e numerações indicados nos nós e caps referem-se à identificação dos mesmos na tabela de atributos.

Como exemplo: S2| 1304;

Onde,

“S2” indica o setor de abastecimento;e

“1304” é o número de identificação do nó(na tabela de atributospode-se obter demais informações sobre o mesmo. como: tipo do nó, localização, altimetria, zona de pressão, material, etc).

As redes de água e os elementos que a compõe são representados em formas de linhas e pontos, no traçado 2D. Alguns estudos trabalham a visualização das redes na terceira dimensão, aproximando-se mais da situação real (*Du e Zlatanova (2011), Balogun et al (2011), Guerrero et al (2013)*)).

## 2.2 NORMATIVAS BRASILEIRAS SOBRE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

As normas brasileiras que estabelecem as diretrizes para a elaboração e implantação de sistemas de abastecimentos e redes de distribuição de água são apresentadas no quadro 01.



Quadro 01: Normas brasileiras relativas à sistemas de abastecimento de água

<b>Etapas da distribuição de água</b>	<b>Norma / ANO</b>	<b>Título</b>
<b>Concepção</b>	NBR 12.211/92	Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento.
<b>Cadastro</b>	NBR 12.586/92	Cadastro de Sistema de abastecimento de água – Procedimento.
<b>Captação</b>	NBR 12.213/92	Projeto e captação de água de superfície para abastecimento público - Procedimento.
<b>Tratamento</b>	NBR 12.216/92	Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento.
<b>Adutora</b>	NBR 12.215/91	Projeto de adutora de água para abastecimento público – Procedimento.
<b>Reservatório</b>	NBR 12.217/94	Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.
<b>Distribuição</b>	NBR 12.218/94	Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.
<b>Execução</b>	NBR 12.266/92	Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto.

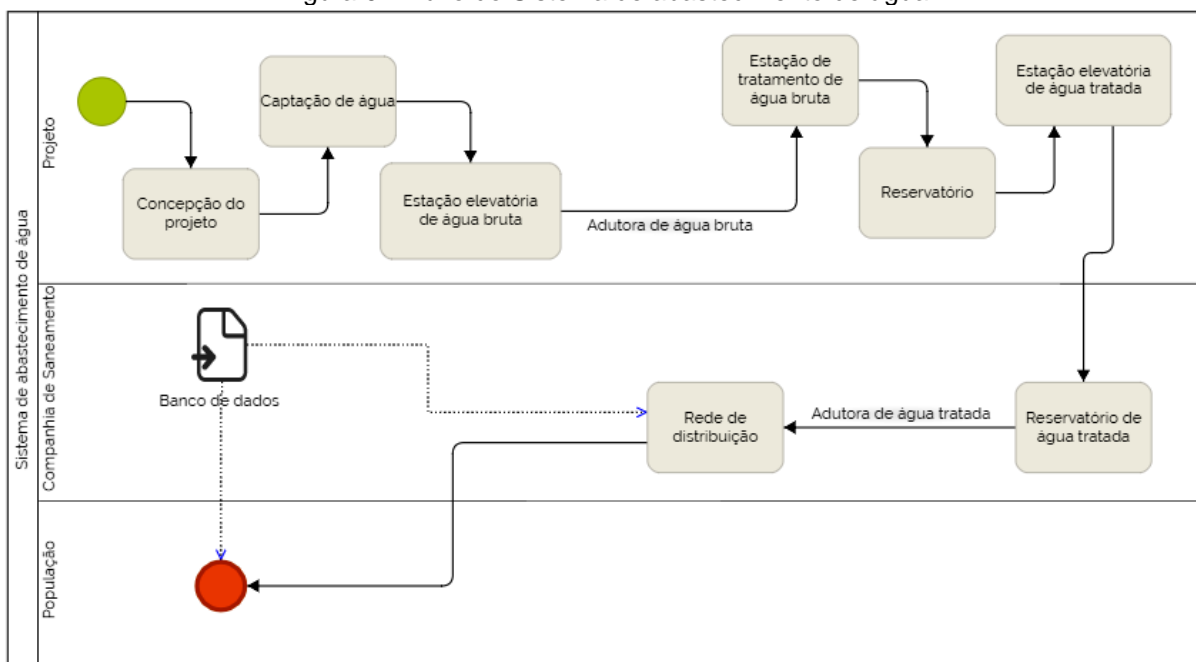
As normativas apresentadas no quadro 01informam o que é necessário no processo deelaboração de projetos de abastecimento de água, da concepção à destinação final. Apenas três dessas normas relacionam-se de forma direta com a modelagem proposta nesta pesquisa, questão apresentadas no quadro02.

Quadro 02: Normas relacionadas de forma direta à rede de distribuição de água.

NORMAS	NBR 12.218/94	NBR 12.266/92	NBR 12.586/92
	Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público	Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água e esgoto	Cadastro de Sistema de abastecimento de água
DIRETRIZES	Dimensionamento dos tubos	Profundidade do assentamento	Subsidiar a elaboração de estudos e projetos afins (Apoio topográfico, Levantamento de campo, Planta cadastral das unidades, Planta e perfil das adutoras).
	Traçados dos condutos	Diâmetro e declividade da tubulação	
	Tubulações principais: circuitos fechados	Número de tubulações: rede simples ou dupla	
	Tubulações secundárias: rede malhada		
	Setores de medição da rede	Tipo do pavimento	Auxiliar na operação e manutenção das unidades do sistema
	Delimitação das zonas de pressão	Interferências	Possibilitar a centralização de informações do sistema: agilizar a obtenção de dados, constituir-se numa base de dados única para todos os interessados, facilitar a atualização do cadastro.
	Hidrante	Posicionamento da tubulação: leito carroçável ou via pública	
	Perímetro de área abastecível		

As etapas de concepção, captação, estação de tratamento e reservatório relacionam-se expressamente com a fase do projeto de sistema de abastecimento de água representado em diagrama na figura 04

Figura 04: Fluxo do Sistema de abastecimento de água.



O fluxo tem início no estudo das demandas necessárias para concepção do projeto, por parte de empresas responsáveis pela elaboração e concepção de projetos de abastecimentos de água, como: estudo populacional, manancial, redes existentes, e demais itens que compõem a etapa de concepção do projeto. Na sequência é definido de onde será captada a água e qual o procedimento para executar esta atividade. Os demais itens referem-se ao planejamento e dimensionamento das estações elevatórias e estações de tratamento de água bruta, onde se elabora os projetos hidráulico, elétrico, de automação, etc. Os dimensionamentos dos reservatórios de água tratada, também seguem uma série de projetos, como arquitetônico, urbanístico, topográfico, elétrico, hidráulico, geotécnico, entre outros que compõem o sistema, e estes são posicionados em locais ótimos, de forma a atender a demanda populacional para qual foi projetada sua capacidade.

A Companhia de Saneamento acompanha toda esta etapa executada normalmente pela empresa projetista, e inclui em seu sistema a rede de distribuição executada, assim como a localização dos reservatórios implantados, delimitando os

setores de abastecimento a partir da capacidade do mesmo. Essas informações entram em seu banco de dados, assim com as informações dos clientes que recebe a água distribuída.

Alguns dos parâmetros necessários para o funcionamento do sistema de distribuição e execução da rede seguem o exemplo apresentado no quadro 03.

Quadro 03: Exemplo de alguns parâmetros existentes nas normas.

PARÂMETROS			
Material da tubulação	Diâmetro (mm)		Material
	60 e 100		PEAD (Polietileno de Alta Densidade)
	150, 200 e 250		PVC (Policloreto de Vinila) /FOFO
	300 ou >		FOFO (Ferro Fundido)
Hidrante	Em comunidades com demanda total inferior a 50 l/s - dispensar instalação	Em comunidades com demanda total superior a 50 l/s - definir pontos significativos para combate a incêndio	Devem ser separados pela distância máxima de 600m
Conduto	Os condutos principais devem ser localizados em vias públicas	Os condutos secundários devem formar rede malhada, podendo ou não ser interligados nos pontos de cruzamento	O diâmetro mínimo dos condutos secundários é de 50mm

O dimensionamento das tubulações está normatizado pela NBR 12.218, que estabelece os diâmetros dos tubos na elaboração do projeto de rede de distribuição de água, assim como o traçado dos condutos principais e secundários. As tubulações principais devem ser localizadas em vias públicas, formando, preferencialmente, circuitos fechados; e os condutos secundários devem formar rede malhada, podendo ou não ser interligados nos pontos de cruzamento.

A profundidade de assentamento das tubulações é determinada na NBR 12.266, pela qual determina que o posicionamento das valas deve ser feito no projeto de acordo com as normas municipais de ocupação das várias faixas da via pública. Quando o posicionamento não estiver bem definido ou for inexecutável, as valas devem ser localizadas no leito carroçável ou no passeio, cada uma com suas observações.

Para as valas localizadas no leito carroçável da rua, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- 1) A distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 1,00 m, e a tubulação de água deve ficar, no mínimo, 0,20 m acima da tubulação de esgoto;
- 2) Nas redes simples, as tubulações devem ser localizadas em um dos terços laterais do leito, ficando a de esgoto no terço mais favorável às ligações prediais;
- 3) Nas redes duplas, as tubulações devem ser localizadas o mais próximo possível dos meios-fios, uma em cada terço lateral do leito.

Para as valas localizadas nos passeios, devem ser cumpridas as seguintes condições:

- a) O eixo das tubulações de água deve ser localizado a uma distância mínima de 0,50 m do alinhamento dos lotes;
- b) O eixo das tubulações de esgoto deve ser localizado a uma distância mínima de 0,80 m do alinhamento dos lotes;
- c) A distância mínima entre as tubulações de água e de esgoto deve ser de 0,60 m, e a tubulação de água deve ficar, no mínimo, 0,20 m acima da tubulação de esgoto.

A NBR 12.586 aborda os procedimentos referentes ao cadastro da rede. A mesma define como cadastro de rede “o conjunto de informações fiéis de uma instalação, apresentado através de textos e representações gráficas em escala conveniente”. A norma traz definições a respeito dos elementos que constituem um sistema de abastecimento de água, como captação, estação elevatória, estação de tratamento de água, reservatório, adutora, rede de distribuição e ramal predial.

Esta Norma se aplica ao cadastro total ou parcial do sistema de abastecimento de água, com a finalidade de:

- i. Subsidiar a elaboração de estudos e projetos afins;
- ii. Auxiliar na operação e manutenção das unidades do sistema;
- iii. Possibilitar a centralização de informações do sistema, de modo a: agilizar a obtenção de dados; constituir-se numa base de dados única para todos os interessados; facilitar a atualização do cadastro.

As atividades a seguir relacionadas compõem as principais etapas que devem ser desenvolvidas para se obter o produto final do cadastramento: Apoio topográfico, levantamento de campo, processamento de dados para a preparação do produto final, planta cadastral das unidades, planta e perfil para as adutoras e sub-adutoras, Folha de cadastro.

Observa-se que, na prática, como constam relatos no caso de estudo em questão, as localizações das redes não possuem um acervo de mapa que as identifique desde sua concepção, sendo essa identificação executada através de funcionários que participaram do processo de implantação, onde, no caso de uma atualização do cadastro ou manutenção da rede, as mesmas só são localizadas através dos mesmos. Esse problema vem sendo resolvido à medida que o sistema cadastral é concebido e alimentado de forma eficiente.

Com a utilização de ambientes GIS o posicionamento geográfico torna-se informação crucial dentro do banco de dados, possibilitando a atualização das informações sobre a rede (como localização e profundidade) mais rápidas e precisas, facilitando a interoperabilidade de dados com outras concessionárias de infraestrutura que partilham do mesmo espaço, seja na superfície ou subsuperfície.

### 3 LAND ADMINISTRATION DOMAIN MODEL - LADM

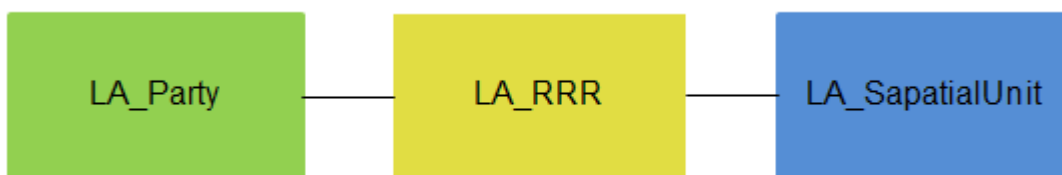
O *Land Administration Domain Model*– LADM –foi definido através da norma ISO/FDIS 19.152:2012. Trata-se de um padrão internacional para o domínio da administração da terra. Esta normativa estabelece o desenvolvimento de aplicações de software e acelera a implementação de sistemas de administração de terra que apoiem o desenvolvimento sustentável.

O LADM compreende os componentes básicos relacionados à informação da administração da terra, acima e abaixo da superfície. A norma fornece um modelo abstrato e conceitual, estruturado em três pacotes básicos e um sub-pacote:

- *Party* (pessoas): referente a pessoas e organizações;
- *Administrative* (Unidade Administrativa básica): relacionado aos direitos, restrições e responsabilidades -direitos de propriedade (RRR - *rights, responsibilities, and restrictions*);
- *Spatial Unit* (Unidades espaciais): corresponde às parcelas e ao espaço legal de edifícios e redes de infraestrutura; Contando com o sub-pacote *Surveying and Representation* (Levantamento e Representação).

As relações entre os pacotes nucleares são representadas na figura 05.

Figura 05: Relação dos pacotes básicos do LADM



Fonte: adaptado da ISO 19152.

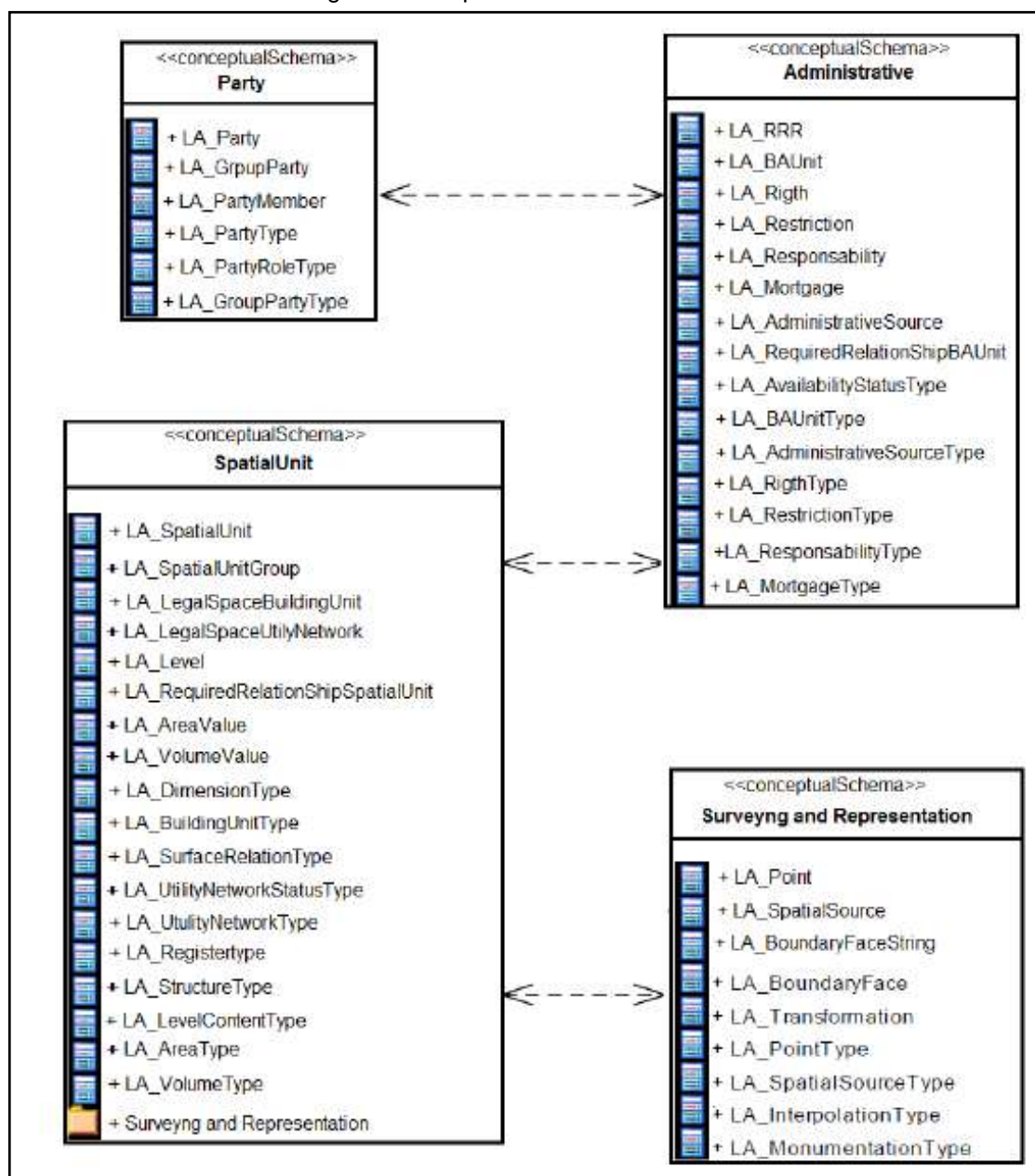
A ISO/FDIS 19.152:2012 trata de unificar todos os conceitos de domínio cadastral e integrá-los em um modelo aberto e de fácil implementação por parte dos países, instituições ou empresas que o requeiram.

### 3.1 ESTRUTURA DO LADM

O LADM está estruturado em três pacotes principais e um sub-pacote, que consistem no pacote *Party*, *Administrative*, *Spatial Unit Surveying and Representation* (Pessoa, Administrativo, Unidade espacial e Levantamento e Representação), apresentados em diagramas de classes UML - *Unified Language Model*.

O diagrama de classe UML é representado na Figura 06.

Figura 06: Esquema de classes do LADM



Fonte: ISO 19152.

O esquema conceitual apresenta a estrutura do LADM e as relações entre as principais classes dos pacotes e subpacotes. Para estruturar qualquer trabalho que faça uso da normativa LADM deve-se inserir o banco de dados do estudo de caso dentro da estrutura apresentada. Para padronização e distinção dos dados a norma inseriu o prefixo LA (*Land Administration*) na nomenclatura das classes, como pode ser visto na figura 06.

A ISO 19.152/12 foi estudada, explicada e exemplificada por vários autores, como exemplo: *Cámara et al* (2010), *Lemmem* (2012), *Oosterom et al* (2013), *Lemmem e Oosterom* (2013), *Lemmem et al* (2014), *Paulsson e Paasch* (2015). A explanação do próximo tópico seguirá com base nessas referências.

### 3.1.2 Classes e Pacotes

O pacote *Party* tem como classe principal a *LA\_Party* a qual possui uma especialização: *LA\_GroupParty*. Associada a estas classes existe uma opcional: *LA\_Party-Member*. Uma *Party* é uma pessoa ou organização que desempenha um papel em uma transação de direitos. Uma organização pode ser uma empresa, um município, o estado ou uma comunidade. Um "grupo de pessoas" é qualquer número de partes, formando uma entidade distinta. Um exemplo de uma instância de *LA\_Party* poderia ser um CPF, ou um CNPJ; um *LA\_GroupParty* poderia ser um grupo de pessoas que forma um condômino em uma propriedade; e *LA\_PartyMember* seria um membro deste condomínio (ISO/FDIS 19.152:2012).

O pacote *Administrative* diz respeito à classe *LA\_RRR* (com três subclasses *LA\_Right*, *LA\_Restriction* e *LA\_Responsibility*), e a classe *LA\_BAUnit* (Unidade Administrativa Básica).

- Um "direito (*right*)" é uma ação, atividade ou classe de ações que um sistema participante pode executar ou usar um recurso associado.
  - Exemplo: direito de propriedade, direito ao acesso à água potável.
- Uma "restrição (*restriction*)" é um direito formal ou informal de abster-se de fazer algo.
  - Como exemplo: o eixo da tubulação de água deve ser localizado a uma distância mínima de 0,50 m do alinhamento dos lotes.



- Uma "responsabilidade(*responsibility*)" é uma obrigação formal ou informal de fazer algo.
- Por exemplo: a responsabilidade de não desperdiçar água.

A *BAUnit* é uma entidade administrativa que consiste em zero ou mais unidades espaciais (parcelas). Um exemplo é uma unidade de propriedade básica com duas unidades espaciais (por exemplo, um apartamento ou uma garagem). *BAUnits* são necessárias, entre outras coisas, para registrar, várias unidades espaciais, pertencentes a uma mesma parte, sob o mesmo direito (o direito será homogêneo sobre todo o *baunit*). Em princípio, todos os direitos, restrições e responsabilidades são baseadas a uma fonte administrativa, como instâncias da classe *LA\_AdministrativeSource*.

O pacote *Spatial Unit* diz respeito às classes: *LA\_SpatialUnit*, *LA\_SpatialUnitGroup*, *LA\_Level*, *LA\_LegalSpaceUtilityNetwork*, *LA\_LegalSpaceBuildingUnit* e *LA\_Required*. Uma *Spatial Unit* pode ser representada como um texto ("desta árvore a esse rio"), um ponto (ou multiponto), uma linha (ou multi-linha), representando uma única área (ou múltiplas áreas), mais especificamente, um único volume de espaço (ou múltiplos volumes de espaço). As unidades espaciais são estruturadas de forma a apoiar a criação e gestão de unidades administrativas básicas. Portanto, uma unidade espacial pode ser associada a nenhuma ou várias unidades administrativas básicas. Isto é, a unidade espacial pode ser usada para descrever a extensão de uma parte da *BAUnit*.

A classe principal do Pacote de *Spatial Unit* é a classe *LA\_SpatialUnit*. Uma *Spatial Unit* é uma única área (ou várias áreas), ou um único volume (ou múltiplos volumes) de espaço. Um exemplo de unidade espacial pode ser a parcela. As unidades espaciais são estruturadas de forma a apoiar a criação e gestão de unidades administrativas básicas.

*Spatial Unit* possui duas especializações: a *Space Building Unit*, como instâncias de classe *LA\_LegalSpaceBuildingUnit*; e a *Space Utility Network*, como instâncias de classe *LA\_LegalSpaceUtilityNetwork*.

- ❖ A *Space Building Unit* (unidade de construção) diz respeito ao espaço legal, que não coincide necessariamente com o espaço físico de um edifício;
- ❖ *Space Utility Network* (redes de Infraestrutura) diz respeito ao espaço legal, que não coincide necessariamente com o espaço físico de uma rede de

infraestrutura (gás, água, esgoto, telefonia, etc), são redes que descrevem a topologia de uma utilidade.

A classe *LA\_Level* é uma coleção de unidades espaciais com uma coerência temática, geométrica e topológica. Na implementação do LADM, esta classe permite a inclusão de identificadores das unidades espaciais em zonas hierárquicas. Uma unidade espacial "baseada em topologia" é usada quando as unidades espaciais compartilham representações de fronteira. Uma unidade espacial com base topológica é codificada por referência aos seus limites, com o limite comum entre duas unidades espaciais adjacentes sendo armazenado apenas uma vez. Assim, há uma conexão topológica entre vizinhos.

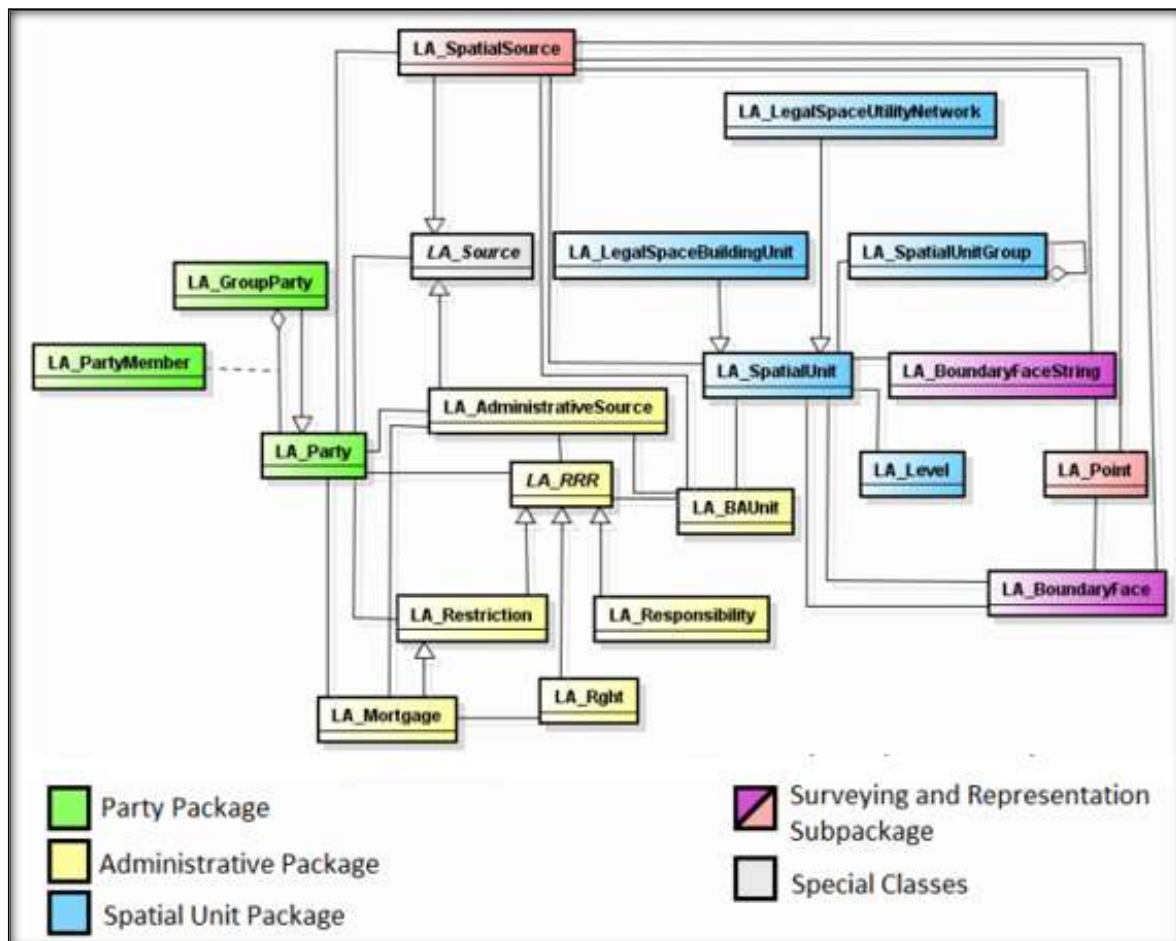
O pacote *Spatial Unit* possui o subpacote *Surveying and Representation*, o qual possui quatro classes, sendo elas: *LA\_Point*, *LA\_SpatialSource*, *LA\_BoundaryFaceString*, e *LA\_BoundaryFace*. Este subpacote é responsável pelas representações geométricas das unidades espaciais e correções topológicas através de sistemas de informações geográficos associados a banco de dados.

- *Point* são instâncias de *LA\_Point* e o levantamento fica documentado com fontes espaciais que são as instâncias de classe da *LA\_SpatialSource*. A fonte espacial pode ser oficial ou não.
- *Boundary Face String* tem como instância *LA\_FaceString*, que é usada para descrever o limite de um *LA\_SpatialUnit* através de linhas em 2D. O objeto de interface é usado para gerar o mapa cadastral e gestão de produto e serviço.
- *LA\_BoundaryFace* descrever os limites da unidade espacial em uma superfície 3D. *Boundary Face* fecha os volumes em altura (individualizando apartamentos), em profundidade (garagens subterrâneas) e em todas as direções para formar limites de volumes. Os volumes representam espaços legais em contraste com espaços físicos.

De acordo com a ISO 19.152 (2012), as representações 2D e 3D no LADM ocorrem através das classes *BoundaryFaceString* e *BoundaryFace*. Muitos países utilizam a interpretação de representação 2D como um volume prismático 3D, sem limite superior ou inferior. Nesse caso, as representações 2D e 3D são unificadas e representadas pela classe *BoundaryFaceString* usando o *GM\_MultiCurve* para armazenamento.

A figura 07 apresenta as principais classes do LADM e seus relacionamentos.

Figura 07: Principais classes do LADM e seus relacionamentos.



Fonte: Adaptado de Lemmen (2013).

A figura 07 apresenta o esquema das classes do LADM e seus relacionamentos. Observa-se que cada pacote pode ser identificado por uma cor: o pacote *Party* pela cor verde; o pacote *Administrative* através da cor amarela; a cor azul se refere as classes do pacote *Spatial Unit*; o roxo representa o sub-pacote *Surveying and Representation*; e a cor cinza é utilizada em classes especiais.

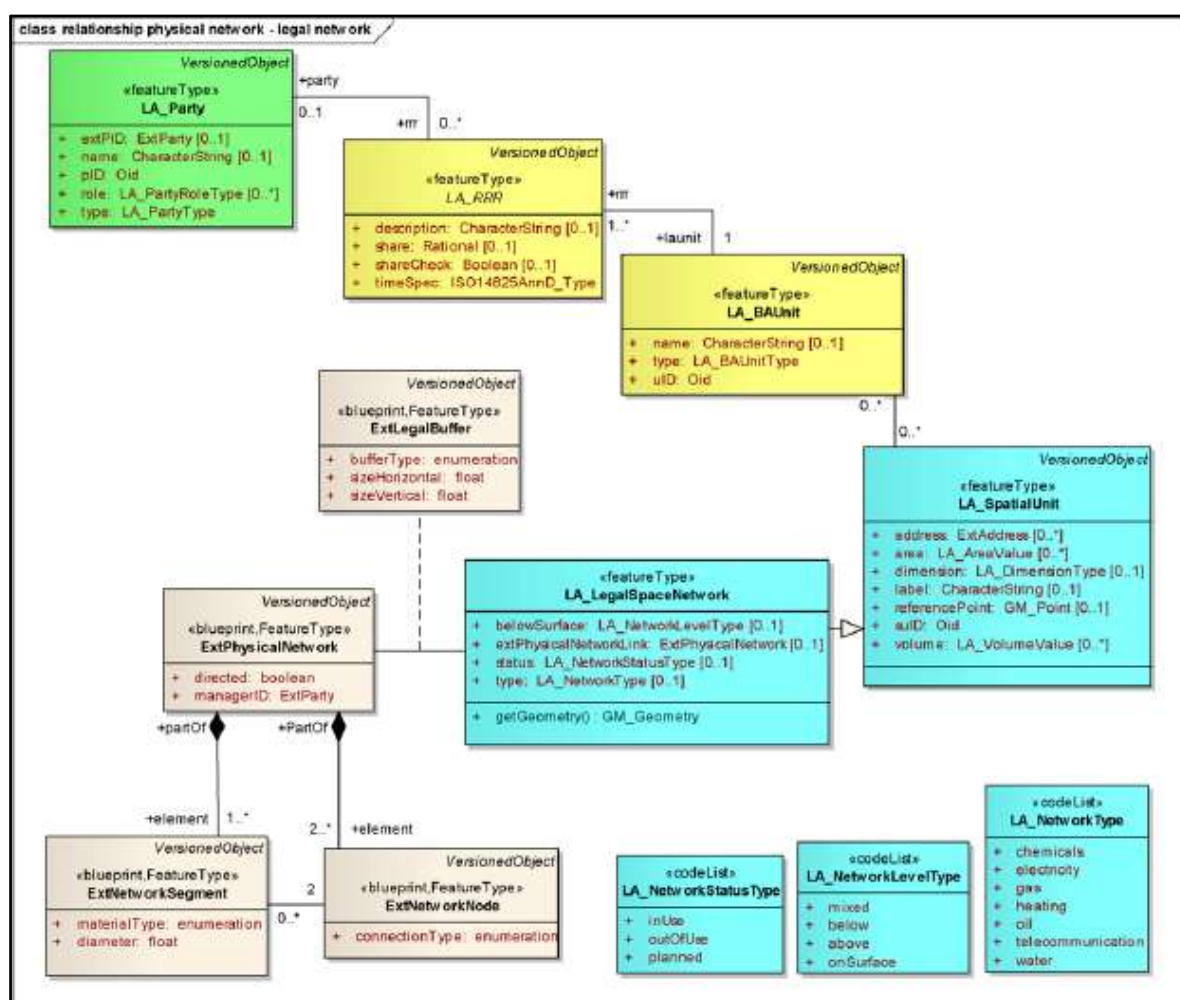
### 3.2 LADM E A MODELAGEM DE REDES

As redes de infraestrutura são inseridas no LADM através da classe *LA\_LegalSpaceUtilityNetwork*, a qual está associada com classes externas para redes de serviços públicos. Este modelo estendido dá uma boa ideia da relação entre a representação física e jurídica de um objeto real. Nesta fase, as diferenças

entre aspectos físicos e jurídicos devem ser reconhecidas. Limites de objetos legais (direitos) não coincidem necessariamente com os objetos físicos (como é em rede de infraestrutura), portanto, não é a rede de infraestrutura que está registrada no LADM, mas sim o espaço legal (2D / 3D) relacionado com a rede (DONER et al, 2010).

A figura 08 apresenta o modelo conceitual para representação da classe UtilityNetwork apresentado por *Döner* (2010).

Figura 08: Modelo conceitual para representação do UtilityNetwork

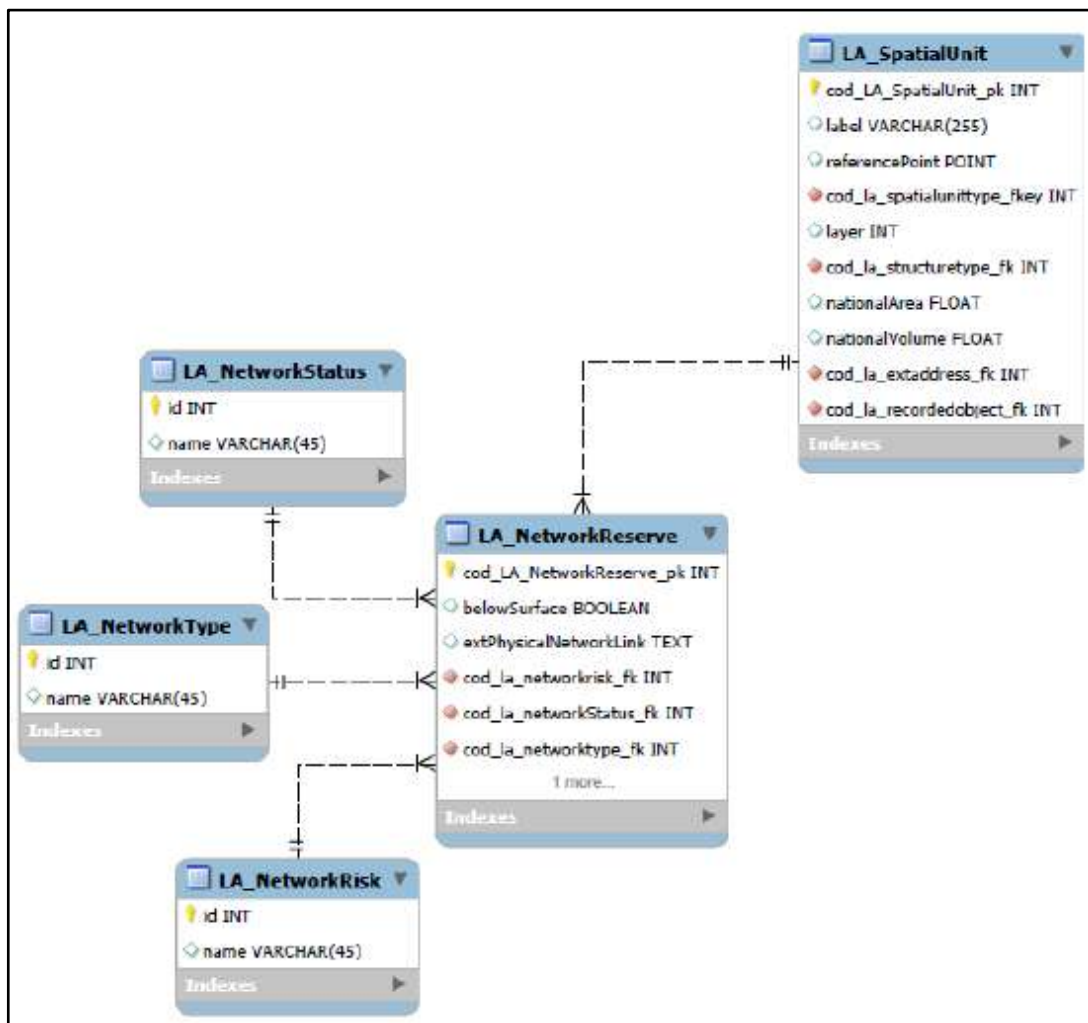


Fonte: Doner, 2010.

Santos (2012) estruturou o cadastro urbano da cidade de Arapiraca/AL – Brasil de acordo com a modelagem do LADM, testando sua implementação com o banco de dados cadastral da cidade. Nesse estudo a autora inseriu a rede de iluminação pública na classe *LA\_LegalSpaceUtilityNetwork*, a fim de incluir todos os elementos do cadastro multifinalitário dentro da proposta cadastral da cidade, como

também testar a maioria das classes propostas pelo LADM. A figura 09 apresenta a fração do esquema que demonstra a modelagem da classe de rede de infraestrutura.

Figura 09: Modelagem da rede de infraestrutura no LADM para o cadastro urbano de Arapiraca.



Fonte: Santos, 2012.

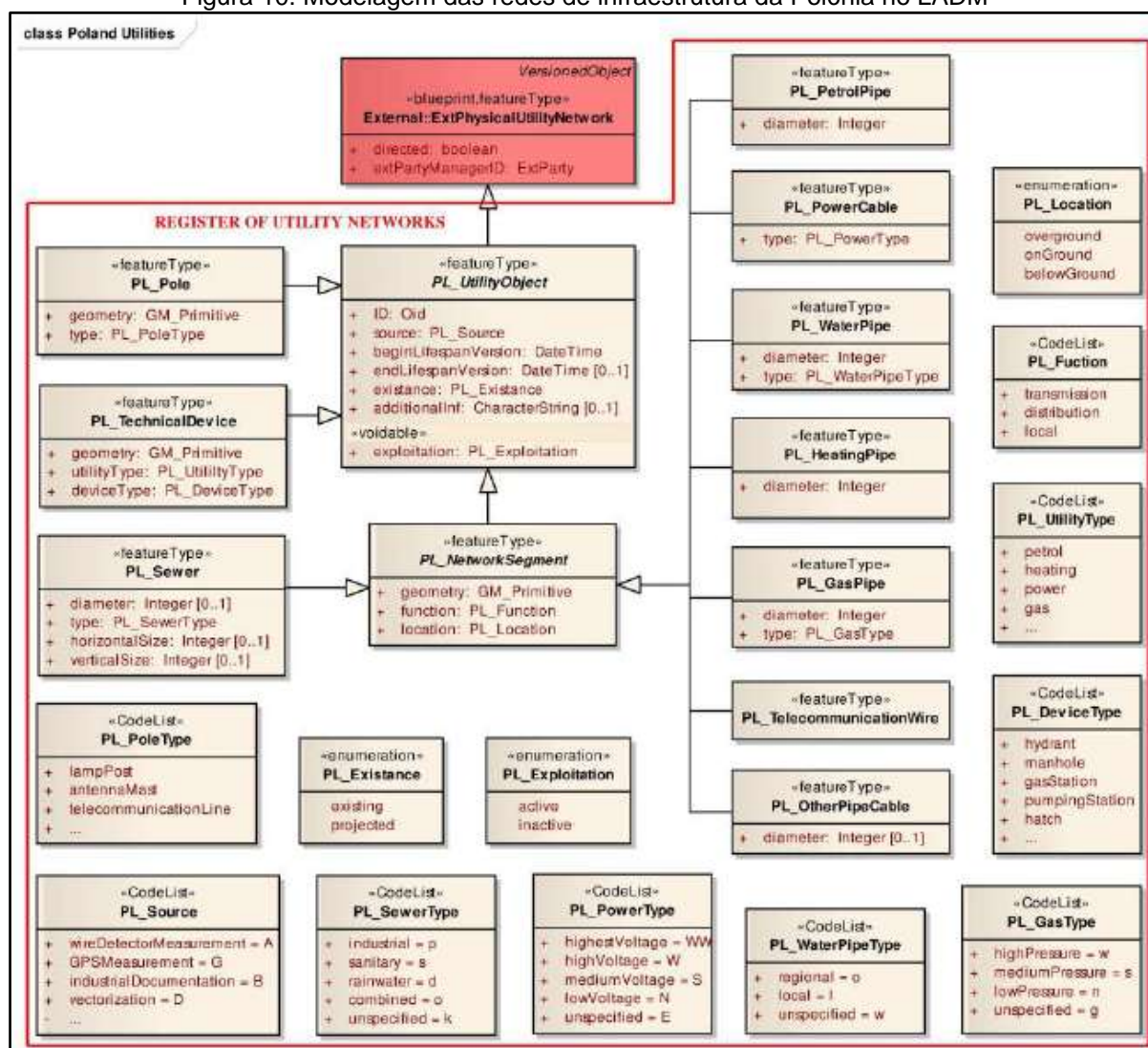
A extensão da classe executada por Santos (2012) – figura 09 – seguiu o modelo proposto pela norma LADM e atendeu as necessidades cadastrais da rede de infraestrutura em questão, onde a rede foi inserida dentro do pacote *Spatial Unit* e suas classes foram representadas através de LA\_NetworkReserve, LA\_NetworkStatus, LA\_NetworkType e LA\_NetworkRisk.

Gózdze Oosterom(2015) apresentaram em seu estudo as possibilidades de desenvolver uma Informação Nacional de Infraestrutura para Polônia aplicando o LADM. Afirmaram que a criação da Informação Nacional de Infraestrutura é um



grande desafio porque os seus componentes são normalmente dispersos entre várias instituições (concessionárias) responsáveis pela sua manutenção e divulgação. Os componentes espaciais e não espaciais existentes da infraestrutura de informação exigem a sua correta integração. Além disso, a natureza interdisciplinar do sistema resulta na combinação de objetos do mundo físico e legal em um ambiente de computador. Assegura que o processo de padronização é o primeiro passo para definir o sistema de administração da terra e torná-lo mais compreensível e transparente para as partes envolvidas. A modelagem proposta no estudo segue apresentada na figura 10.

Figura 10: Modelagem das redes de infraestrutura da Polônia no LADM



Fonte: Gózdź e Oosterom(2015)

Os autores incluíram em sua modelagem os mais diversos tipos de serviços de infraestrutura, como gás, telecomunicação, água, eletricidade, etc. Inserindo toda essa modelagem como extensão da classe *Networkdo* LADM.

### 3.3 LADM E A MODELAGEM 3D

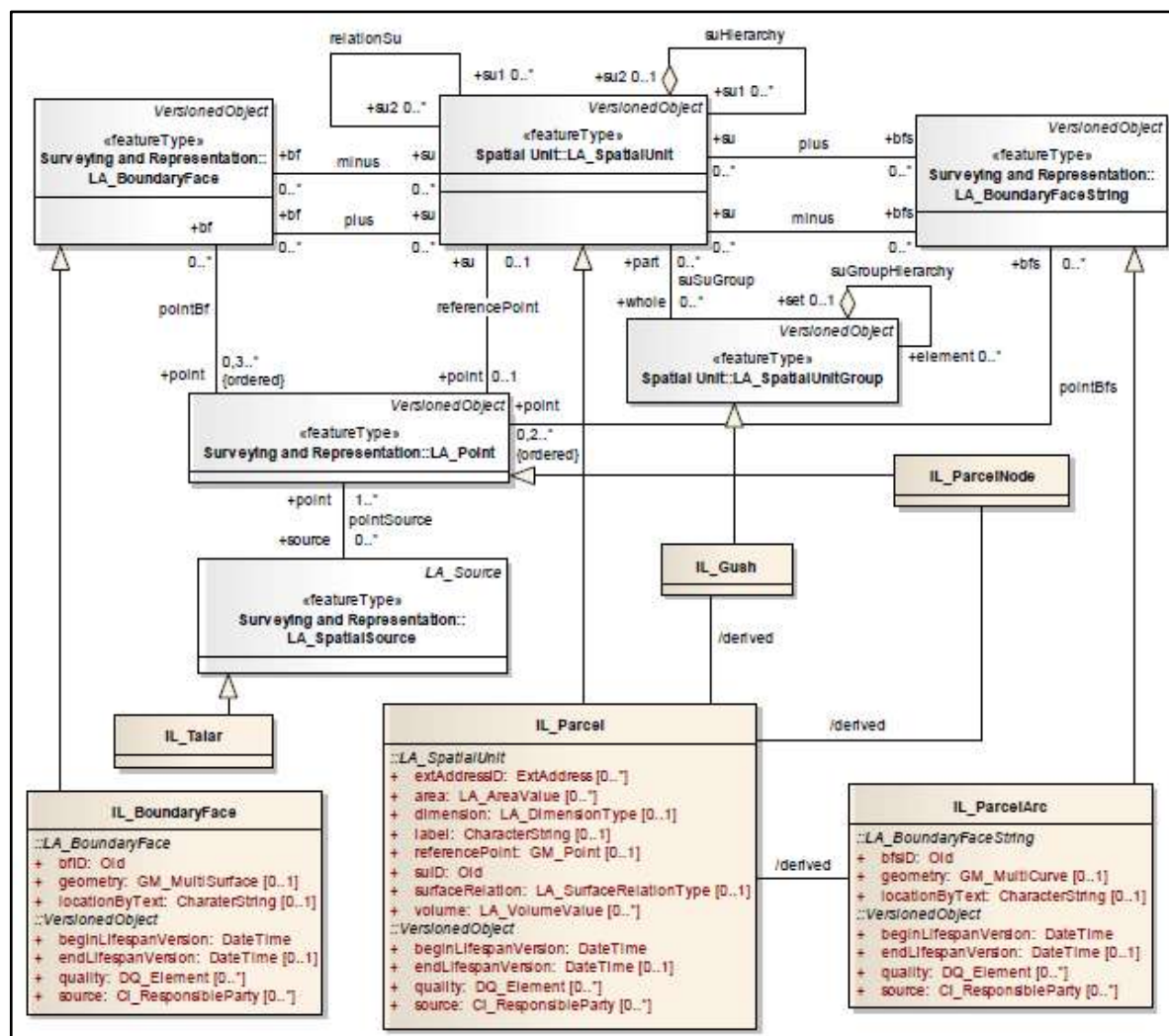
A modelagem 3D através do LADM vem sendo testada por diversos pesquisadores de vários países, a saber: *Döner and Biyik* (2013), *Felus et al* (2014), *Zulkifli et al* (2014), *Oosterom* (2014), *Zulkifli et al* (2015), *Thompson et al* (2016) e *Costa* (2016), sendo essas pesquisas direcionadas ao cadastro de apartamentos.

No estudo realizado por *Felus et al.* (2014) os autores desenvolvem a implantação do Cadastro 3D a partir da ISO19152 para Israel, testando a adaptação da legislação a fim de garantir o suporte ao cadastro tridimensional. O trabalho elenca cinco etapas necessárias à implantação: 1) Plano de mudanças (cadastro 3D); 2) Modelagem dos Dados (através do LADM); 3) Padrão de transferência de dados (CityGML - *City Geography Markup Language*); 4) Validação dos dados automatizados; 5) Armazenamento dos dados espaciais (2D e 3D).

O relatório de *Oosterom* (2014) contém os resultados da segunda fase de investigações sobre o Cadastro 3D e LADM no contexto da possível renovação da base de dados cadastrais de Israel. O documento aborda uma série de tópicos do Cadastro / LADM 3D: padrões, procedimentos, estudos de caso, perfil do país, LADM, transferência de dados, esquema DBMS (*DataBase Management System*), consulta e visualização. Com especificação de vários métodos para definir objetos cadastrais 3D e direções adicionais especificando detalhes para a submissão de planos de pesquisa. Observou ainda que o aspecto de geometria 3D na verificação de qualidade não é trivial, pois existem vários tipos de pacotes 3D não válidos.

A figura 11 demonstra uma fração da modelagem UML em LADM elaborada no estudo de *Oosterom* (2014), mostrando as relações das classes LADM e seus atributos.

Figura 11: Relação das classes na situação da administração de terras em Israel através de modelagem UML com base no LADM



Fonte: Oosterom(2014)

Os relacionamentos entre as classes são procedimentos necessários dentro da modelagem LADM e compreendidos através do estudo da diagramação UML, etapa descrita na quinta seção desta pesquisa.

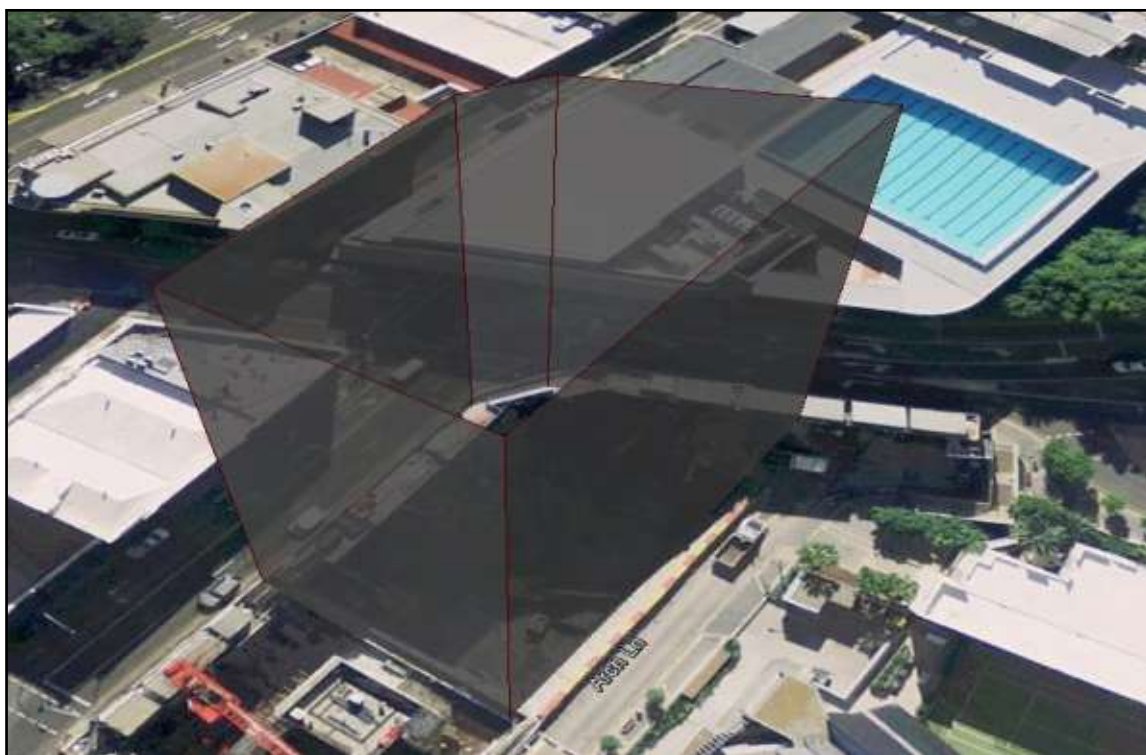
Thompson et al (2016) exploraram um método integrado de definição de unidades espaciais 3D, onde a "footprint" da unidade espacial é representada como *LA\_BoundaryFaceString*, associado a um conjunto (possivelmente vazio) de faces mais gerais (cada um armazenado como um *LA\_BoundaryFace*). Esta representação enquadra-se dentro do LADM e é adequada para formatos de codificação prática, isso fornece um esquema de codificação completo - a partir de simples parcelas de terra 2D, para os volumes mais complexos. A abordagem é discutida a partir de três perspectivas que representam os vários estágios de uma



parcela volumétrica: como uma técnica para a captura e validação de dados de informações cadastradas misto 2D e 3D; Como uma codificação para o transporte de tais informações; E como um esquema para o armazenamento da base de dados de tais informações.

O conceito de *LA\_BoundaryFaceString*, permite que um primitivo 1D (*line string or ring*) preencha o papel de um limite 2D (uma superfície que limita parcialmente uma região 3D de espaço). Na Figura 12 a unidade espacial é mostrada como limitada por cinco faces verticais de altura indefinida, mas a representação da base de dados consiste apenas em um polígono simples.

Figura 12: O conceito de *Face String* a partir do LADM.



Fonte: *Thompson et al* (2016).

Baseado na classe *LA\_BoundaryFaceString*, a partir de limites 2D, *Thompson et al* (2016) gerou uma visualização tridimensional, comprovando uma outra possibilidade de criar superfícies 3D dentro do LADM, que não através da classe *LA\_BoundaryFace*.

Costa (2016) propôs uma metodologia para implantação do Cadastro 3D de apartamentos de acordo com o LADM, utilizando dados referentes ao cadastro territorial urbano do município do Recife (bidimensional) para elaboração da

modelagem 3D. As modelagens foram feitas usando linguagem UML, a partir da estrutura de herança proposta pelo LADM e CityGML. Como resultado a autora apresenta a modelagem LADM 3D noCityGML e uma visualização da volumetria 3D (figura 13) gerada no ArcScene® da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*).

Figura 13: Visualização 3D da volumetria dos edifícios gerada no ArcScene®



Fonte: Costa (2016).

Em sua modelagem, Costa (2016), incluiu a tridimensionalidade dentro da classe *LA\_BoundaryFace*, como propõe a estrutura do LADM. Em análises aos produtos gerados por Thompson et al (2016) e Costa (2016) observa-se que os dois obtiveram uma visualização tridimensional na modelagem de apartamentos utilizando classes diferentes dentro do LADM.

### 3.4 MODELAGEM 3D E CADASTRO DE REDES DE INFRAESTRUTURA

Pesquisadores têm desenvolvido estudos relacionados ao cadastro de redes de infraestrutura e sua visualização numa perspectiva 3D, como: Du e Zlatanova (2011), Balogun et al (2011), Guerrero et al (2013), Pouliot e Girard (2016a), Pouliot

e Girard (2016b), Pouliot (2014), Zlatanova et al (2008). Neste tópico será apresentado o estado da arte a respeito desta temática.

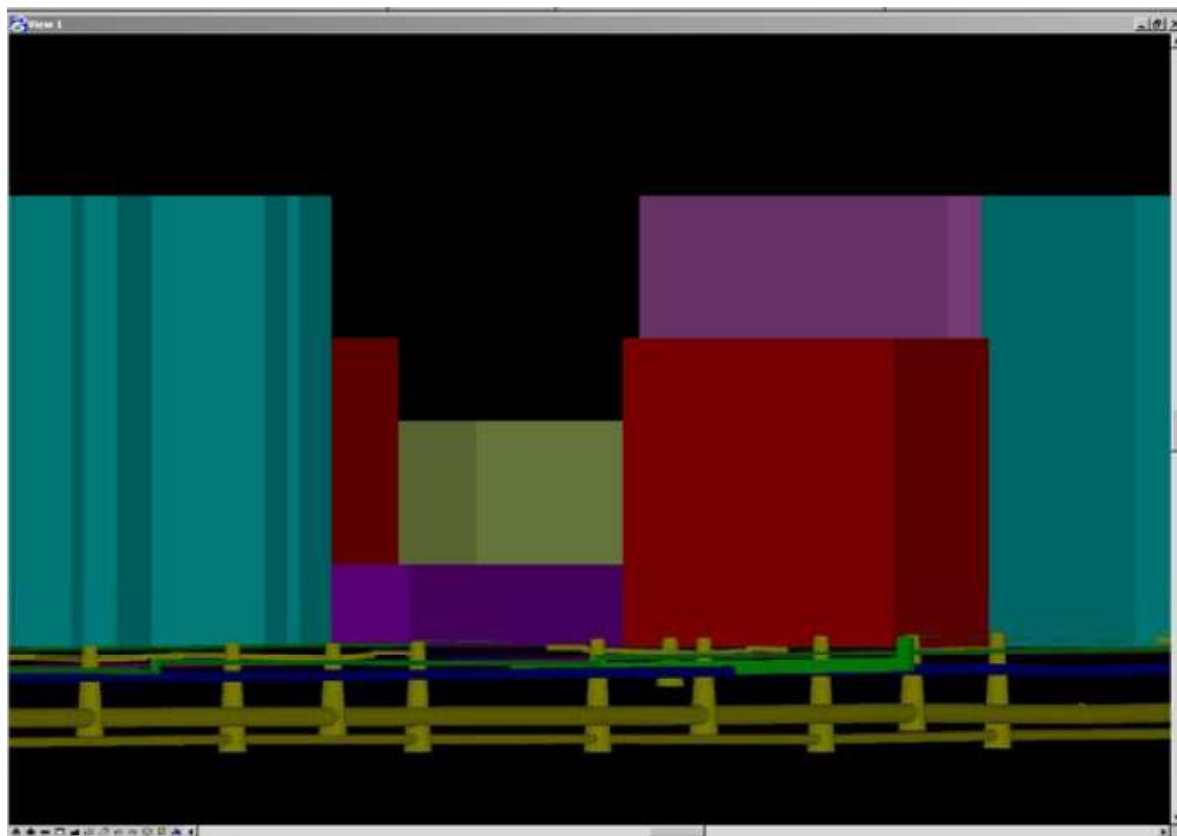
A localização de redes subterrâneas de infraestrutura é um grande desafio, e a realidade da maioria dos países é que estas informações não são facilmente disponíveis. Mesmo nos mapas cadastrais em 2D, as redes subterrâneas raramente são representadas. Segundo Pouliot et. al. (2016), essa situação varia de um país para outro, e citam os exemplos da Suíça, onde existe um oficial de cadastro designado para trabalhar especialmente com este tipo de rede. Além disso, a posição da parcela é parcialmente disponível em 2D, com atributo opcional de altura. Na Austrália, as redes de infraestrutura são apresentadas nos mapas em 2D.

Du e Zlatanova (2011) apresentaram uma abordagem sobre a organização e visualização 3D de infraestrutura subterrânea, e todos os experimentos mostraram claramente que o uso das tubulações em 3D é muito mais atraente em comparação a visualização em 2D, quando se relaciona a superfície subterrânea com os elementos expostos acima da superfície (edifícios, estradas, etc). Concluíram que a rede de infraestrutura, como um todo, é melhor representada em 3D, mesmo que através de simbologia (válvula, hidrantes, poços, etc), e informações adicionais sobre as tubulações, como: função, sentido do fluxo, conectividade; possuem melhor visualização.

Fazendo uso do *Database Management System* (DBMS) associado a uma ferramenta CAD e/ou GIS, Du e Zlatanova (2011) chegaram à conclusão que a arquitetura do sistema selecionado para visualização e edição pode ser considerado por muitas autoridades locais e nacionais como uma opção promissora para um registo centralizado. O esquema espacial na DBMS pode ser sintonizado no que diz respeito à legislação de um país em particular.

A figura 14 apresenta uma visualização do esquema 3D proposto por Du e Zlatanova (2011).

Figura14: Exemplo de visualização 3D para rede de infraestrutura.



Fonte: Du e Zlatanova, 2011.

*Balogun et al* (2011) testou a visualização de redes subterrâneas em 3 diferentes softwares: ArcGIS 9.2 (3D Analyst), Virtual Reality Modeling Language (VRML) plug-ins e Autodesk 3D studio Max. Para o estudo os autores contaram com cinco critérios, abordados por *El-Hakim* (2008), identificados como fatores essenciais que devem estar presentes a fim de ter modelos detalhados e confiáveis de objetos do mundo real como tubulações:

1.A resolução do modelo renderizado deve, idealmente, combinar o que é perceptível pelos olhos humanos em uma visita real ou interação física.

2.Para os dados adquiridos, precisão e nível de ruído devem ser suficientemente altos, caso contrário, todo o processamento posterior sobre esses dados será afetado negativamente. Ele também tem que garantir que a precisão do modelo final corresponde às especificações da aplicação.

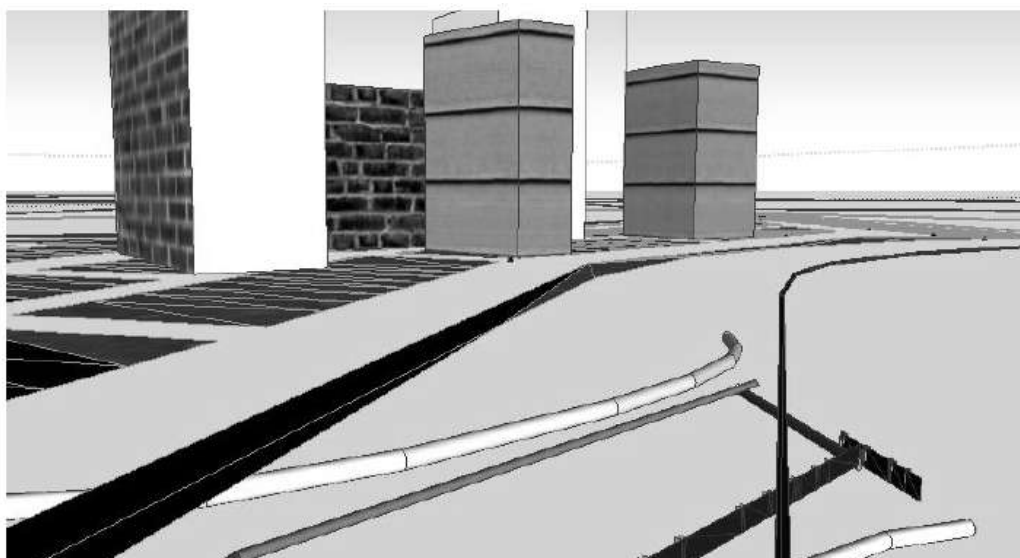
3.A coleta de dados e ferramentas de modelagem deve ser altamente automatizadas em todas as operações, a fim de completar um determinado projeto em um tempo razoável.

4. Gerar modelos de tamanho eficientes, sem perda de detalhes desejados, para que eles possam ser vistos de forma interativa pela aplicação de software e hardware.

5. De forma geral ter baixo custo.

A figura 15 apresenta uma visualização de modelagem em 3D proposta pelos autores.

Figura 15: Visualização de modelagem em 3D.



Fonte: Balogun et al, 2011.

Como conclusão, os autores verificaram que apesar de conseguir visualizar as tubulações em três dimensões, os resultados não apresentam uma solução completa para todos os problemas envolvidos na representação 3D, diante da necessidade crescente de visualizar tubulações subterrâneas neste formato.

No estudo de *Pouliot e Girard* (2016a), foi discutida a integração do cadastro de redes de infraestruturas ao cadastro de terras. Três questões foram abordadas: É necessário registrar objetos subterrâneos? As redes de infraestrutura devem ser registradas com as mesmas especificações das parcelas? Quais informações devem fazer parte do registro? No intuito de responder esses questionamentos e auxiliar no âmbito cadastral os autores fizeram uma análise com base nas informações de Quebec no Canadá.

Na realidade dos casos, não é possível identificar exatamente a localização de objetos subterrâneos, como exemplo: sabemos se alguma rede de infraestrutura pública atravessa nossa propriedade? Os registros de redes não são vinculados ao

cadastro de parcelas, e a representação espacial de todos os tipos de objetos devem ser representadas de forma distinta a parcela, e a localização (X,Y) e profundidade da linha central do caminho da rede são os mínimos dados espaciais exigidos. De forma geral *Pouliot e Girard* (2016a) concluem que as regras de segmentação das redes não devem depender dos limites da parcela, mas deve haver um número de ligação entre a parcela e a rede.

*Zlatanova et al* (2008) apresentou um estudo sobre a gestão de redes de infraestrutura em quatro países: Eslovênia, China, Suécia e Turquia, onde retrata a situação cadastral de cada um e a iniciativa de muitas organizações (concessionárias e prefeitura) na coleta e organizações desses dados, assim como a maneira que cada país aborda esta questão de forma diferente. Diante da falta de informação presente em todos os casos presentes no estudo, os autores concluíram que o aumento do uso do espaço subterrâneo requer mais eficácia nas informações de redes de infraestrutura. Desta forma estudos voltados a essa temática torna-se cada vez mais necessários.



## 4 ESTUDO DE CASO

Para facilitar o processo da modelagem de rede de distribuição de água com base no LADM procurou-se utilizar um caso acessível e onde houvesse um banco de dados digital e ativo, com isso o cadastro da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA –foi escolhido como estudo dessa proposta.

A COMPESA passa por um processo de atualização e integração em seu cadastro, onde os seus bancos de dados internos visam à interoperabilidade com cadastros de outras entidades. A COMPESA é o órgão responsável pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado de Pernambuco. É uma sociedade anônima de economia mista, com fins de utilidade pública e está vinculada ao Governo do Estado de Pernambuco por meio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico. É uma organização dotada de personalidade jurídica de direito privado, tendo o Estado como seu maior acionista (COMPESA, 2016).

### 4.1 OS CADASTROS DA COMPESA

Atualmente, a COMPESA trabalha com três cadastros: o Cadastro Técnico, que engloba as redes de água, esgoto e a estrutura da rede; o Cadastro Comercial, totalmente voltado à ligação da água; e o Cadastro Operacional, que trata da área de abastecimento. Nesta pesquisa serão analisados e modelados dentro da estrutura LADM os cadastros: técnico e comercial. Vale ressaltar que o termo “cadastro” abordado no estudo de caso, refere-se ao cadastro de clientes e serviços da empresa, diferente do termo utilizado em cadastro territorial, que procura descrever o território em sua totalidade relacionado o registro da terra e sua utilização.

A Gerência de Cadastro Técnico e Comercial trabalha com o software de GIS (*Geographic Information System*) da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) - ArcGIS, em sua versão 10.4. O Sistema Operacional adotado é *Microsoft Windows*, e o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - SGBD - é o *SQL Server*. Os bancos de dados da COMPESA não possuem conexão com outras plataformas, ou seja, não interagem com outras entidades, sendo essa interoperabilidade uma das propostas cadastrais da atual gerência.

#### 4.1.1 Cadastro Comercial

O Cadastro comercial da COMPESA é vinculado à ligação de água. Entende-se como ligação de água o hidrômetro, objeto que contabiliza a quantidade de água consumida pelo usuário. A ligação de água é a menor unidade cadastral da COMPESA, e a ela é atribuída uma matrícula, que contém os dados referentes ao cadastro do cliente. As matrículas são georreferenciadas em campo através de dispositivos móveis. São disponibilizados mapas digitais, nos quais são inseridas informações em campo, e retorna os dados coletados em *shapefiles*, que são validados pela equipe de geoprocessamento, e inserido no banco de dados geográficos.

A figura 16 exemplifica o cadastro comercial visto a partir do software GIS.

Figura 16: Tela de visualização do cadastro comercial.



Fonte: Adaptado da COMPESA.

A linha amarela representa os limites da parcela; a linha vermelha simboliza o limite de quadra e o ponto azul é a ligação de água vinculada à unidade. A vetorização dos lotes, quadras, vias, e demais elementos é executada dentro do setor de cadastro comercial, ficando a vetorização dos elementos da rede a cargo do setor de cadastro técnico.



#### 4.1.2 Cadastro Técnico

Atualmente o cadastro técnico engloba os sistemas de água e esgoto, ficando a rede de esgoto a cargo da Odebrecht (empresa brasileira privada de saneamento básico), por meio de uma parceria firmada entre as partes. Dentro do sistema do cadastro técnico existe um campo denominado: Rede de Esgoto\_AO – onde consta os dados derivados do cadastro da Odebrecht Ambiental (OA) no que se refere a rede de esgoto da Região Metropolitana de Recife – RMR.

Para tratar do cadastro da rede de distribuição de água a COMPESA possui o setor de cadastro técnico que trata das redes atuais e da inclusão dos novos projetos. A manutenção da rede é mantida pelo setor de manutenção, e o mesmo não possui vínculo direto com o cadastro técnico, ficando fora da modelagem proposta neste trabalho.

O cadastro técnico entende como ligação de água o hidrômetro, equipamento que registra o consumo de água. Seu cadastro é totalmente voltado para a estrutura da rede, os elementos que a compõe (tubulação, peças, bombas, hidrantes, etc.), a localização e a distribuição da mesma no espaço. A figura 17 apresenta a visualização da rede no ambiente GIS.

Figura 17: Tela de visualização do cadastro técnico.



Fonte: Adaptado da COMPESA

As linhas em amarelo representam os limites da parcela, as linhas vermelhas o contorno das quadras, as linhas azuis representam a rede, e os pontos em verde indicam os hidrômetros. As informações que descrevem os elementos que compõe a rede estão contidas nas tabelas que são vinculadas a geometria, como diâmetro e comprimento da tubulação, nome de rua, tipo de conexão, material, etc. O anexo A apresenta uma relação desses elementos.

## 4.2 BANCO DE DADOS CADASTRAIS DA COMPESA

Na COMPESA existem dois bancos de dados (BD) ativos, sendo um geográfico e outro alfanumérico. Nos próximos tópicos serão apresentadas as estruturas dos mesmos para melhor compreensão do sistema e posterior modelagem.

### 4.2.1 Banco de Dados Alfanuméricos

O GSAN - Gestão de Serviços de Saneamento - é um sistema integrado de gestão de serviços. Trata-se de um banco de dados alfanumérico, com 93 campos de armazenamento de dados, alimentado por todas as gerências da empresa. O sistema possui informações acerca dos dados da ligação de água (imóvel e cliente vinculado à mesma), e é atualizado diariamente pelas unidades de atendimento ao público, assim como nas unidades de trabalho interno.

A figura 18 apresenta a tela inicial do GSAN.

Figura 18: Tela de inicial do banco de dados alfanuméricos.



Fonte: Adaptado da COMPESA

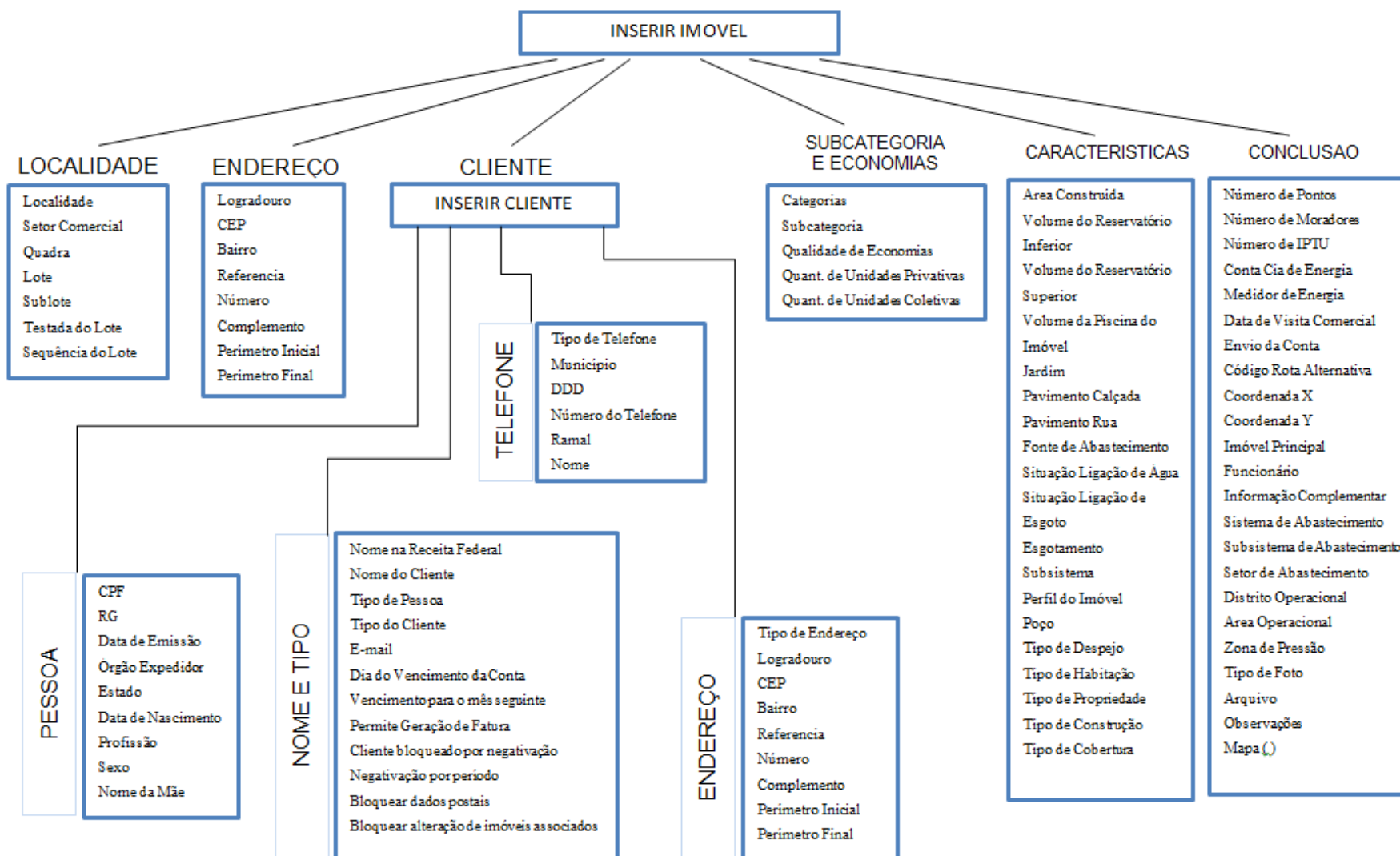
O cliente pode ter acesso aos serviços oferecidos pelo GSAN através do site: <https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/>.

O GSAN é composto por cinco abas principais, denominadas: Localidade; Endereço; Cliente; Subcategoria e Economias; Características e Conclusão. A aba Cliente possui quatro abas vinculadas, a saber: Nome e Tipo; Pessoa; Telefone e Endereço. O acesso a essas informações deu-se através de prints da tela do sistema (anexo 01), onde foi registrada a sequência de entrada dos dados, e através delas foi possível estudar a composição do GSAN.

Após a estruturação das informações captadas através dos prints de tela do sistema foi possível elaborar um mapa cognitivo com base nas informações de entrada no mesmo. O mapa cognitivo foi elaborado no intuito de tornar a compreensão mais simples, facilitando a posterior modelagem. Vale ressaltar que alguns campos não tem preenchimento obrigatório, deixando lacunas no banco de dados, tornando a completude do sistema ineficaz.

A figura 19 retrata o esquema elaborado baseado na entrada de dados em cada aba do GSAN.

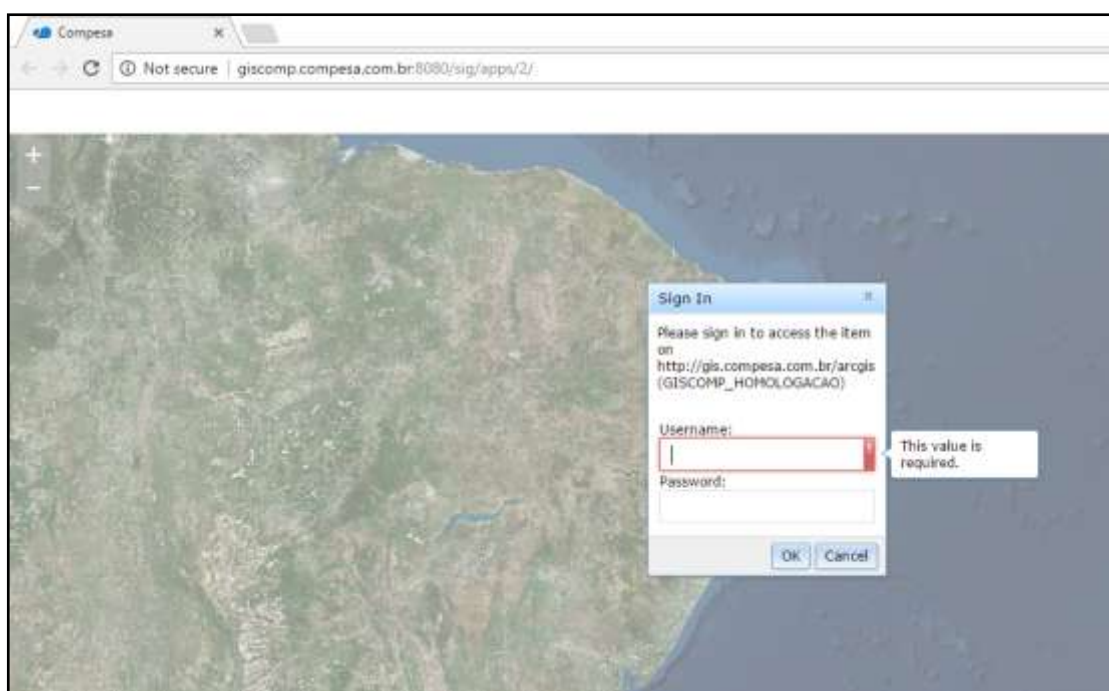
Figura 19: Mapa cognitivo dos atributos do GSAN.



#### 4.2.2 Banco de Dados Geográficos

O Bancos de Dados Geográficos utilizado é a *Geodatabase* (GDB) multiusuário compreendido pelo ArcSDE. O Sistema de Informações Geográficas (SIG – do inglês: *Geographic Information System - GIS*) utilizado é o ArcGIS. O SGBD é o SQL Server. A plataforma GIS Web da COMPESA é denominada GISCOMP (abreviação de GIS COMPESA), e possui acesso restrito aos funcionários que trabalham diretamente com ele. O setor de Geoprocessamento é o responsável por toda funcionalidade do GIS Web - Estrutura, Edição, Validação e Publicação. A figura 20 apresenta um recorte da tela inicial de acesso ao GISCOMP.

Figura 20: Tela de inicial do WebGIS.



Fonte: Adaptado da COMPESA

A fase atual do cadastro passa por uma reestruturação da plataforma GISCOMP, que é composto por dados de diversas fontes: IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística); Prefeituras; Imagens para vetorização; Cadastro da rede de esgoto da RMR (Região Metropolitana de Recife) pela Odebrecht Ambiental - OA; GSAN; Matrículas de ligação de água cadastradas em campo; Base Técnica/Operacional; Cadastros de novos projetos de rede de abastecimento de

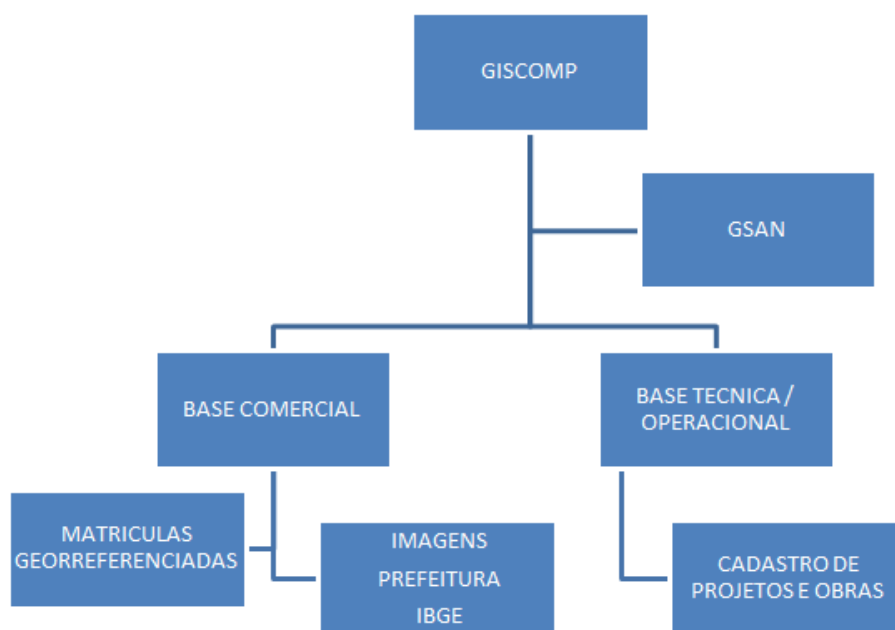
água e obras, como projetos de conjuntos habitacionais e construção de empresas de grande porte.

As imagens utilizadas são derivadas de consórcios com outras entidades, como o projeto PE 3D (Programa Pernambuco Tridimensional), Voo aerofotogramétrico da Odebrecht AmbientaleCondepe/Fidem (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco).

Os dados do IBGE referem-se aos setores censitários, limites municipais, corpos d'água, hidrografia, entre outros. Novas obras e projetos são vinculados ao sistema, pois isso afeta diretamente nos sistemas de abastecimento de água e rede de esgoto da região.

O fluxo de trabalho no GISCOMP acontece como apresentado na figura 21.

Figura 21:Fluxo de trabalho no GISCOMP

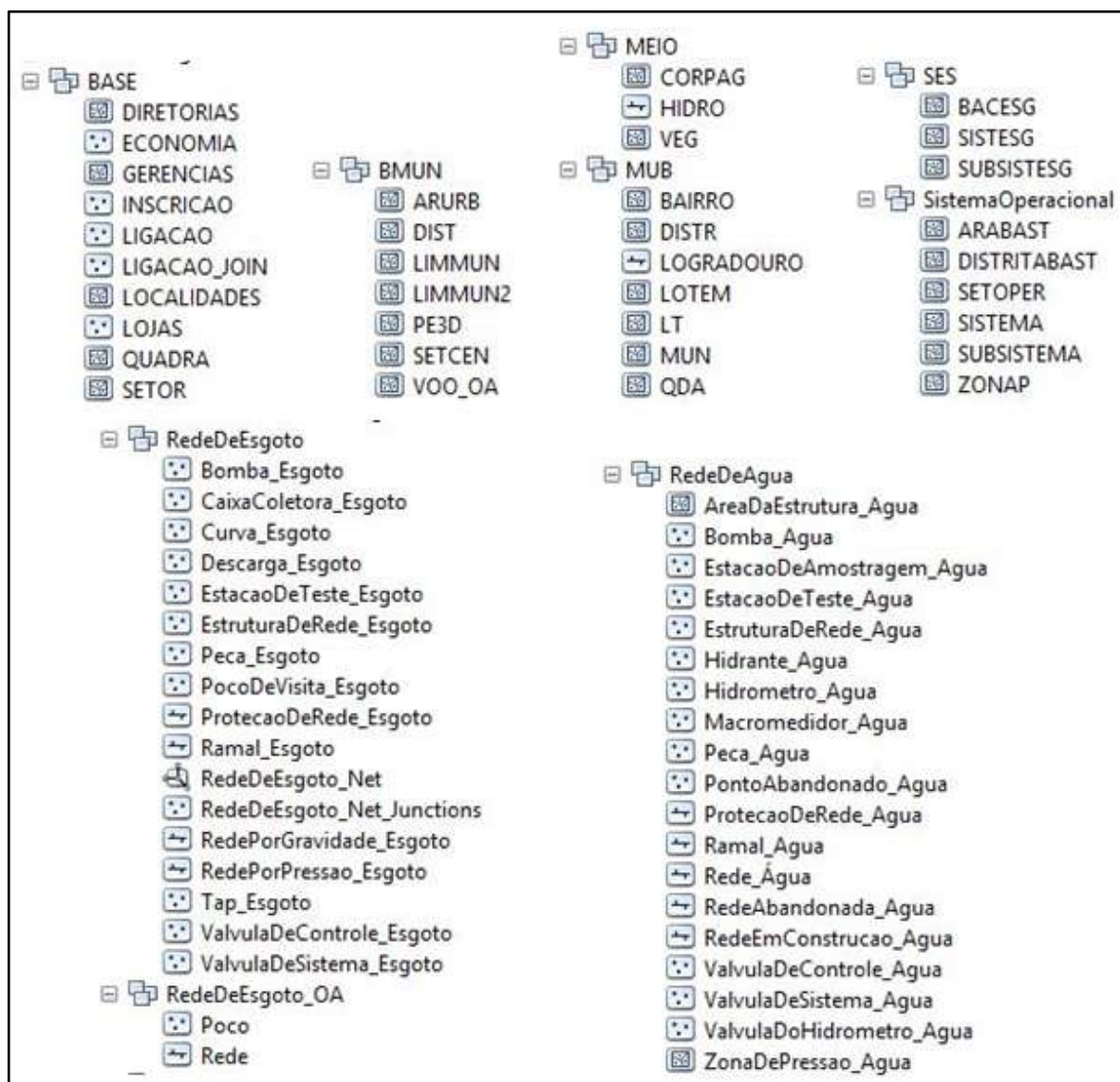


Fonte: adaptado do fluxograma da COMPESA.

Os dados que compõe a estrutura do banco de dados para publicação no GIS Web seguem como apresentados na figura 22.



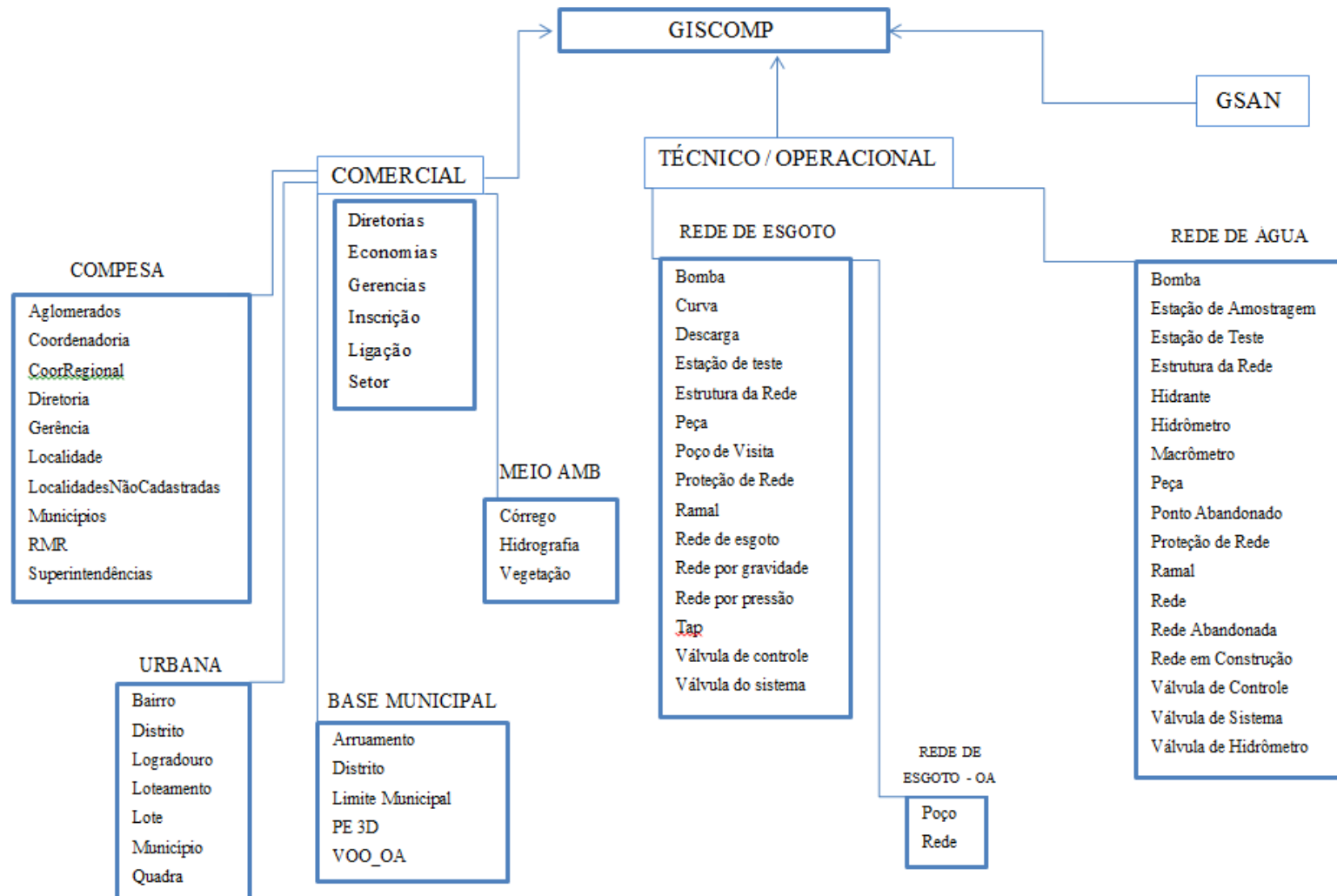
Figura 22:Estrutura do Banco de Dados.



Fonte: adaptado do banco de dados da COMPESA.

A figura apresentada mostra a estrutura que compõe o GISCOMP. Para um melhor entendimento foi elaborado um mapa conceitual (figura 23), a partir do entendimento da composição do GDB apresentado na figura 22. A organização permitiu uma melhor compreensão do banco de dados em análise, facilitando a modelagem LADM.

Figura 23:Estrutura do Banco de Dados.





Cada campo apresentado possui uma forma geométrica associada (ponto, linha ou polígono) e uma tabela de atributos vinculada, contendo as informações necessárias para implementação do banco de dados. A tabela GSAN inserida no GISCOMP não contém todos os campos que a compõe, sendo incluídos, apenas, vinte e quatro do total de noventa e três.

É de fundamental importância que a obtenção e o gerenciamento das informações sejam confiáveis, o que auxilia na gestão, reduz os custos e facilita o intercâmbio e a manipulação de dados. Para controle dos dados de entrada no sistema, a empresa, atualmente, foca no fortalecimento do compartilhamento das informações. Com essa troca mais eficaz entre os setores de manutenção, operação, cadastro técnico e cadastro comercial, os dados informados no sistema tornam-se mais próximo ao real.

A eficácia na gestão de Sistema de Abastecimento de Água (SAA) está diretamente ligada à qualidade do atendimento ao cliente (usuário do sistema) e ao equilíbrio financeiro da empresa, quando não há uma boa gestão isso pode acarretar em racionamento, falta e perda de água, o que reflete diretamente no faturamento e no aumento das despesas do sistema.

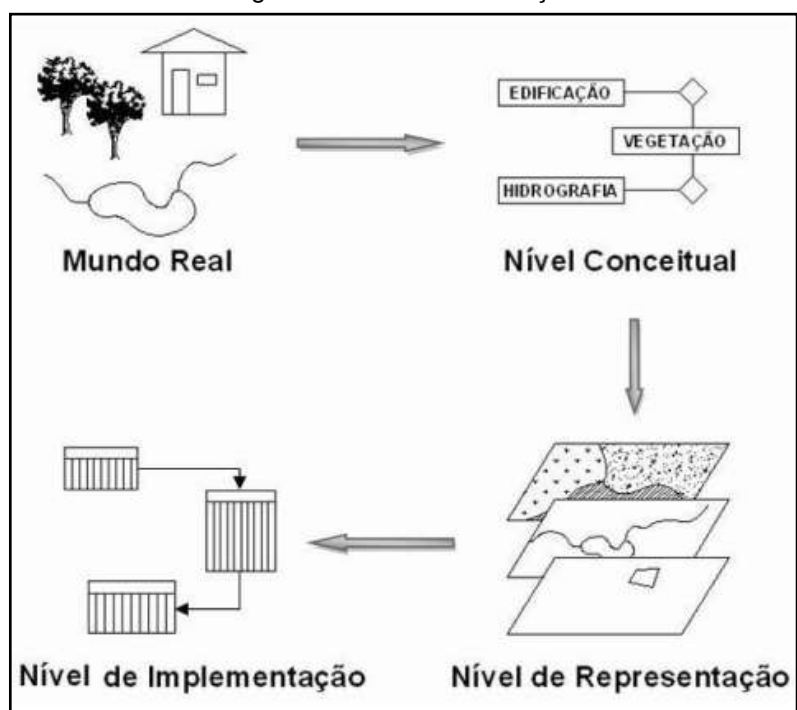
## 5 MODELAGEM DO CADASTRO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A modelagem da norma ISO 19.152/12 - LADM - ocorre através de diagramas de classes UML. Para melhor compreensão do sistema, e fiel representação do banco de dados na modelagem aqui proposta, faremos uma breve introdução do assunto na seção subsequente, antes de apresentar a modelagem estruturada.

### 5.1 MODELAGEM UML

A UML - *Unified Modelling Language* ou Linguagem de Modelagem Unificada – é uma linguagem visual utilizada para modelar softwares baseados no paradigma de orientação a objetos (GUEDES, 2011). Um dos modelos mais usuais para modelagem de dados geográficos é o OMT-G (*Object-Modeling Technique for Geographic Applications*) que parte das primitivas definidas para o diagrama de classes da UML (Rational Software Corporation, 1997). O modelo OMT-G situa-se nos níveis de representação conceitual e apresentação, é o SGBD no nível de implementação (ilustrado na figura 24).

Figura 24: Nível de abstração.

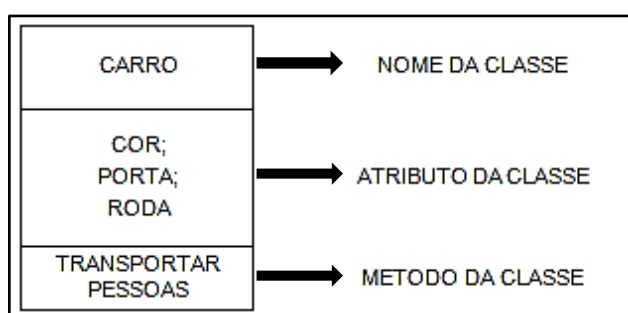


Fonte: Adaptado de Câmara (1995)

O modelo OMT-G é baseado em três conceitos principais: classes, relacionamentos e restrições de integridade espaciais. OMT-G propõe o uso de três diferentes diagramas no processo de desenvolvimento de uma aplicação geográfica: diagrama de classes; diagrama de transformação; diagrama de apresentação.

O diagrama de classes é composto por suas classes e pelas associações existentes entre elas, ou seja, os relacionamentos entre as classes (GUEDES, 2011).

Figura 25: Exemplo de um diagrama de Classes



Fonte: Adaptado de Guedes (2011)

Uma classe representa uma categoria; os atributos são as características dos objetos; e o método representa uma atividade que o objeto pode executar - um conjunto de operações - como exemplifica a figura25.

Cada classe criada pode ter diversos tipos de dados diferentes, como texto, número, data, hora, além de outros. Ao criar uma coluna em uma tabela, ou um domínio a ser utilizado na definição das tabelas, é necessário especificar o tipo de dado que essa coluna armazenará. O quadro 04 apresenta um exemplo dessa relação.

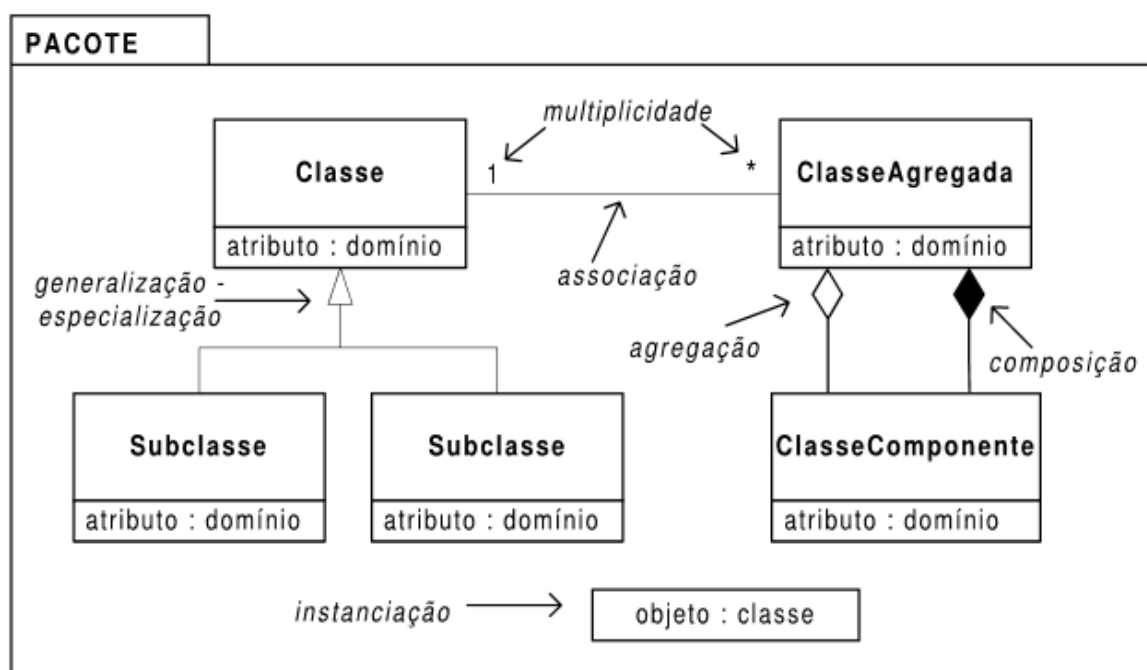
Quadro 04: Exemplo de relação entre domínio e tipo de dado.

Domínio	Tipo de dado
<i>Short integer / Long integer / Integer</i>	Números inteiros
<i>Float / Double / Double precision</i>	Números decimais
<i>Booleano / Bool</i>	Sim ou não / 0 ou 1 / Verdadeiro ou falso
<i>Char / Varchar / Character</i>	Caracteres (números ou letras isoladas)
<i>Timestamp / Time / Data</i>	Data e hora / hora / data

As classes possuem relacionamentos entre si, chamados de associações, que permitem que elas compartilhem informações e colaborem para a execução dos processos executados pelo sistema. São eles: Associação, Agregação, Composição, Dependência e Generalização; os quais são representados por linhas que os liga as classes envolvidas.

A figura 26 apresenta a relação dos tipos de associações às linhas que as representam.

Figura 26: Notação gráfica do diagrama de classe UML e seus relacionamentos



Fonte: Lisboa Filho (2000).

De acordo com Lisboa Filho (2000) todo objeto é instância de uma classe. Todas as instâncias de uma classe possuem as mesmas propriedades estáticas, definidas como atributos da classe, e as mesmas propriedades dinâmicas, definidas como operações da classe.

- A Associação descreve um vínculo e determina que as instâncias de uma classe estejam ligadas a outra;
- A Agregação demonstra que as informações de uma classe (objeto) precisam ser complementadas por um objeto de outra classe;

- A Composição representa um vínculo mais forte, onde uma classe deve pertencer ao objeto-todo;
- Na Generalização/Especialização atributos e métodos definidos na classe-mãe são herdados pelas classes-filhas.

A multiplicidade procura determinar o número mínimo e máximo de objetos envolvidos em cada extremidade da associação. O quadro 05 demonstra alguns dos diversos valores de multiplicidade.

Quadro 05: Exemplo de multiplicidade

Multiplicidade	Significado
0..1	No mínimo zero (nenhum) e no máximo um. Indica que os objetos das classes associadas não precisam obrigatoriamente estar relacionados, mas se houver relacionamento indica que apenas uma instância da classe relaciona-se com as instâncias da outra classe (ou da outra extremidade da associação, se esta for unária).
1..1	Um e somente um. Indica que apenas um objeto da classe relaciona-se com os objetos da outra classe.
0..*	No mínimo nenhum e no máximo muitos. Indica que pode ou não haver instâncias da classe participando do relacionamento.
*	Muitos. Indica que muitos objetos da classe estão envolvidos na associação.
1..*	No mínimo um e no máximo muitos. Indica que há pelo menos um objeto envolvido no relacionamento, podendo haver muitos objetos envolvidos.
3..5	No mínimo três e no máximo cinco. Estabelece que existem pelo menos três instâncias envolvidas no relacionamento e que podem ser quatro ou cinco as instâncias envolvidas, mas não mais do que isso.

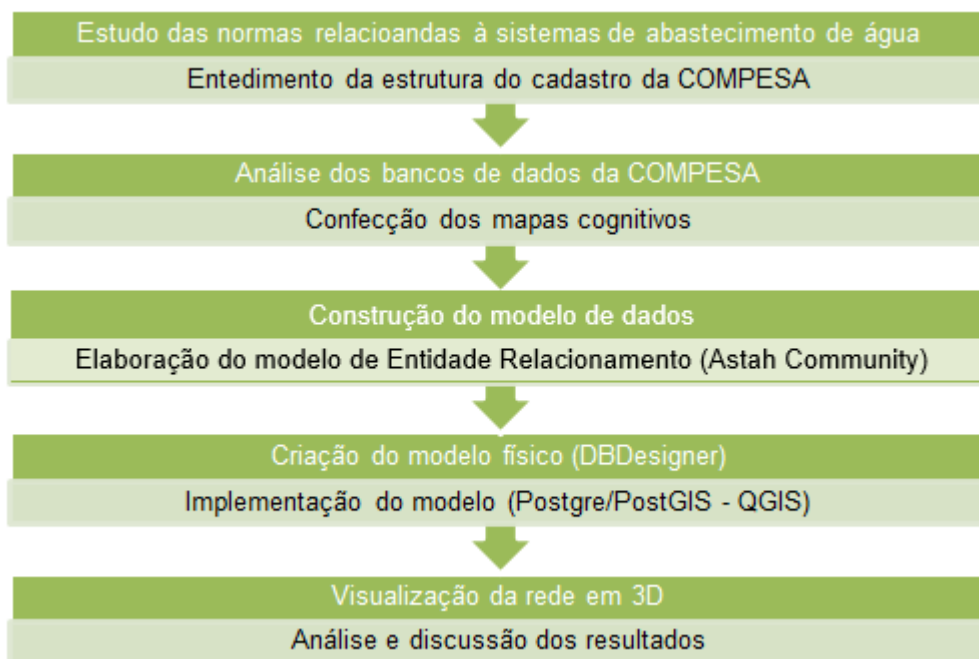
Fonte: Guedes (2011).

A compreensão da linguagem UML é uma etapa fundamental para desenvolvimento desta pesquisa. A partir desde deste entendimento foi elaborado a modelagem para o estudo de caso proposto.

## 5.2 MODELAGEM LADM APLICADA AO ESTUDO DE CASO

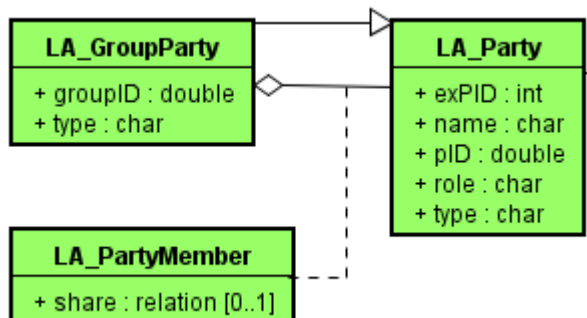
As etapas seguidas para execução da modelagem, desdeo estudo das normas relacionadas à sistemas de abastecimento de água até a análise e discussão dos resultados, seguem apresentadas na figura 27.

Figura 27: Etapas executadas no processo de modelagem



A modelagem conceitual LADM foi realizada no programa *Astarh Community*, onde foram gerados os diagramas UML que caracterizam o LADM. Seguindo o padrão original de confecção de classes LADM, cada classe criada recebe o prefixo “LA” em seu nome. Dentro das classes e pacotes que compõe a estrutura, a primeira classe modelada e analisada foi a *LA\_Party*, como pode ser visualizado na figura 28.

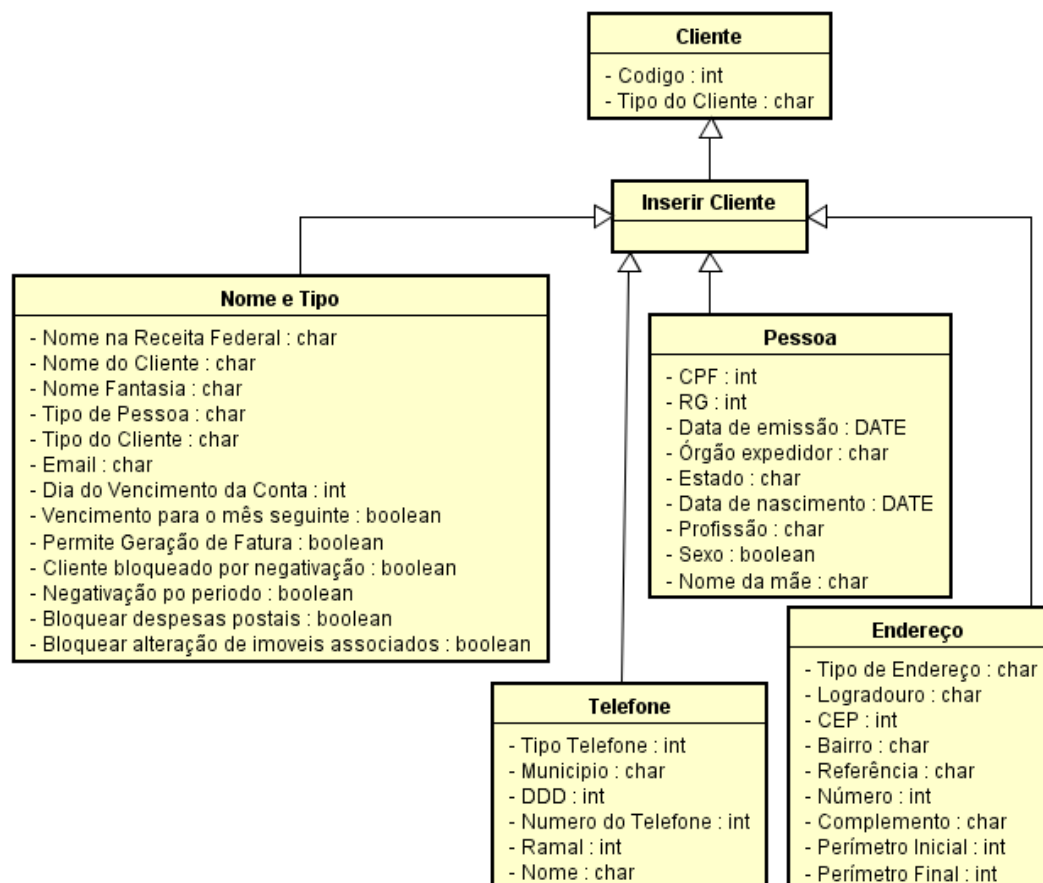
Figura 28: Modelagem da Classe *LA\_Party*



A classe *LA\_Party*, contém os atributos: *exPID*; *name*; *pID*; *role* e *type*. Os quais representam, respectivamente: o identificador de uma instância externa; o nome; o identificador; o papel de uma instância na atualização dos dados e manutenção das informações, e o tipo de instância.

Uma maneira de facilitar a construção do modelo conceitual foi criar um modelo de análise em UML, baseado nos mapas cognitivos construídos nas seções 4.2.1 e 4.2.2, como pode ser visto na figura 29 o modelo gerado para o pacote *Party*. Com isso foi constatado que o modelo de análise é totalmente aplicável à modelagem conceitual proposta nesta pesquisa.

Figura 29: Modelo de análise do pacote Party

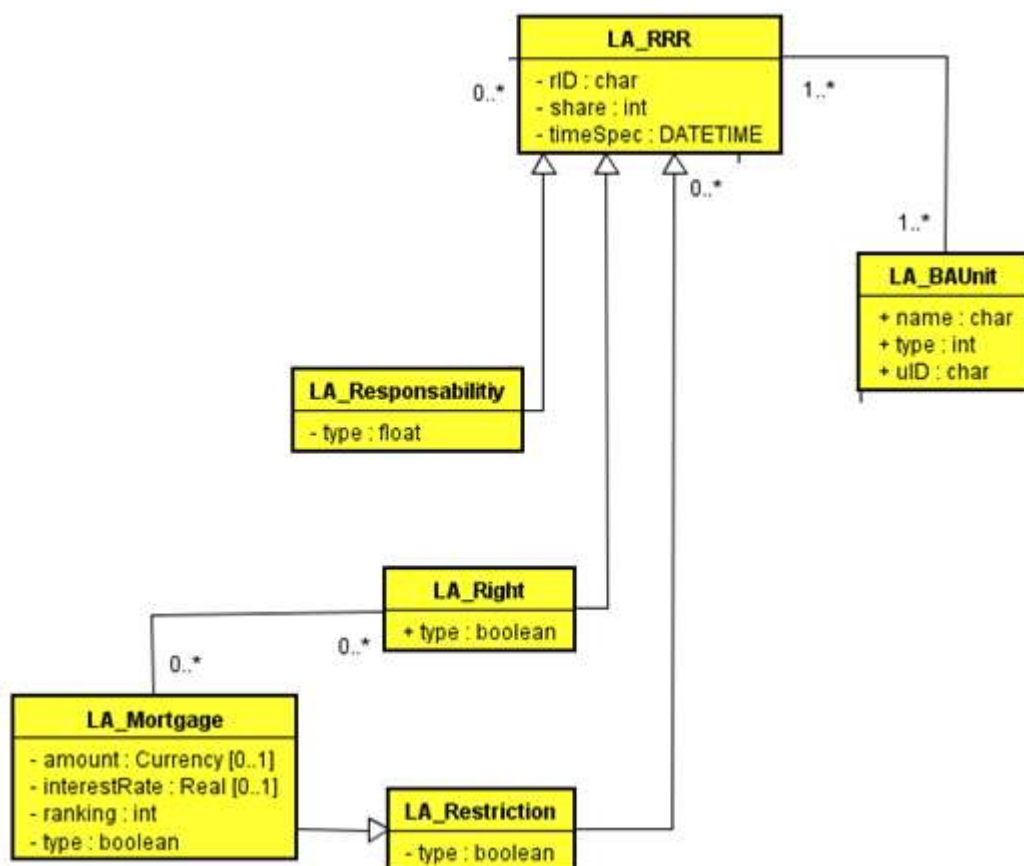


O pacote *Party* representa o Cliente, e como atributos da classe: o código do cliente; o nome do cliente; o CPF do cliente; o tipo de pessoa; e o tipo de cliente. Os atributos da classe LA\_RRR (figura 30), foram extraídos das informações contidas na figura 29, onde:

- LA\_Responsability, é representada pelo “dia do vencimento da conta”;
- LA\_Right o direito ao uso da água, identificada pelo código do cliente; e
- LA\_Restriction representada pelo atributo “bloqueado por negativação”.

A figura 28 apresenta a classe LA\_RRR estruturada dentro da modelagem.

Figura 30: Classe LA\_RRR estruturada conforme a norma

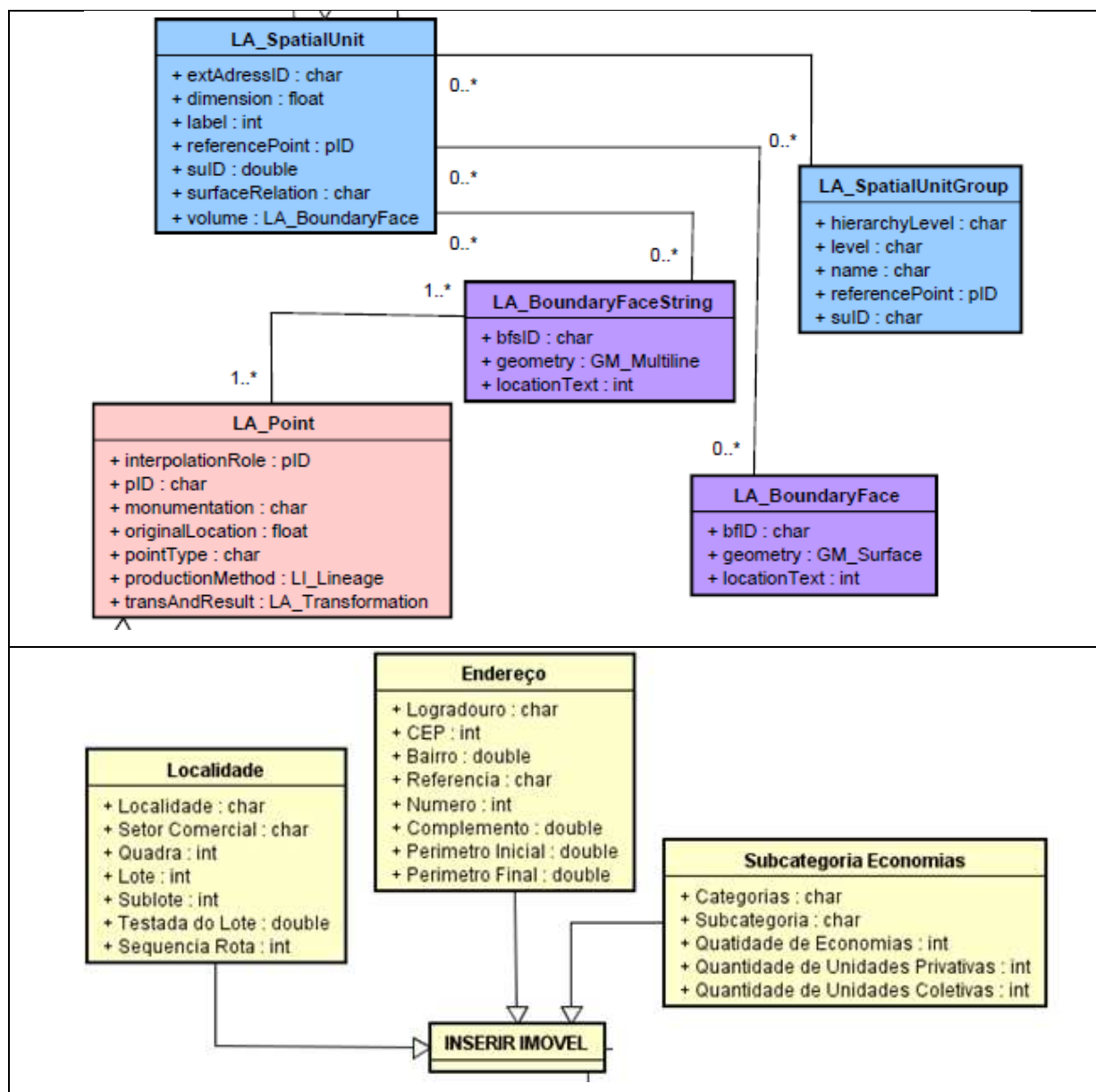


Para o caso em estudo a classe LA\_Mortgage não se refere a hipoteca (como indica a estrutura padrão do LADM), visto que a unidade não é a parcela (ou imóvel), mas sim a ligação de água. Dentro dessa modelagem a classe LA\_Mortgage é associada ao atributo “Permite Geração de Fatura” (presente na figura 27), o qual informa o valor a ser pago pelo cliente, gerado pela relação de direito do uso da água e o seu fornecimento, e que restringe esse uso caso a responsabilidade de manter a conta paga seja desrespeitada.

A classe LA\_SpatialUnit está relacionada a unidade espacial a qual a ligação de água é vinculada, e desta forma está ligada ao imóvel do cliente cadastrado. Como parte dos atributos temos: *extAdressID* – endereço; *dimension* – testada do lote; *label* – localidade; *referencePoint* - coordenadas de instalação do hidrômetro (ligação de água); *suID* – identificador da unidade espacial. A figura 31 apresenta a relação da modelagem com o modelo de análise.



Figura 31: Classe LA\_SpatialUnit relacionada ao modelo de análise



Vinculada a classe **LA\_SpatialUnit** está a **LA\_SpatialUnitGroup**, que se enquadra dentro do modelo de análise (figura 31) em Subcategoria e Economias, como atributos: *hierachyLevel* – Categoria; *label* – subcategoria; *name* – localidade; *referencePoint* – coordenadas de instalação do hidrômetro (ligação de água); *sugID* – identificador da unidade espacial.

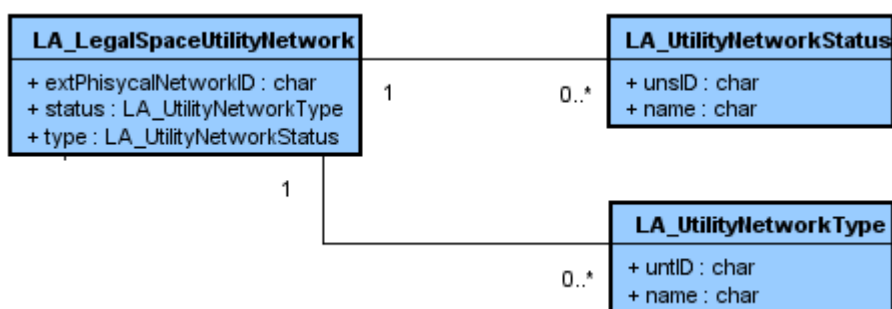
As classes pertencentes ao pacote *Survey and Representation*: **LA\_BoundaryFaceString**, **La\_BoundaryFace** e **LA\_Point**, relacionam-se com as geometrias dos lotes, quadras e rede. Onde os lotes podem ser representados através da classe **LA\_BoundaryFaceString**, através do atributo “Geometry:

GM\_Multiline”; e os Hidrômetros (instrumento de medição que caracteriza a ligação de água) representados através da classe LA\_Point.

A geometria da rede pode ser representada através LA\_BoundaryFace, visto que essa classe representa feições 3D e a rede, em sua representação fiel a realidade, possui características de representação espacial tridimensionais, quando possui coordenadas de localização geográfica X, Y e, em adicional, a cota Z (profundidade a qual a rede está instalada). Essa representação torna-se difícil devido a falta de informações a respeito da profundidade da rede, sendo este dado arbitrado, na maioria dos casos. Na rede em análise foi confirmado que dentro do banco de dados, o atributo de cota é arbitrado como 1m de profundidade para toda rede, e esse dado só é alterado no sistema quando há intervenção na rede e essa informação é coletada em campo, onde se torna a medida real.

Dentro do pacote *Spatial Unit* está inserida a classe LA\_LegalSpaceUtilityNetwork que trata diretamente da rede de infraestrutura. A classe foi modelada de acordo com a norma LADM e condiz com a rede deste modelo de análise. A figura 32 mostra como se comporta a modelagem da classe com seus atributos.

Figura 32: Classe LA\_LegalSpaceUtilityNetwork





Os atributos da rede de serviços incluem: *extPhysicalNetworkUnitID*—como identificador da rede; *status* - estado da rede; e *type*— tipo de rede de serviço. Relacionando com o modelo de análise temos:

- 1) *extPhysicalNetworkUnitID*— identificador do hidrômetro;
- 2) *status*— Inativo, proposto, abandonado, removido, ativo;
- 3) *type* – Rede de abastecimento de água (potável, bruta, tratada).

O quadro 06 apresenta as camadas que compõem a rede de abastecimento de água e as formas geométricas que assumem dentro do banco de dados geográfico.

Quadro 06: Camadas que compõem a rede de abastecimento de água

Nome da Camada	Descrição	Forma Geométrica
ZonaDePressao_Agua	Subdivisão da rede com intuito de impedir que a pressão dinâmica mínima e estática máxima ultrapassem os limites pré-estabelecidos.	 Poligonal
ValvulaDoHidrometro_Agua	Registro (de manobra) do ramal do cliente (representado geograficamente no meio do ramal).	● Pontual
ValvulaDeSistema_Agua	Válvula com atribuição de obstruir a passagem da água na tubulação.	● Pontual
ValvulaDeControle_Agua	Válvula que tem por fim o controle das condições necessário ao adequado funcionamento da rede, tais como pressão, vazão, etc.	● Pontual
RedeEmConstrucao_Agua	Rede de Abastecimento de Água em processo de implantação (em obra).	— Linear
RedeAbandonada_Agua	Rede de Água inativa.	— Linear
Rede_Agua	Canalização que integra a rede principal (distribuição e macrodistribuição) de abastecimento.	— Linear
Ramal_Agua	Representado perpendicularmente à rede principal (rede de distribuição), visando abastecer o imóvel do cliente.	— Linear
ProtecaoDeRede_Agua	Revestimento (encamisamento) da rede de água .	— Linear
PontoAbandonado_Agua	Conexão abandonada (podendo ser válvulas, Peças, Estruturas e etc).	● Pontual
Peca_Agua	Junção na rede de abastecimento, que tem como funções de adaptar, interligar e direcionar.	● Pontual
Macromedidor_Agua	São as conexões das redes de abastecimento que tem como função medir a vazão da água.	● Pontual
Hidrometro_Agua	Equipamento que mede e registra o volume de água consumido pelo o cliente. É representado espacialmente no fim do ramal.	● Pontual
Hidrante_Agua	Junção ligada à rede de abastecimento com finalidade de fornecer água para combater incêndios.	● Pontual
EstruturaDeRede_Agua	Envolve a captação, o tratamento e a reservação do sistema de abastecimento.	● Pontual
EstacaoDeTeste_Agua	Laboratório de análise de água.	● Pontual
EstacaoDeAmostragem_Agua	Estação fixa de coleta de amostra da água para análise.	● Pontual
Bomba_Agua	Dispositivo que transforma energia mecânica em energia hidráulica.	● Pontual
AreaDaEstrutura_Agua	Delimitação da área da Estrutura (ETA, RAP, REL EE, Poço, Barragem e etc).	 Poligonal

No total a estrutura da rede é composta por dezenove camadas, formadas pelos elementos que compõem a rede e demais informações relacionadas ao controle de abastecimento de água. A cada camada é associada uma tabela de atributos, que descreve os elementos que a constitui. As tabelas com todas as camadas da rede em estudo segue apresentada no anexo 02.

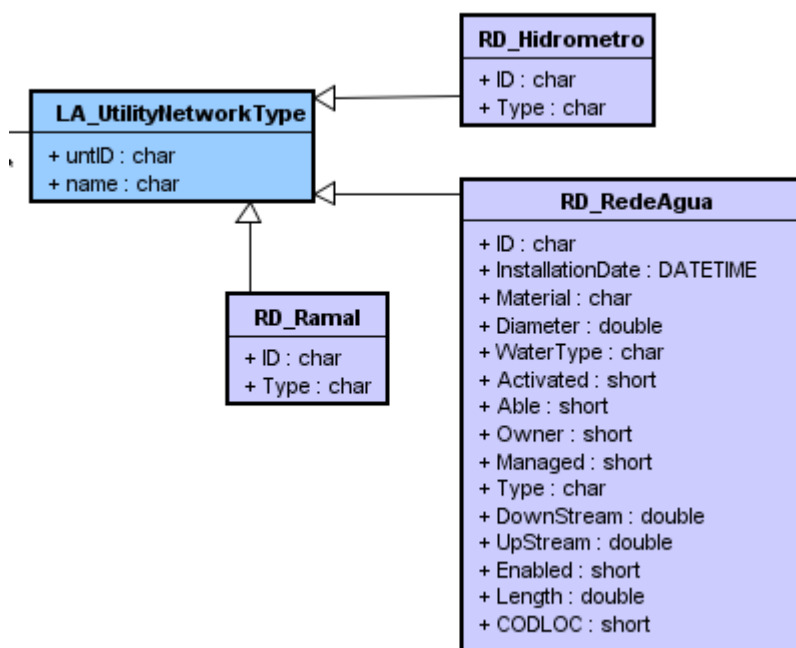
O quadro 07 exemplifica os atributos que compõe a camada “Rede\_Agua”.

Quadro 07: Atributos que compõe a camada “Rede\_Agua”

Rede_Agua							
Atributo		Tipo do Campo	Tamanho	Descrição	Domínio Associado	Requisito	Preenchimento
Codinome	Nome						
Código Identificador	CODID	Text	20	Código Identificador Único do Ativo.	A Ser Preenchido	NULO	
Data de Instalação	DATAINST	Date	-	Data de Instalação do Ativo.	A Ser Preenchido	NULO	*
Material	MATERIAL	Text	20	Material Predominante de Composição do Objeto.	Material	NULO	*
Diâmetro	DIAMETRO	Double	-	Diâmetro Interno da Tubulação.	Diâmetro	NULO	*
Tipo de Água	TIPOAGUA	Text	30	Indica Tipologia da Água que a Tubulação Aduz.	TipoDeÁgua	NULO	*
Ativado	ATIVADO	Short Integer	-	Indica Estado do Objeto.	Ativado	NULO	*
Habilitado	HABILITADO	Short Integer	-	Indica Habilitação do Objeto quanto a sua Operacionalidade, se Apto ou Não.	DomínioBooleano	NULO	*
Proprietário	PROPRIETARIO	Short Integer	-	Dono. Detentor dos Direitos.	ProprietárioDosAtivos	NULO	*
Gerenciado	GERENCIADO	Short Integer	-	Administrador. Por Quem é Regido.	GerenteDosAtivos	NULO	*
Tipo de Rede	TIPOREDE	Text	50	Indica Tipologia da Tubulação Cadastrada, se Macrodistribuição ou Distribuição.	TipoDeRedeÁgua	NULO	*
Cota a Jusante	COTAJUSANTE	Double	-	Cota do Terreno no Ponto de Altitude Inferior da Tubulação Implantada.	A Ser Preenchido	NULO	*
Cota a Montante	COTAMONTANTE	Double	-	Cota do Terreno no Ponto de Altitude Superior da Tubulação Implantada.	A Ser Preenchido	NULO	*
Enabled	Enabled	Short Integer	-	Campo de Criação e Preenchimento Automáticos Relacionados à Criação da Rede Geométrica.	EnabledDomain	NULO	
Comprimento	Comprimento	Double	-	Extensão da Rede (em Metro).	A Ser Preenchido	NULO	*
COD_LOC	COD_LOC	Short Integer	-	Código da Localidade Onde Está Inserido.	A Ser Preenchido	NULO	

Cada camada apresentada no quadro 06 representa uma classe associada à rede, onde dentro da modelagem agrega-se ao LA\_LegalSpaceUtilityNetwork. Cada camada possui atributos, como o exemplo apresentado no quadro 07 que descreveu os atributos da camada “Rede\_Agua”. A figura 33 apresenta a inclusão de três, das dezenove camadas, no formato de classes pertencentes ao pacote da rede de infraestrutura.

Figura 33: Classes específicas da rede de abastecimento de água.



Para inclusão das classes específicas do estudo de caso, foi adotado como prefixo de identificação em sua nomenclatura as iniciais das palavras “Rede” e “Água”, diferenciando das demais classes do LADM, as quais são representadas pelo prefixo “LA”. A cor atribuída seguiu o padrão do pacote a qual pertence, adotando, então, um tom de azul mais claro. Sendo assim foram adicionadas as classes: RA\_RedeAgua; RA\_Ramal e RA\_Hidrometro.

A escolha destas três classes para exemplificação, dentro das dezenove possibilidades, deve-se a relação direta das classes com a ligação da rede de água propriamente dita, visto que a classe RA\_RedeAgua é composta pelas informações referentes a tubulação que conduz a água a localidade; RA\_Ramal faz a ligação da rede ao cliente; e “RA\_Hidrometro” mede e registra o volume de água consumido pelo o cliente.

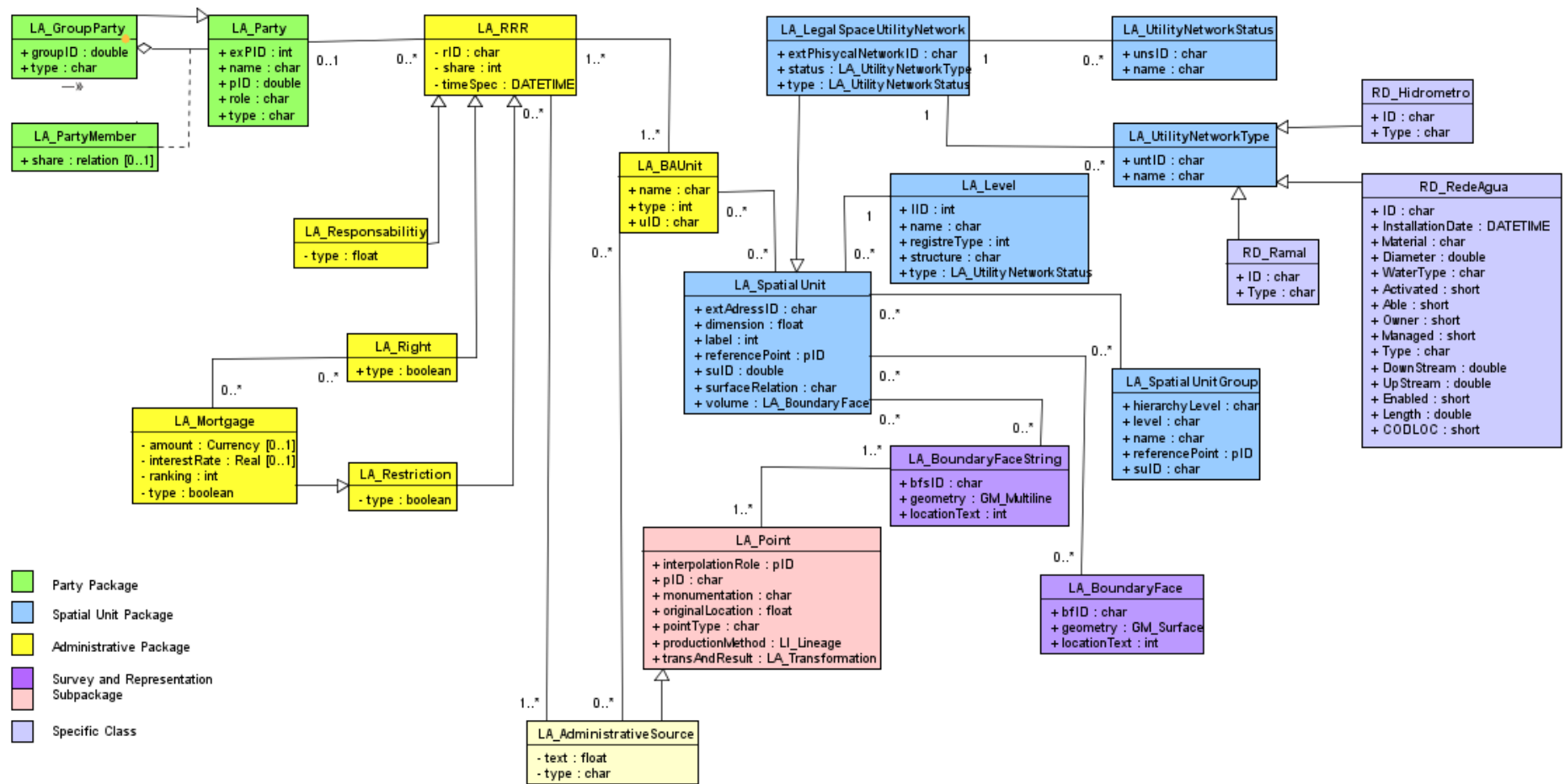
Os atributos da classe RA\_RedeAgua foram incluídos de forma fiel ao conteúdo do banco de dados fornecido pela COMPESA, sendo adequado à formatação da modelagem. Como pôde ser observado no quadro 07, os atributos da classe seguem o conteúdo existente na camada. Desta forma foram inseridos todos os atributos:

- ID – como identificador da rede;
- *InstallationDate* – data de instalação da rede;
- *Material* – material da rede (PVC, FOFO, etc);
- *Diameter* – Diâmetro da rede;
- *WaterPipe* – Tipo de água que a tubulação conduz;
- *Activated* – Indica se a rede está ativada;
- *Able* – Indica se a tubulação está habilitada ou não;
- *Owner* – Cliente;
- *Managed* – Quem gerencia;
- *Type* – Indica se a tubulação é de macrodistribuição ou distribuição;
- *DownStream* – Cota do terreno no ponto de altitude inferior da tubulação implantada;
- *UpStream* – Cota do terreno no ponto de altitude superior da tubulação implantada;
- *Enabled* – Relacionados à criação da rede geométrica;
- *Length* – Extensão da rede (em metro);
- CODLOC – Código da localidade.

Os atributos da classe RA\_Ramal e RA\_Hidrometro foram inseridos de forma hipotética, visto que não foi dado acesso a todas as informações que constitui o banco de dados da rede.

A modelagem completa é apresentada na figura 34.

Figura 34: Modelagem LADM para rede de abastecimento de água



## 6 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO E VISUALIZAÇÃO DA REDE 3D

Nesta seção é apresentado o procedimento executado na fase de implementação do projeto, mostrando a transição da modelagem conceitual para o modelo físico, processo que facilita a etapa de implementação. Apresenta-se também a visualização da rede em 3D.

### 6.1 MODELAGEM FÍSICA DO PROJETO

A modelagem conceitual da rede de abastecimento de água da COMPESA, dentro dos padrões da norma LADM, é ponto de partida para implementação da modelagem física, o qual comprova a viabilidade do projeto aplicado à rede de infraestrutura.

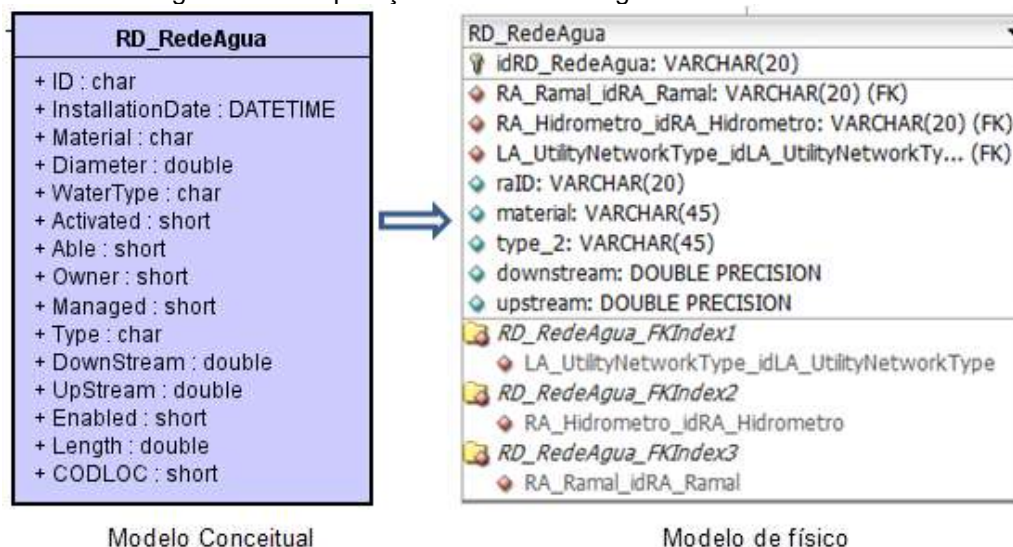
Para implementar o modelo conceitual a partir de uma diagramação UML é necessário gerar o *script* da modelagem executada. Testes executados por Cumbe (2016) e Costa (2016) constatam que o software *Astah Community* não permite essa exportação, com isso foi necessário migrar a modelagem UML para outro programa que executasse essa ação. Mediante pesquisas e testes com três programas - *MySQL Workbench*, *Astah Community Professional* e *DBDesigner* - foi possível selecionar o software *DBDesigner*, que apresentou uma interface de fácil compreensão e manuseio, além de permitir conexão direta com *Postgre/PostGIS* – *QGIS*, programas necessários para fase de implementação, e gratuitos.

O *DBDesigner* é uma ferramenta CASE (*Computer-Aided Software Engineering*) desenvolvida pela empresa *Fabulous Force Database Tools*. Esta ferramenta é livre e utilizada para a modelagem de dados visual que está disponível sob a licença GNU *General Public License* (GLP). Esse programa permite a geração da modelagem do projeto e sua implementação, onde após a modelagem é possível conectar-se a um banco de dados para sincronização.

A figura 35 faz uma comparação do modelo conceitual junto à modelagem física.



Figura 35: Comparação entre a modelagem conceitual e física.



De modo a facilitar a construção do modelo físico, alguns atributos existentes no modelo conceitual ficaram de fora da modelagem, deixando-a mais concisa, com informações simplificadas para cada classe. Ainda dentro do processo de modelagem foi necessário adequar os atributos dentro da tipologia prevista no software *DBDesigner* (varchar, double precision, entre outros), o que diferiu das terminologias utilizadas pelo *Astah Community*.

Dentro do modelo alguns atributos são rotulados com as siglas PK (*Primary Key*) e FK (*Foreign Key*), representando chaves primárias e as chaves estrangeiras, nessa sequência. Essa inclusão acontece de forma automática dentro do programa, ao executar o relacionamento entre as classes.

A figura 36 elucida as chaves primárias e estrangeiras.

Figura 36: Chaves primárias e chaves estrangeiras.

Type	Name
Foreign Key	public.la_point.la_point_la_spatialunit_extadressid_fkey
Foreign Key	public.la_point.la_point_ra_hidrometro_idra_hidrometro_fkey
Primary Key	public.la_point_pkey

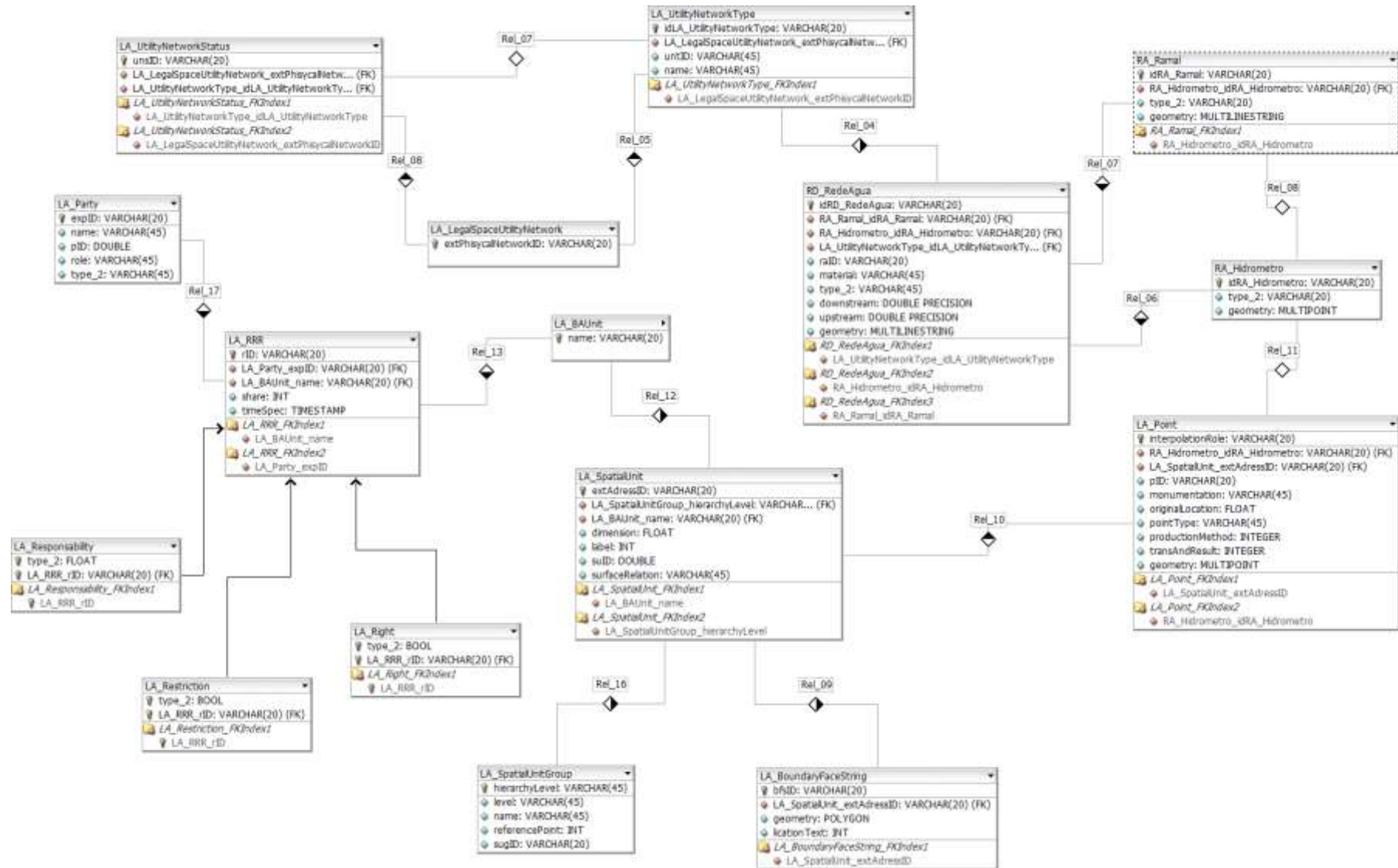
Diante da facilidade encontrada ao exportar o *Script* baseado na criação da modelagem, foi gerada uma nova diagramação, transferindo as classes e atributos da modelagem conceitual para a modelagem física.

A etapa de transferência das informações existentes no modelo conceitual para o modelo físico exigiu uma atenção no que se refere às diferentes configurações apresentadas pelos programas, quanto à forma de atribuir os relacionamentos entre as classes e as tipologias concedidas aos atributos, como exemplo: quando no *Astah Community* é atribuído *double* para números decimais, no *DBDesigner* é atribuído *double precision*.

A observância dessas particularidades dentro do modelo é extremamente importante na hora de executar o *Script*, caso não haja essas alterações, o programa acusa erro.

A figura 37 mostra a modelagem física criada no *DBDesigner* a partir do conhecimento de todas as classes criadas no modelo conceitual.

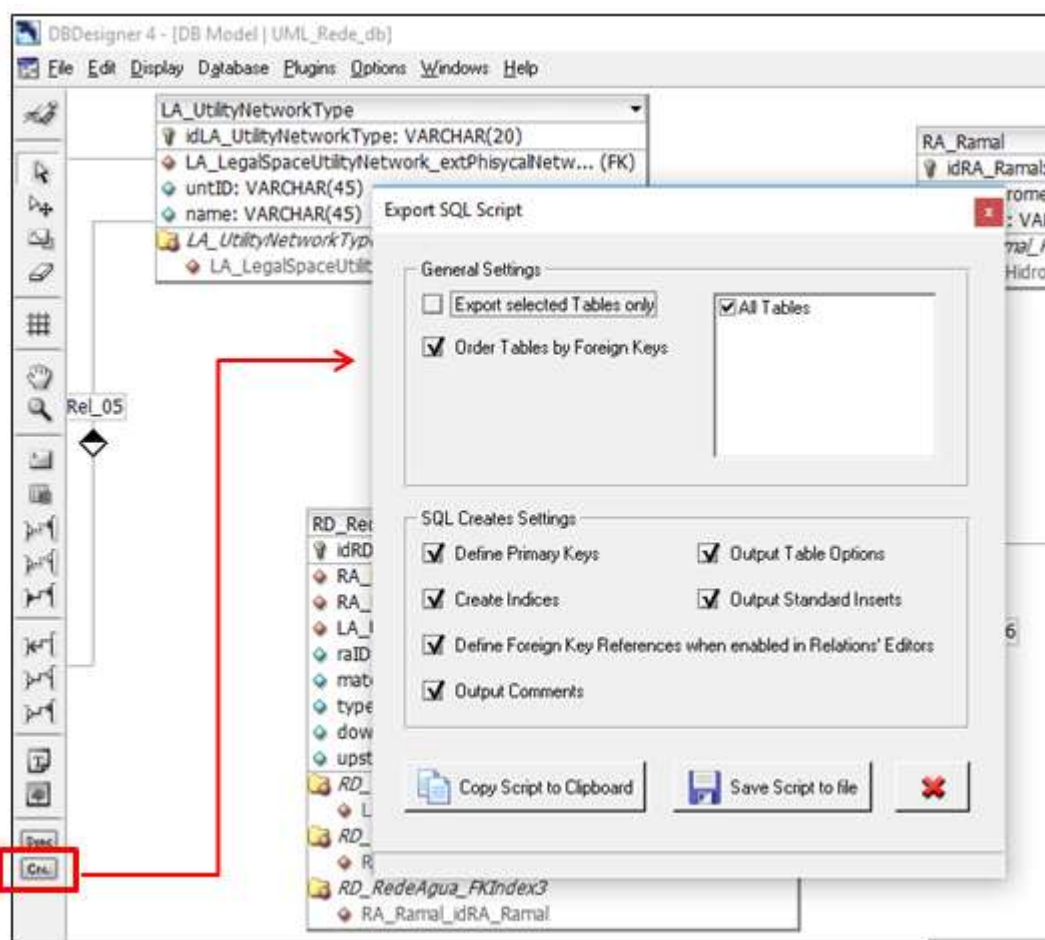
Figura 37: Modelagem física.



Com o modelo físico criado no programa *DBDesigner*, foi possível exportar o *Script* e testar sua implementação no PostgreSQL. Esse processo facilita a implementação do modelo, visto que torna o modelo físico executável. Uma outra característica relevante é o fato do *DBDesigner* criar automaticamente as chaves primárias (PK) e chaves estrangeiras (FK), esse processo é de fundamental importância na fase de implementação.

A figura 38 ilustra a etapa de exportação do *Script*.

Figura 38: Exportação do *Script* através do programa *DBDesigner*.



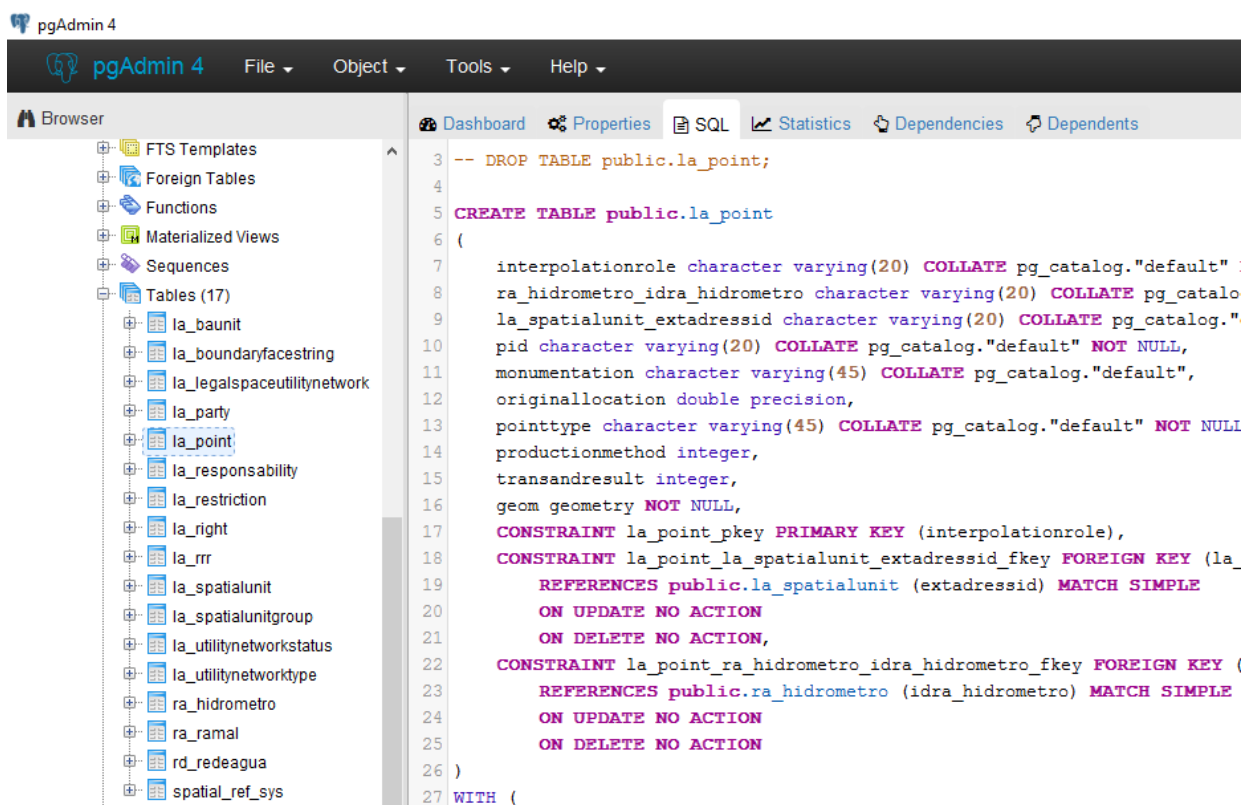
Com o *Script* exportado foi possível torná-lo executável dentro do PostgreSQL. Este processo é descrito na próxima seção.

## 6.2 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO FÍSICO

A interação entre a modelagem e o SGBD deu-se através do PostgreSQL, ferramenta escolhida para a implementação do *Script* gerado pelo *DBDesigner*. O uso do programa pgAdmin 4, com a ferramenta *PostgreSQL* (versão 9.6), permitiu executar o *Script* exportado do *DBDesigner*, e as chaves estrangeiras (FK) e chaves primárias (PK), geradas automaticamente através dos relacionamentos criados dentro do programa na modelagem física, não apresentaram problemas na fase de implementação, garantindo a implementação do modelo e confirmando a praticidade desse processo.

A figura 39 apresenta o *Script* executado no pgAdmin 4.

Figura 39: *Script* criado no *DBDesigner* executado no pgAdmin 4.

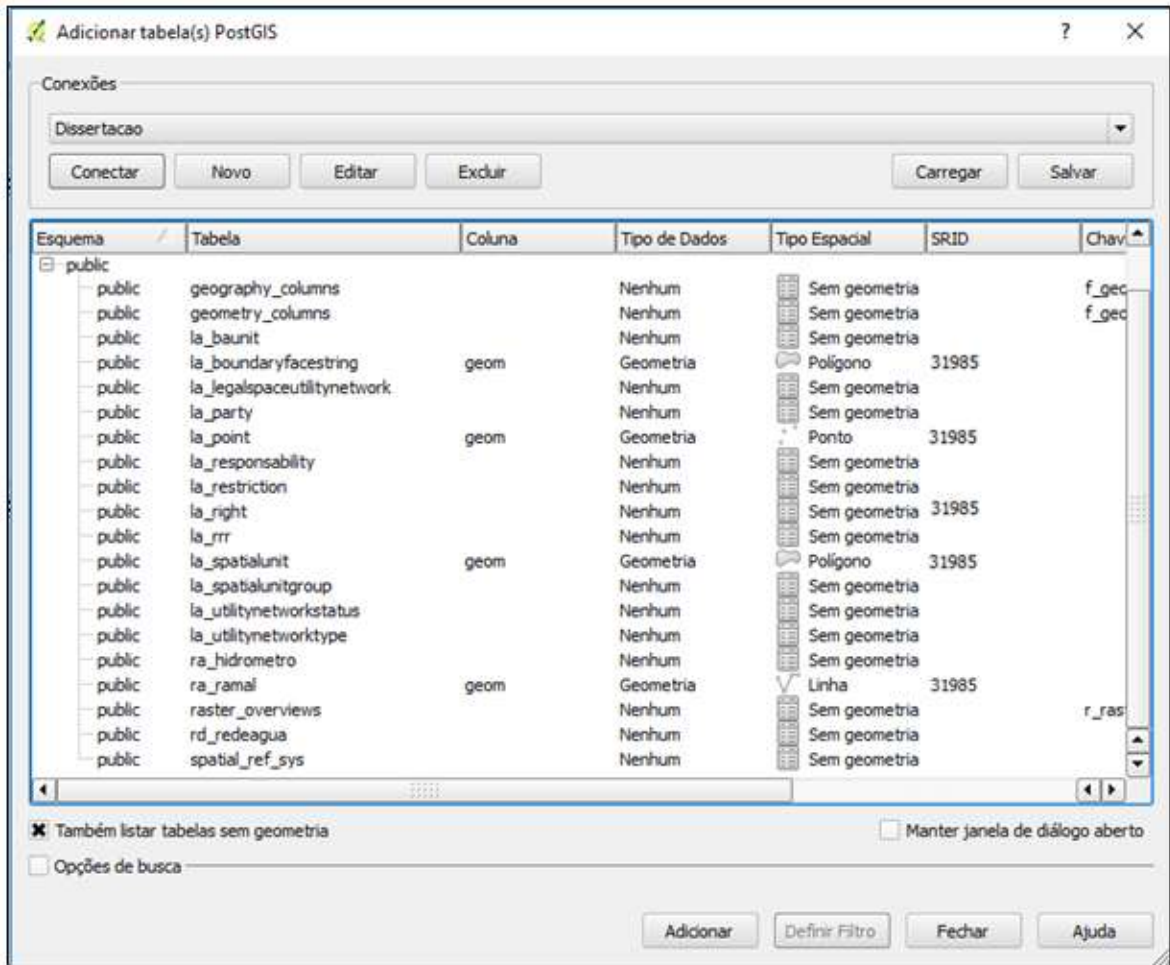


A implementação foi obtida usando o sistema de banco de dados PostgreSQL e a extensão espacial PostGIS. O PostgreSQL é usado como um SGBD, e o PostGIS como uma extensão SIG, onde sua ativação habilita o sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL e armazena informações geométricas do cadastro,

possibilitando fazer uma gestão integrada utilizando a associação do QGIS ao PostgreSQL/PostGIS.

A figura 40 apresenta o resultado da conexão do QGIS com o PostgreSQL/PostGIS.

Figura 40: resultado da conexão do QGIS com o PostgreSQL/PostGIS.



A interação com o QGIS possibilita a visualização das classes implementadas, onde no exemplo coluna “tipo espacial” (figura 40), podemos verificar as classes que possuem dados geométricos, e aquelas que possuem apenas informações descritivas, conforme a especificação de cada elemento dentro da modelagem executada.

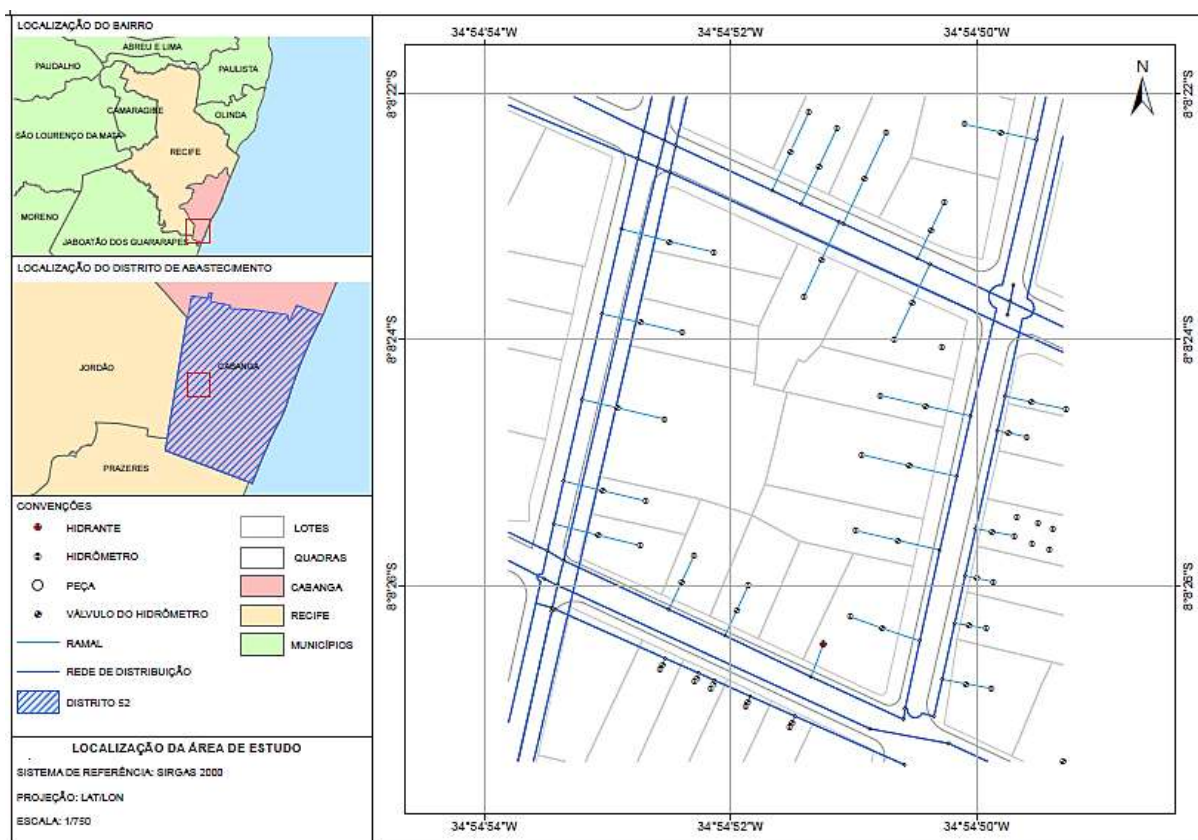


### 6.3 VISUALIZAÇÃO DA REDE EM 3D

O processo de criação da rede em 3D sucedeu no *ArcScene 10.1*, onde foi possível utilizar localização 2D e elementos reais da rede de abastecimento de água da COMPESA, tendo como área de teste o recorte de uma quadra no distrito 52, na localidade de Cabanga em Recife-PE.

A figura 41 apresenta a localização da área de estudo (a confecção do mapa na escala indicada foi realizado em formato de papel A3, e encontra-se presente no apêndice 01).

Figura 41: Mapa de localização da área de estudo.



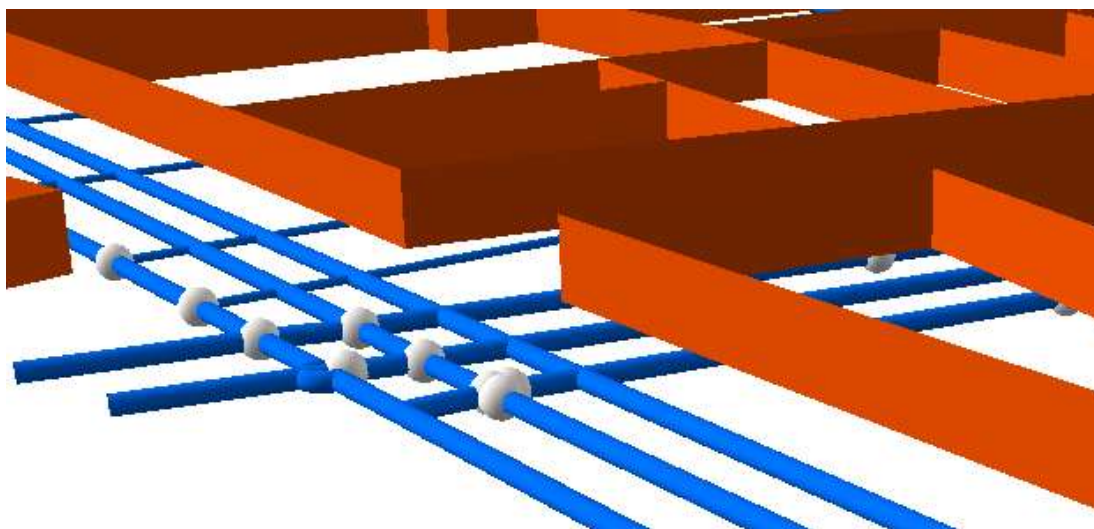
Os dados da rede foram cedidos pela COMPESA, e a confecção do mapa 2D segue os padrões de representação adotados pela mesma. O mapa foi gerado no software *ArcGIS 10.1 for desktop - ArcScene*.

De posse das informações da rede, foi viável sua estruturação em 3D, atribuindo valores de profundidade a rede e suas conexões. Para uma melhor

visualização dos dados, também foram atribuídos valores fictícios para atribuir altura aos lotes, no intuito de tornar a visualização mais próxima da realidade.

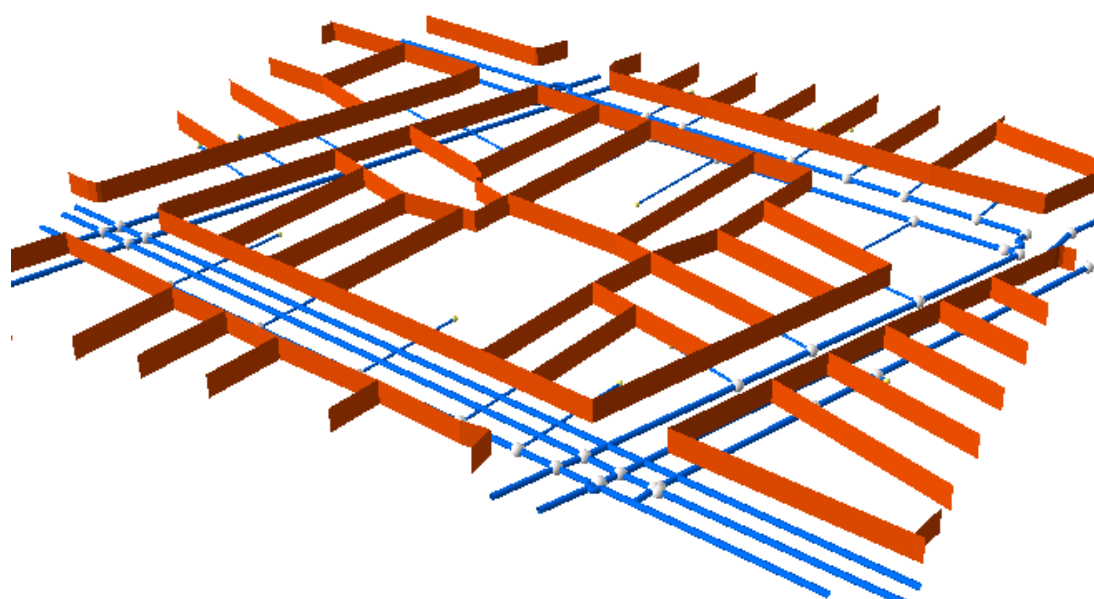
As figuras 42 e 43 mostram os resultados obtidos com o teste para gerar a visualização da rede em três dimensões.

Figura 42: Visualização da rede em 3D (a).



Os elementos em azul indicam as tubulações que conduzem a água (rede de abastecimento); as esferas brancas representam os elementos da rede (tê, cap, curva, etc); os retângulos laranja simulam a verticalização dos lotes.

Figura 43: Visualização da rede em 3D (b).





Os elementos da rede (nós, caps, bombas, válvulas, etc) precisam estar conectados com a rede, assim como no processo bidimensional. Para isso foi necessário testar a vinculação dos elementos junto à rede de abastecimento, e verificar se não houve nenhuma falha na conexão. Ao atribuir a terceira dimensão, foram utilizados dados fictícios, os quais foram adotados pela COMPESA seguindo o padrão determinado pela NBR 12.266.

## 7 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

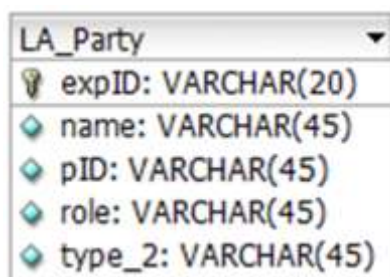
A compatibilidade entre o LADM e a implementados dos dados de rede de abastecimento de água cedidos pela COMPESA com a sua estruturação conforme os conceitos adotados pela ISO 19.152 - LADM é apresentando nesta seção, através dos pacotes e classes confeccionados na modelo físico.

### 7.1 PACOTE LA\_PARTY

A estruturação do pacote LA\_Party seguiu o modelo disponibilizado pela norma LADM agregando as informações pertinentes a sua correspondente dentro do banco de dados do estudo de caso.

A figura 44 ilustra o resultado da modelagem física da classe.

Figura 44: Modelagem física da classe LA\_Party.



O identificador *expID* se caracteriza pelo número de cadastro do cliente, de formato *varchar* (20), pois é constituído por 20 caracteres.

- *expID*: 00000000.0 00/0000-0

Os demais atributos da classe se caracterizam da seguinte forma:

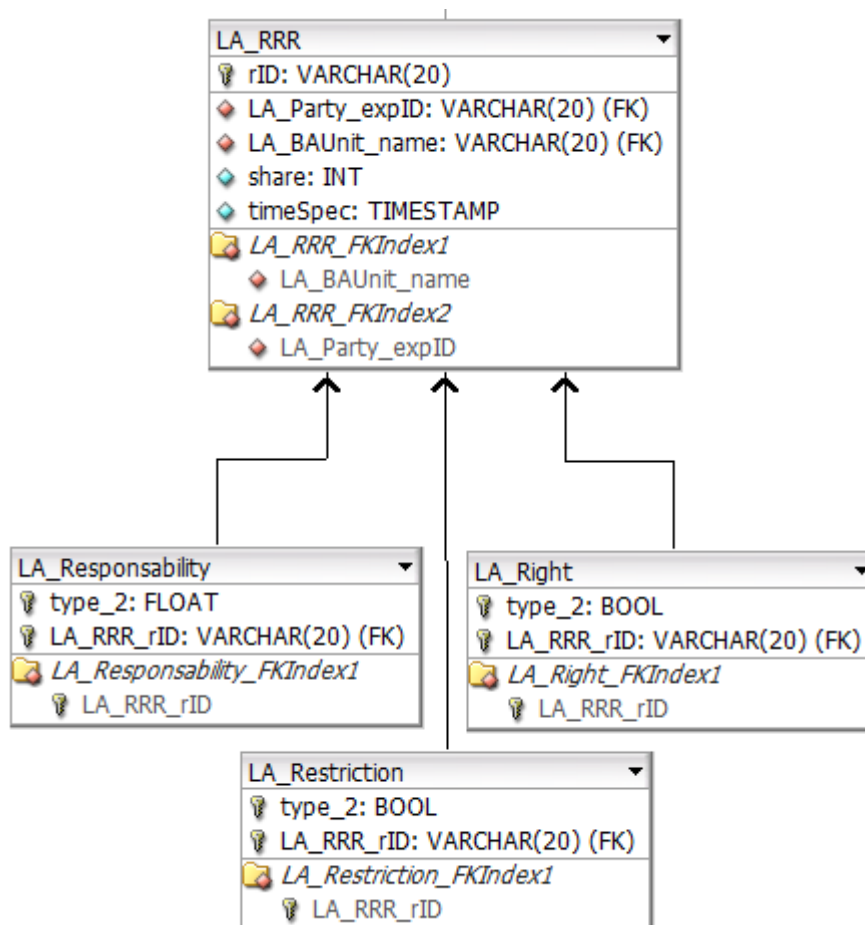
- *name*: Maria José de Jesus;
- *pID*: 000.000.000-00(CPF) ou 00.000.000/0000-00 (CNPJ);
- *role*: José Maria de Jesus;
- *type*: Pessoa física.

Essa classe é formada apenas por dados descritivos, após a implementação do modelo a classe recebe o formato de tabela dentro do programa GIS.

## 7.2 PACOTE LA\_RRR

O pacote que relaciona à rede aos Direitos, Restrições e Responsabilidades (DRR) - do inglês *Rigth*, *Responsibility* e *Restriction* (RRR) – é descrito na sequência, conforme a modelagem apresentada na figura 45.

Figura 45: Modelagem física da classe LA\_RRR.



Os atributos das classes especificam os agentes atuantes em cada caso particular, como o direito ao acesso de água potável e a responsabilidade de manter a taxa de fornecimento de água pela prestadora de serviços em dia com seu devido pagamento.

A classe LA\_Responsability indica o valor do pagamento da fatura, por exemplo: 27,89. E a ela está ligada a chave estrangeira (FK) que expressa seu relacionamento com a classe mãe LA\_RRR.

LA\_Right aponta o direito do cliente em relação ao serviço fornecido pela empresa, a água. E informa se o usuário está ou não com acesso ao fornecimento

de água, processo diretamente relacionado à responsabilidade de pagamento da conta de água emitida mensalmente pela empresa que fornece o serviço. A classe é alimentada pelo tipo de dado BOOL (booleano).

- Type\_2: Sim ou Não.

Assim como a classe LA\_Right, a classe LA\_Restriction é do tipo booleano, e diz se conexão está ou não ativa. A função pode estar desativada se o fornecimento tiver sido interrompido por falta do cumprimento da responsabilidade que lhe é conferida.

Nessa seção foram esclarecidas as RRR diretamente associadas ao estudo de caso dessa pesquisa. Contudo, diante das diversas possibilidades de aplicação da norma LADM, observa-se que os direitos, restrições e responsabilidades relacionados à rede de distribuição de água podem se estender a outros exemplos, como as restrições de assentamento das tubulações indicadas na NBR 12.266:92 e a responsabilidade de manter a qualidade da água distribuída à população.

### 7.3 PACOTE LA\_SPATIALUNIT

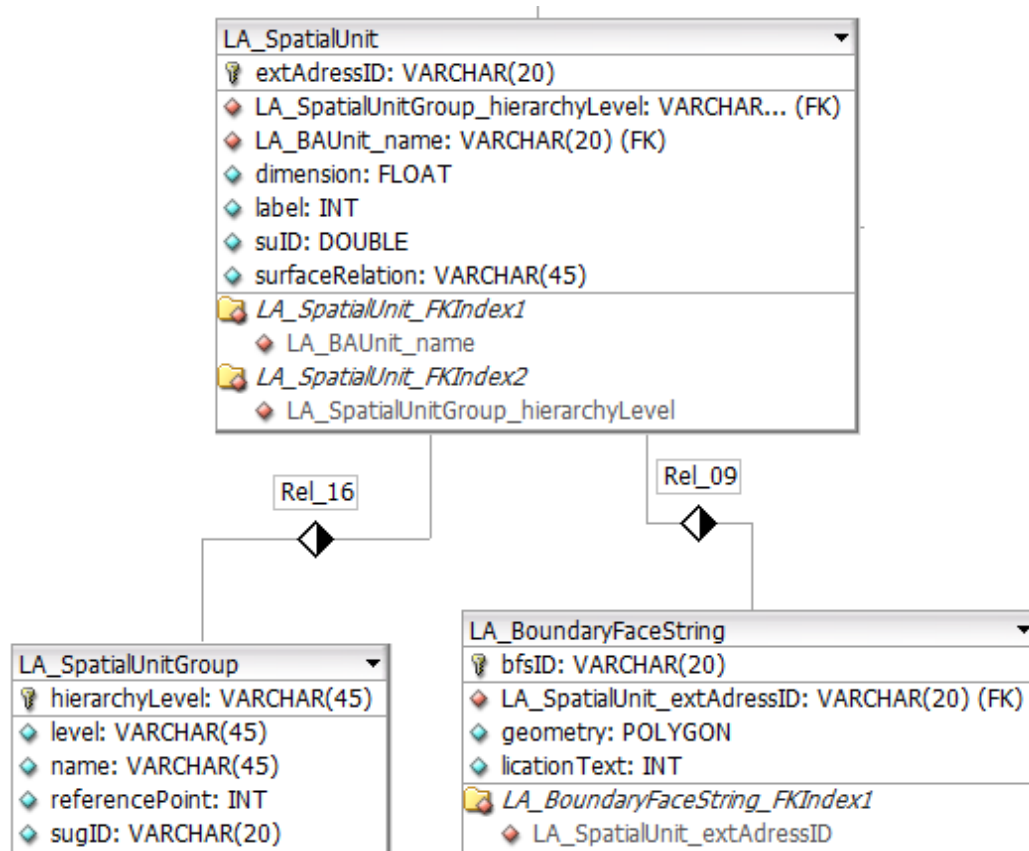
A confecção do pacote LA\_SpatialUnit configura a inserção da geometria na modelagem, a unidade espacial com a qual se relaciona as outras classes.

O processo de modelagem dessa classe destacou-se pela característica do seu relacionamento, pois a unidade núcleo do modelo é a rede de água, representada através de linhas, mas o ponto crucial do relacionamento entre as classes é constituído pelo ponto que indica a materialização do hidrômetro, instrumento que informa o consumo de água do usuário.

Essa etapa difere dos demais modelos utilizados por Cumbe (2016), Costa (2016), Frederico (2014) e Santos (2012), pois todos tinham como ponto de partida a parcela. A parcela no caso de estudo desta pesquisa é representada pelo imóvel ao qual é atribuída uma ligação de água, onde a mesma não é a menor unidade cadastrada, sendo está identificada pelo hidrômetro.

A figura 46 mostra como ficou a modelagem desta classe.

Figura 46: Modelagem física da classe LA\_SpatialUnit.



A classe **LA\_SpatialUnit** possui duas classes associadas: **LA\_SpatialUnitGroup** e **LA\_BoundaryFaceString**.

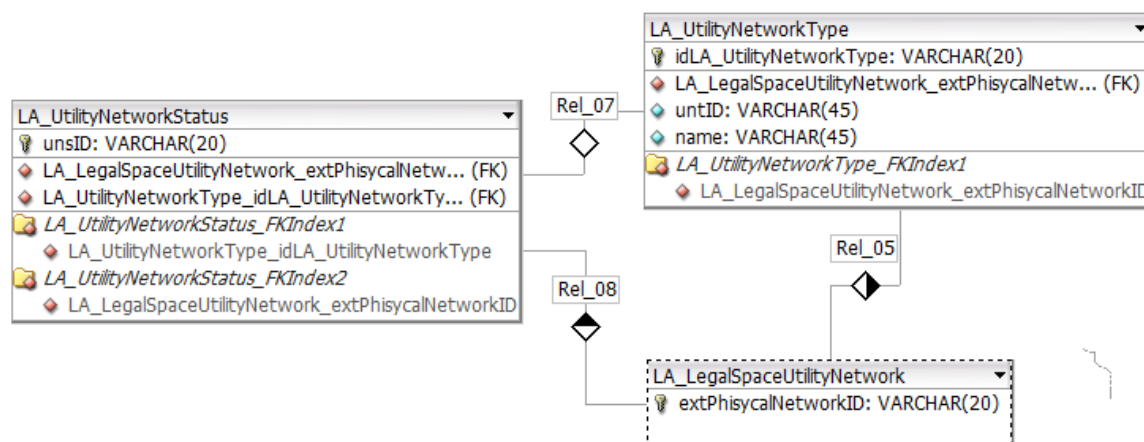
- **LA\_SpatialUnitGroup** representa os grupos de unidades espaciais, como bairros, setores censitários, distritos e setores de abastecimentos.
- **LA\_BoundaryFaceString** simula o imóvel.

Associado a essa classe também está presente a classe **LA\_LegalSpaceUtilityNetwork**, junto as suas especificações: **LA\_UtilityNetworkStatus** e **LA\_UtilityNetworkType**.

- **LA\_UtilityNetworkStatus** informa a situação da rede: inativa, proposta, abandonada, removida ou ativa.
- **LA\_UtilityNetworkType** indica se a rede é de água bruta, potável ou tratada;

A associação entre essas classes segue demonstrada na figura 47.

Figura 47: Modelagem física da classe LA\_LegalUtilityNetwork.



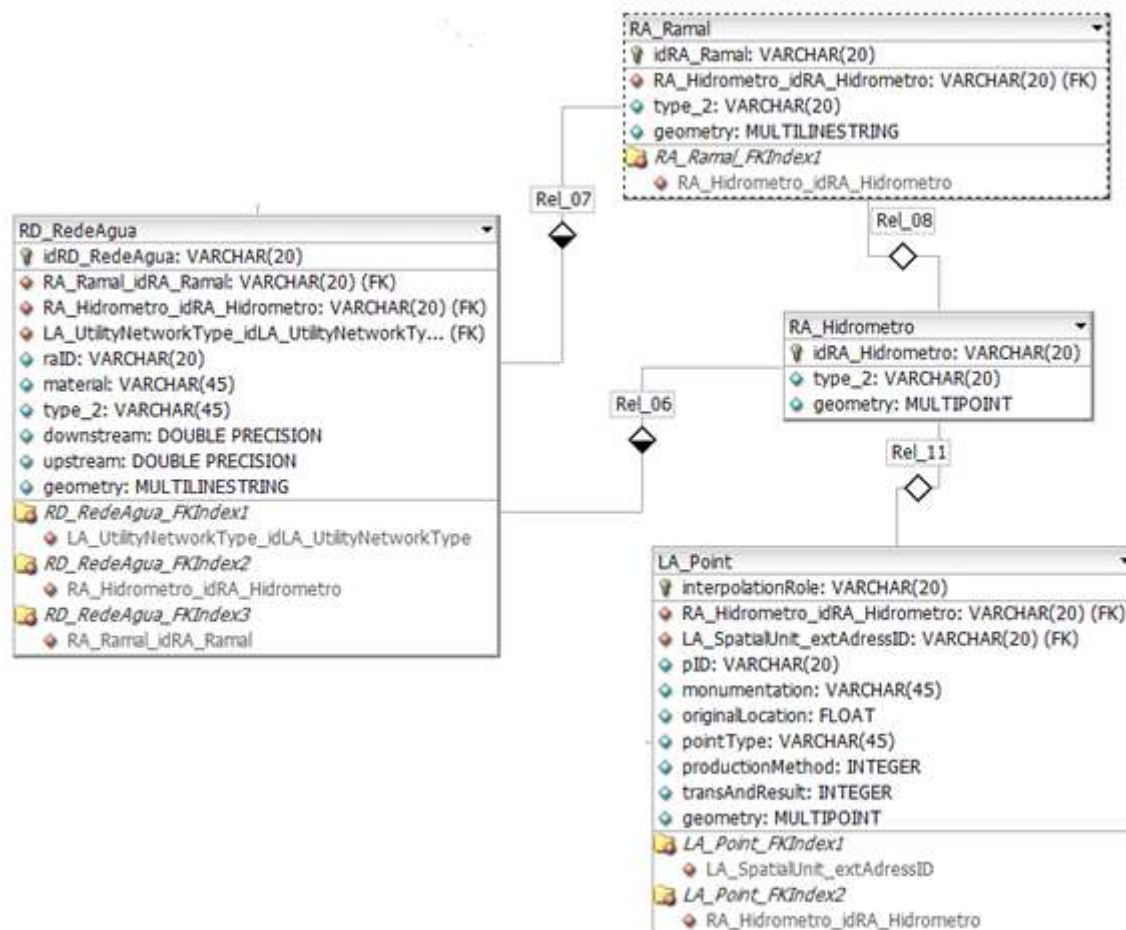
As classes que caracterizam especificamente a rede de distribuição de água dentro do banco de dados do estudo de caso utilizado nessa pesquisa foram associadas à classe LA\_UtilityNetworkType, pois configuram um tipo de rede tomado como exemplo: a rede de distribuição de água ao usuário.

Para tornar o modelo mais próximo a realidade foi associada três classes específicas: RA\_RedeAgua; RA\_Ramal e RA\_Hidrometro. Essas classes foram modeladas em adicional ao modelo pré-determinado pela norma, visto que a mesma permite a configuração da modelagem de acordo com a especificidade de cada cadastro.

- 1) A classe RA\_Ramal é representa pela linha que conduz a água ao imóvel do cliente, conectada à tubulação da rede de água. A elas está associada à classe LA\_Hidrometro, através da ligação de chave estrangeira (FK);
- 2) RA\_Hidrometro é do tipo ponto, caracterizado pelo de aparelho que mede o consumo de água;
- 3) Na classe RA\_RedeAgua está contido informações como:
  - *Material*: tipo do material da tubulação (ex: PVC, FOFO, etc);
  - *UpStream*: cota da geratriz superior do tubo (ex: 1,00m abaixo do solo);
  - *DownStream*: cota da geratriz inferior do tubo (ex: 1,30m abaixo do solo);
  - ❖ A classe relaciona-se com as demais classes, pois as mesmas estão conectadas geometricamente.

A figura 48 mostra a forma como estas classes estão estruturadas dentro do modelo.

Figura 48: Modelagem física das classes LA\_Point, RA\_RedeAgua, RA\_Ramal e RA\_Hidrometro.



A classe LA\_Point recebe a geometria de ponto, diretamente relacionada à menor unidade cadastrada no modelo: o hidrômetro. Na figura 46 pode ser visualizado o conteúdo dessa classe, conforme a forma que foi modelada, e seus relacionamentos com as demais, através das relações FK.

Em adicional a este entendimento também foi incluída nessa seção a forma como a classe se apresenta depois de implementado o *Script* no *pgAdmin*. A figura 49 apresenta essa configuração, contendo as informações modeladas.

Figura 49: Configuração da classe LA\_Point implementada no pgAdmin.

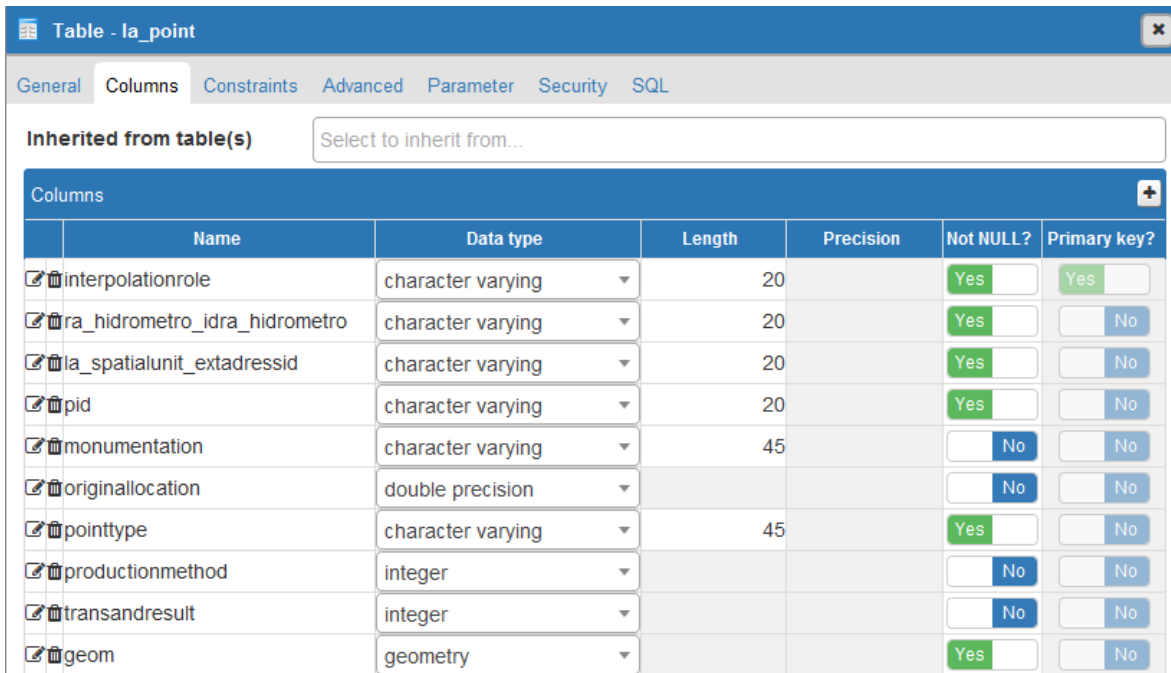


Table - la\_point

General Columns Constraints Advanced Parameter Security SQL

Inherited from table(s)

	Name	Data type	Length	Precision	Not NULL?	Primary key?
<input checked="" type="checkbox"/>	interpolationrole	character varying	20		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input checked="" type="checkbox"/> Yes
<input checked="" type="checkbox"/>	idra_hidrometro_idra_hidrometro	character varying	20		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/>	la_spatialunit_extadressid	character varying	20		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/>	pid	character varying	20		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/>	monumentation	character varying	45		<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/>	originalallocation	double precision			<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/>	pointtype	character varying	45		<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/>	productionmethod	integer			<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/>	transandresult	integer			<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input checked="" type="checkbox"/>	geom	geometry			<input checked="" type="checkbox"/> Yes	<input type="checkbox"/> No

## 7.4 IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

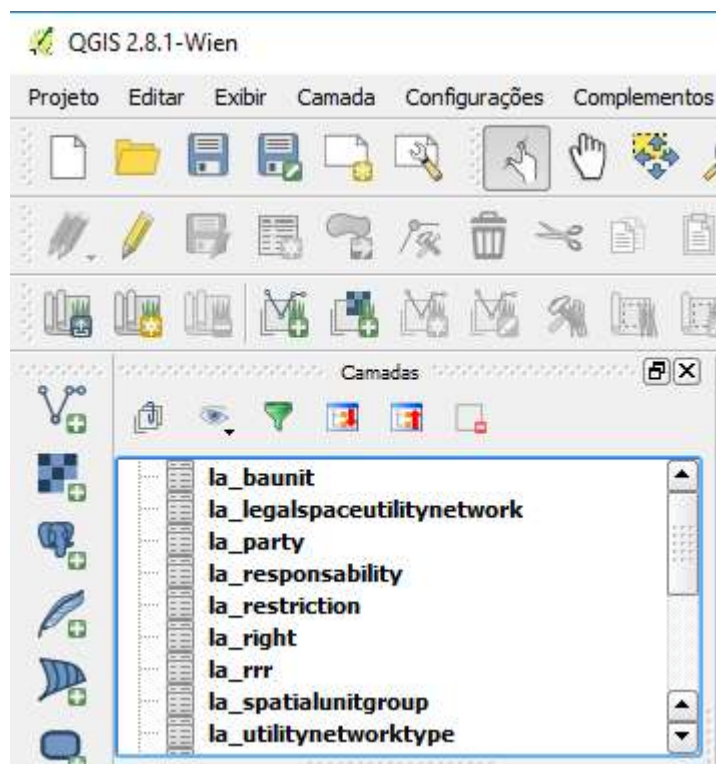
A etapa final do projeto é caracterizada pela fase de implementação do modelo físico, etapa descrita na seção 6.2 desta pesquisa. O modelo conceitual construído no software *Astah Community* foi transformado em modelo físico com o uso do software *DBDesigner*. Esse procedimento facilitou o processo de implementação, pois o *DBDesigner* permite a geração do *Script*, tornando-o passível de execução no pgAdmin 4, com o uso da ferramenta *PostgreSQL*.

Com a conexão estabelecida entre o PostgreSQL e PostGIS foi possível consolidar a implementação a partir do QGIS. Esse processo possibilita uma gestão integrada, onde a geometria das propriedades é corrigida no QGIS e seu histórico gerenciado no PostgreSQL.

A visualização das classes implementadas é apresentada na figura 50, onde é possível identificá-las no formato de tabelas dentro do QGIS 2.8.1 Wien.



Figura 50: Visualização das classes implementadas no QGIS.



Os resultados obtidos com a implementação do modelo de cadastro de rede de água possibilitam a análise de aplicação do método, e teste de viabilidade, em outros sistemas de infraestrutura.

Apesar das dificuldades encontradas ao recriar o cadastro da COMPESA dentro da estrutura proposta no LADM, com a inclusão de dados fictícios, pode-se obter um resultado satisfatório do modelo proposto.

Testes podem ser aplicados ao banco, a fim de provar sua eficácia, como:

- Verificar quais os ramais (RA\_Ramal) estão conectados a uma determinada rede (RA\_RedeAgua);
- Através da classe *LA\_Responsability*, pode-se verificar quais as áreas inadimplentes;
- Incluir ou remover uma matrícula vinculada ao CPF/CNPJ do cliente, com base na classe *LA\_Party*, e verificar se o mesmo possui mais de uma matrícula associada ao seu cadastro;

O próximo tópico apresenta as conclusões e recomendações do trabalho.

## 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa abordou uma temática pouco discutida no cenário do cadastro territorial, mas de grade importância para o funcionamento do sistema de forma geral, como visa à estruturação de um CTM.

A modelagem do banco de dados de uma rede de infraestrutura no padrão da ISO 19.152 é um avanço importante dentro do panorama do cadastro nacional. A incorporação do padrão estabelecido no LADM mostra-se cada vez menos utópico diante de estudos que abordam essa temática, como Santos (2012), Frederico (2014) e Costa (2016).

Discussões como essas auxiliam no entendimento e estruturação do cadastro, e expandir a modelagem para além do cadastro imobiliário foi um grande desafio.

O estado da arte da pesquisa destaca o uso do LADM -*Land Administration Domain Model* -em uma visão internacional, apresentando a inclusão da composição da norma dentro de cadastros de redes de infraestrutura, como na modelagem 3D. Esse conhecimento é fundamental no processo de construção do conhecimento e foi essencial para entendimento das relações e conceitos utilizados pelo padrão ISO 19.152.

No que diz respeito ao cadastro de redes de infraestrutura, a falta de informações sobre esses cadastros é presente não só na literatura, como também de forma prática, nas empresas que gerenciam as redes. O não conhecimento do sistema em sua totalidade dificulta o gerenciamento e organização dos dados, acarretando danos na rede e redução no faturamento da empresa. Além de não auxiliar no conhecimento do espaço ocupado.

O processo de entendimento e estruturação dos bancos de dados utilizados como estudo de caso nessa pesquisa foi obtido através da disponibilização de prints de tela do sistema alfanumérico e fornecimento do esqueleto do GDB que compõe o banco de dados geográficos. A partir dessas informações foi construída a modelagem.

O processo de criação da modelagem do cadastro de rede de abastecimento de água de acordo com a norma LADM foi estabelecido em quatro etapas:

- Análise das normas relacionadas à sistemas de abastecimento de água;

- A identificação dos bancos de dados e concepção de mapas cognitivos;
- A construção do modelo conceitual através dos mapas cognitivos e modelos de análise;
- A implementação do modelo conceitual através da criação do modelo físico.

A modelagem da classe LA\_LegalSpaceUtilityNetwork foi o ponto chave do conhecimento do banco de dados, pois ela carrega os atributos da rede de forma prática, e através dela foi possível identificar e posicionar os demais elementos dentro do sistema.

A implementação da modelagem confirma que a ISO 19.152 é aplicável para o cadastro de redes de infraestrutura, comprovando que a utilização da norma vai além do cadastro de edifícios. Na pesquisa, as classes mais representativas do cadastro técnico da COMPESA foram incluídas na modelagem, deixando o modelo mais próximo à realidade cadastral.

Algumas dificuldades foram encontradas durante o processo de criação e implementação, mas os desafios foram contornados e a modelagem teve êxito quanto ao processo de transição do banco de dados existente na COMPESA para o formato estabelecido pela ISO 19.152/12.

Outra questão abordada nessa pesquisa é a representação da rede em três dimensões. A visualização da rede em 3D é uma necessidade real, visto que a mesma, na prática, possui coordenadas X, Y e Z. A profundidade da rede é simulada em praticamente 70% dentro do estudo de caso analisado nesse projeto (informação cedida pela empresa). A falta de interoperabilidade entre os dados é um fator importante nesse contexto, pois o setor de manutenção, que tem acesso direto a medida real da profundidade da rede física, não compartilha as informações em um link direto com o banco de dados que gerencia a rede.

Com base nas informações do estudo de caso, foi possível gerar a visualização da rede em 3D, atribuindo um valor de coordenada Z fictício, mas dentro das normativas que regulamentam a construção e execução de redes de abastecimento de água. Essa etapa representa um avanço na visualização da rede e representação dos mapas que a simulam graficamente, deixando-a mais próxima da sua configuração real.

A inclusão dos atributos que definem a tridimensionalidade dentro da modelagem LADM não foram incluídas na proposta, apesar da relevância da informação, devido à complexidade que envolve a inserção desses dados no modelo associado à sua implementação. Visto isso, cabe dedicar uma pesquisa voltada apenas aos questionamentos 3D, junto a testes de modelagem e implementação.

Durante o estudo realizado nessa pesquisa foram identificados alguns tópicos que requerem uma análise mais detalhada e um aprofundamento nos estudos. Com isso recomenda-se:

1. A ampliação do modelo para os demais setores que envolvem o funcionamento da rede de abastecimento de água, como manutenção, operação, e faturamento, tornando-o mais completo e interoperável.
2. Que o modelo proposto seja desenvolvido para outros tipos de rede de infraestrutura, como rede de telecomunicação e rede elétrica, no intuito de comprovar a viabilidade do sistema nos mais diversos ambientes cadastrais;
3. A inclusão do aspecto 3D da rede na modelagem LADM.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.211**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.213**: Projeto e capacitação de água de superfície para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.215**: Projeto de adutora de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.216**: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.266** - Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.586**: Cadastro de Sistema de abastecimento de água – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

BALOGUN, A. L. **Three Dimensional Visualization of Water Pipelines**. Master of Science (Geoinformatics). Faculty of Geoinformation Science and Engineering, Universiti Teknologi Malaysia, 2009.

BALOGUN, A. L.; MATORI, A.N.; LAVAL, D. U. **Geovisualization of Sub-surface Pipelines: A 3D Approach**. Published by Canadian Center of Science and Education. <[www.ccsenet.org/mas](http://www.ccsenet.org/mas)> Modern Applied Science. Vol. 5, Nº. 4. August 2011.

BRASIL. Decreto-lei nº 6.666, de 27 de novembro de 2008. **Institui, no âmbito do Poder Executivo Federal, a Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais - INDE**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo. Brasília, DF, 28 de nov. 2008. Seção 1, p. 57.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquitetura para Bancos de Dados Geográficos**. Tese (Doutorado em Computação Aplicada). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos – SP, Brasil. 1995.

CÂMARA, M. A. U.; BALBOA, J. L. G.; ARIZA LÓPEZ, F. J. Análisis de la Propuesta ISO 19152 (Land Administration Domain Model). **Primer Congreso Internacional de Catastro Unificado y Multipropósito**. Universidad de Jaén, España, 16 - 18 de junio, 2010.

COELHO, F. J. M. **Estudos de Sistemas Cadastrais de empresas de Saneamento através de benchmarking**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2004.

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento. História. Disponível em: <http://servicos.compesa.com.br/historia-e-perfil/>. Acesso em: 14 de jun. de 2016.

COSTA, T. S. P. **Uma Proposta de Modelagem de Cadastro 3D De Edifícios com Base na ISO 19.152 (LADM)**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2016.

CUMBE, R. A. **Modelo de Implementação de Cadastros Territoriais Multifinalitários Urbanos em Moçambique**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2016.

DÖNER, F. et al. 4D cadastres: First analysis of legal, organizational, and technical impact - With a case study on utility networks. **Land Use Policy**. 27. 2010 1068–1081 1069

DÖNER, F. et al. Solutions for 4D cadastre – with a case study on utility networks. **International Journal of Geographical Information Science**. Vol. 25, No. 7, July 2011, 1173–1189.

DÖNER, F., BIYIK, C. Conformity of LADM for Modeling 3D/4D Cadastre Situations in Turkey. **5th Land Administration Domain Model - Workshop**. 24-25 September 2013, Kuala Lumpur, Malaysia.

DU, Y.; ZLATANOVA, S. **An approach for 3D visualization of pipelines**. Delft University of Technology, Delft, The Netherlands. <<http://www.gdmc.nl/3dcadastres/literature/>>

FELUS, Y. BARZANI, S. CAINE, A. BLUMKINE, N. and VAN OOSTEROM, P. Steps Towards 3D Cadastre and ISO 19152 (LADM) in Israel. **4th International Workshop on 3D Cadastres**. 9-11 November 2014, Dubai, United Arab Emirates.

FREDERICO, L. N. S. **Modelagem de Cadastro Territorial de Bens Imóveis da União de Acordo com a LADM ISO/FDIS19.152:2012**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2014.

GOZDZ, K. J. AND VAN OOSTEROM, P. J. M. Developing the information infrastructure based on LADM – the case of Poland. **Survey Review Ltd**. Vol 00, Nº 0. 2015.

GUEDES, H. A. **Introdução e Concepção de Sistemas de Abastecimento de Água**. Apresentação da disciplina Sistemas Urbanos de Água. Universidade Federal de Pelotas. Rio Grande do Sul. Disponível em:

<<http://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2013/10/Aula-1-Abastecimento-e-concep%C3%A7%C3%A3o.pdf>> Acesso em: 13 de jul. de 2016.

GUERRERO, J.; ZLATANOVA, S.; MEIJERS, M. 3D Visualisation of Underground Pipelines: Best Strategy for 3D Scene Creation. ISPRS - Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-2/W1, **ISPRS 8th 3DGeoInfo Conference & WG II/2 Workshop**, 27 – 29 Istanbul – Turkey, November 2013.

HASHIM, M.; WEI, J. S.; AND MARGHANY, M. Subsurface Utility Mapping for Underground Cadastral Infrastructure. **31st Asian Conference on Remote Sensing 2010 (ACRS 2010)**. 1-5 November 2010, Hanoi, Vietnam. Volume 2, 2010, pages 1200-1206.

Hespanha, J. P. Development Methodology for an Integrated Legal Cadastre. Deriving: Portugal Country Model from the Land Administration Domain Model. **Publications on Geodesy – 79**. NCG - Nederlandse Commissie voor Geodesie. Delft, October 2012.

ISO/FDIS/TC211 (2012). **ISO/TC 211 Geographic Information – Land Administration Domain Model (LADM)**. ISO/FDIS 19152 (Final Draft International Standard).

Lemmen, C. **A Domain Model for Land Administration**. Publications on Geodesy – 78. NCG - Nederlandse Commissie voor Geodesie. Delft, August 2012.

LEMMEN, C.; OOSTEROM, P. Van. The Land Administration Domain Model Standard. **5th Land Administration Domain Model Workshop** 24-25 September 2013, Kuala Lumpur, Malaysia.

LISBOA FILHO, J. **Projeto Conceitual de Banco de Dados Geográficos através da Reutilização de Esquemas, utilizando Padrões de Análise e framework Conceitual**. Tese (Doutorado em Ciência da Computação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, Brasil, 2000.

PAIXÃO, S.; HESPANHA, J. P.; GHAWANA, T.; CARNEIRO, A. F. T.; ZEVENBERGEN, J.; Modelling Brazilian Indigenous Tribes Land Rights with ISO 19152 LADM. **5th Land Administration Domain Model Workshop** - 24-25 September 2013, Kuala Lumpur, Malaysia.

POULIOT, J.; CUISSART, R.; BORDIN, P. Cadastral mapping for underground networks: A preliminary analysis of user needs. **27<sup>th</sup> International Cartographic Conference**. 16th General Assembly. Maps Connecting the World. August 23-28, 2015. Rio de Janeiro, Brazil.

POULIOT, J. and GIRARD, P. 3D Cadastre: With or Without Subsurface Utility Network? **5th International FIG 3D Cadastre Workshop**. Athens – Greece, 18-20 October 2016a.

POULIOT, J. and GIRARD P.; Subsurface Utility Network Registration and the Publication of Real Rights: Pending for a Full 3D Cadastre.**FIG Working Week - Recovery from Disaster Christchurch**. New Zealand, May 2–6, 2016b.

SANTOS, J. C. **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) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2012.

THOMPSON, R.; VAN OOSTEROM, P.; SOON, K.; AND PRIEBBENOW, R.A Conceptual Model Supporting a Range of 3D Parcel Representations Through all Stages: Data Capture, Transfer and Storage.**FIG Working Week - Recovery from Disaster Christchurch**. New Zealand, May 2–6, 2016.

VAN OOSTEROM, P. **Survey of Israel Three-Dimensional Cadastre and the ISO19152 - The Land Administration Domain Model**. Report 2 (updated version). Delft University of Technology, 20 September 2014.

ZLATANOVA, S.; BITENC, M.; DAHLBERG, K., DONER, F.; VAN GOOR, B.; LIN, K.; YIN, Y.; YUAN, X. Utility registration - Slovenia, China, Sweden and Turkey.**Section GIS technology. Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies**.Delft University of Technology, 2008.

ZULKIFLI, N. A.; ABDUL RAHMAN, A.; HASSAN, M. I.; and TAN L. C. Conceptual Modelling of 3D Cadastre and LADM.**WCS-CE - The World Cadastre Summit, Congress & Exhibition**. Istanbul, Turkey, 20 –25 April 2015.



## APÊNDICES

**APÊNDICE 01:** Mapa de localização da área de estudo para geração da  
visualização 3D

## ANEXOS

## ANEXO 01: Prints da tela do sistema GSAN.

The screenshot displays the GSAN system interface within a web browser. The browser's address bar shows the URL `gsan.compesa.com.br:8080/gsan/realizar/insereImovelAction.do?menu=sim`. The page header includes the COMPESA logo, the text "BEM VINDOS AO GSAN. Comunidade e Ajuda do GSAN", and the "Cidades" logo with "Ministério das Cidades". A breadcrumb trail indicates the path: "Gsan -> Cadastro -> Imóvel -> Inserir Imóvel".

The main content area features a form titled "Inserir Imóvel" with tabs for "Localidade", "Endereço", "Cliente", "Subcategoria Econômica", "Características", and "Conclusão". The "Localidade" tab is active, showing a text input field for "Localidade:" with a search icon and a "Ajuda" link. Below this are fields for "Setor Comercial:", "Quadra:", "Lote:", "Sublote:", "Testada do Lote:", and "Sequência na Rota:". A note at the bottom of the form states "\* Campos obrigatórios". Navigation buttons "Avançar", "Desfazer", "Cancelar", and "Concluir" are located at the bottom of the form.

A left sidebar contains a "Menu GSAN" section with a "Gsan" folder icon. Below it is a "Últimos Acessos" section. The "Entre em Contato" section includes a link to "Alterar Senha" and displays user information: "Data Atual: 05/12/2016", "Usuário: 10202", "Grupo: ACESSO NIVEL I, ACESSO NIVEL II, ESPECIAL, CADASTRO", "Nº Acesso: 7302", "Data Ult. Acesso: 05/12/2016 02:19:24", and "Sua senha expira dentro de 48 dia(s)". A "Sair" link is at the bottom of the sidebar.

The footer of the page shows the version "Versão: 11.11.3 (Online) 25/11/2016 - 18:54:30". The Windows taskbar at the bottom displays various application icons and the system clock showing "19:07 05/12/2016".

GTAR - Sistema Integrado de Gestão de Serviços de Saneamento - Módulo Imóvel

gsm.compsa.com.br/100/gsm/insereNovoEnderecoAction.do?tipoQualificacao=imovel&qualificacao=imovel&ativo=ano

### Informar Endereço

Preencha os campos para inserir um endereço:  
Informe ou pesquise preferencialmente o endereço pelo logradouro.

Logradouro:\*

CEP:\*

Logradouro	Bairro	Município	UF	CEP
Bairro:* <input type="text"/>	Referência:* 01 - NUM. <input type="text"/>	Número:* <input type="text"/>	Complemento: <input type="text"/>	Perímetro Inicial: <input type="text"/>
Perímetro Final: <input type="text"/>	* Campo Obrigatório			

Arquivo Editar Exibir Histórico Relatórios Ferramentas Ajuda

COMPESA - GSAN

gsm.compsa.com.br/100/gsm/insereNovoEnderecoAction.do?tipoQualificacao=imovel&qualificacao=imovel&ativo=ano

**compesa** BEM VINDOS **Cidades** Ministério das Cidades

Comunidade e Ajuda de GSAN

GSAN - Cadastro - Imóvel - Inserir Imóvel

### Inserir Imóvel

Localidade Endereço Cliente Subcategoria Econômica Características Conclusão

Para adicionar o(s) cliente(s), informe os dados abaixo:

Código:\*

Tipo do Cliente:\*

\* Campo obrigatório.

Cliente(s) Informado(s)

Remover	Nome	Código	Nome	Tipo	CPF/CNPJ

Banco: 23/11/2016 Versão: 11.11.3 (Online) 25/11/2016 - 16:54:30

**Inserir Cliente**

Para adicionar o nome e tipo do cliente, informe os dados abaixo:

[Ajuda](#)

Nome na Receita Federal:

Nome do Cliente:

Nome de Fantasia:

Seleção o Nome a Ser Exibido na Conta:

Tipo de Pessoas: ☒ Física ☐ Jurídica

Tipo do Cliente:

E-Mail:

Dia do Vencimento da Conta:

Vencimento para Mês Seguinte? ☐ Sim ☐ Não

Permite Geração de Fatura Antecipada? ☐ Sim ☒ Não

Cliente bloqueado para negatvação? ☒ Sim ☐ Não

Negatvação por Período? ☐ Sim ☒ Não

Bloquear Despesas Postais? ☐ Sim ☒ Não

Bloquear Alteração de Imóveis Associados? ☐ Sim ☒ Não

\* Campo obrigatório

[Avançar](#)

[Desfazer](#) [Cancelar](#) [Concluir Com Alteração](#) [Concluir Sem Alteração](#)

COMPESA - GSAN - Mozilla Firefox

gan.compesa.com.br:8080/gan/insereClienteAtivo.do?cliente=3&action=insereClienteAtivoTipico.do

**Inserir Cliente** Nome e Tipo Pessoa Endereço Telefone

Para adicionar um cliente pessoa física, informe os dados abaixo. [Ajuda](#)

CPF:

RG:

Data de Emissão:  dd/mm/aaaa

Órgão Expedidor:

Estado:

Data de Nascimento:  dd/mm/aaaa

Profissão:

Sexo:

Nome da Mãe:

\* Campo obrigatório

[Voltar](#) [Avançar](#)

[Desfazer](#) [Cancelar](#) [Concluir Com Alteração](#) [Concluir Sem Alteração](#)

GSAN - Sistema Integrado de Gestão de Serviço de Saneamento - Mozilla Firefox

gan.compesa.com.br:8080/gan/insereEnderecoAtivo.do?tipoPessoa=Endereco+cliente&opcao=1&montaPerimetro=sim

**Informar Endereço**

Preencha os campos para inserir um endereço. [Ajuda](#)

Tipo de Endereço:

Informe ou pesquise preferencialmente o endereço pelo logradouro.

Logradouro:

CEP:

Logradouro	Bairro	Município	UF	CEP
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Bairro:

Referência:  01 - NUM.

Número:

Complemento:

Perímetro Inicial:

Perímetro Final:

\* Campo Obrigatório

[Inserir](#) [Fechar](#)

COMPESA - GSN - Mozilla Firefox

gan.compesa.com.br:8080/gan/insertCliente?insertAction=insertClienteEnderecoAction

Inserir Cliente

Nome e Tipo

Pessoa

Endereço

Telefone

Para adicionar o(s) telefone(s) do cliente, informe os dados abaixo: [Ajuda](#)

Tipo Telefone:

Município:

DDD:

Número do Telefone:

Ramal:

Nome do Contato:

Telefone(s) do Cliente [Adicionar](#)

Remover	Principal	Telefone	Tipo	Nome do Contato
---------	-----------	----------	------	-----------------

[Voltar](#)

[Destruir](#) [Cancelar](#) [Concluir Com Alteração](#) [Concluir Sem Alteração](#)



15:25

05/12/2016



The screenshot shows a web browser window with the URL `gsan.compesa.com.br/08/gsan/insereImovel/insereImovel.do?action=insereImovel&idCategoria=4&confirmado=ok&confirmacao=...`. The page title is "COMPESA - GSAN". The header includes "Comunidade e Ajuda do GSAN" and "Ministério das Cidades". The breadcrumb trail is "Gsan -> Cadastro -> Imovel -> Insere Imovel".

On the left sidebar, there is a "Menu Gsan" section with a "Gsan" icon. Below it is the "Ultimos Acessos" section, which includes a "Entre em Contato" link, an "Alterar Senha" link, and user information: "Data Atual: 05/12/2016", "Usuário: 10202", "Grupo: ACESSO NIVEL I, ACESSO NIVEL II, ESPECIAL, CADASTRO", "Nº Acesso: 7302", "Data Ult. Acesso: 05/12/2016 02:19:24", "Sua senha expira dentro de 48 dia(s).", and a "Sair" link.

The main content area is titled "Insere Imovel" and has tabs for "Localidade", "Endereço", "Cliente", "Subcategoria Economias", "Características", and "Conclusão". The "Subcategoria Economias" tab is active. Below the tabs, there is a section "Selecione a categoria e sua subcategoria:" with a "Ajuda" link. This section contains two dropdown menus for "Categoria:" and "Subcategoria:", and three input fields for "Quantidade de Economias:", "Qtd. Unidades Privativas:", and "Qtd. Unidades Coletivas:". A note below these fields states "\* Campo obrigatório".

Below this section is a table titled "Subcategorias Informadas" with an "Adicionar" button. The table has columns: "Remover Categoria", "Subcategoria", "Economias", "Unidades Privativas", and "Unidades Coletivas". The table is currently empty.

Below the table is a section "Ramo de Atividade:" with a dropdown menu. Below this is another table titled "Ramos de Atividades Informados" with an "Adicionar" button. This table also has columns: "Remover", "Ramo de Atividade", and it is currently empty.

The Windows taskbar at the bottom shows the date and time as "15/12/2016 15:35".

The screenshot shows a web browser window with the URL `gsan.compesa.com.br/800/gsan/insertImovel/insertAction.do?destino=5&action=insertImovel/SubCategoriaAction`. The page header includes the COMPESA logo, the text "BEM VINDOS AO GSAN", and the "Cidades" logo with "Ministério das Cidades". A breadcrumb trail reads "Gsan -> Cadastro -> Imovel -> Insert Imovel".

On the left, a sidebar contains a "Menu Gsan" and "Gsan" folder. Below it, the "Ultimos Acessos" section lists user details: "Entre em Contato", "Alterar Senha", "Data Atual: 05/12/2016", "Usuário: 10202", "Grupo: ACESSO NIVEL I, ACESSO NIVEL II, ESPECIAL, CADASTRO", "Nº Acesso: 7302", "Data Ult. Acesso: 05/12/2016 02:19:24", and a warning "Sua senha expira dentro de 48 dia(s)". A "Sair" link is at the bottom.

The main content area is titled "Inserir Imovel" and has tabs for "Localidade", "Endereço", "Cliente", "Subcategoria Econômica", "Característica", and "Conclusão". A text prompt states: "Para identificar a faixa da área controlada do imóvel, informe os dados abaixo." with a link to "Ajuda".

The form fields are as follows:

- Área Construída: [ ] m²
- Vol. Reservatório Inferior: [ ] m³
- Vol. Reservatório Superior: [ ] m³
- Vol. Piscina Imóvel: [ ] m³
- Jardim: ☐ Sim ☒ Não
- Pavimento Calçada: [ ]
- Pavimento Rua: [ ]
- Fonte de Abastecimento: [ ]
- Situação Ligação Água: [ ]
- Situação Ligação Esgoto: [ ]
- Esgotamento: [ ]
- Sistema Esgoto: [ ]
- Subsistema: [ ]

The Windows taskbar at the bottom shows various application icons and a system clock displaying 15:37 on 05/12/2016.

**COMPESA - GSNV**

Nº Acesso: 7302  
Data Ult. Acesso: 05/12/2016 02:19:24  
Sua sessão expira dentro de 48 dia(s)  
[Sair](#)

Pavimento Lapaça:   
Pavimento Rua:   
Fonte de Abastecimento:   
Situação Ligação Água:   
Situação Ligação Esgoto:   
Esgotamento:   
Sistema Esgoto:   
Subsistema:   
Perfil do Imóvel:   
Poço:   
Tipo de Despejo:   
Tipo de Habitação:   
Tipo de Propriedade:   
Tipo de Construção:   
Tipo de Cobertura:

Banco: 23/11/2016 Versão: 11.11.3 (Online) 25/11/2016 - 16:54:30

15/12/2016

The screenshot shows a web browser window displaying the COMPESA - GSAN application. The interface is in Portuguese and includes a sidebar menu, a top navigation bar, and a main content area for property registration.

**Top Bar:** COMPESA - GSAN, Cidades (Ministério das Cidades), and a user profile icon.

**Sidebar Menu:**

- Menu GSAN
- Gsan
- Últimos Acessos
- Entre em Contato
- Alterar Senha
- Data Atual: 05/12/2016
- Usuário: 10202
- Grupo: ACESSO NIVEL I, ACESSO NIVEL II, ESPECIAL, CADASTRO
- Nº Acesso: 7302
- Data Ult. Acesso: 05/12/2016 02:19:24
- Sua senha expira dentro de 48 dia(s).
- Sair

**Main Content Area:**

- Tabs:** Inserir Imóvel, Localidade, Endereço, Cliente, Subcategoria Econômica, Características, Conclusão.
- Text:** Para concluir o cadastro, informe os dados abaixo: [Ajuda](#)
- Form Fields:**
  - Número de Pontos:
  - Número de Moradores:
  - Número de IPTU:
  - Contrato Cia Energia:
  - Medidor de Energia:
  - Data Visita:  (dd/mm/aaaa)
  - Comercial: ☐
  - Envio da Conta:
  - Código Rota Alternativa:
  - Coordenada X (Leste):
  - Coordenada Y (Norte):
  - Imóvel Principal:
  - Endereço:
  - Função:
- Buttons:** Mapa



**ANEXO 02: Domínios da rede.**

Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
Ativado	Short Integer	0	Falso
		1	Verdadeiro
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
Diâmetro	Double	0	Desconhecido
		-1	Outros
		13,5	13mm
		19,5	19mm
		20,5	20mm
		25,5	25mm
		32,5	32mm
		38,5	38mm
		40,5	40mm
		50,5	50mm
		60,5	60mm
		63,5	63mm
		75,5	75mm
		85,5	85mm
		100,5	100mm
		110,5	110mm
		125,5	125mm
		150,5	150mm
		160,5	160mm
		200,5	200mm
		225,5	225mm
		250,5	250mm
		300,5	300mm
		325,5	325mm
		350,5	350mm
		400,5	400mm
		450,5	450mm
		500,5	500mm
		600,5	600mm
		700,5	700mm
		750,5	750mm
		800,5	800mm
		900,5	900mm
		1000,5	1000mm
		1100,5	1100mm
		1200,5	1200mm
		1300,5	1300mm

		1400,5	1400mm
		1500,5	1500mm
		1600,5	1600mm
		1700,5	1700mm
		1800,5	1800mm
		1880,5	1880mm
		1900,5	1900mm
		2000,5	2000mm
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
DomínioBooleano	Short Integer	0	Falso
		1	Verdadeiro
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
DomínioFunção	Short Integer	0	Nenhum
		1	Fonte
		2	Sorvedouro
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
Estado	Text	INA	Inativo
		PRO	Proposto
		ABN	Abandonado
		REM	Removido
		ATI	Ativo
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
GerenteDosAtivos	Short Integer	1	COMPESA
		-1	Privada
		-2	Outras
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
Material	Text	ABS	ABS Plástico
		CA	Cimento Amianto
		ASF	Asfalto
		FOFO	Ferro Fundido
		ARG	Argila
		CONC	Concreto (Não Reforçado)
		SCP	Segmentos de Concreto (Parafusado)
		SCD	Segmentos de Concreto (Destrancado)
		MO	Metal Ondulado
		COB	Cobre
		EL	Endurecida no Local
		FFD	Ferro Fundido Dúctil
		FVR	Fibra de Vidro Reforçada
		GA	Geotêxtil e Areia
		ARE	Areia

		GEO	Geotêxtil
		TG	Tubo Galvanizado
		VRC	Vidro Reforçado de Cimento
		CPA	Composto de Plástico/Aço
		PE	Polietileno
		PP	Polipropileno
		PVC	Policloreto de Vinil
		CCP	Cilindro de Concreto Protendido
		CR	Concreto Reforçado
		PR	Plástico Reforçado (Com Suporte)
		ACO	Aço
		AV	Argila Vitrificada
		OUT	Outros
		DESC	Desconhecido
		PEAD	Polietileno de Alta Densidade
		DEF	Defofo
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
ProprietárioDosAtivos	Short Integer	1	COMPESA
		-1	Privada
		-2	Outras
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
SimNão	Text	Sim	Sim
		Não	Não
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeBomba	Text	Fluxo Axial	Fluxo Axial
		Centrífugo	Centrífugo
		Jato	Jato
		Pistão	Pistão
		Rotativa	Rotativa
		Turbina	Turbina
		Outros	Outros
		Desconhecido	Desconhecido
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeEstruturaAgua	Text	Reservatório	Reservatório
		Poço	Poço
		Elevatória	Elevatória
		Captação	Captação
		ETA	ETA
		Estação de Medição	Estação de Medição
		Outros	Outros
		TAU	TAU
		Standpipe	Standpipe



Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeHidrometro	Text	Domestico	Domestico
		Comercial	Comercial
		Industrial	Industrial
		Fogo	Fogo
		Outros	Outros
		Desconhecido	Desconhecido
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeMacromedidor	Text	VEN	Venturi
		COM	Composto
		PIT	Pitot
		PRO	Proporcional
		POS	De Deslocamento Positivo
		ATU	Atual
		MAG	Magnético
		OUT	Outros
		ULT	Ultrasônico
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDePeça	Text	Curva	Curva
		Cap	Cap
		Acoplamento	Acoplamento
		Cruzeta	Cruzeta
		Junta de Expansão	Junta de Expansão
		Redução	Redução
		Cruzeta Reduzida	Cruzeta Reduzida
		Tê Redutor	Tê Redutor
		Luva	Luva
		Tap	Tap
		Tê	Tê
		Transição	Transição
		Outros	Outros
		Desconhecido	Desconhecido
		Descarga	Descarga
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeRamal	Text	Hidrante	Hidrante
		Irrigação	Irrigação
		Outros	Outros
		Desconhecido	Desconhecido
		Domestico	Domestico
		Fogo	Fogo
		Industrial	Industrial

		Comercial	Comercial
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeRedeÁgua	Text	0	Distribuição
		1	Macro Distribuição
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeVálvulaDeControleTubo	Text	Altitude	Altitude
		Saída	Saída
		Combinação	Combinação
		Vácuo	Vácuo
		Controle de Ar	Controle de Ar
		Coluna de Ar	Coluna de Ar
		Lançamento de Ar	Lançamento de Ar
		Vácuo Atmosférico	Vácuo Atmosférico
		Controle de Refluxo	Controle de Refluxo
		Retenção Dupla	Retenção Dupla
		Pressão e Vácuo	Pressão e Vácuo
		Redutora de Pressão	Redutora de Pressão
		Retenção Simples	Retenção Simples
		Disjuntor de Vácuo	Disjuntor de Vácuo
		Liberação de Vácuo	Liberação de Vácuo
		Alívio de Ondas	Alívio de Ondas
		Amortecedora	Amortecedora
		CLA	CLA
		ZPR	Zona de Pressão Reduzida
		Outras	Outras
		Desconhecida	Desconhecida
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeVálvulaDeSistema	Text	Bola	Bola
		Borboleta	Borboleta
		Cone	Cone
		Cunha	Cunha
		Plugue	Plugue
		Forma Redonda	Forma Redonda
		Outros	Outros
		Desconhecido	Desconhecido
Nome do Domínio	Tipo do Campo	Código	Descrição
TipoDeÁgua	Text	Potável	Água Potável
		Bruta	Água Bruta
		Tratada	Água Tratada