



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES

MÁRCIA YARA DE OLIVEIRA SILVA

**ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO ÀS REDES SUBTERRÂNEAS
DE INFRAESTRUTURA URBANA PARA CIDADES MÉDIAS**

FORTALEZA

2017

MÁRCIA YARA DE OLIVEIRA SILVA

ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO ÀS REDES SUBTERRÂNEAS DE
INFRAESTRUTURA URBANA PARA CIDADES MÉDIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Transporte. Área de concentração: Infraestrutura de Transporte.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S581a Silva, Márcia Yara de Oliveira.
Análise da integração do sistema viário às redes subterrâneas de infraestrutura urbana para cidades médias / Márcia Yara de Oliveira Silva. – 2017.
107 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes, Fortaleza, 2017.
Orientação: Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva .
Coorientação: Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior .
1. Cidades Médias. 2. Integração. 3. Sistema Viário. 4. Redes Subterrâneas de Infraestrutura Urbana. 5. Sistema de Informação Geográfica. I. Título.

CDD 388

MÁRCIA YARA DE OLIVEIRA SILVA

ANÁLISE DA INTEGRAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO ÀS REDES SUBTERRÂNEAS DE
INFRAESTRUTURA URBANA PARA CIDADES MÉDIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Transporte. Área de concentração: Infraestrutura de Transporte.

Aprovada em: 22 / 12 / 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ernesto Ferreira Nobre Júnior (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Heber Lacerda de Oliveira (examinador interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Hermano José Batista de Carvalho (examinador externo)
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus.

Ao meu marido Rostand, minha filha Maíne e
minha mãe Mariza.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao professor Dr. Carlos Augusto Uchôa da Silva, pela excelente e majestosa orientação e que mesmo com todas as adversidades, fez muito mais do que guiar um trabalho acadêmico, proporcionou que eu concluísse minha dissertação bem antes do prazo para que eu pudesse receber o título de mestre a tempo da posse do concurso para professor efetivo.

Ao professor Dr. Ernesto Ferreira Nobre Jr. pela coorientação e ensinamentos, e por todas as apresentações das disciplinas, essenciais para o desenvolvimento intelectual.

Ao professor Dr. Hermano José Batista de Carvalho, agradeço o convite e o acolhimento nos encontros da disciplina “Gestão em Ambientes de Auto-Organização: cidades, redes e comunidades de prática”, foram momentos muito importantes, de conhecimento científico e desconstrução, principalmente no que se refere à complexidade das cidades.

Ao professor Dr. Heber Lacerda de Oliveira, pela leitura dinâmica necessária para participação da banca de qualificação do mestrado e por todas as observações importantes.

Aos professores Suelly Barroso, Jorge Soares, Felipe Loureiro, Flávio Cunto e Mário Azevedo pelos ensinamentos, inclusive as provas.

À professora e coordenadora Verônica Castelo Branco, pelo excelente trabalho e pronto atendimento às necessidades de todos os alunos.

Ao Zacarias, Clélia e Diego, que são pessoas maravilhosas e que nos atendem com carinho, presteza e rapidez.

A melhor turma de mestrado de todos os tempos em Infraestruturas de Transportes, aprovados 2016.1, o grupo composto só por autoridades: Jorge Lucas, Jorge Luis, Lucas, Lívia, Lara, Manoel, Raimi, Regilene, Guilherme e Galiza. E em especial a Raimi, a primeira amiga e parceira de trabalhos do mestrado e Regilene, que ainda é minha amiga após o episódio da roupa do “Mickey” e pela ótima hospedagem.

À Sameque, meu amigo e companheiro de orientação, que rendeu ótimas risadas nas reuniões conjuntas com Uchôa.

Ao meu marido Rostand e minha filha Maíne, que sempre me apoiaram e cuidaram de tudo para que eu conseguisse realizar o sonho do mestrado. A distância foi algo difícil, mas que superamos através do amor. E agora só falta o doutorado!

À POTIGÁS, e em especial a Saldanha e Vilermano, pela entrevista e pela disponibilização para me atender e explicar todo o funcionamento do gás natural. À Moreira e

Márcio Bruno, representantes da CAERN e Luciara, SEDETEMA, pelo apoio para realização das entrevistas, etapa fundamental no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço ainda, a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para o sucesso de mais uma etapa marcante da minha vida pessoal e acadêmica.

“As cidades, como os sonhos, são construídas por desejos e medos, ainda que o fio condutor de seu discurso seja secreto, que as suas regras sejam absurdas, as suas perspectivas enganosas, e que todas as coisas escondam uma outra coisa.”
(CALVINO, 1972, p. 20)

RESUMO

No Censo Demográfico realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Brasil apresentava mais de 84% da população residindo na área urbana. O supracitado instituto divulgou em 1º julho de 2017 que a população estimada é de 207.660.920 habitantes, isto é, um acréscimo de 8,86% em sete anos. Isto implica em que as cidades precisam oferecer serviços coletivos, entre eles, a infraestrutura urbana através da rede viária, drenagem pluvial, água potável e esgotamento sanitário. Neste contexto, o objetivo da pesquisa é analisar a integração entre o sistema viário urbano e as redes subterrâneas de infraestrutura, para cidades de médio porte, a fim de auxiliar o processo de tomada de decisão acerca de quais são as intervenções e do momento adequado de suas execuções em todas as redes. Para isso, aplicou-se uma metodologia de prospecção de diferentes formas, métodos e procedimentos adotados numa cidade média pelas concessionárias e atores público e privados que atuam nessas redes, elegendo a cidade de Mossoró/RN, como representante da cidade média. Realizou-se, através de entrevistas nas principais organizações gestoras de infraestrutura e, analisou-se ainda os dados e informações contidas na Pesquisa do Perfil dos Municípios - Munic 2015, Índice de Bem-Estar Urbano Municipal e Plano Diretor. Como resultados, obteve-se a caracterização da área de estudos acerca da forma como as diferentes redes atuam na cidade, assim como a descrição e especificação dos atributos necessários à criação do banco de dados para posterior implementação em Sistema de Informação Geográfica que possibilite o gerenciamento integrado das redes existentes.

Palavras-chave: Cidades Médias. Integração. Sistema Viário. Redes Subterrâneas de Infraestrutura Urbana. Sistema de Informação Geográfica.

ABSTRACT

In the Demographic Census conducted in 2010 by the Brazilian Institute of Geography and Statistics, Brazil had more than 84% of the population residing in the urban area. The aforementioned institute disclosed on July 1, 2017 that the estimated population is 207,660,920 inhabitants, that is, an increase of 8.86% in seven years. This implies that cities need to offer collective services, including urban infrastructure through road network, storm drainage, drinking water and sewage. In this context, the objective of the research is to analyze the integration between the urban road system and the underground infrastructure networks for medium-sized cities, in order to assist the decision-making process about what the interventions are and the timing of executions on all networks. For this, a methodology was applied to prospect of different forms, methods and procedures adopted in a middle city by the concessionaires and public and private actors that work in these networks, choosing the city of Mossoró / RN, as representative of the average city. The data and information contained in the Municipal Profile Survey - Munic 2015, Municipal Urban Welfare Index and Master Plan were also analyzed through interviews with the main infrastructure management organizations. As results, the study area was characterized as to how the different networks operate in the city, as well as the description and specification of the attributes required to create the database for later implementation in Geographic Information System that allows the management existing networks.

Keywords: *Medium Cities. Integration. Road system. Underground Networks of Urban Infrastructure. Geographic Information System*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Situação do Plano Diretor - Brasil - 2005/2015	24
Figura 2 - Percentual de municípios com sistema de informação geográfica e base cartográfica digitalizada, segundo as classes de tamanho da população dos municípios - Brasil - 2015	25
Figura 3 - Índice de bem-estar urbano	28
Figura 4 - Dimensões e indicadores do IBEU relacionados a pesquisa.....	29
Figura 5 - Atendimento aos serviços urbanos coletivos (D4) - Brasil - 2010	30
Figura 6 - Infraestrutura urbana (D5) - Brasil - 2010	31
Figura 7 - Classificação geral dos sistemas de redes de infraestrutura.....	33
Figura 8 - Relação entre a função dos sistemas de infraestrutura e a localização	34
Figura 9 - Classificação funcional das vias urbanas	36
Figura 10 - Estrutura do pavimento-tipo: rígido.....	38
Figura 11 - Estrutura do pavimento-tipo: flexível	38
Figura 12 - Funcionamento do escoamento superficial	42
Figura 13 - Locação das caixas de ligação, boca de lobo e poço de visita	43
Figura 14 - Esquema de um corte transversal típico de drenagem pluvial urbana	45
Figura 15 - Unidades componentes de um sistema de abastecimento de água	46
Figura 16 - Tipos de rede de distribuição: a) Rede ramificada; b) Rede malhada com anel; c) Rede malhada sem anel.....	48
Figura 17 - Alternativas de soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas	50
Figura 18 - Conjunto dos componentes de um sistema de esgoto convencional	51
Figura 19 - Localização dos coletores na via pública	52
Figura 20 - Percurso do gás natural: produção à distribuição	53
Figura 21 - Percurso da rede de distribuição de gás natural até o consumidor final	53
Figura 22 - Níveis organizacionais	56
Figura 23 - Estrutura geral de um sistema de informação geográfica	58
Figura 24 - Processo de planejamento de um SIG.....	59
Figura 25 - Modelo hierárquico	61
Figura 26 - Modelo em rede	62
Figura 27 - Modelo relacional	62
Figura 28 - Fluxograma das Etapas da metodologia.....	67
Figura 29 - Localização da cidade de Mossoró	68

Figura 30 - Fluxo de atividades CAERN	81
Figura 31 - Etapas dos serviços de manutenção da rede de água e esgoto	82
Figura 32 - Fluxo de atividades POTIGÁS	84
Figura 33 - Etapas de instalação e manutenção da rede de gás natural canalizado	85
Figura 34 - Mapa da rede POTIGÁS	87
Figura 35 - Fluxo de atividades da SEDETEMA	88
Figura 36 - Rotina básica para criação de banco de dados geográfico integrado a ser implemento em SIG	92
Figura 37 – Fluxograma de Tomada de decisão	94

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Classificação do IBEU-Municipal	30
Gráfico 2 - Distribuição dos recursos humanos em Mossoró (2015)	75
Gráfico 3 - Ranking IBEU-Municipal	79
Gráfico 4 - Comparação IBEU entre Mossoró e Natal	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Métodos de dimensionamento de pavimentos	39
Quadro 2 - Comparação entre os conceitos de drenagem urbana.....	40
Quadro 3 - Critérios de localização e construção da rede de drenagem urbana	44
Quadro 4 - Características dos traçados das redes de distribuição	48
Quadro 5 - Traçado e características topográficas e da rede	51
Quadro 6 - Características da rede de distribuição de gás natural.....	54
Quadro 7 - Modelos de utilização de SIG's e seus benefícios imediatos	57
Quadro 8 - Representação espacial dos dados geográfico	64
Quadro 9 - Objetivos específicos das perguntas realizadas com os representantes da CAERN e POTIGÁS.....	72
Quadro 10 - Objetivos específicos das perguntas realizadas com o representante SEDETEMA	72
Quadro 11 - Instrumentos de planejamento Mossoró (2015).....	76
Quadro 12 - Existência de recursos para a gestão de Mossoró (2015)	77
Quadro 13 - Serviços de infraestrutura disponíveis na cidade de Mossoró	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Considerações iniciais	17
1.2	Problema de pesquisa e justificativa	19
<i>1.2.1</i>	<i>Questões de pesquisa</i>	<i>20</i>
1.3	Objetivos	20
<i>1.3.1</i>	<i>Objetivo Geral</i>	<i>20</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>20</i>
1.4	Estrutura da dissertação	21
2	CIDADE	22
2.1	Perfil dos municípios brasileiros	22
<i>2.1.1</i>	<i>Recursos humanos</i>	<i>23</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Legislação e instrumentos de planejamento</i>	<i>23</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Recursos para a gestão</i>	<i>24</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Terceirização e informatização</i>	<i>24</i>
<i>2.1.5</i>	<i>Gestão ambiental</i>	<i>25</i>
<i>2.1.6</i>	<i>Articulação interinstitucional</i>	<i>26</i>
3	INFRAESTRUTURAS URBANAS	27
3.1	A infraestrutura e a qualidade de vida urbana	27
<i>3.1.1</i>	<i>O índice de bem-estar urbano dos municípios brasileiros</i>	<i>29</i>
3.2	Classificação das redes de infraestrutura urbana	31
<i>3.2.1</i>	<i>Classificação das redes de infraestrutura urbana quanto a sua função</i>	<i>31</i>
<i>3.2.1.1</i>	<i>Classificação das redes de infraestrutura urbana quanto sua localização no espaço urbano</i>	<i>32</i>
<i>3.2.1.2</i>	<i>Classificação das redes segundo seu princípio de funcionamento</i>	<i>32</i>
<i>3.2.1.3</i>	<i>Classificação geral dos sistemas de redes de infraestruturas</i>	<i>32</i>
<i>3.2.2</i>	<i>Rede viária urbana</i>	<i>34</i>
<i>3.2.2.1</i>	<i>Componentes estruturais da rede viária</i>	<i>36</i>
<i>3.2.3</i>	<i>Rede de drenagem pluvial urbana</i>	<i>39</i>
<i>3.2.3.1</i>	<i>Sistema de microdrenagem urbana</i>	<i>41</i>
<i>3.2.3.2</i>	<i>Sistema de macrodrenagem</i>	<i>42</i>
<i>3.2.3.3</i>	<i>Traçado da rede de drenagem urbana</i>	<i>43</i>
<i>3.2.4</i>	<i>Rede de distribuição de água potável</i>	<i>45</i>

3.2.4.1	<i>Unidades componentes de uma instalação de abastecimento de água</i>	45
3.2.4.2	<i>Traçado da rede de distribuição de água</i>	47
3.2.5	<i>Rede de esgotamento sanitário</i>	48
3.2.5.1	<i>Unidades componentes de um sistema de esgotamento sanitário</i>	50
3.2.5.2	<i>Traçado da rede de esgotamento sanitário</i>	51
3.2.6	<i>Rede de gás natural canalizado</i>	52
3.2.6.1	<i>Sistema de distribuição do gás natural canalizado</i>	52
4	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	55
4.1	Modos de utilização dos Sistemas de Informações Geográficas	55
4.2	Estrutura geral e funcionalidades dos Sistemas de Informações Geográficas ...	58
4.3	Banco de Dados Geográficos	59
4.3.1	<i>Modelo de base de dados</i>	60
4.3.1.1	<i>Modelo hierárquico</i>	60
4.3.1.2	<i>Modelo em rede</i>	61
4.3.1.3	<i>Modelo relacional</i>	62
4.3.1.4	<i>Modelo orientado a objeto</i>	63
4.3.2	<i>Tipos e características gerais dos dados geográficos</i>	63
5	MATERIAIS E MÉTODOS	65
5.1	Materiais	65
5.1.1	<i>Dados primários</i>	65
5.1.2	<i>Equipamentos e aplicativos computacionais</i>	65
5.1.2.1	<i>Excel (versão 2016)</i>	66
5.1.2.2	<i>Autocad (versão 2014)</i>	66
5.1.2.3	<i>Quantum Gis (versão 2.18.13 – Las Palmas)</i>	66
5.2	Métodos	67
5.2.1	<i>Etapa 01: Definição da área de estudo</i>	68
5.2.2	<i>Etapa 02: Perfil por demanda de serviços</i>	69
5.2.3	<i>Etapa 03: Coleta de dados primários - Entrevista</i>	69
5.2.3.1	<i>Escolha dos órgãos entrevistados</i>	70
5.2.3.2	<i>Aspectos da coleta de dados</i>	71
5.2.3.3	<i>Tratamento das informações obtidas pelas entrevistas</i>	72
5.2.4	<i>Etapa 04: Demanda por serviço</i>	73
5.2.5	<i>Etapa 05: Construção dos processos das redes de infraestrutura</i>	73
5.2.6	<i>Etapa 06: Proposição da técnica de análise e criação do banco de dados a ser</i>	

	<i>implementado em SIG</i>	73
6	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	74
6.1	Fase: analisar a cidade	74
6.1.1	Resultados da Pesquisa de Informações Básicas do Município – Munic 2015	74
6.1.1.1	<i>Recursos humanos</i>	74
6.1.1.2	<i>Legislação e instrumento de planejamento</i>	75
6.1.1.3	<i>Recursos para a gestão</i>	76
6.1.1.4	<i>Terceirização e informatização</i>	77
6.1.1.5	<i>Gestão ambiental</i>	77
6.1.1.6	<i>Articulação interinstitucional</i>	78
6.1.2	IBEU-Municipal de Mossoró	79
6.2	Infraestruturas físicas disponíveis na cidade de Mossoró	80
6.2.1	Rede de água e esgoto da cidade de Mossoró sob a responsabilidade da CAERN . 80	
6.2.1.1	<i>Demanda por água e esgoto</i>	81
6.2.1.2	<i>Instalação e manutenção das redes de água e esgoto</i>	82
6.2.1.3	<i>Armazenamento e disponibilização das informações das redes de água e esgoto</i>	82
6.2.2	Rede de gás natural canalizado em Mossoró sob a responsabilidade da POTIGÁS	83
6.2.2.1	<i>Demanda por gás natural canalizado</i>	83
6.2.2.2	<i>Instalação e manutenção da rede de gás natural canalizado</i>	84
6.2.2.3	<i>O programa de operação e manutenção da rede de distribuição e estações de gás natural da POTIGÁS</i>	86
6.2.2.4	<i>Armazenamento e disponibilização das informações</i>	87
6.2.2.5	<i>O processo de comunicação da POTIGÁS</i>	87
6.2.3	Rede viária e drenagem pluvial da cidade de Mossoró sob a responsabilidade da SEDETEMA	88
6.2.3.1	<i>Demanda por infraestrutura: rede viária e drenagem urbana</i>	89
6.2.3.2	<i>Implantação manutenção da rede viária e drenagem urbana</i>	89
6.2.3.3	<i>Armazenamento e disponibilização das informações</i>	89
6.2.3.4	<i>O processo de comunicação SEDETEMA</i>	90
6.3	Proposição da rotina para criação de banco de dados integrado a ser implementado em sistema de informação geográfica	90
6.3.1	Fase exploratória: conhecer a cidade	90
6.3.2	Fase de cadastramento: criação do banco de dados geográfico	93

6.3.3	<i>Fase de tomada de decisões</i>	93
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	95
7.1	Considerações iniciais	95
7.1.1	<i>Organização e estrutura da cidade de Mossoró</i>	95
7.1.2	<i>Redes de infraestrutura da cidade de Mossoró</i>	95
7.1.3	<i>Rotina para criação de banco de dados geográficos a ser implementado em SIG</i> . 96	
7.2	Considerações finais	96
7.3	Recomendações para trabalhos futuros	97
	REFERÊNCIAS	98
	APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS: CAERN	103
	APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS: POTIGÁS	104
	APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS: SEDETEMA	105

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as considerações iniciais sobre a pesquisa, a justificativa, a problemática, as questões de pesquisa, o objetivo geral, os objetivos específicos e a estrutura da dissertação.

1.1 Considerações iniciais

De acordo com os resultados do último Censo Demográfico do Brasil realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o país atingiu em 2010 um total de 190.755.799 habitantes, sendo 84,4% da população brasileira urbana e 15,6% rural (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011, p. 43). Ainda de acordo com os dados do supracitado censo, desde a década de 50, a população urbana vem apresentando taxas de crescimento positivas, enquanto a população rural, uma situação inversa (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011, p. 44) condição corroborada pela estimativa populacional divulgada em 1º de julho de 2017 onde a população brasileira passou a ser composta por 207.660.920 habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017a), o que implica em um acréscimo 8,86% em sete anos.

Ribeiro e Ribeiro (2013, p. 9) afirmam que ingressar em uma sociedade urbana vai muito além da sua expressão demográfica, isto porque, a reprodução da vida dos indivíduos e das coletividades dependem do meio ambiente construído. A área de infraestrutura, assim como investimento em saúde e meio ambiente, é fundamental para o desenvolvimento econômico e bem-estar urbano. Além disso, é preciso investir em quantidade e qualidade no oferecimento de infraestruturas (BANCO MUNDIAL, 1994, p. iii).

Neste contexto, é importante conhecer a relação e as interferências que as infraestruturas urbanas físicas como redes de água, esgoto, gás natural canalizado, drenagem urbana e pavimentação têm umas sobre as outras sob a ótica de ocuparem e dividirem mesmo o espaço geográfico dentro dos municípios e como esse fato é fundamental para medidas de tomada de decisão no que se refere a implantação e intervenção nas redes com o objetivo de garantir a quantidade e qualidade as infraestruturas necessárias à população.

A população brasileira disseminada entre os 5570 municípios da federação, inclusive o Distrito Federal, apresenta 3802 municípios com população de até 20.000 habitantes correspondente a 15,5% da população, 1726 municípios, equivalente a 54,3% da população distribuída entre cidades com 20.001 e 500.000 habitantes e 42 municípios com população

acima de 500.000 habitantes, relativa a 30,2% (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011, p. 113). Nesta pesquisa, as cidades foram classificadas em relação ao porte utilizando como referência as faixas populacionais: cidades pequenas são aquelas com até 20.000 habitantes, cidades médias possuem entre 20.001 e 500.000 habitantes e cidades grandes, acima de 500.000 habitantes.

Como é possível observar, mais de 50% da população do país está localizada em cidades de médio porte, com tendência a crescimento populacional na área urbana (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011, p. 44), portanto é imprescindível estabelecer critérios de análise sobre a disposição das informações referentes a organização da cidade e as infraestruturas físicas disponíveis para garantir a efetividade da quantidade e qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos.

De um modo geral, as pesquisas nas áreas de redes de infraestrutura urbana (água, esgoto, drenagem pluvial, gás natural canalizado e pavimentação) são desenvolvidas de modo separado, desconsiderando a relação de funcionamento entre elas.

Elucidando sobre as pesquisas citadas anteriormente, a gerência de pavimentos tratada por engenheiros civis e/ou de transportes, analisa o sistema de pavimento como uma estrutura que se degrada por meio de fatores externos como o tráfego, as condições do meio ambiente e as atividades de manutenção, restauração ou construção (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2011, p. 35). O conjunto desconsidera os efeitos da deterioração ocorrido pelas ações de manutenção nos sistemas de abastecimento de água, coleta e transporte de esgoto, fornecimento de gás natural canalizado e drenagem pluvial localizados sob ou diretamente nas camadas do pavimento.

Comumente em serviços de manutenção das redes de infraestrutura subterrâneas, as organizações públicas e/ou privadas utilizam o método destrutivo para realização de escavações, ou seja, quando as atividades de conservação são realizadas, é necessário remover e recompor as diversas camadas do pavimento. Entretanto, o sistema de organização e comunicação adotados atualmente não permite a acessibilidade e a atualização dos requisitos técnicos para execução destas intervenções nas camadas do pavimento e das infraestruturas que dividem o espaço geográfico (situação confirmada pelos resultados das entrevistas realizadas nas organizações públicas e privadas da cidade de Mossoró-RN).

A fim de contribuir para minimizar a distância entre a comunicação e as informações em meio aos diversos órgãos públicos e privados gestores de infraestrutura urbana, esta pesquisa objetiva propor uma técnica de análise dos indicadores da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – Munic 2015 (INSTITUTO BRASILEIRO DE

GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016, p. 8-9) como informações a serem consideradas na criação de um banco de dados geográficos para posterior implantação e manutenção de um sistema de gerência integrada entre as redes de infraestruturas físicas que dividem o mesmo espaço físico.

Para a proposição de criação de um banco de dados geográfico integrado da rede viária com as redes subterrâneas de infraestrutura urbana será utilizada como área de estudo a cidade de Mossoró no estado do Rio Grande do Norte, como representante da cidade de médio porte.

1.2 Problema de pesquisa e justificativa

O problema de pesquisa desta dissertação refere-se sobre a relevância de como a análise integrada entre a rede viária e as redes subterrâneas pode melhorar a sinergia entre as organizações públicas e/ou privadas no planejamento das atividades de implantação e intervenção das infraestruturas físicas de água potável, esgotamento sanitário, gás natural canalizado, drenagem pluvial e o pavimento.

Com ênfase nas cidades médias e sob a ótica do cidadão, a percepção é que embora as intervenções para manutenção das redes subterrâneas como água potável, esgotamento sanitário e gás natural canalizado sejam imprescindíveis, elas interferem nas condições da estrutura do pavimento, causam transtornos ao cidadão devido ao uso predominante do método destrutivo, assim como o tempo para reestabelecer as condições originais do pavimento.

Zhang *et al* (1994, p. 84) explica que embora os sistemas tradicionais de gerenciamento de infraestrutura estejam em operação há muito tempo, a maioria dos planejadores das cidades precisa melhorar os sistemas existentes ou procurar uma nova abordagem do sistema de gerenciamento para sua infraestrutura, desenvolvendo uma abrangente administração que envolva por exemplo, pavimento, ponte, abastecimento de água, águas residuais, gás, eletricidade e estes poderiam ser integrados em uma plataforma comum para melhorar as decisões gerenciais.

Deste modo, a proposta de um método de análise dos componentes e funcionamento e do funcionamento da rede viária com as redes de infraestrutura subterrânea vem ao encontro da necessidade de melhoria dos sistemas de gerenciamento existentes.

1.2.1 Questões de pesquisa

Durante a investigação e para atingir os objetivos propostos elaborou-se as seguintes questões motivadoras:

- a) Como a cidade média é organizada e estruturada?
- b) Quais as redes de infraestrutura são ofertadas, como funcionam e se relacionam dentro da cidade média?
- c) Como otimizar a forma de cadastro, armazenamento e disponibilização dos dados da rede viária e das redes de infraestrutura subterrânea urbanas, para possibilitar seu gerenciamento integrado?

1.3 Objetivos

Elaborou-se nesta investigação um objetivo geral e três objetivos específicos. A saber:

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a integração entre o sistema viário urbano e as redes subterrâneas de infraestrutura, para cidades de médio porte, a fim de auxiliar o processo de tomada de decisão acerca de quais são as intervenções e do momento adequado de suas execuções em todas as redes.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para atender ao objetivo geral, foram definidos três objetivos específicos:

- a) analisar a forma de organização e estrutura da cidade média;
- b) identificar as redes e os processos que compõem a infraestrutura urbana da cidade média;
- c) propor as informações essenciais, a forma de armazenamento e disponibilização dos dados para criação de um banco de dados geográfico a ser utilizado para gerenciar redes de infraestrutura urbana.

1.4 Estrutura da dissertação

Além do Capítulo 1, composto por introdução, justificativa, problemática, questões de pesquisa, objetivo geral e objetivos específicos esta pesquisa dissertação está estruturada em mais seis capítulos.

O Capítulo 2 trata sobre a conceituação de cidade e sua complexidade, descreve a os itens estudados para composição do perfil dos municípios brasileiros.

O Capítulo 3 aborda das infraestruturas urbanas: classifica em sistemas e faz uma revisão sobre as redes subterrâneas e a rede viária.

O Capítulo 4 descreve o Sistema de Informação Geográfica (SIG), justifica a importância de se empregá-lo em gerenciamento e apresenta noções sobre banco de dados geográfico.

O Capítulo 5 é destinado aos materiais e métodos da pesquisa. Nos materiais são descritos os dados utilizados e nos métodos os processos empregados para obtenção dos objetivos geral e específicos.

O Capítulo 6 analisa os resultados obtidos pela aplicação da metodologia.

O Capítulo 7 traz as conclusões da pesquisa e faz recomendações para trabalhos futuros.

2 CIDADE

Corrêa (1989, p. 5-9) utiliza o termo espaço urbano como sinônimo de cidade, sendo sua análise em função da corrente do pensamento geográfico, como exemplo: visualizado através do conjunto de pontos, linhas e áreas; percepção através de seus habitantes, ou ainda, como forma espacial em suas conexões com estrutura social, processos e função urbana. O autor complementa a definição de espaço urbano como um complexo conjunto de usos da terra, sendo na realidade, a organização espacial da cidade, como um espaço fragmentado e articulado. Enquanto o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011, p. 21), limita-se a categorizar a cidade como a localidade onde está sediada a Prefeitura Municipal.

Lencioni (2008, p. 114) define o conceito de cidade como obscuro e questiona como o termo pode ser denominado para abarcar desde cidades pequenas, com 2.000 habitantes, até cidades que abrigam milhões e milhões de habitantes. Observou ainda a necessidade de definir melhor a cidade através do acréscimo de um adjetivo que transmita assim, a essência da localidade a que se está referindo. Em contrapartida (LENCIONI, 2008, p. 120) à definição de Corrêa (1989, p. 5-9) indica que “está se considerando que é imanente ao conceito de urbano, o de industrialização moderna e o de sociedade industrial.”

Rolnik (2002, p. 12) reflete sobre a definição de espaço urbano e cidade:

O espaço urbano deixou assim de se restringir a um conjunto denso e definido de edificações para significar, de maneira mais ampla, a predominância da cidade sobre o campo. Periferias, subúrbios, distritos industriais, estradas e vias expressas recobrem e absorvem zonas agrícolas num movimento incessante de urbanização. No limite, este movimento tende a devorar todo o espaço, transformando em urbana a sociedade como um todo.

2.1 Perfil dos municípios brasileiros

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística divulga o perfil dos municípios brasileiros através da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – Munic 2015 (última divulgação) e tem como objetivo expressar de forma clara e objetiva a oferta e a qualidade dos serviços públicos com vistas a capacitar os gestores para o melhor atendimento de suas populações e (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016, p. 7-9):

Trata-se, basicamente, de um levantamento pormenorizado de informações sobre a estrutura, a dinâmica e o funcionamento das instituições públicas municipais, em especial a prefeitura, compreendendo também diferentes políticas e setores que envolvem o governo municipal.

A Munic 2015 investiga os recursos humanos, a legislação e instrumento de planejamento, os recursos para a gestão, terceirização e informatização, gestão ambiental e articulação interinstitucional¹.

2.1.1 Recursos humanos

Na dimensão de coleta sobre os recursos humanos são investigadas as informações pertinentes a composição do quadro de pessoal por vínculo empregatício das prefeituras, na administração direta e indireta, como os quantitativos de estatutários, celetistas, somente comissionados, estagiários e sem vínculo permanente.

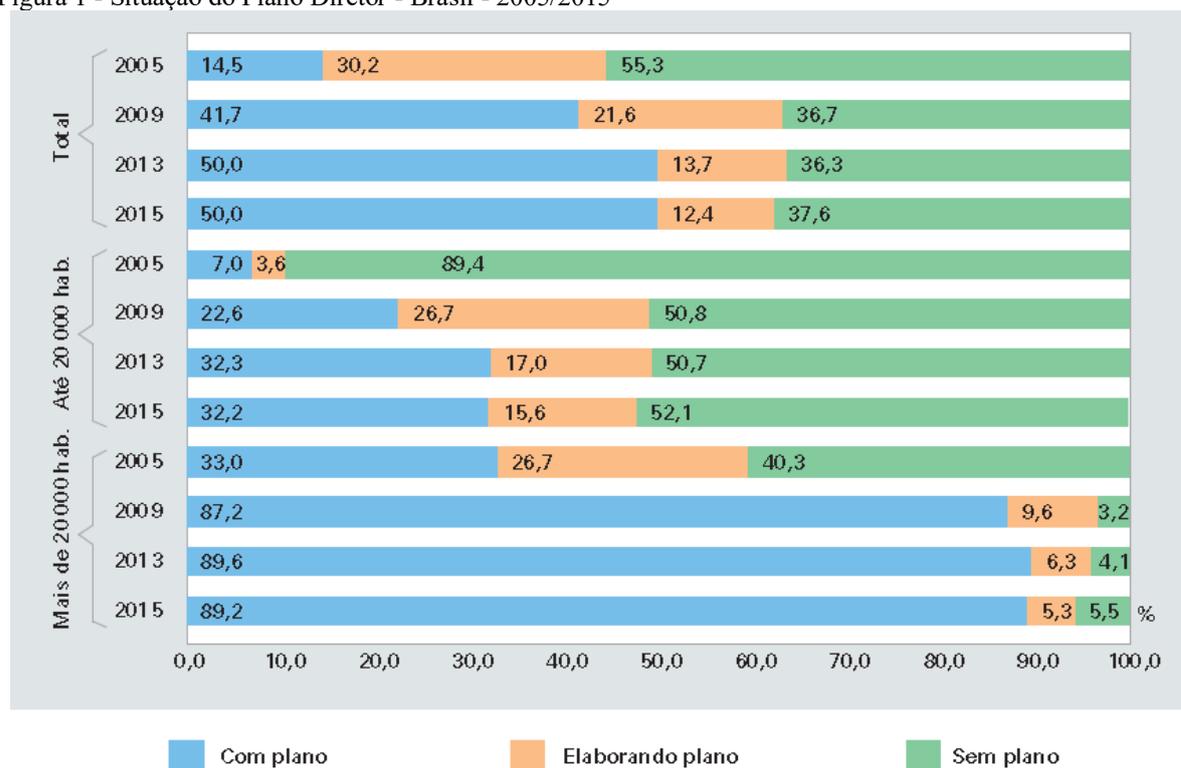
2.1.2 Legislação e instrumentos de planejamento

A legislação e os instrumentos de planejamento têm como objetivo investigar a existência de alguns instrumentos de política urbana discriminados no Estatuto da Cidade e que, junto com o Plano Diretor, têm por meta regular o uso e a ocupação do solo urbano produzindo um panorama sobre a implementação desses instrumentos de política urbana.

A Figura 1 representa a situação do Plano Diretor como legislação e instrumento de planejamento. Até o ano de 2015, 89,2% das cidades com mais de 20.000 habitantes já implantaram o Plano Diretor conforme previsto no Estatuto das Cidades.

¹ Todas as definições são originadas Perfil dos municípios brasileiros 2015 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Figura 1 - Situação do Plano Diretor - Brasil - 2005/2015



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016)

2.1.3 Recursos para a gestão

O item recursos para a gestão avalia a instituição de cadastros, cobranças de taxas e a adoção de mecanismos de incentivo à implantação de empreendimentos são instrumentos que vêm sendo utilizados pelos municípios com a finalidade de garantir maior autonomia financeira.

São avaliados os cadastros referentes ao Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS). Afere se a instituição estabeleceu a cobrança de taxas referentes à: iluminação pública, coleta de lixo, incêndio ou combate a sinistros, limpeza urbana, poder de polícia. Além disso, verifica se para implantação de empreendimentos há cobrança, redução ou isenção de taxas.

2.1.4 Terceirização e informatização

A contratação de empresas privadas e/ou pessoas pelas prefeituras municipais foi pesquisada tanto na área de assessoria quanto na execução direta de serviços públicos, isto porque, a contratação de empresas que fornecem mão de obra especializada para o desempenho

de determinadas atividades do processo produtivo vem sendo cada vez mais frequente no setor público de uma forma geral.

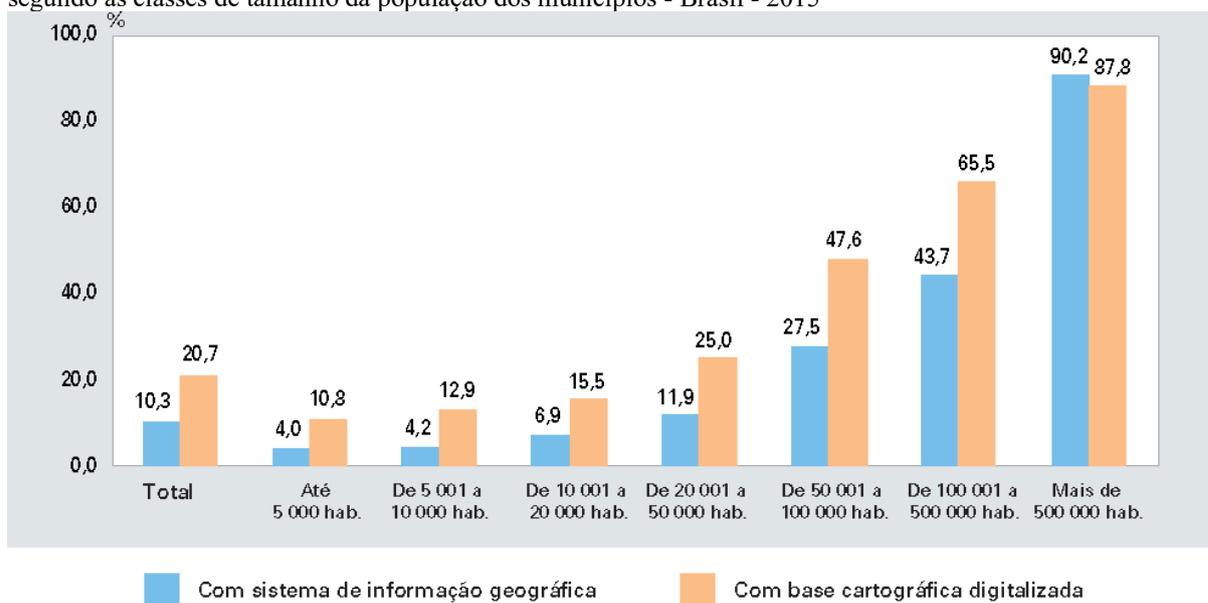
Quanto à informatização na administração pública municipal, foi pesquisada sua existência nas seguintes atividades: cadastro e/ou banco de dados de saúde, de educação, de patrimônio e de funcionários, bem como controle da execução orçamentária e folha de pagamento.

2.1.5 *Gestão ambiental*

A gestão ambiental averigua as políticas relacionadas ao meio ambiente. Na versão atual da Munic 2015, acrescentou-se a investigação da existência de bases digitalizadas considerando que elas são bases de qualidade e que fornecem o suporte cartográfico necessário aos diversos projetos de geoprocessamento para uma gestão ambiental mais eficiente.

A Figura 2 apresenta o percentual de municípios com sistema de informação geográfica e base cartográfica digitalizada, segundo as classes de tamanho da população dos municípios brasileiros em 2015. Com base nesta informação, é possível concluir que as cidades médias possuem uma baixa adesão ao uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG), que além de auxiliar a gestão ambiental mais eficiente, também deve ser usada em outras áreas da cidade.

Figura 2 - Percentual de municípios com sistema de informação geográfica e base cartográfica digitalizada, segundo as classes de tamanho da população dos municípios - Brasil - 2015



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016)

2.1.6 Articulação interinstitucional

A articulação interinstitucional avalia se há cooperação entre as entidades indissolúveis da República Federativa do Brasil (Estados, Municípios e Distrito Federal) (BRASIL, 2016). Os problemas sociais e urbanos concentrados em algumas regiões metropolitanas, aglomerados urbanos, microrregiões podem ser agravados pela falta de cooperação federativa. Os tipos de cooperação são:

- a) horizontal: relação entre entidades federativas de mesma hierarquia. Exemplo: município-município;
- b) vertical: relação entre entidades federativas de diferentes hierarquias. Exemplo: estado-município, União-estado-município.

3 INFRAESTRUTURAS URBANAS

O Banco Mundial (1994, p. 2) trata como infraestrutura econômica:

- a) os serviços públicos referentes a energia, telecomunicações, fornecimento de água encanada, saneamento e esgoto, coleta e disposição de lixo e gás;
- b) obras públicas compostas por rodovias e grandes obras de represamento e canalização para irrigação e drenagem;
- c) outros setores de transportes, vias férreas urbanas e interurbanas, transporte urbano, portos e vias navegáveis e aeroportos.

Ainda de acordo com o Banco Mundial (1994, p.2), o termo infraestrutura social adotado por economistas do desenvolvimento como Paull Rosenstein-Rodan, Ragnar Nurkse e Alblert Hirschman, e o termo infraestrutura econômica, apresentam como propriedades técnicas serem economias de escala e fator econômico no que concerne aos efeitos das relações de acesso à infraestrutura de usuários sobre não usuários.

Aos habitantes de locais onde o acesso às infraestruturas como estradas, eletricidade, saneamento e telecomunicações é escasso, essa situação significa viver à margem dos mercados, e ter pouco ou nenhum fornecimento de água e energia para atividades produtivas e de subsistência diária, implicando em desigualdade social e econômica (Banco Mundial, 2006, p. 15).

3.1 A infraestrutura e a qualidade de vida urbana

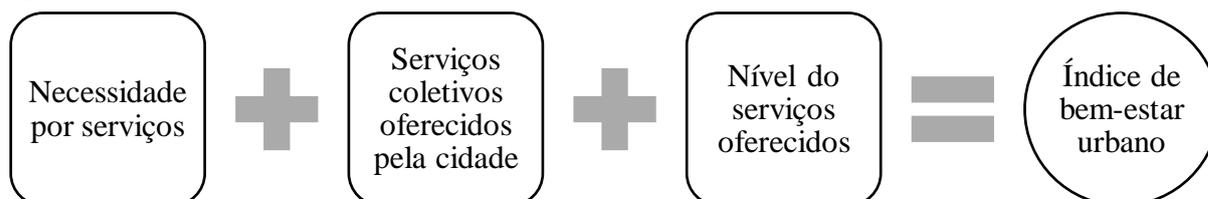
De acordo com Nahas, (2006, p. 2-3, grifo do autor) o conceito de “qualidade de vida urbana” é construído historicamente por meio dos conceitos de bem-estar social, qualidade de vida, qualidade ambiental, pobreza, desigualdades sociais, exclusão social, vulnerabilidade social, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade.

O Índice de Bem-Estar Urbano (IBEU) é decorrente da compreensão daquilo que a cidade deve propiciar às pessoas em termos de condições materiais de vida e compreendido pela análise relacional do bem-estar urbano de outros lugares, segundo as melhores condições de bem-estar existentes (SEN, 1999 *apud* Ribeiro e Ribeiro, 2013, p. 9):

A compreensão de bem-estar está normalmente vinculada a uma concepção de satisfação das necessidades concebidas no plano dos indivíduos e realizadas privadamente. Essa concepção é fundamentada no suposto segundo o qual o bem-estar de uma pessoa depende apenas de seu próprio consumo mercantil e, ao mesmo tempo, pressupõe que todos indivíduos são movidos naturalmente pelo auto interesse em maximizar a realização do seu bem-estar.

A Figura 3 representa a definição de índice de bem-estar urbano através da relação entre a necessidade da população por serviços no contexto do que é preciso e desejável, os serviços coletivos efetivamente propiciados e o nível de qualidade destes serviços oferecidos aos habitantes pela cidade.

Figura 3 - Índice de bem-estar urbano



Fonte: adaptado de Ribeiro e Ribeiro (2013)

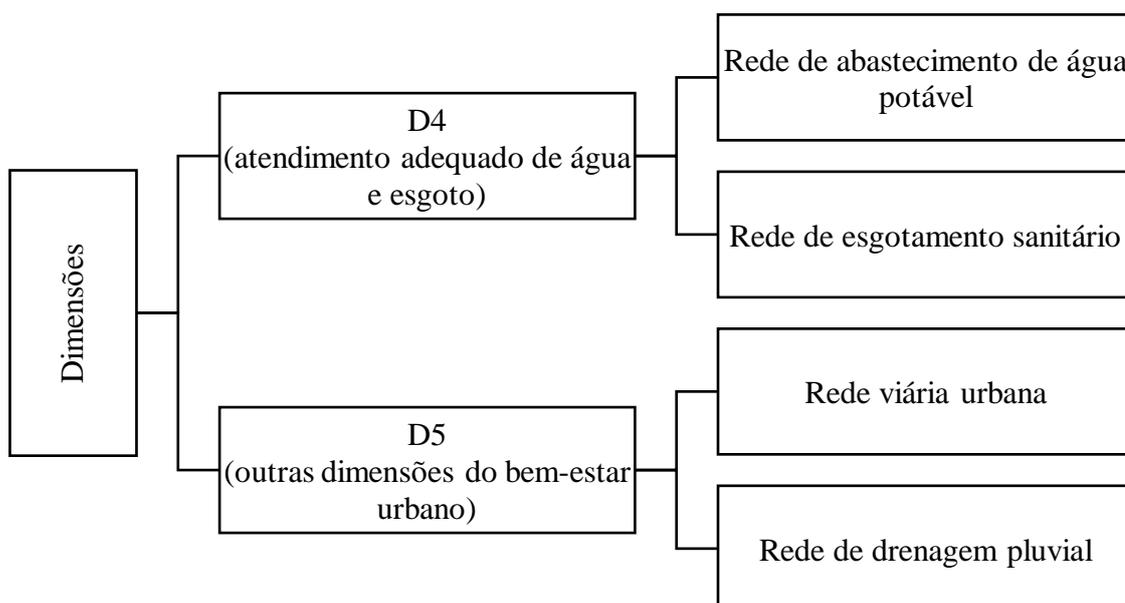
O IBEU-Municipal, assim como o IBEU das regiões metropolitanas, está compreendido em cinco dimensões que foram definidas considerando as propriedades necessárias do espaço urbano que podem possibilitar condições coletivas de vida para seus habitantes. O índice é calculado com base em dados censitários. As dimensões e os indicadores são (RIBEIRO; RIBEIRO, 2016, p. 3):

- a) mobilidade urbana (D1): indicador de deslocamento casa-trabalho;
- b) condições ambientais urbanas (D2): arborização do entorno dos domicílios, esgoto a céu aberto no entorno dos domicílios e lixo acumulado no entorno dos domicílios;
- c) condições habitacionais urbanas (D3): compreensão das condições dos domicílios, bem como de suas características, que podem favorecer direta ou indiretamente o bem-estar urbano. São aderidos quatro indicadores: aglomerado subnormal, densidade domiciliar, densidade morador/banheiro e material das paredes dos domicílios;
- d) atendimento de serviços coletivos urbanos (D4): indicadores que expressam os serviços públicos essenciais para garantia de bem-estar urbano, independentemente de ser ofertado por empresas públicas ou por empresas privadas através de concessão pública. São quatro indicadores: atendimento adequado de água, atendimento adequado de esgoto, atendimento adequado de energia e coleta adequada de lixo;
- e) infraestrutura urbana (D5): indicadores que expressam as condições de infraestrutura na cidade que podem possibilitar (quando da sua existência)

melhor qualidade de vida para pessoas, estando relacionados com a acessibilidade, saúde e outras dimensões do bem-estar urbano, são eles: iluminação pública, pavimentação, calçada, meio-fio/guia, bueiro ou boca de lobo, rampa para cadeirantes e logradouros.

Para a pesquisa, as dimensões mais relevantes são D4 e D5, com as seguintes abrangências (Figura 4):

Figura 4 - Dimensões e indicadores do IBEU relacionados a pesquisa



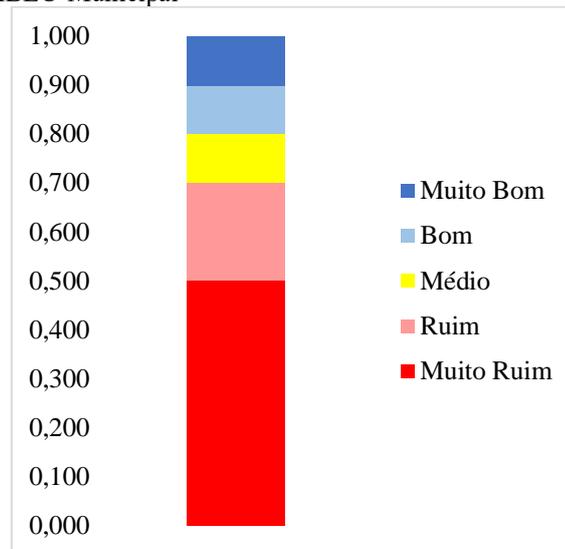
Fonte: adaptado de Ribeiro e Ribeiro (2013) e Mascaró e Yoshinaga (2013)

3.1.1 O índice de bem-estar urbano dos municípios brasileiros

O IBEU-Municipal é construído pela média aritmética de suas cinco dimensões. E seu resultado varia entre zero e um - quanto mais próximo de um, melhores são as condições de bem-estar urbano; quanto mais próximo de zero, piores são as condições de bem-estar urbano (RIBEIRO; RIBEIRO, 2016, p.5). O Gráfico 1 representa a classificação do IBEU-Municipal.

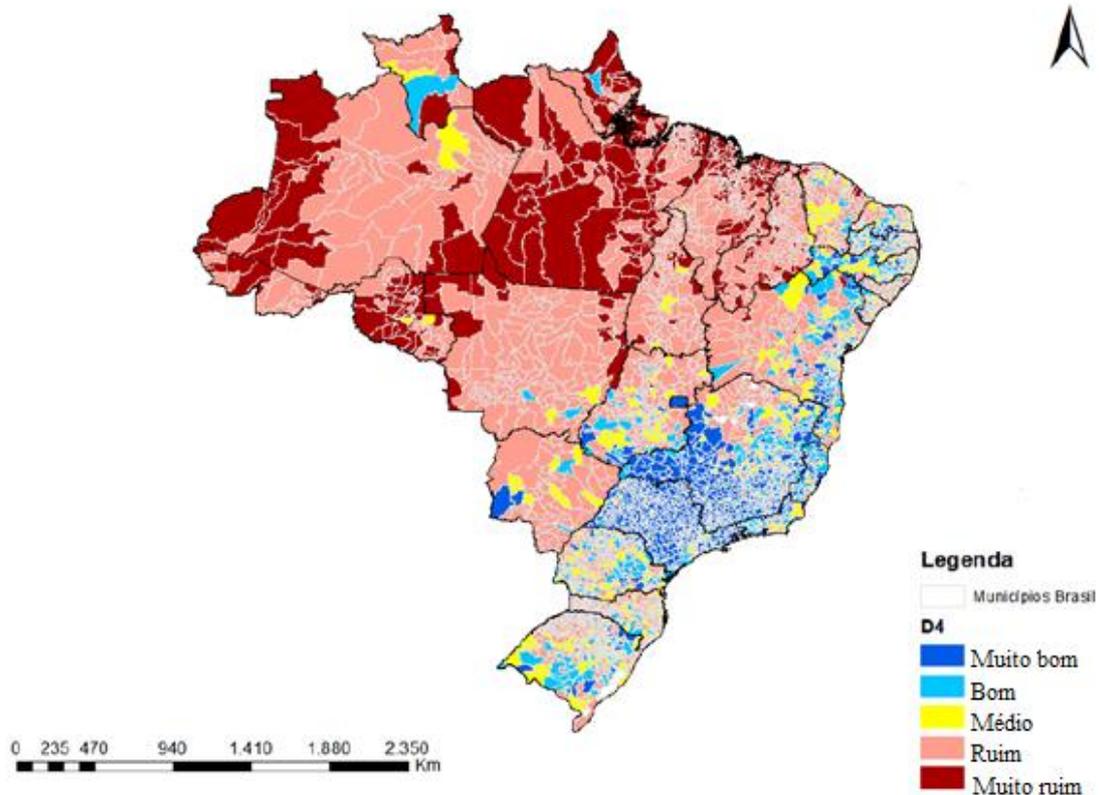
O bem-estar urbano observado pelo atendimento dos serviços coletivos (D4) é muito diverso entre os municípios brasileiros. Há 1.307 municípios com níveis muito bons, 681 municípios com níveis bons, 570 com níveis médios, 2.617 com níveis ruins e 390 com níveis muito ruins de bem-estar urbano referente aos serviços, o que corresponde a 23,5%, 12,2%, 10,2%, 47% e 7%, respectivamente. Como é possível observar, a maior parte dos municípios apresentam condições ruins e muito ruins, pois juntos ultrapassam 50% (Figura 5).

Gráfico 1 - Classificação do IBEU-Municipal



Fonte: adaptado Ribeiro e Ribeiro (2016)

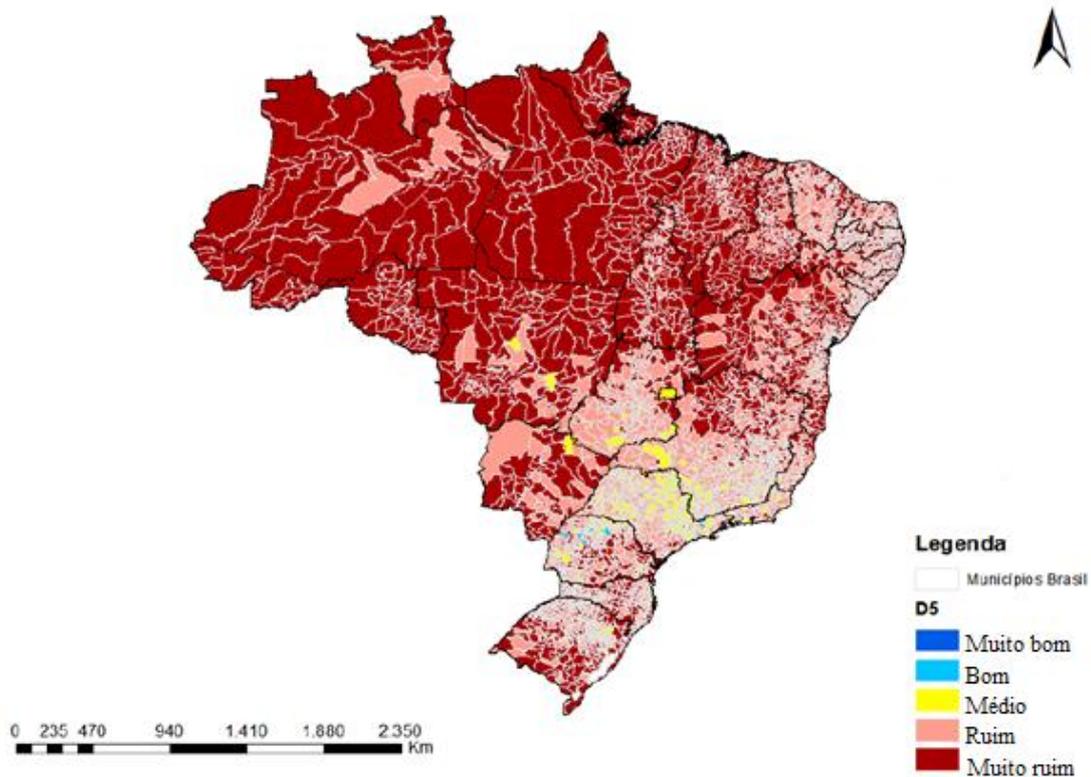
Figura 5 - Atendimento aos serviços urbanos coletivos (D4) - Brasil - 2010



Fonte: adaptado Ribeiro e Ribeiro (2016)

A infraestrutura urbana (D5) apresenta a pior situação de bem-estar para o país, pois 91,5% dos municípios estão em níveis ruins e muito ruins de bem-estar urbano, correspondendo a 2.579 como ruins ou 46,3% e 2.516 como muito ruins ou 45,2%. Há 441 municípios em condições médias de bem-estar urbano referente à infraestrutura (Figura 6).

Figura 6 - Infraestrutura urbana (D5) - Brasil - 2010



Fonte: adaptado Ribeiro e Ribeiro (2016)

3.2 Classificação das redes de infraestrutura urbana

As redes de infraestrutura urbana, referente aos serviços públicos ofertados, podem ser classificadas quanto à sua função, localização no espaço urbano e princípio de funcionamento (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2013, p. 13).

3.2.1 Classificação das redes de infraestrutura urbana quanto a sua função

A classificação das redes de infraestrutura urbana quanto à função tem o objetivo de indicar o papel e o grau de relevância para a população e para o funcionamento da cidade (MASCARÓ; YOSHINAGA, 2013, p. 13-17). Os sistemas são:

- a) sistema viário: vias e drenagem pluvial;
- b) sistema sanitário: abastecimento de água potável, coleta e transporte de esgoto sanitário;
- c) sistema energético: rede de energia e gás natural canalizado;

d) sistema de comunicações: telefonia, TV à cabo e novos tipos de serviços.

Dentre os novos tipos de serviços mencionados no sistema de comunicações, pode-se citar a rede de fibra ótica que apresenta como característica “[...] capacidade de transmissão até um milhão de vezes maior do que o cabo metálico, a fibra ótica tornou hoje a base tecnológica das relações de comunicação no mundo” (BERTOLOTO, 2012, p. 18).

3.2.1.1 Classificação das redes de infraestrutura urbana quanto sua localização no espaço urbano

A classificação das redes de infraestrutura urbana quanto a sua localização diz respeito à posição geográfica dentro do espaço urbano. A ordenação das diversas redes distribuídas no espaço urbano é uma medida essencial para se evitar problemas de compatibilização entre as redes. Níveis das redes:

- a) nível aéreo: onde se localizam as redes de telefonia e rede elétrica.
- b) nível da superfície do terreno: é o nível onde está localizado o pavimento e sofre interferência do nível subterrâneo, pois o processo de ampliação e reparação das redes localizadas no subsolo;
- c) nível do subterrâneo: onde estão localizadas as redes de água potável, esgoto e gás natural canalizado. Em algumas situações, as redes de telefonia e TV a cabo podem dividir o subsolo com as redes subterrâneas convencionais.

3.2.1.2 Classificação das redes segundo seu princípio de funcionamento

O princípio de funcionamento das redes é vinculado à ação da gravidade. A importância deste parâmetro remete a entender o traçado e instalar a rede respeitando características naturais como a declividade do terreno, sempre que possível.

3.2.1.3 Classificação geral dos sistemas de redes de infraestruturas

A Figura 7 representa a classificação geral dos sistemas de redes de infraestruturas.

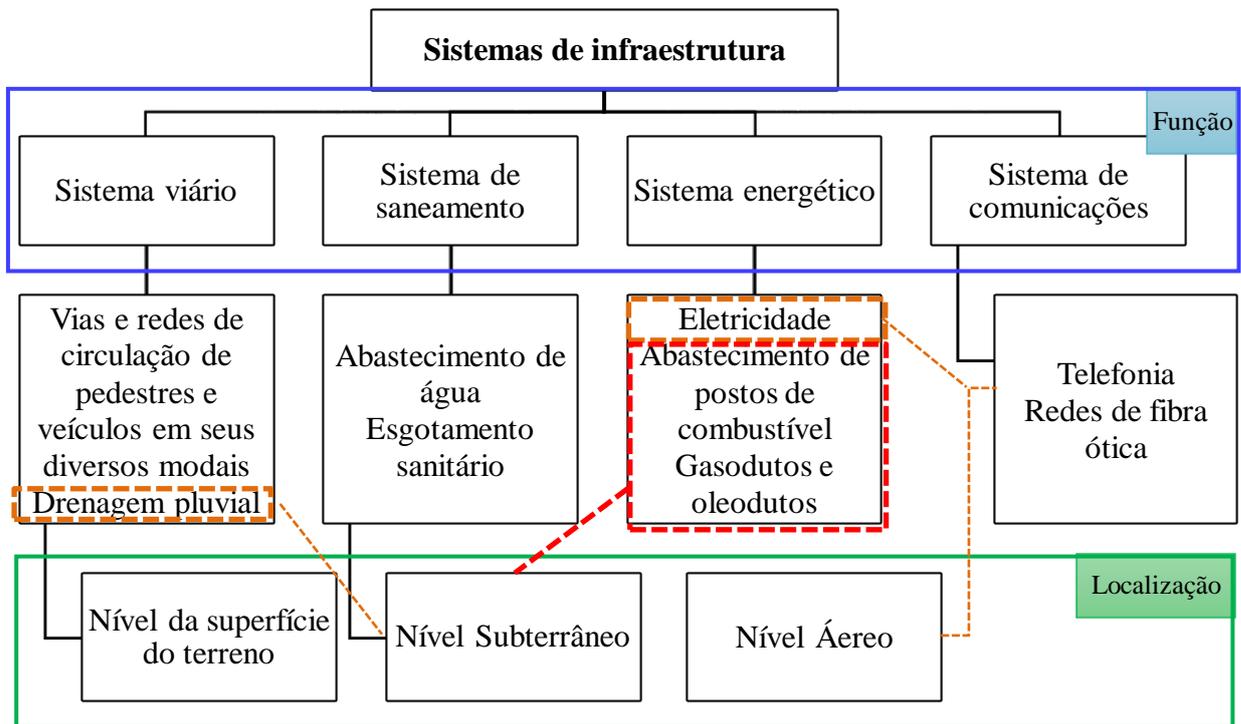
Figura 7 - Classificação geral dos sistemas de redes de infraestrutura

Classificação Geral dos Sistemas de Redes de Infraestrutura	Função	Sistema Viário
		Sistema de Saneamento
		Sistema Energético
		Sistema de Comunicações
	Localização no espaço urbano	Nível da superfície do terreno
		Nível subterrâneo
		Nível aéreo
	Princípio de funcionamento (em função da dependência da ação da gravidade)	Grupo 01: dependem parcialmente
		Grupo 02: dependem
		Grupo 03: não dependem

Fonte: adaptado de Mascaró e Yoshinaga (2013)

A Figura 8 demonstra a relação entre a função dos sistemas e a localização. A rede de drenagem pluvial é localizada ao nível da superfície (pavimento) e alguns elementos de transporte da água a ser descartada, ao nível subterrâneo; o esgotamento sanitário e o abastecimento de água potável, assim como o sistema energético, estão localizados no nível subterrâneo.

Figura 8 - Relação entre a função dos sistemas de infraestrutura e a localização



Fonte: adaptado de Mascaró e Yoshinaga (2013)

A importância de se conhecer a relação entre função, localização no espaço urbano e o mecanismo de funcionamento refere-se a estabelecer mais critérios à tomada de decisões, considerando a influência que as redes de infraestrutura têm sobre umas sobre as outras.

As redes de infraestrutura a serem estudadas são aquelas posicionadas no nível da superfície e nível subterrâneo, por estarem relacionadas diretamente e ainda por ocasionarem interferências nas diversas camadas do pavimento devido às atividades de construção e manutenção. As redes de TV a cabo e telefonia não serão detalhadas por se localizarem espacialmente a nível aéreo.

Foram detalhados definição, funcionamento, componentes e localização no espaço geográfico das redes de infraestrutura como o objetivo esclarecer os pontos principais que devem fazer parte do entendimento para proposição de atributos no banco de dados.

3.2.2 Rede viária urbana

A rede viária urbana tem por objetivo garantir a locomoção das pessoas a seus destinos, com conforto e segurança dentro da área urbana e /ou até localidades externas. A mensuração e a necessidade de locomoção da população são realizadas através das linhas de desejo que correspondem ao atendimento dos deslocamentos entre os pontos de interesse, seja

residência, trabalho, locais de lazer ou pontos turísticos (DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2010, p. 42).

Segundo Hoel, Garber e Sadek (2011, p. 253)

“O projeto de qualquer infraestrutura viária de transporte é baseado em como ela é classificada, cujas bases diferem de uma modalidade para outra, mas o princípio básico utilizado é que as infraestruturas viárias de transporte devem ser agrupadas de acordo com suas respectivas funções em termos das características do serviço que estão oferecendo.”

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2010, p. 43) “[...] A classificação de vias e ruas, segundo a função que exercem dentro do sistema viário, representa o passo inicial do processo de planejamento, já que visa estabelecer uma hierarquia de vias para atendimento dos deslocamentos dentro da área urbana.”

A partir destas afirmações é importante mencionar que durante o planejamento urbano, é necessário escolher o tipo de via em acordo com a necessidade de deslocamento da população. Em relação à função, à classificação funcional das vias urbanas é (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS, 2011, p. 1; HOEL, GARBER, SADEK, 2011, p. 254-255; DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2010, p. 43-44; BRASIL, 1997):

- a) sistema arterial: composto pelas vias arteriais principal e secundária, com velocidade máxima de 60 km por hora (quando não existir sinalização regulamentadora);
- b) sistema coletor: composto pelas vias coletoras, com velocidade máxima de 40 km por hora (quando não existir sinalização regulamentadora);
- c) sistema local: composto pelas vias locais, com velocidade máxima de 30 km por hora (quando não existir sinalização regulamentadora).

As vias arteriais atendem aos principais centros de atividades das áreas urbanas, e os maiores volumes de tráfego e as viagens mais longas; transporta grande parte do tráfego urbano, mesmo que represente, em extensão, uma pequena porcentagem da rede viária.

As vias arteriais secundárias se interconectam com o sistema arterial principal e o suplementa, atendendo aos percursos de viagens com extensões intermediárias, em níveis de serviço inferiores àqueles que são típicos das vias arteriais primárias. Geralmente não passam por bairros, mas podem ser utilizadas como rotas de ônibus e ligar comunidades dentro de áreas urbanas.

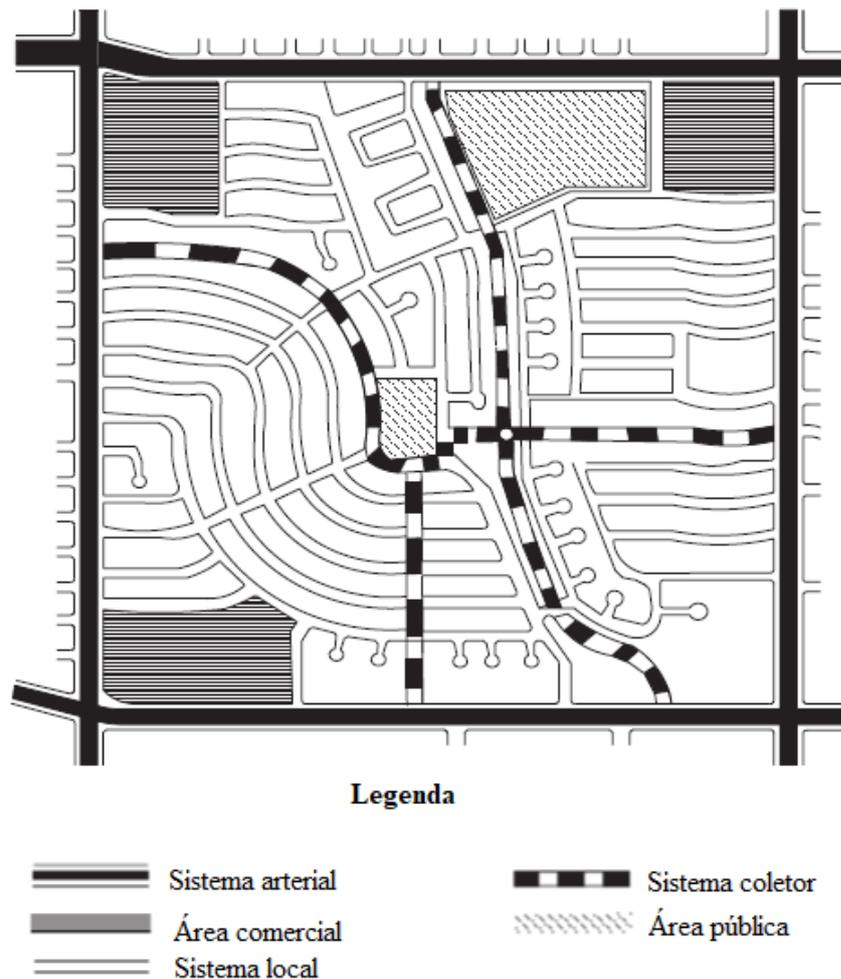
As vias coletoras têm a função principal de conectar as ruas locais com as vias

arteriais. Essas ruas normalmente passam por áreas residenciais e dão apoio à circulação dentro das áreas residenciais, comerciais e industriais.

As vias locais são aquelas que não incluídas em nenhuma das características citadas anteriormente. Elas fornecem acesso a áreas lindeiras e às ruas coletoras, mas o tráfego de passagem nelas é deliberadamente desencorajado.

A Figura 9 representa a localização da classificação funcional das vias urbanas.

Figura 9 - Classificação funcional das vias urbanas



Fonte: adaptado AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (2011)

3.2.2.1 Componentes estruturais da rede viária

O pavimento é uma estrutura composta por múltiplas camadas de espessuras finitas e sobrepostas de diferentes materiais compactados a partir do subleito, destinada a resistir os esforços provenientes do tráfego de veículos e do clima e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto e segurança. Além disso, é importante que o atendimento

estrutural e operacional ao tráfego, seja realizado de maneira durável e com o mínimo custo possível, considerados diferentes horizontes para serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação (BALBO, 2007, p. 35; BERNUCCI *et al*, 2006, p. 9; HOEL, GARBER, SADEK, 2011, p. 349; MEDINA, MOTTA, 2005, p. 15).

Um fato importante a ser examinado em redes viárias urbanas é que, além de atender ao esforço estrutural e operacional do tráfego o pavimento precisa manter a qualidade também em função de intervenção das redes de infraestrutura subterrâneas, considerando que os órgãos que administram os serviços de água, esgoto, gás, energia elétrica, telefone e águas pluviais, para considerar apenas os que dizem respeito às cidades brasileiras, utilizam a via pública para suas instalações (STUCHI, 2005, p. 25).

Convencionalmente os componentes estruturais (camadas) do pavimento são revestimento, base, sub-base, reforço do subleito, subleito. Dependendo do caso, a camada de sub-base ou de reforço pode ser suprimida, mas a existência de revestimento primário e de fundação são condições mínimas para que a estrutura seja chamada de pavimento (BALBO, 2007, p. 36).

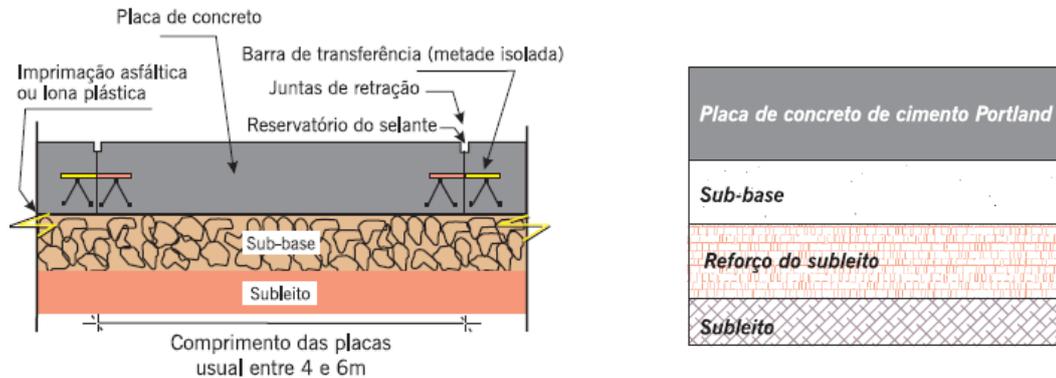
Balbo (2007, p. 36-39), Bernucci *et al* (2006, p. 336-365), Hoel, Garber, Sadek (2011, p. 349-352) e Medina, Motta (2005, p. 15) definem e caracterizam as camadas do pavimento (Figura 10 - Estrutura do pavimento-tipo: rígido e Figura 11 - Estrutura do pavimento-tipo: flexível) como:

- a) revestimento: a camada superficial que recebe as cargas, estáticas ou dinâmicas, sem sofrer grandes deformações elásticas ou plásticas, desagregação dos componentes ou ainda, perda de compactação; necessita ser composto de materiais bem aglutinados ou dispostos de maneira a evitar sua movimentação horizontal. Tradicionalmente, pode ser rígido (placa de concreto de cimento Portland) ou flexível (material asfáltico);
- b) base: camada destinada a resistir e distribuir os esforços verticais para camadas inferiores oriundos da utilização, sob a qual se constrói o pavimento. Geralmente são constituídas por solo estabilizado naturalmente, misturas de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, etc.;
- c) sub-base: geralmente, esta camada é utilizada quando a camada de base é muito espessa ou a camada corretiva do subleito, quando por qualquer razão não é aconselhável construir o pavimento diretamente sobre o leito obtido por terraplenagem;
- d) reforço do subleito: utilizado quando o solo de fundação apresenta resistência

pequena ou ínfima aos esforços verticais (cisalhamento) que ocorreriam sob sua superfície;

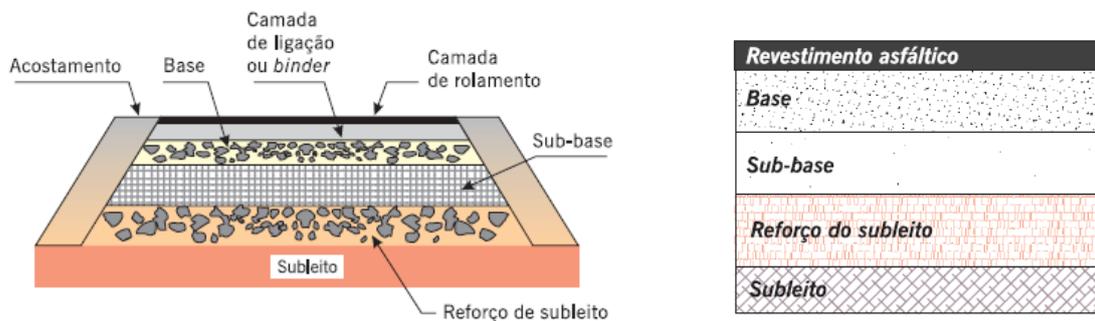
- e) subleito: é o terreno de fundação do pavimento ou do revestimento. O subleito será constituído de material natural consolidado e compactado.

Figura 10 - Estrutura do pavimento-tipo: rígido



Fonte: Bernucci *et al* (2006)

Figura 11 - Estrutura do pavimento-tipo: flexível



Fonte: Bernucci *et al* (2006)

Hoel, Garber e Sadek (2011, p. 352-353) explicam que o princípio geral incorporado ao projeto estrutural das vias de transporte é garantir a integridade de cada camada para suportar a tensão que lhe é imposta pelos veículos, sendo de um modo geral baseado nas características de tensão e deformação limitando as tensões/deformações horizontais e verticais abaixo daqueles que causaram deformação permanente. Indica ainda que o procedimento geral adotado para o projeto estrutural consiste em quatro passos:

- a) passo 1: determinar a carga solicitante;
- b) passo 2: selecionar o material para cada componente estrutural;
- c) passo 3: determinar o tamanho e/ou espessura mínimos para cada componente estrutural;

d) passo 4: realizar uma análise econômica de soluções alternativas e selecionar o melhor projeto.

Huang (2004, p. 1-7, tradução nossa) lista alguns dos métodos utilizados para dimensionamento de projeto para pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos (Quadro 1).

Quadro 1 - Métodos de dimensionamento de pavimentos

Pavimentos flexíveis	Pavimentos rígidos
Método empírico com ou sem teste de resistência do solo Método da deflexão limite Método de falha de limite de cisalhamento Método com base no desempenho do pavimento Método empírico-mecanístico	Soluções analíticas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fórmula de <i>Goldbeck</i> ▪ Análise Westgaard Soluções numéricas <ul style="list-style-type: none"> ▪ Método dos elementos discretos ▪ Método dos elementos finitos

Fonte: adaptado de Huang (2004)

Balbo (2007, p.375-377) classifica e define os métodos de dimensionamento de pavimentos flexíveis em:

- a) método empírico: fruto da modelagem estatística da evolução de parâmetros físicos observados nos pavimentos em serviço;
- b) método semiempírico: fruto da extrapolação e expansão de resultados empíricos com base em uma teoria analítica consistente;
- c) método empírico-mecanicista: fruto da calibração de modelos teóricos com dados experimentais obtidos em campo e em laboratório.

Os detalhes de cada método não serão discutidos nesta pesquisa por não ser essencial ao entendimento, entretanto, a indicação das inúmeras possibilidades de técnicas para dimensionamento de pavimentos rígido e flexível. É importante destacar que cada método apresenta parâmetros diferenciados para dimensionamento, índices de controle de qualidade que devem ser levados em consideração desde o período construtivo e por toda a sua vida útil do pavimento.

3.2.3 Rede de drenagem pluvial urbana

As enchentes urbanas são um dos mais importantes impactos sobre a sociedade e ocorrem devido à inundação natural da várzea ribeirinha ou urbanização (TUCCI, LAINA PORTO E BARROS *et al*, 1995, p.15) sendo o impacto sobre a urbanização objeto de revisão teórica. A urbanização intensa provocada pelo crescimento populacional urbano impacta a

destinação das águas provenientes das chuvas isto porque a impermeabilização do solo impede a infiltração e aumentam o escoamento superficial (TUCCI, 2005, p. 29). Para evitar que as águas acumulem sobre as superfícies das ruas, são utilizados os sistemas de drenagem pluvial urbana, que como objetivo captar e transportar as águas provenientes da chuva até os receptores naturais ou artificiais como canais, rios e lagos (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015, 285).

Há dois tipos de conceito sobre drenagem urbana tradicional e atual que se refere ao manejo de águas pluviais, comparados conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Comparação entre os conceitos de drenagem urbana

Clássico e tradicional	Atual
Obras destinadas a retirar rapidamente as águas acumuladas em áreas importantes da cidade, transferindo o problema para outras áreas ou para o futuro.	Tem como princípio o manejo de águas pluviais. Neste conceito, além de propiciar o afastamento e os escoamento das águas é agregado um conjunto de soluções estruturantes (obras de engenharia de grande e pequeno porte) e não estruturantes (planejamento de uso e ocupação do solo).

Fonte: adaptado Fundação Nacional de Saúde (2015)

O conceito atual é mais amplo pois contempla não apenas o transporte das águas, mas apresenta como princípio o planejamento e ocupação do solo.

A importância da implantação e manutenção do sistema de drenagem urbana pode ser descrito pelos seguintes pontos (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015, p. 285; DIOGO; SCIAMMARELLA, 2008, p. 16-18):

- a) remoção das águas que se infiltram no pavimento ou nas suas interfaces e que podem ocasionar prejuízo à estrutura;
- b) escoamento criterioso das águas superficiais;
- c) redução do risco de perdas humanas, da exposição da população e de danos às propriedades decorrentes de inundações;
- d) eliminação da presença de águas estagnadas e lamaçais, focos de doenças, muitas vezes transmissíveis;
- e) redução de impactos da chuva no meio ambiente, como erosão, sedimentação e poluição;
- f) deve haver suficiente inversão na educação e na saúde da população para não gerar dívidas sociais para as gerações futuras;
- g) os recursos naturais devem ser utilizados de maneira a não criar dívidas

ecológicas para as gerações;

h) proteção da qualidade ambiental e do bem-estar social das comunidades.

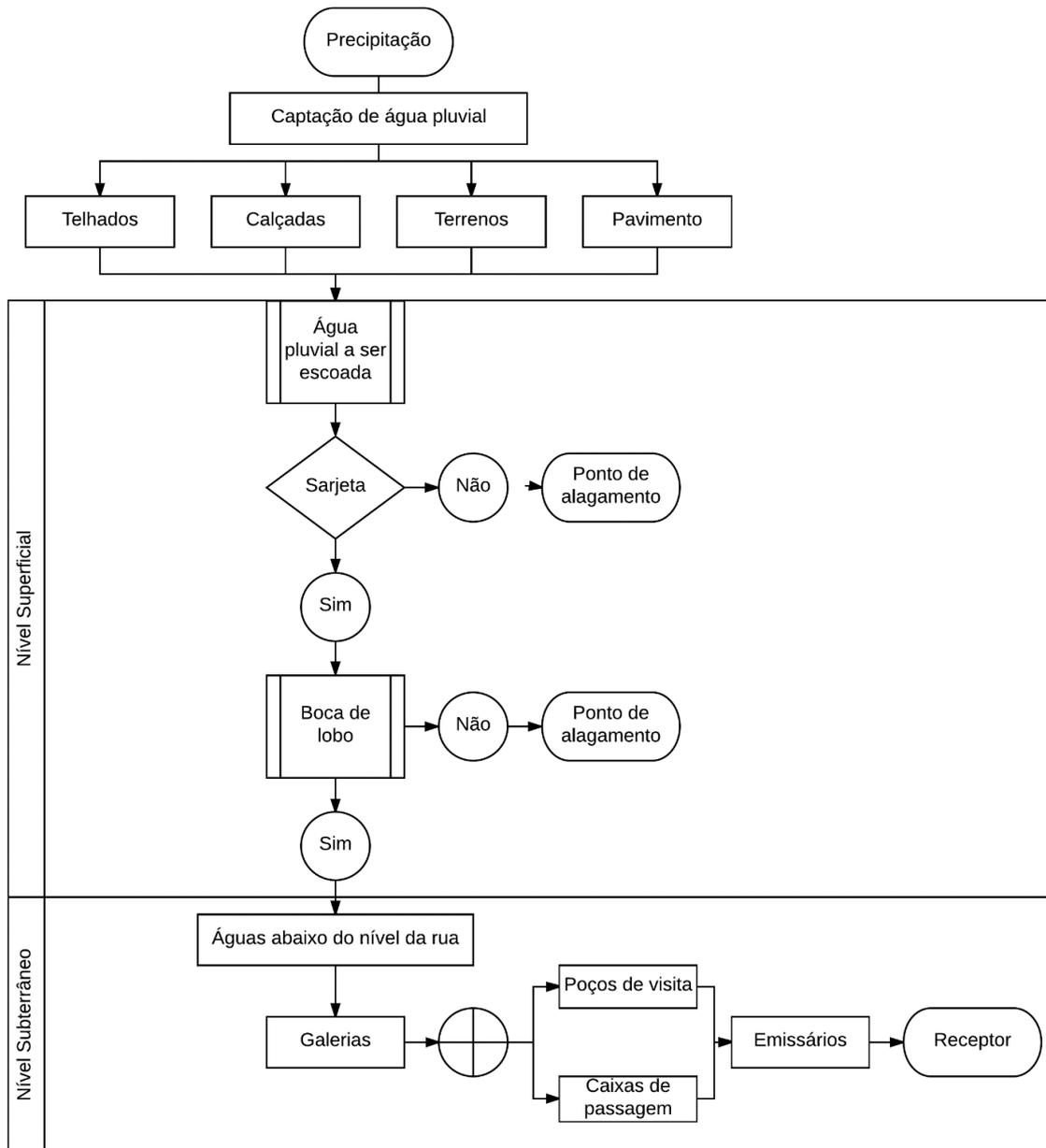
Tradicionalmente, o sistema de drenagem urbana é dividido em dois outros sistemas chamados macrodrenagem e microdrenagem.

3.2.3.1 Sistema de microdrenagem urbana

O sistema de microdrenagem urbana ou sistema inicial de drenagem quando bem construído cria condições de trafegabilidade aceitáveis de pedestres e veículos e evita danos às propriedades públicas e privadas na ocorrência de precipitações frequentes (período de retorno de 2 a 10 anos). É constituído pelos pavimentos das ruas, guias e sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias de águas pluviais e também canais de pequenas dimensões (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015, p. 285; DIOGO; SCIAMMARELLA, 2008, p. 16-18).

Na microdrenagem o escoamento da água definido pelo uso e ocupação do solo. A Figura 12 apresenta a forma de funcionamento do escoamento superficial e subterrâneo da microdrenagem.

Figura 12 - Funcionamento do escoamento superficial



Fonte: adaptado Diogo e Sciammarella (2008), Fundação Nacional de Saúde (2015) e Tucci, Laina Porto e Barros (1995)

3.2.3.2 Sistema de macrodrenagem

A macrodrenagem de uma zona urbana corresponde à rede de drenagem natural preexistente nos terrenos antes da ocupação, constituída pelos principais talvegues. As obras e serviços de macrodrenagem são dimensionados para precipitações mais intensas e períodos de retorno na ordem de 10 a 100 anos, considerando-se os possíveis danos às propriedades e riscos de perdas humanas, atenuando inundações, erosões e assoreamentos (DIOGO; SCIAMMARELLA, 2008, p. 24; FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015, p. 288).

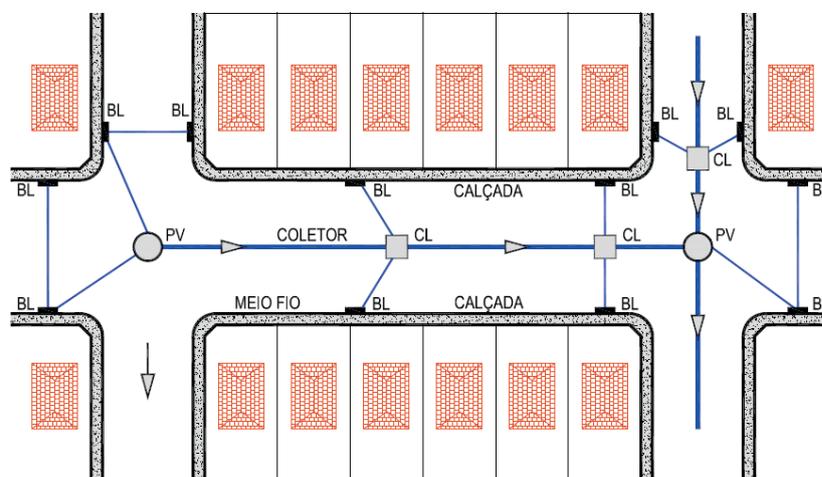
Os Planos de Macrodrenagem podem reduzir os custos de sistemas subterrâneos de microdrenagem e são constituídos por (DIOGO; SCIAMMARELLA, 2008, p. 24):

- a) galerias de grande porte;
- b) canais naturais e artificiais;
- c) dique de proteção para preservação de região ribeirinha;
- d) melhoria dos canais e calhas de rios por meio de serviços de retificação, alargamento, aprofundamento, dragagem, derrocamento, revestimento, entre outros;
- e) manutenção de canais e bacias de detenção com remoção de sedimentos, lodos orgânicos, lixos, detritos urbanos e ervas daninhas;
- f) adequação e manutenção de grandes reservatórios de detenção e retenção;
- g) dispositivos de proteção à erosão (drenos sub-horizontais, muros de arrimo, etc.);
- h) reposição de vegetação em áreas erodidas e várzeas (matas ciliares);
- i) cercas em vias marginais e faixas de servidão, para preservação das obras de drenagem ou de preservação (galerias, bacias de detenção ou retenção, parques, áreas de preservação natural, e outros).

3.2.3.3 Traçado da rede de drenagem urbana

A Figura 13 mostra locação das caixas de ligação, boca de lobo e poço de visita e a Figura 14 exemplifica um esquema vertical típico de drenagem pluvial urbana, enquanto o Quadro 3 define alguns requisitos para traçado e construção da rede de drenagem pluvial.

Figura 13 - Locação das caixas de ligação, boca de lobo e poço de visita



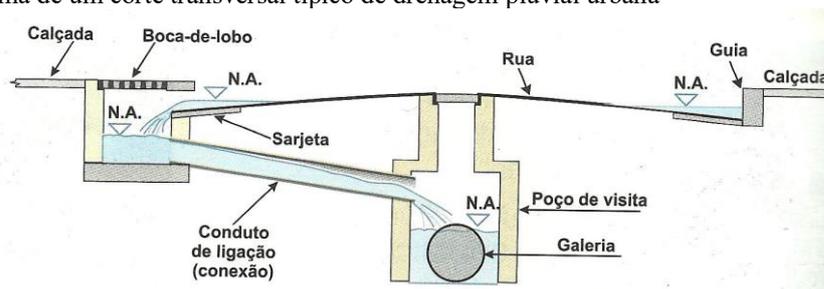
Fonte: Fundação Nacional de Saúde (2015)

Quadro 3 - Critérios de localização e construção da rede de drenagem urbana

Elemento	Localização	Critérios de construção
Sarjeta e meio	Localizado nas laterais das ruas, entre o leito viário e os passeios de pedestre.	Dimensão de acordo com: cálculo de vazão específica do projeto; determinação da capacidade hidráulica do dispositivo e cálculo do comprimento máximo ou crítico.
Boca de lobo	Localizadas espaçadamente ao longo da sarjeta. Não deve ser instalado na ausência de sarjeta.	Existência de ponto-baixo no greide da via pública.
Poço de visita	Locadas preferencialmente sob o eixo da rua. Profundidade máxima em relação ao greide da via: 5,0 m	Início de uma rede; Mudanças de direção de rede; Junções de canalizações; Modificações de seções das canalizações; Modificações de declividade das canalizações; Pontos que reduzam as distâncias entre dois poços de visita consecutivos (distância máxima depende do diâmetro da canalização e pode variar entre 100 a 200 m).
Caixa de passagem	Subterrânea, na profundidade das tubulações.	Quando se faz necessária a locação de bocas-de-lobo intermediárias ou para evitar a chegada, em um mesmo poço de visita, de mais de quatro tubulações. Inconveniente: rompimento do pavimento no caso da retirada da tampa de concreto.
Galeria	Locada preferencialmente no eixo da via. Em caso de avenidas com canteiro central, deve ser posicionada sob o mesmo. Profundidade máxima do poço de visita de 5,00 m, da cota do greide da rua.	Recobrimento mínimo entre 0,90 m e 1,10 m sobre a geratriz superior externa.

Fonte: adaptado Fundação Nacional de Saúde (2015) e Tucci, Laina Porto e Barros (1995)

Figura 14 - Esquema de um corte transversal típico de drenagem pluvial urbana



Fonte: Diogo e Sciammarella (2008)

3.2.4 Rede de distribuição de água potável

O abastecimento de água em quantidade e qualidade adequada é importante para a saúde da população e para desempenho das atividades industriais (TSUTIYA, 2006, p.1; HELLER, PÁDUA, 2010, p. 38).

A Fundação Nacional de Saúde (2015, p. 66) explica que a carência de instalações suficientes para a população constitui uma das maiores dívidas sociais ainda persistentes no mundo. Complementa indicando que o serviço de abastecimento de água é um importante investimento em saúde pública, juntamente com a implantação e melhoria dos sistemas de esgotos sanitários.

Para que o abastecimento de água seja projetado, é essencial a concepção através de estudos que possibilitem o conhecimento para traçar as diretrizes e escolher o melhor projeto. Tsutiya (2006, p. 9) diz que a concepção do sistema de abastecimento de água tem o objetivo de:

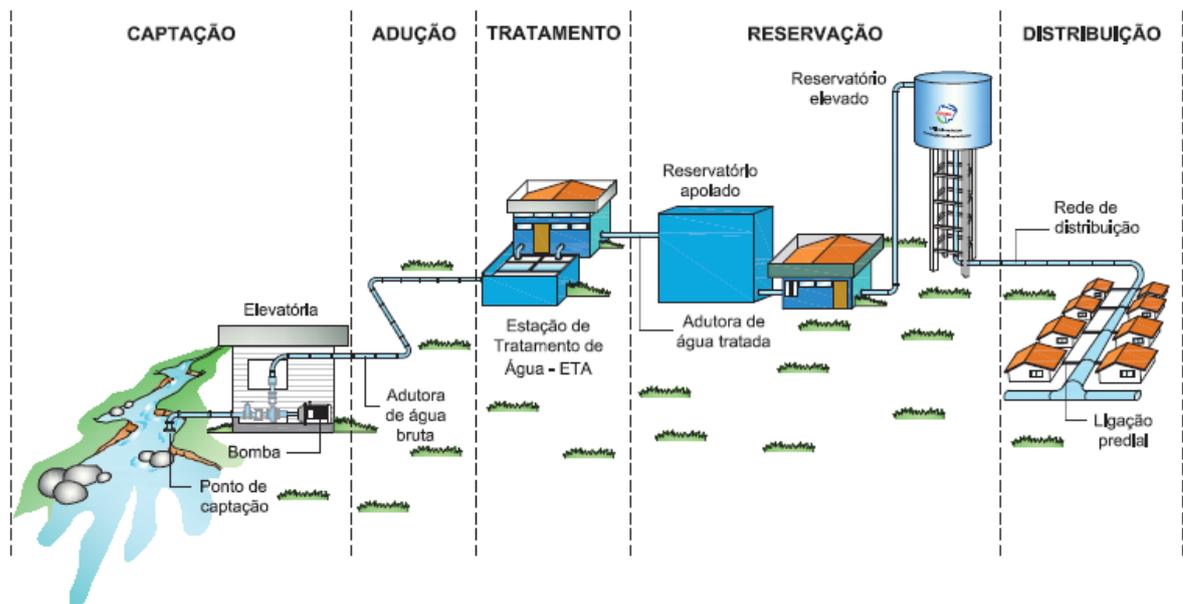
- a) identificar e quantificar todos os fatores intervenientes ao sistema;
- b) diagnosticar as condições atuais do sistema, e considerar a projeção de situações futuras;
- c) escolher a alternativa mais adequada entre as condicionantes técnica, econômica e social;
- d) estabelecer as quantidades de serviço que devem ser executados na fase de projeto.

3.2.4.1 Unidades componentes de uma instalação de abastecimento de água

O sistema de abastecimento de água para consumo humano é um dos componentes do saneamento básico e é formado por um conjunto de infraestruturas, obras civis, materiais e

equipamentos, abrangendo desde a zona de captação até as ligações prediais, destinado à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição. No geral é composto das seguintes unidades: captação, adução, tratamento, reservação, rede de distribuição, estações elevatórias e ramal predial (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2015, p. 66) (Figura 15).

Figura 15 - Unidades componentes de um sistema de abastecimento de água



Fonte: Fundação Nacional de Saúde (2015)

A unidade de captação consiste no conjunto de estruturas e dispositivos responsáveis pela extração da água do manancial (subterrâneo ou superficial) para abastecimento do sistema.

A adução de água bruta é destinada ao transporte de água entre as unidades que precedem a rede de distribuição de água, geralmente realizando o transporte até a Estação de Tratamento de Água (ETA).

O tratamento, etapa imprescindível, é utilizado para tratar a água de modo a adequar suas características aos padrões de potabilidade vigente.

Reservação de água tratada é constituída pelos reservatórios que tem a finalidade de regularizar as vazões de adução e de distribuição e condicionar as pressões na rede de distribuição.

A rede de distribuição parte do sistema composta de tubulações, conexões e peças especiais, localizados nos logradouros públicos, tem por função distribuir a água até as residências, estabelecimentos comerciais, indústrias e locais públicos, em quantidade e pressão

recomendada. “Pode assumir configurações bastante simples até extremamente complexas, em função do porte, da densidade demográfica, da distribuição e da topografia da área abastecida” (HELLER; PÁDUA, 2010, p. 78).

Em razão de a rede de distribuição de água está posicionada nos logradouros, independente da funcionalidade da via, faz-se necessário conhecer seus elementos e posicionamento dentro do subsolo. O conhecimento aprofundado das demais unidades não se faz necessário, pois geralmente, não influem na dinâmica da cidade.

3.2.4.2 *Traçado da rede de distribuição de água*

A rede de distribuição é formada por uma rede de condutos interligados entre si, possibilitando diversas derivações para a distribuição da água potável aos a serem imóveis abastecidos. Devem ser considerados dois aspectos de preocupação permanente (HELLER; PÁDUA, 2006, p. 603-604):

- a) são obras enterradas, distribuídas sob as vias públicas, sendo seu acesso difícil e muitas vezes complexo. Por ser a unidade mais próxima ao consumidor, merece atenção especial no que se refere à qualidade da água e perdas de água no sistema;
- b) geralmente, é a parte mais extensa da unidade do sistema, responsável por um custo aproximado de 50% do valor de implantação.

Normalmente, a rede de distribuição é constituída por dois tipos de condutos:

- a) condutos ou tubulações principais: de maior diâmetro, responsáveis pela alimentação dos condutos secundários. São também denominadas tubulações tronco ou condutos mestres, e a eles corresponde o abastecimento de extensas áreas da cidade;
- b) condutos ou tubulações secundárias: tubulações de menor diâmetro, em contato direto com os prédios a abastecer, cuja alimentação é diretamente dependente dessas tubulações.

De acordo com a disposição das tubulações principais e o sentido de escoamento das tubulações secundárias, as redes são classificadas em ramificada, malhada ou mista. O Quadro 4 e a Figura 16 apresentam as características dos traçados das redes e a os tipos de rede, respectivamente.

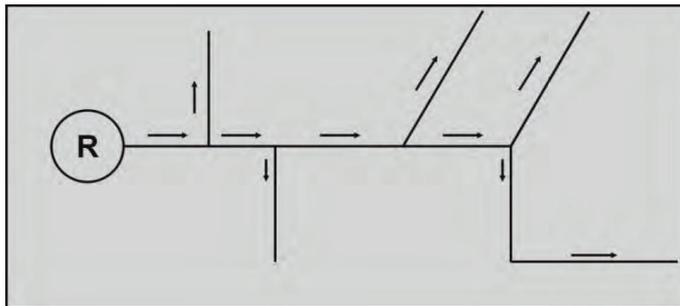
Quadro 4 - Características dos traçados das redes de distribuição

Rede	Característica
Ramificada: <ol style="list-style-type: none"> 1. espinha de peixe; 2. grelha. 	O abastecimento se faz a partir de uma tubulação tronco alimentada pelo reservatório ou estação elevatória e a distribuição realizada através dos condutos secundários. Observação: em caso de interrupção de escoamento em uma tubulação, o abastecimento das tubulações à jusante é comprometido
Malhada: <ol style="list-style-type: none"> 1. com anel; 2. sem anel; 3. bloco. 	A rede malhada é constituída por tubulações principais que formam anéis ou blocos, onde as tubulações se ligam pelas duas extremidades.
Mista	Associação da rede ramificada com a rede malhada.

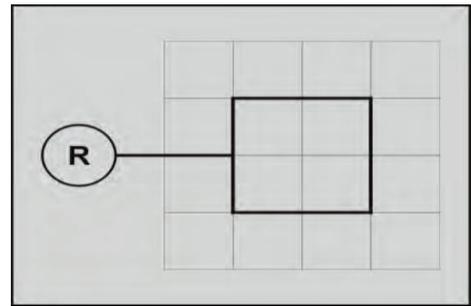
Fonte: adaptado Tsutiya (2006) e Heller, Pádua (2006)

Figura 16 - Tipos de rede de distribuição: a) Rede ramificada; b) Rede malhada com anel; c) Rede malhada sem anel

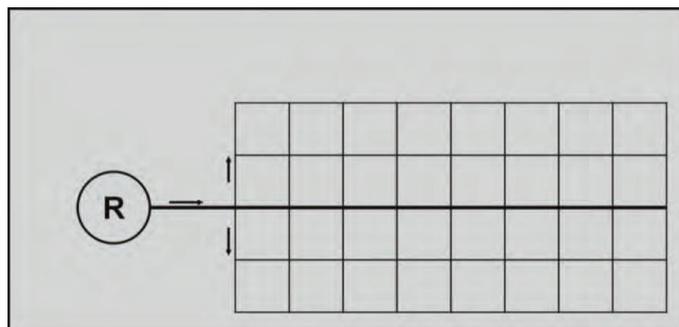
a) Rede ramificada.



b) Rede malhada com anel



c) Rede malhada sem anel



Fonte: Fundação Nacional de Saúde (2015)

3.2.5 Rede de esgotamento sanitário

A Fundação Nacional de Saúde (2015, p. 174) trata o saneamento juntamente com a definição de saúde e meio ambiente como definições intimamente vinculadas, isto porque,

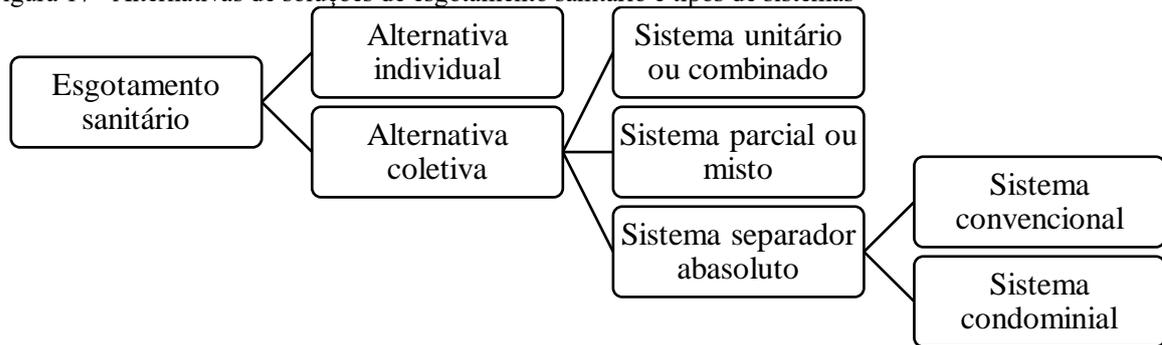
sendo o esgoto um dos mecanismos geradores de poluição, o seu controle evita ou minimiza os efeitos insalubres sobre a saúde, o ambiente e o desenvolvimento econômico e social de uma localidade, região ou país. Por esta razão, a coleta, o transporte e a destinação final dos esgotos sanitários precisam ser prioritários.

Dentre as soluções adotadas para destinação final do esgoto, podem ser utilizadas medidas individuais ou coletivas. As medidas individuais devem ser utilizadas apenas em domicílios e estabelecimentos providos de instalações prediais de água, quando não é possível utilizar o sistema coletivo, composto por tanque séptico e seguido por unidades complementares. As alternativas coletivas apresentam-se em três tipos de sistema de esgotamento sanitário (ALEM SOBRINHO; TSUTIYA, 1999, p.2):

- a) sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado, em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (água de subsolo que penetra no sistema através de tubulações e órgãos acessórios) e águas pluviais veiculam por um único sistema;
- b) sistema de esgotamento separador parcial ou misto, em que uma parcela das águas de chuva, provenientes de telhados e pátios das economias são encaminhadas juntamente com as águas residuárias e águas de infiltração do subsolo para um único sistema de coleta e transporte dos esgotos;
- c) sistema separador absoluto, em que as águas residuárias (domésticas e industriais) e as águas de infiltração (água do subsolo que penetra através das tubulações e órgãos acessórios), que constituem o esgoto sanitário, veiculam em um sistema independente, denominado sistema de esgoto sanitário. As águas pluviais são coletadas e transportadas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

O Brasil utiliza o sistema separador absoluto, sendo o único aplicável por exigência da legislação ambiental. A Figura 17 apresenta as alternativas de soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas.

Figura 17 - Alternativas de soluções de esgotamento sanitário e tipos de sistemas



Fonte: adaptado Fundação Nacional de Saúde (2015)

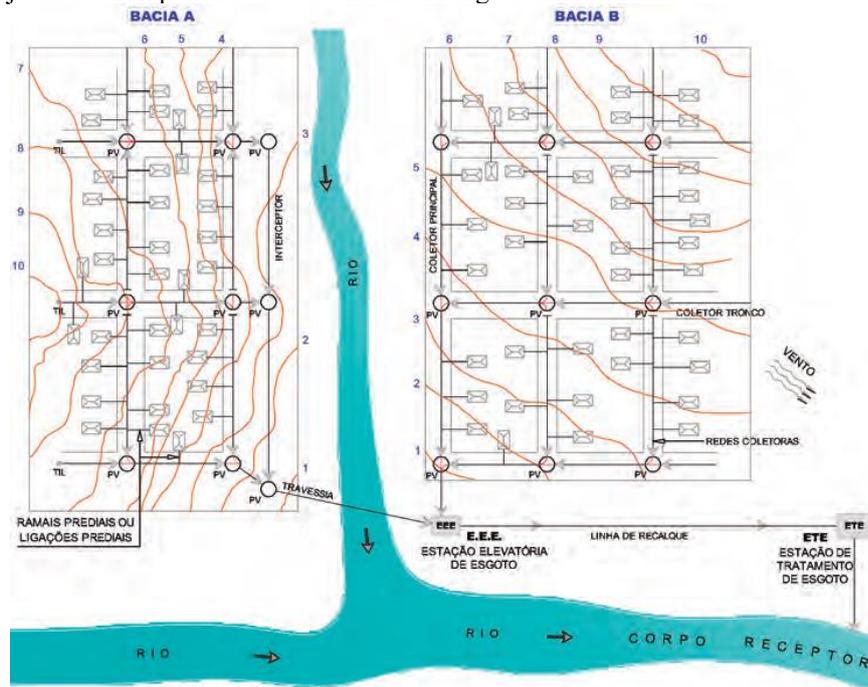
Alem Sobrinho e Tsutiya (1999, p.5) descreve o objetivo da concepção do sistema de esgoto sanitário:

- a) identificar e quantificar todos os fatores intervenientes com o sistema de esgotos;
- b) diagnosticar o sistema existente, considerando a situação atual e futura;
- c) estabelecer todos os parâmetros básicos de projeto;
- d) pré dimensionar as unidades dos sistemas, para as alternativas selecionadas;
- e) escolher entre as alternativas a mais adequada quanto aos parâmetros técnicos, econômicos e ambiental;
- f) estabelecer as diretrizes gerais de projeto e estimativa das quantidades de serviços que devem ser executados na fase de projeto.

3.2.5.1 Unidades componentes de um sistema de esgotamento sanitário

Convencionalmente, os sistemas de esgotos são compostos por ligação predial, rede coletora e órgãos acessórios, coletor principal, coletor tronco, interceptor, emissário, estação elevatória de esgoto (EEE), estação de tratamento de esgoto (ETE) e dispositivo de lançamento final (Figura 18).

Figura 18 - Conjunto dos componentes de um sistema de esgoto convencional



Fonte: Fundação Nacional de Saúde (2015)

3.2.5.2 Traçado da rede de esgotamento sanitário

O traçado da rede de esgoto é escolhido em função da topografia da região. O Quadro 5 apresenta as características da rede em função da topografia da cidade.

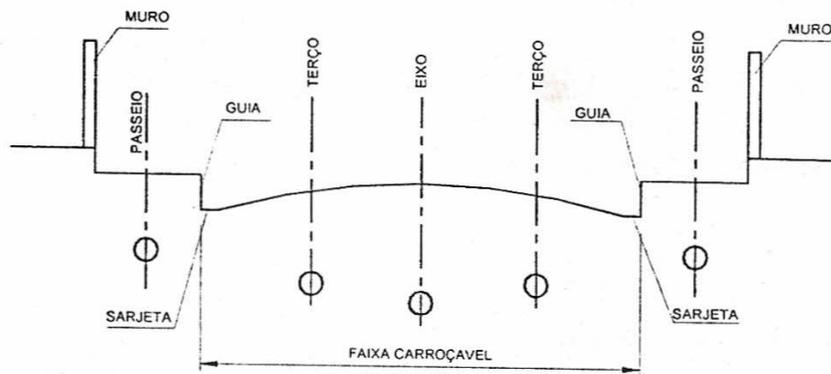
Quadro 5 - Traçado e características topográficas e da rede

Traçado	Características topográficas	Características da rede
Perpendicular	Cidades atravessadas ou circundadas por cursos de água.	Vários coletores-tronco independentes com traçado mais ou menos perpendicular ao curso de água.
Leque	Traçado apropriado para cidades em terrenos acidentados.	Os coletores-troncos correm pelos fundos dos vales ou pela parte baixa das bacias e nele incidem os coletores secundários, com um traçado em forma de leque ou fazendo lembrar uma espinha de peixe.
Radial ou distrital	Sistema característico para cidades planas.	A cidade é dividida em distritos ou setores independentes; em cada um criam-se pontos baixos, para onde são dirigidos os esgotos.

Fonte: adaptado Alem Sobrinho e Tsutiya (1999)

A posição da tubulação sob a via em cinco locais diferentes: eixo, terço direito, terço esquerdo, passeio direito e passeio esquerdo. (Figura 19)

Figura 19 - Localização dos coletores na via pública



Fonte: Alem Sobrinho e Tsutiya (1999)

3.2.6 Rede de gás natural canalizado

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, em temperatura ambiente e pressão atmosférica, permanece no estado gasoso. Tem como característica um gás inodoro e incolor, não-tóxico, mais leve que o ar e com queima mais limpa que os combustíveis fósseis tradicionais. Sua composição é predominantemente formada por metano, com frações menores de etano, propano e outros (PETROBRAS, 200--, p. 11).

O gás natural é um energético versátil, sendo utilizado nos segmentos residencial, comercial, veicular e industrial. Pode ser usado para aquecimento de água, cocção, geração de energia, cogeração, climatização de ambiente, matéria-prima, entre outras aplicações. Apresenta como vantagem, segurança ao consumidor, pois dispensa o uso de botijões e consequentemente, o fluxo de caminhões percorrendo as ruas da cidade. (MASCARÓ e YOSHINAGA, 2013, p. 150)

3.2.6.1 Sistema de distribuição do gás natural canalizado

O gás natural canalizado até chegar ao consumidor final passa por quatro etapas (Figura 20):

- a) produção: é composta pela etapa de extração das jazidas naturais ou provenientes da exploração de poços de petróleo. Além disso, é removida impurezas e água posteriormente pode retornar a produção ou ser encaminhado para o

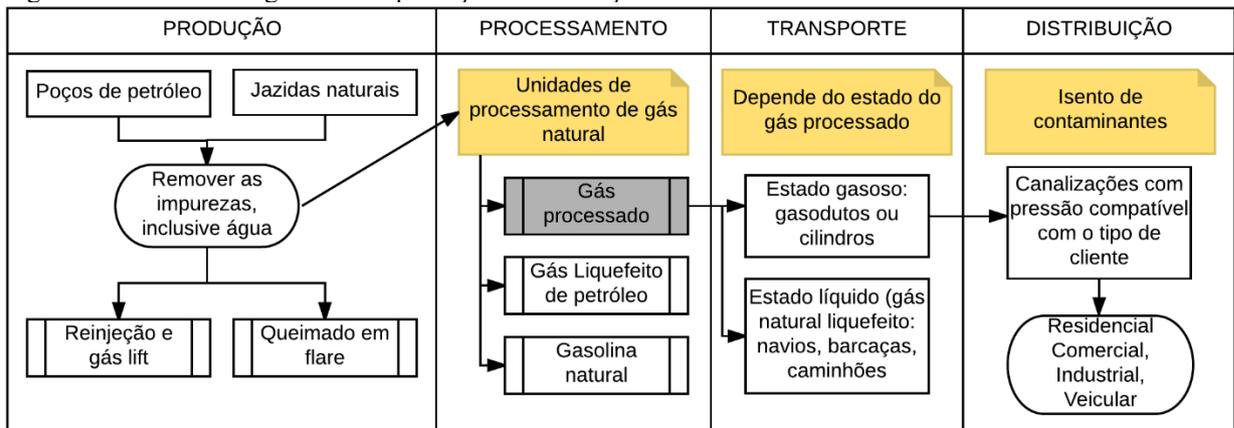
processamento;

b) processamento: realizado nas unidade de processamento de gás natural, onde a matéria-prima é fracionada e o gás processo é encaminhado ao transporte;

c) transporte: o tipo de transporte é função do estado do gás;

d) distribuição: o gás em estado gasoso transportado por gasodutos é distribuído através de canalizações compatíveis com a pressão requerida pelo cliente.

Figura 20 - Percurso do gás natural: produção à distribuição



Fonte: elaborada pela autora (2017)

A Figura 21 elucida o percurso do gás natural, mostrando a partir da etapa de processamento até a distribuição ao consumidor final, utilizando o método destrutivo de instalação da tubulação.

Figura 21 - Percurso da rede de distribuição de gás natural até o consumidor final



Fonte: Infraestrutura Urbana (2017)

Quando comparadas aos gasodutos de transporte, redes de distribuição conduzem volumes menores de gás natural a menores pressões. O Quadro 6 apresenta as principais características da rede de distribuição de gás natural.

Quadro 6 - Características da rede de distribuição de gás natural

Item	Descrição
Escavações	- Valas abertas; - Métodos não destrutivos (MND's).
Localização e profundidade das tubulações	- 1m sob as calçadas a 60 cm sob as vias.
Tipo de pressão na rede	- Baixa; - Média; - Alta.
Materiais empregados	- Aço: gasodutos submetidos a alta pressão. - Polietileno de alta densidade (PEAD): empregados em tubulações com baixa ou média pressão.
Sinalização	- Tubulações escavadas: fita plástica de segurança acima da tubulação; - Tubulações localizadas em travessias de ruas e calçadas: placas de concreto com a inscrição da concessionária; - Sinalização indicativa por meio de placas de aviso, balizadores, tachões no piso de calçadas e de pinturas asfálticas.
Consumidores	- Habitações: baixa pressão; - Comércio: baixa ou média pressão; - Indústrias: alta pressão.

Fonte: adaptado Infraestrutura Urbana (2017) e PETROBRAS (20--)

4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

O Sistema de Informação Geográfica - SIG (ou do inglês *Geographic Information System – GIS*) é uma ferramenta de análise de dados espaciais fundamentados em sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la (MOREIRA, 2011, p. 203; S. ARONOFF, 1989 *apud* CÂMARA *et al*, 1996, p. 21).

Câmara (2005, p. 2) e Moreira (2011, p. 204), citam duas características principais de qualquer sistema de informação geográfica:

- a) permite inserção e integração num único banco de dados, informações espaciais provenientes de diversas fontes como: cartografia, imagem de satélites, dados censitários, dados de cadastros urbano e rural, dados de redes e modelo numérico do terreno (MNT);
- b) oferece mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

DeMers (1997, p. 9) diz que os subsistemas que acompanham os SIG's realizam tarefas referentes a:

- a) coleta e processamento de dados espaciais de diversas fontes;
- b) armazena e organiza dados espaciais de forma a permitir recuperação, atualização e edição;
- c) realiza tarefa de agregação e desagregação de dados, estima parâmetros e executa funções de modelagem;
- d) apresenta relatório, parcial ou total, do banco de dados em tabela, gráfico ou mapa.

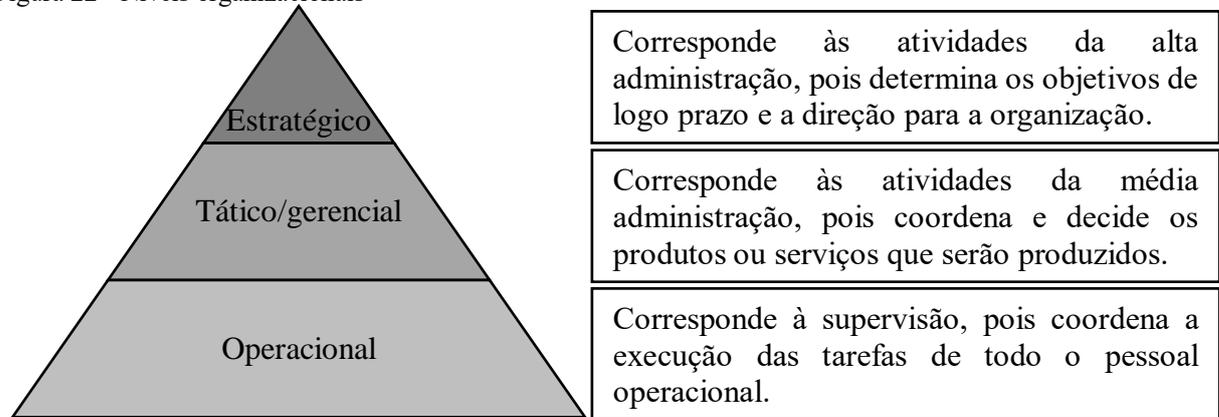
Em virtude das inúmeras características descritas os SIG's podem ser utilizados de diversos modos e com objetivos direcionados à sua utilização.

4.1 Modos de utilização dos Sistemas de Informações Geográficas

Existem várias formas de classificar os níveis administrativos de uma organização e uma destas formas é a organização em nível estratégico, nível tático ou gerencial e nível

operacional (SILVA, 2008, p. 12). A Figura 22 representa a hierarquia e a definição de cada nível organizacional.

Figura 22 - Níveis organizacionais



Fonte: adaptado Silva (2008)

Ferreira Júnior (1997) afirma que os SIG's podem ser implementados nos três níveis organizacionais e que os benefícios imediatos dependem do tipo de uso (Quadro 7).

Ainda de acordo como Ferreira Júnior (1997), os SIG's são o meio para otimização de processos quando estes estão inseridos em projetos com o objetivo de reduzir custos, aprimorar decisões, aprimorar serviços à população, etc. É importante salientar que estes sistemas viabilizam projetos, facilitam o trabalho, provêm subsídios, entretanto, não tomam decisões, nem reduzem os custos pelo simples fato de implantação das ferramentas, isto porque as vantagens oferecidas pelo uso dos SIG's só serão atingidas se houver um planejamento adequado.

Quadro 7 - Modelos de utilização de SIG's e seus benefícios imediatos

Tipo de uso (suporte a...)	Benefício imediato e características	Exemplos de usos
Atividades do nível operacional	Eficiência operacional: - Ganho em produtividade; - Redução de custos; - Qualidade na execução de tarefas.	- Manutenção de mapas ou outras informações geográficas; - Suporte ao gerenciamento de redes de infraestrutura: planejamento de manutenção preventiva, planejamento e monitoramento de tarefas, geração de esquemas de trabalho, suporte a situações de emergência, etc.
Atividades do nível gerencial	Eficácia administrativa: - Melhor planejamento e gerenciamento; - Melhores decisões de caráter tático (como na alocação de recursos);	- Suporte ao planejamento e gerenciamento de equipamentos e serviços públicos: monitorar a demanda (demografia), a qualidade dos serviços atuais, e auxiliar o projeto de novos equipamentos; - Auxílio à elaboração e ao monitoramento de políticas de desenvolvimento: análise demográfica, análise fiscal, definição da política de uso e ocupação do solo, política fiscal e de incentivos, suporte à visualização de informações e a discussões entre técnicos e políticos.
Atividades do nível estratégico	Avanço estratégico: - Melhor imagem junto a clientes e parceiros; - Compartilhamento de custos novas fontes de receita, aumento de receita	- Compartilhamento de bases de dados e de custos operacionais entre prefeitura, concessionárias, e outras instituições; - Fornecimento de uma boa infraestrutura de informações espaciais ou serviços a setores da indústria ou a outros órgãos de administração pública
Projetos sociais	Avanço social e estratégico - Melhores serviços à população; - Participação da sociedade em decisões; - Melhor imagem.	- Projetos para melhoria da qualidade de vida: combate à pobreza, à criminalidade, à mortalidade infantil; - Melhor comunicação da administração pública com a população, possibilitando a participação da sociedade nas decisões.

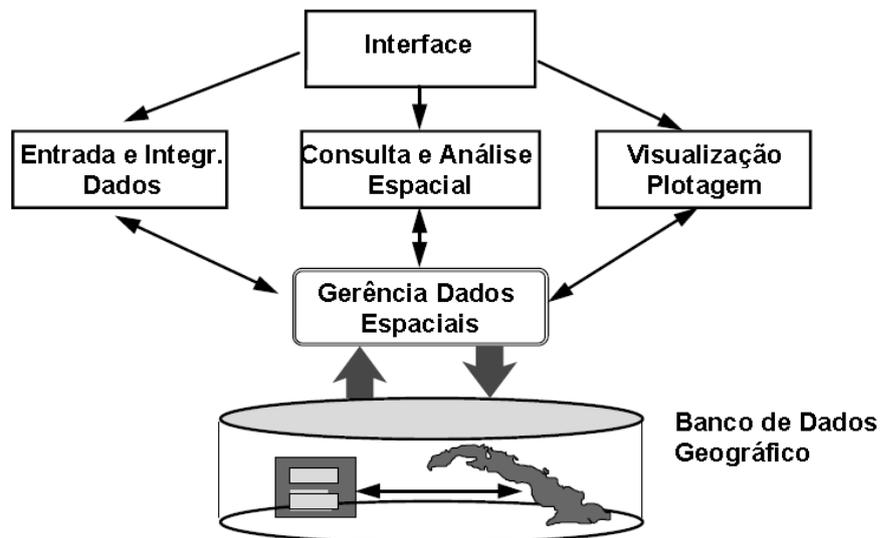
Fonte: adaptado Ferreira Júnior (1997)

4.2 Estrutura geral e funcionalidades dos Sistemas de Informações Geográficas

Um SIG é composto por cinco componentes independentes (Figura 23), porém interligados (CASANOVA, 2005, p. 4; MOREIRA, 2011, p. 207):

- a) interface com usuário;
- b) entrada e integração de dados;
- c) funções de consulta e análise espacial;
- d) visualização e plotagem;
- e) armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos).

Figura 23 - Estrutura geral de um sistema de informação geográfica



Fonte: Casanova (2005)

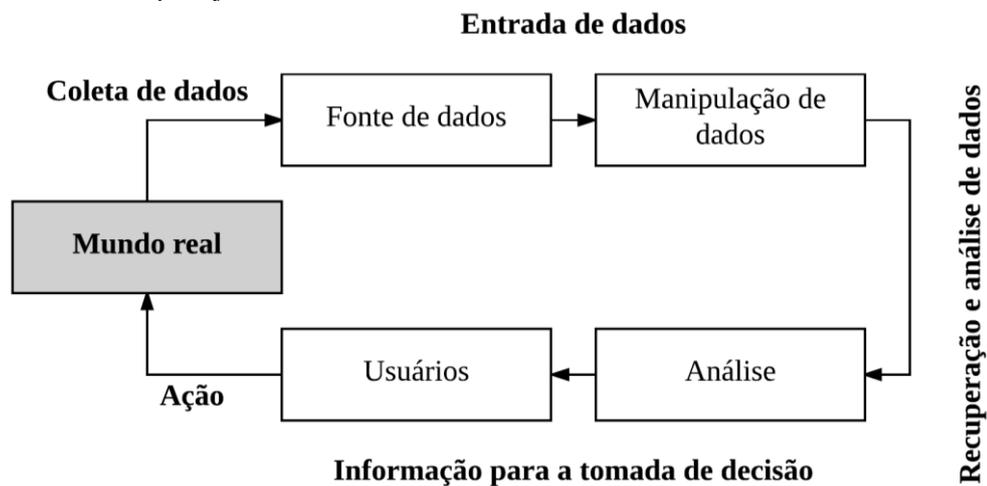
Para Aranoff (1989 *apud* SISGRAPH, 20--, p. 7-8) as atividades de um SIG começam e terminam no mundo real e seu sucesso é obtido em quatro etapas:

- a) conjunto de dados utilizado em SIG: consiste necessariamente de abstrações da realidade, sobre as quais se desenvolve o raciocínio de planejamento, devendo ser coletadas apenas informações relevantes para o projeto;
- b) organização da base de dados: estabelece um sistema simples que permite a entrada, a armazenagem e a recuperação de dados;
- c) modelo conceitual: refere-se as abstrações, generalizações e aproximações que representam um objeto ou fenômeno existente no mundo real. Um bom modelo

- é aquele que prediz o comportamento do mundo real para o fenômeno de interesse, de forma correta e consistente, ajustando-se aos resultados da realidade;
- d) critério de análise: é importante para a tomada de decisão referentes à seleção da melhor dentre as opções de ação sob os aspectos específicos e também para conhecer as consequências decorrente da opção feita, bem como, a determinação de ações preventivas que potencializem as consequências positivas e minimizem as negativas.

Prosseguindo, Aranoff (1989 *apud* SISGRAPH, 20--, p. 7-8) descreve o planejamento de uso do SIG de acordo com a Figura 24.

Figura 24 - Processo de planejamento de um SIG



Fonte: adaptado de SISGRAPH (20--)

4.3 Banco de Dados Geográficos

Um banco de dados é uma coleção de dados relacionados onde os dados são fatos que podem ser gravados e que possuem um significado implícito. Um banco de dados possui as seguintes propriedades implícitas (ELMASRI; NAVATHE, 2005, p. 3):

- representa alguns aspectos do mundo real, sendo chamado, às vezes, de minimundo ou de universo de discurso (UoD), onde as mudanças ocorridas no minimundo são refletidas em um banco de dados;
- é uma coleção lógica e coerente de dados com algum significado inerente. Uma organização de dados ao acaso (randômica) não pode ser corretamente interpretada como um banco de dados;
- é projetado, construído e povoado por dados, atendendo a uma proposta

específica. Possui um grupo de usuários definido e algumas aplicações preconcebidas, de acordo com o interesse desse grupo de usuários.

Além das aplicações tradicionais de bancos de dados (transações bancárias, reserva ou compra de passagens, por exemplo) há ainda outras aplicações inovadoras como:

Os **bancos de dados de multimídia** podem, agora, armazenar figuras, vídeos e mensagens sonoras. Os **sistemas de informações geográficas** (*geographic information systems* — GIS) são capazes de armazenar e analisar mapas, dados do tempo e imagens de satélite. Os **data warehouses** e os *online analytical processing* (OLAP) — processamento analítico on-line — são utilizados em muitas empresas para extrair e analisar as informações úteis dos bancos de dados para a tomada de decisões. (ELMASRI; NAVATHE, 2005, p. 2, grifo do autor)

Dentro do escopo da pesquisa, são necessárias as informações referentes apenas a banco de dados geográficos. Por essa razão o tópico descreverá apenas este modelo.

4.3.1 Modelo de base de dados

A base de dados é classificada de acordo com os tipos de dados a serem vistos pelos usuários. Atualmente, os modelos de dados mais empregados são: modelo hierárquico, modelo em rede, modelo relacional e modelo orientado a objeto (DEMERS, 1997, p. 91; GOMES, [20-]; MOREIRA, 2011, p. 209).

Sayão (2001, p. 89, grifo do autor) explica que os modelos de dados representam a área mais próxima do sistema e de sua realidade interna e classifica o modelo hierárquico, modelo em rede e modelo relacional como representantes tradicionais, pois se caracterizam por enfatizar modelos sintáticos e estruturais dos dados sem, entretanto, considerar o significado dos dados ou relacionamento próprio e lógico entre eles. Contudo, em função da necessidade foi imprescindível desenvolver modelos com maior fidelidade a “complexidade semântica do mundo real da informação”, paradigma da programação orientada a objetos, sendo chamados de “modelos semânticos de dados”.

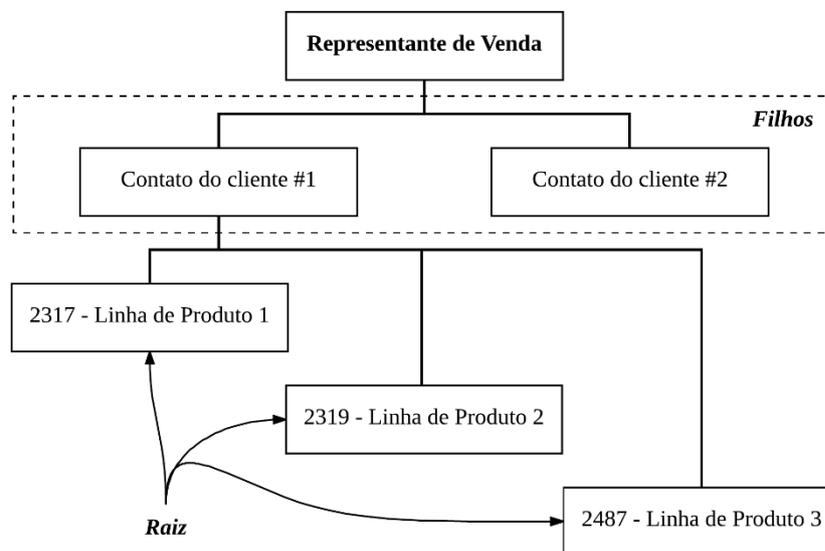
4.3.1.1 Modelo hierárquico

O modelo hierárquico (também chamado de relação pai-filho) representa os dados como estruturas de árvores hierárquicas e cada hierarquia representa um número de registros relacionados (ELMASRI; NAVATHE, 2005, p. 39). É organizado em forma de pirâmide e os registros são agrupados de modo que registros de nível não são mais elevados que outros

registros inferiores, assim como os pais em uma árvore genealógica de família que fica acima das crianças (DEMERS,1997, p. 91; GOMES, [20--]).

Bancos de dados hierárquicos trabalham de cima para baixo, começando pelo topo da pirâmide (Figura 25). Apresenta como vantagem a rapidez de acesso e atualização, devido às ligações previamente definidas e como desvantagem, a inexistência de ligações horizontais. Além disso, são muito rígidos e em alguns projetos a adição de um novo campo ou registro requer que o banco de dados inteiro seja redefinido. Apresenta (GOMES, [20--]).

Figura 25 - Modelo hierárquico

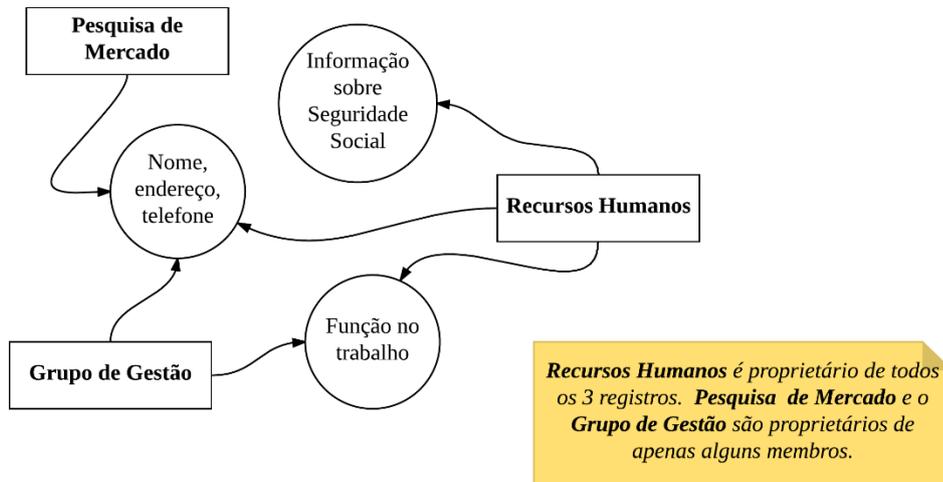


Fonte: adaptado de Gomes ([20--]).

4.3.1.2 Modelo em rede

As diferenças fundamentais entre o modelo hierárquico e o modelo em rede, está na estrutura e na flexibilidade. Enquanto o primeiro trabalha de cima de baixo, o modelo em rede se assemelha a uma teia de aranha ou uma rede interligada e registros (Figura 26), o que implica em maior flexibilidade nas relações. Tem como limitação o número de ligações e a estrutura também devem ser definidas com antecedência (DEMERS, 1997, p. 94; GOMES, [20--]).

Figura 26 - Modelo em rede



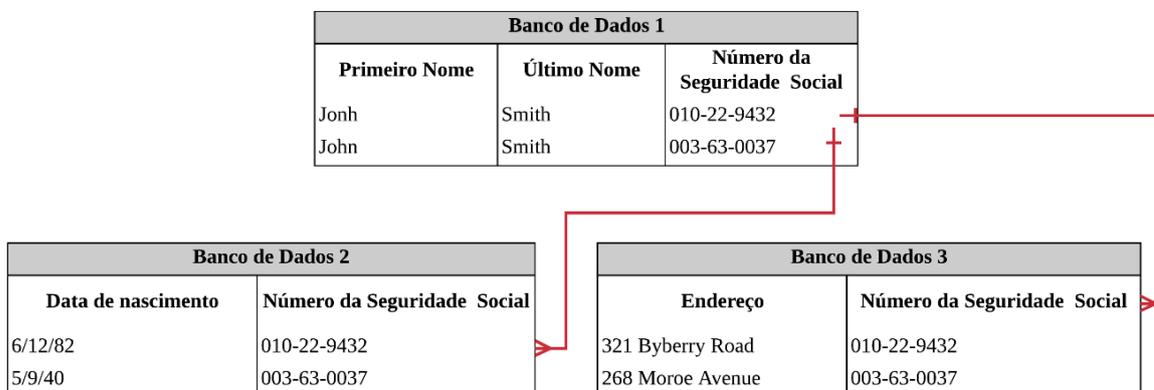
Fonte: adaptado de Gomes ([20--]).

4.3.1.3 Modelo relacional

O modelo relacional apresenta dados como um conjunto de relações baseado em princípios matemáticos, Teoria Matemática dos Conjuntos e Álgebra Relacional (MOREIRA, 2011, p. 210; DEMERS, 1997, p. 95).

Bancos de dados relacionais conectam dados em tabelas diferentes (Figura 27), usando elementos comuns de dados ou um campo chave que identifica cada linha ou registro. Modelos relacionais oferecem flexibilidade estrutural, que permite recuperar conjuntos de dados que não tenham sido previstos antes da concepção (GOMES, [20--]).

Figura 27 - Modelo relacional



Fonte: adaptado Gomes ([20--]).

Moreira (2011, p. 210) afirma que na descrição formal do modelo a preocupação com a semântica, na utilização dos termos:

- tabelas ou relações ou entidades: uma tabela é uma simples estrutura de linhas e

colunas. Num banco de dados relacional, podem existir inúmeras tabelas associadas por meio de regras de relacionamentos;

- b) registros ou tuplas: é a representação de cada linha por uma lista ordenada de colunas. Esse registro é denominado entidade;
- c) colunas ou atributos: as colunas da tabela e os valores que um atributo pode assumir chama-se domínio;
- d) chave: conjunto de um ou mais atributos que determinam a unicidade de cada registro.

4.3.1.4 Modelo orientado a objeto

Os bancos de dados com modelo orientado a objeto começaram a ser desenvolvidos para atender a uma necessidade relacionada ao armazenamento de tipos de dados cada vez mais complexos, de difícil representação no modelo relacional (BOSCARIOLI *et al*, [2006]).

Inicialmente, foram considerados como competidores dos bancos de dados relacionais, pois possuíam estruturas de dados mais gerais e incorporaram muitos paradigmas úteis orientados a objeto, como tipos de dados abstratos, encapsulamento de operações, herança e identidade de objeto, empregado principalmente aplicações especializadas como projetos de engenharia, publicidade multimídia e sistemas para a indústria (ELMASRI; NAVATHE, 2005, p. 16).

Casanova (2005, p. 86) afirma que têm sido largamente utilizados para a modelagem de aplicações geográficas, entretanto, apresentam limitações para a adequada modelagem de aplicações geográficas, já que não possuem primitivas apropriadas para a representação de dados espaciais.

4.3.2 Tipos e características gerais dos dados geográficos

Os dados georreferenciados são caracterizados a partir de três componentes (CÂMARA *et al* 1996, p. 37):

- a) características não-espaciais, descrevendo o fenômeno sendo estudado, tais como o nome e o tipo da variável;
- b) características espaciais, informando a localização espacial do fenômeno, ou seja, seu georreferenciamento, associada a propriedades geométricas e topológicas;
- c) características temporais, identificando o tempo para o qual tais dados são

considerados, isto é, quando foram coletados e sua validade.

Os dados geográficos são representados espacialmente em quatro tipos: modelo numérico do terreno, mapa temático, mapa cadastral e redes. As características de cada modelo são apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Representação espacial dos dados geográfico

Tipo	Características dos dados
Modelo numérico do terreno (MNT)	Modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (x, y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de z, que descrevem a variação contínua da superfície.
Mapa temático	Os dados temáticos descrevem a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, expressa de forma qualitativa, como os mapas de pedologia e a aptidão agrícola de uma região. Podem ser representados por arquivos matriciais ou vetoriais e são obtidos por levantamento de campo.
Mapa cadastral	Cada elemento é um objeto geográfico que possui atributos e pode estar associado a várias representações gráficas. Representa dados quantitativos ou qualitativos e formam um banco de dados alfanumérico associado a uma unidade territorial pré-estabelecida.
Redes	As informações gráficas de redes são armazenadas em coordenadas vetoriais, com topologia arco-nó: os atributos de arcos incluem o sentido de fluxo e os atributos dos nós sua impedância (custo de percorrimto). A topologia de redes constitui um grafo, que armazena informações sobre recursos que fluem entre localizações geográficas distintas.

Fonte: adaptado Moreira (2011) e Casanova *et al* (2005)

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são descritos os materiais e os métodos empregados na dissertação para obtenção dos objetivos propostos.

5.1 Materiais

Os materiais são constituídos por dados primários e aplicativos computacionais.

5.1.1 *Dados primários*

Para obtenção dos dados primários foi realizada uma pesquisa exploratória com o “objetivo de proporcionar maior familiaridade com o problema” (GIL, 2009, p. 41). Os dados primários adquiridos foram informações textuais e tabulares provenientes de órgãos oficiais, assim como aquelas adquiridas através de entrevistas realizadas pela autora nas organizações responsáveis pelas infraestruturas urbanas ofertadas na cidade de Mossoró. São eles:

- a) dados tabulares de caracterização da população em urbana ou rural: Censo Demográfico 2010, produzido e disponibilizado pelo IBGE;
- b) imagens em formato vetorial correspondente à divisão territorial e características físicas e geográficas da área de estudo: produzido e disponibilizado pelo IBGE;
- c) parâmetros mínimos de estruturação da cidade: perfil dos municípios brasileiros 2015, produzido e disponibilizado pelo IBGE;
- d) parâmetro sobre bem-estar urbano: IBEU-Municipal, produzido e disponibilizado pelo Observatório das Metrôpoles;
- e) mapa cadastral da área de estudo: Plano Diretor de Mossoró e imagens em formato vetorial (*shapefiles*) produzidos e disponibilizados pelo IBGE;
- f) dados específicos acerca dos processos internos: entrevistas nas organizações públicas e/ou privadas responsáveis pelas infraestruturas urbanas da área de estudo.

5.1.2 *Equipamentos e aplicativos computacionais*

Os equipamentos aqui utilizados foram destinados à obtenção de dados nos órgãos gestores de infraestruturas por meio de gravação de voz: filmadora *SONY*® modelo DCR-SR45;

notebook *DELL® Inspiron 14 2620* dotado do aplicativo *aTube Catcher 3.8.9149 – Studio Suite – DsNet Corp. 2017* e *Smartphone Samsung Galaxi J5*.

Após a aquisição dos dados, as informações precisaram ser refinadas. Tratamento estatístico e apresentação resumida, através do *Microsoft Office 365 Excel®*, arquivos em formato *raster* e vetorial trabalhados no Sistema de Informação Geográfica *Quantum GIS*, os mapas da área de estudo em formato vetorial (*dwg*) e processados inicialmente no *software Autocad* versão 2014.

5.1.2.1 Excel (versão 2016)

Excel é um programa de planilhas do sistema *Microsoft Office* usado para acompanhar, analisar e organizar dados como ferramenta de auxílio em tomadas de decisões.

Os dados obtidos dos órgãos oficiais foram organizados em planilhas, refinados através de tabulação de dados e apresentados em gráficos para apresentação de características e análise de resultados.

O produto foi utilizado sob a licença de usuário da pesquisadora.

5.1.2.2 Autocad (versão 2014)

O *Autocad* é um *software* de CAD (*computer aided design* ou desenho auxiliado por computador) de propriedade da Autodesk® utilizado para criação e desenvolvimento técnico de projetos de arquitetura e engenharia em duas ou três dimensões, 2D ou 3D, respectivamente. É compatível com os sistemas operacionais *Microsoft Windows* e *Mac OS*.

O *Autocad 2014* foi aplicado para manipulação das informações básicas a serem importadas para o *software* de SIG *Quantum GIS*.

A versão empregada é *Autocad 2014* de 64 bits, sob a licença educacional a qual a pesquisadora é usuária.

5.1.2.3 Quantum Gis (versão 2.18.13 – Las Palmas)

O *software Quantum GIS (QGIS)* é um Sistema de Informação Geográfica *Open Source*, criado em maio de 2002 e estabelecido como *SourceForge*, em junho do mesmo ano; a licença de uso é *GNU General Public Licence (GPL)*.

Foi escolhido como *software* para geoprocessamento porque é multiplataforma, isto é, executado na maioria das plataformas *Linux*, *Windows* e *Mac OS*; apresenta a interface gráfica agradável e fácil de utilizar; está em constante desenvolvimento; é totalmente gratuito e possui muito material de treinamento. Além disso, é compatível com dados *raster*, vetorial, sendo possível incluir um outro formato de dado de forma muito simples.

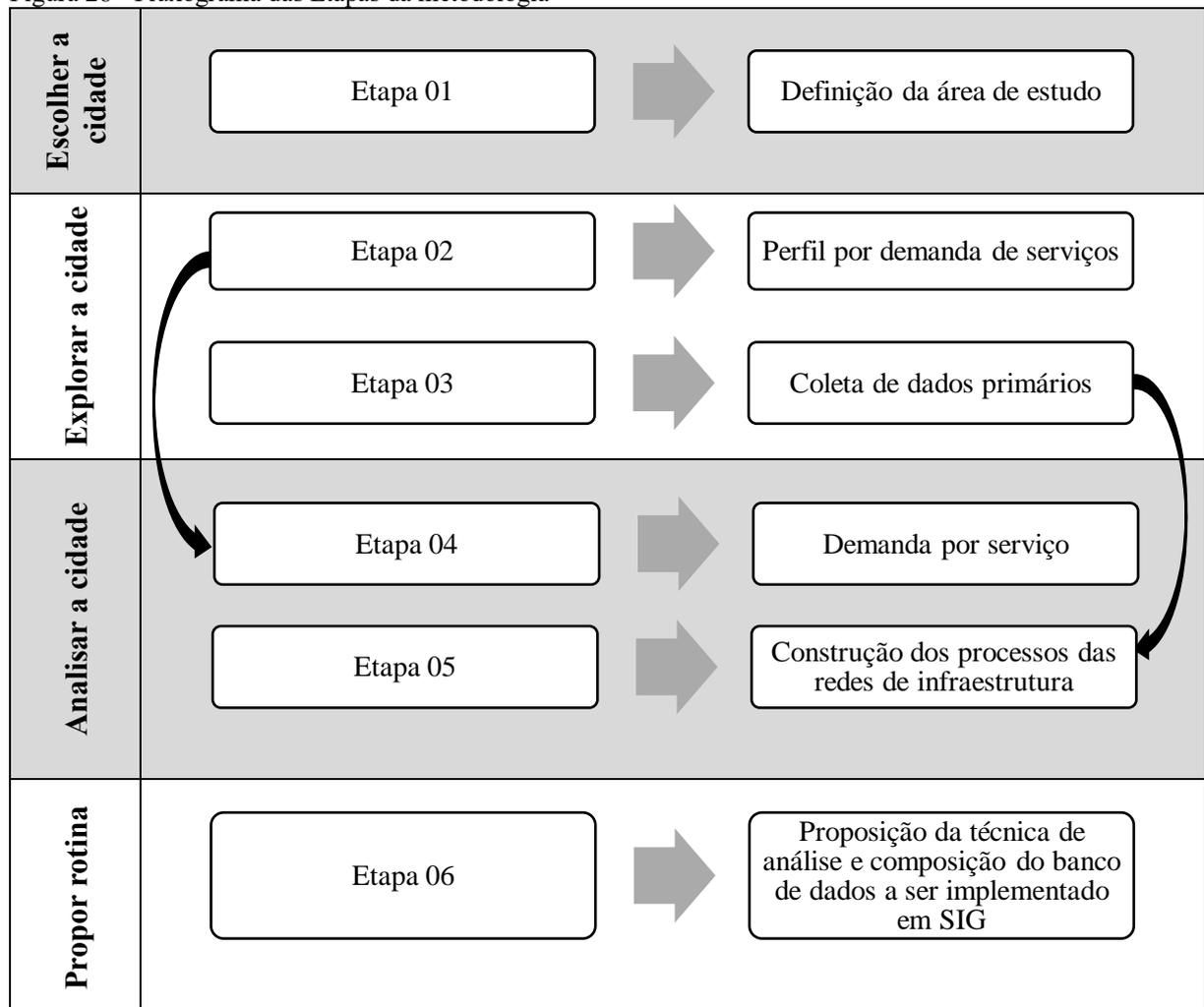
A versão utilizada é *Quantum GIS 2.18.13 – Las Palmas*, sob licença *Open Source*.

5.2 Métodos

O método para desenvolvimento da pesquisa foi construído a partir das seções do protocolo indicadas por Yin (2001, p.89), por ser “uma das melhores formas de aumentar a confiabilidade do estudo de caso” (GIL, 2009, p. 140).

A metodologia aplicada neste estudo foi desenvolvida em seis etapas (Figura 28).

Figura 28 - Fluxograma das Etapas da metodologia

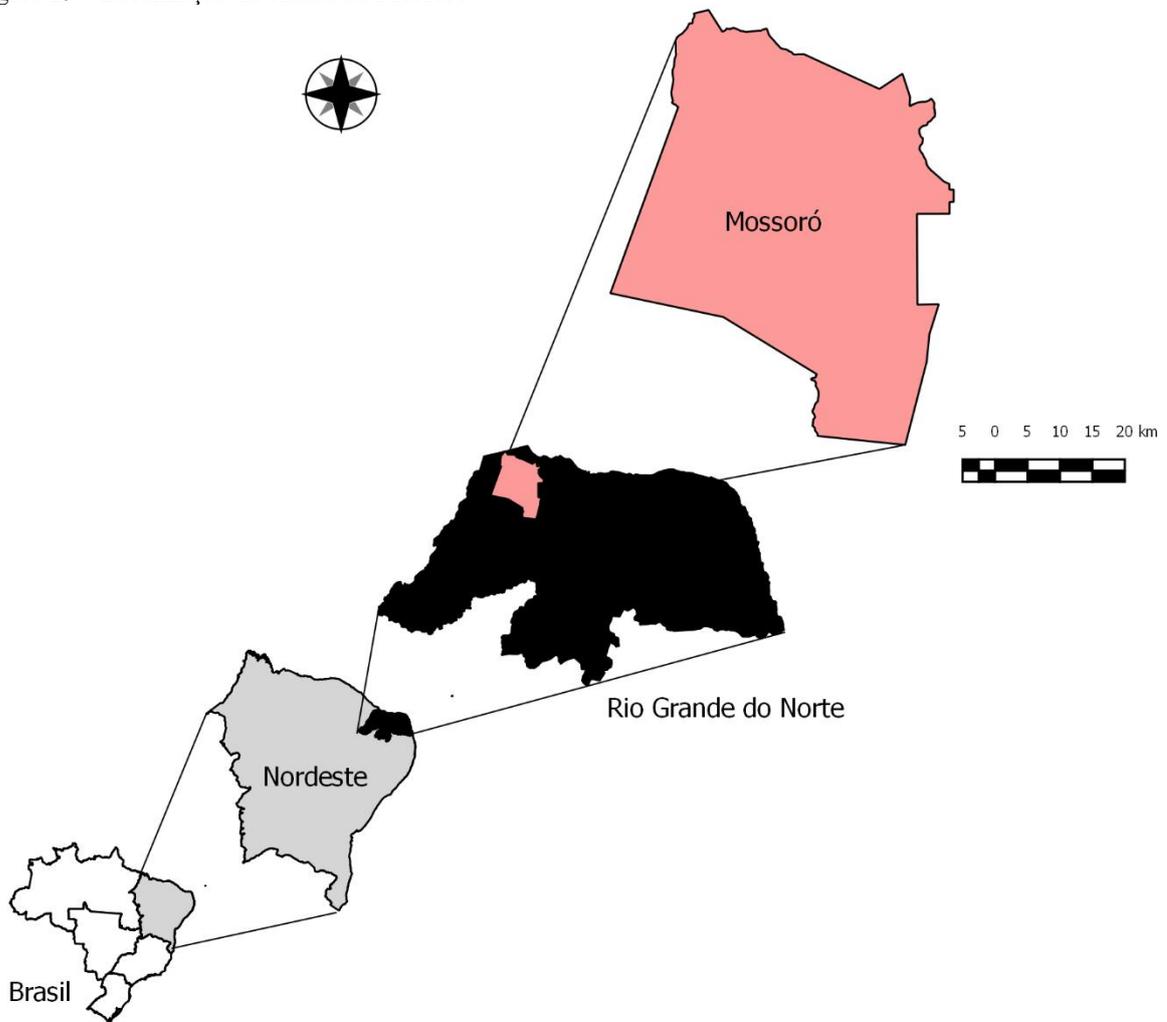


Fonte: elaborada pela autora (2017)

5.2.1 Etapa 01: Definição da área de estudo

A cidade de Mossoró está localizada no interior do Rio Grande do Norte distante 280 km da capital Natal, situado no oeste Potiguar, região nordeste brasileira (Figura 29). É uma das capitais regionais da Rede de influência da Região Metropolitana de Fortaleza, caracterizada pela “capacidade de gestão no nível imediatamente inferior ao das metrópoles, têm área de influência de âmbito regional, sendo referidas como destino, para um conjunto de atividades, por grande número de municípios”, classificada em Capital regional C em virtude da mediana de 250 mil habitantes (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2008, p. 11).

Figura 29 - Localização da cidade de Mossoró



Fonte: elaborada pela autora a partir de imagens em formato vetorial produzido e disponibilizado pelo IBGE (2017)

O panorama da cidade de Mossoró de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017b) é:

- a) população: população e densidade demográfica do último censo (2010), 259.815 e 123,76 hab/km², respectivamente; população estimada em 2017 de 295.619 pessoas;
- b) território e ambiente (2010): área territorial de 2.099,333 km²; 64,6% de domicílios com esgotamento sanitário adequado; 75,5% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização; 4,5% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada, considerando presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio.

A cidade de Mossoró foi escolhida como área de estudo por apresentar a população entre a faixa de 20.000 e 500.000 habitantes, nesta dissertação classificada como cidade média. Além do fator principal de ser uma cidade média, já estabeleceu o plano diretor e é uma cidade importante por ser capital regional C.

5.2.2 Etapa 02: Perfil por demanda de serviços

O perfil por demanda de serviços na cidade de Mossoró foi analisado a partir da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – Munic 2015 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016), onde foram avaliados os seguintes temas:

- a) recursos humanos;
- b) legislação e instrumento de planejamento;
- c) recursos para a gestão;
- d) terceirização e informatização;
- e) gestão ambiental;
- f) articulação interinstitucional.

Após análise dos temas foram propostos pontos importantes a serem incluídos para criação de banco de dados geográfico.

5.2.3 Etapa 03: Coleta de dados primários - Entrevista

As entrevistas foram realizadas com o objetivo de coletar informações sobre o funcionamento das redes de infraestrutura da área de estudo. Os parâmetros considerados para

realização da pesquisa foram: escolha dos órgãos entrevistados, aspectos da coleta de dados e tratamento das informações.

5.2.3.1 Escolha dos órgãos entrevistados

Mossoró conta com serviços de infraestrutura em telefonia móvel e fixa, abastecimento e distribuição de água potável, coleta, transporte e destinação final de esgoto e resíduos sólidos, distribuição de gás natural canalizado, TV e Internet à cabo, Internet via fibra óptica, energia elétrica e drenagem pluvial.

Foram escolhidos três órgãos para realização das entrevistas com base na premissa de que a rede de infraestrutura deveria estar ligada fisicamente a infraestrutura do pavimento, isto é, localizada a nível, entre ou sob as camadas do pavimento, neste caso, representado pelas redes de água, esgoto, gás natural canalizado e drenagem pluvial. Os órgãos gerenciadores de redes de infraestrutura escolhidos foram:

- a) Companhia de Águas e Esgoto do Rio do Norte (CAERN): fundada em 1969, é o órgão público estadual responsável pelo tratamento e distribuição de água potável, coleta e tratamento de esgotos no Estado do Rio Grande do Norte. Atende a quase toda a população Potiguar (com exceção de 15 cidades), através de 165 sistemas de abastecimento de água distribuídos em 153 sedes de municípios e 13 localidades. Em relação ao sistema de esgoto, opera 40 sistemas de esgoto em 39 municípios e 1 localidade (Praia de Pipa) (CAERN, 2017).
- b) Companhia Potiguar de Gás (POTIGÁS): é uma sociedade de economia mista que tem como sócios o Governo do Estado do Rio Grande do Norte e a Petrobras Gás S/A - Gaspetro, é responsável exclusiva pela distribuição de gás canalizado no Estado do Rio Grande do Norte. Foi fundada em novembro de 1993 (Lei Estadual n.º 6502 de 26.11.1993) e suas operações tiveram início em 8 de março de 1995. Atualmente, atua nos segmentos industrial, comercial, cogeração, residencial, gás natural canalizado (GNC) e gás natural veicular (GNV), distribuídos em seis municípios totalizando 19.192 unidades atendidas e fornecimento de 309.047 m³/dia. (POTIGÁS, 2017)
- c) Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos da Prefeitura Municipal de Mossoró (SEDETEMA): é a secretaria responsável pelo: Planejamento, execução e acompanhamento de obras públicas - saneamento, drenagem, equipamentos públicos, pavimentação, etc.; Controle

ambiental e urbanístico - licenciamento ambiental, licenciamento urbanístico, fiscalização e emissão de declarações, etc.; Planejamento e gerenciamento dos serviços de coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos urbanos para o aterro sanitário (informações obtidas através da entrevista).

5.2.3.2 *Aspectos da coleta de dados*

Após escolha dos órgãos entrevistados, foi encaminhado ofício indicando o objetivo da entrevista e como coleta de dados seria utilizada na pesquisa. Cada órgão administrador da rede indicou o(s) entrevistado(s):

- a) CAERN: dois entrevistados, sendo um o responsável técnico pela rede de distribuição de água e o outro, o responsável pela rede de esgotamento sanitário. A entrevista foi realizada no escritório da empresa e ambos os técnicos estavam presentes durante todo o processo.
- b) POTIGÁS: dois entrevistados, sendo um o diretor técnico e outro o responsável técnico pela operação e manutenção da rede. Assim como na CAERN, A entrevista foi realizada no escritório da empresa e ambos os técnicos estavam presentes durante todo o processo.
- c) SEDETEMA: um entrevistado, sendo um dos responsáveis técnicos pelas demandas da secretaria. A entrevista foi conduzida dentro dos escritórios da secretaria.

A coleta de dados foi realizada através de entrevista presencial, conduzida pela pesquisadora, sendo o processo de questionamento e resposta registrado em equipamentos eletrônicos com função de gravação de voz, conforme descrição do item 5.1.2. Equipamentos e aplicativos computacionais.

A entrevista aplicada foi do tipo não-estruturada com perguntas abertas (MARCONI, LAKATOS, 2003, p. 94; 2007, p. 197) na modalidade entrevista clínica (ANDEREGG, 1978, p. 110 *apud* MARCONI, LAKATOS 2007, p. 197).

O Apêndice A (p. 103) foi o instrumento de coleta de dados utilizado durante a entrevista na CAERN composto por 22 perguntas, enquanto o Apêndice B (p. 104) trata do instrumento de coleta de dados aplicado à POTIGÁS, formado por 23 perguntas. O Quadro 9 descreve os grupos de perguntas e os objetivos específicos vinculado a cada grupo.

Quadro 9 - Objetivos específicos das perguntas realizadas com os representantes da CAERN e POTIGÁS

Grupo de perguntas	Objetivo específico do grupo de perguntas
1 e 2	Conhecer as formas de demanda por serviço de instalação e manutenção das redes.
3 e 4	Verificar o tipo de comunicação entre os órgãos e a relação entre os órgãos e a população.
5, 6, 7 e 8	Adquirir conhecimento sobre a normalização empregada e os processos de construção, manutenção e interferência entre os elementos das redes.
9, 10 e 11	Apreciar as técnicas utilizadas para georreferenciamento das redes de infraestrutura.
12 a 21	Analisar os dados utilizados para cadastro e acompanhamento das redes.
22 - CAERN 22 e 23 - POTIGÁS	Compreender como os órgãos cumprem a missão da empresa durante a prestação de serviço à população e ao meio ambiente, por exemplo.

Fonte: elaborado pela autora (2017)

A entrevista conduzida na Secretaria Municipal de Infraestrutura, Meio Ambiente, Urbanismo e Serviços Urbanos da Prefeitura Municipal de Mossoró foi orientada pelo Apêndice C (p. 105) e tem como característica maior amplitude com o objetivo de se conhecer a dimensão de funcionamento e processos dentro da cidade. Foi dividido em quatro dimensões, com número de perguntas e objetivo específico descrito conforme o Quadro 10.

Quadro 10 - Objetivos específicos das perguntas realizadas com o representante SEDETEMA

Dimensão	Nº perguntas	Objetivo específico do grupo de perguntas
Parte I	5	Conhecer a área de atuação da prefeitura e planejamento das atividades.
Parte II	3	Entender como ocorre a comunicação entre as secretarias da prefeitura os demais órgãos gestores de infraestrutura (selecionada) e a comunidade em geral.
Parte III	9	Conhecer as informações técnicas e a normalização sobre as redes de infraestrutura sob a responsabilidade da prefeitura.
Parte IV	13	Identificar quais os processos, <i>softwares</i> e ferramentas de georreferenciamento empregados na gestão das redes.

Fonte: elaborada pela autora (2017)

5.2.3.3 *Tratamento das informações obtidas pelas entrevistas*

Os áudios das entrevistas foram transcritos integralmente.

Todas as informações prestadas durante a entrevista classificaram-se como relevantes, isto é, além das respostas efetivas relativas ao formulário básico, as informações adicionais descritas pelos representantes dos órgãos entrevistados compõem a estrutura do processo de funcionamento das redes básicas de infraestrutura urbana.

Após a transcrição, foram desenvolvidos fluxogramas explicando o processo de cada rede selecionada de infraestrutura urbana da cidade de Mossoró.

5.2.4 Etapa 04: Demanda por serviço

É uma etapa de análise de resultados que verifica a demanda por serviços através da interpretação dos dados obtidos pela Pesquisa de Informações Básicas Municipais – 2015. Nesta situação foi utilizada a pesquisa mais recente realizada em 2015, entretanto, para duplicação do método deve-se utilizar os dados mais recentes, se houver disponível na publicação *online* (<https://munic.ibge.gov.br/index.php>) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

O IBEU-Municipal foi utilizado para corroborar a necessidade por serviço nas dimensões D4 e D5, relativos à oferta de serviços públicos e infraestrutura urbana.

5.2.5 Etapa 05: Construção dos processos das redes de infraestrutura

Etapa de construção e análise dos processos adotados pelas organizações responsáveis por oferta e manutenção das redes de infraestrutura urbana subterrânea e a nível superficial que estão localizadas nas diversas camadas do pavimento.

5.2.6 Etapa 06: Proposição da técnica de análise e criação do banco de dados a ser implementado em SIG

Etapa que objetiva propor uma técnica de análise de informações da cidade com base em dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para auxiliar a previsão por demanda de serviços.

Além disso, possibilita indicar os atributos necessários para composição de banco de dados geográficos para posterior implementação em Sistema de Informação Geográfica a ser empregado como mecanismo de auxílio na tomada de decisão no que se refere à intervenção das redes de infraestruturas subterrâneas localizadas nas diversas camadas do pavimento.

6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo refere-se a apresentação e análise dos resultados das fases por demanda de serviços de infraestrutura a partir de dados oficiais disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e o Observatório das Metrópoles a ser empregado na criação de banco de dados geográficos a posterior implementação em Sistema de Informação Geográfica.

6.1 Fase: analisar a cidade

A fase de “Analisar a cidade” é composta pelas Etapas 04 (demanda por serviço) e 05 (construção dos processos das redes de infraestrutura) que são resultados das Etapas 02 (perfil por demanda de serviços) e 03 (coleta de dados primários), respectivamente.

6.1.1 *Resultados da Pesquisa de Informações Básicas do Município – Munic 2015*

Neste item são descritos os resultados da cidade de Mossoró na Munic 2015 e sugeridas alguns ajustes para criação de banco de dados geográficos a ser implantado em SIG para gerenciamento integrado de redes de infraestrutura.

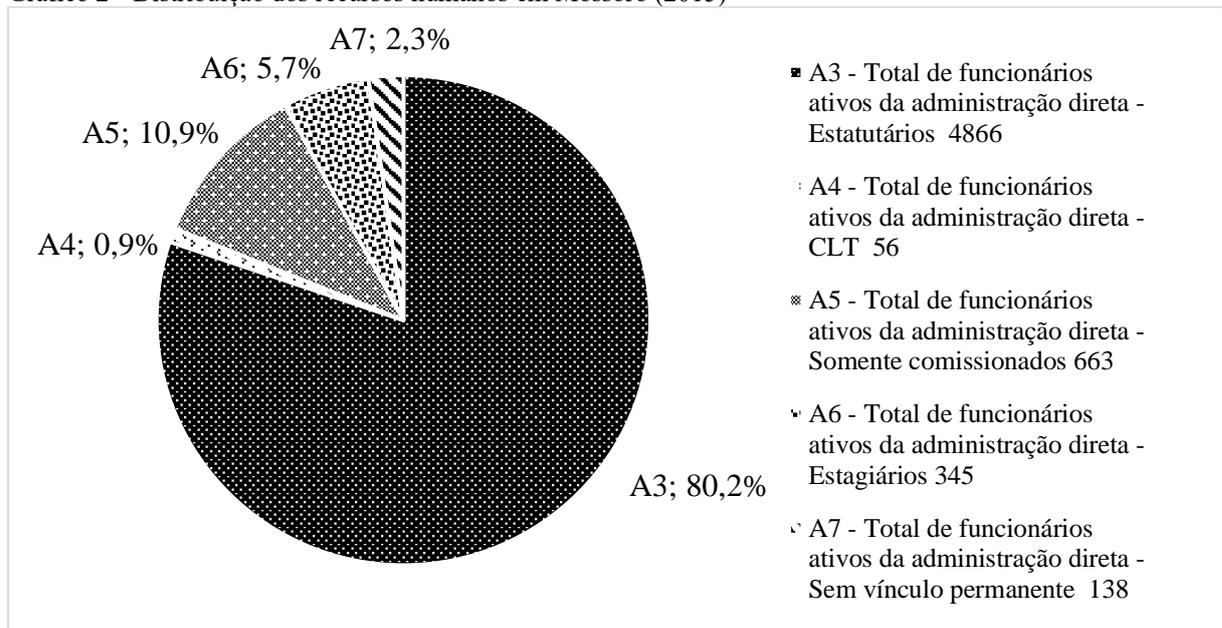
Os resultados obtidos são vinculados aos temas avaliados relativos a recursos humanos, legislação e instrumento de planejamento, recursos para a gestão, terceirização e informatização, gestão ambiental e articulação interinstitucional.

6.1.1.1 *Recursos humanos*

Em 2015, a Prefeitura de Mossoró contava com 6.068 funcionários distribuídos conforme Gráfico 2.

A forma de apresentação do resultado da pesquisa não permite apreciar a distribuição dos funcionários nas diversas secretarias e setores da prefeitura, entretanto, apresenta relevância sobre a quantidade de servidores que permitem continuidade das atividades mesmo com mudanças de gestão em função das eleições municipais.

Gráfico 2 - Distribuição dos recursos humanos em Mossoró (2015)



Fonte: adaptado Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016)

6.1.1.2 *Legislação e instrumento de planejamento*

O Quadro 11 fornece as informações dos instrumentos de planejamento e sua existência. Uma das limitações no uso das legislações específicas é o difícil acesso às informações. Muitas legislações ainda estão arquivadas fisicamente em setores da Câmara Municipal.

Para criação do banco de dados geográficos integrado sugere-se a disponibilização da legislação em mecanismos de fácil acesso, como por exemplo, a página da Prefeitura de Mossoró ou da Câmara Municipal.

Quadro 11 - Instrumentos de planejamento Mossoró (2015)

Código IBGE	Descrição do instrumento	Existência
A21	Legislação sobre área e/ou zona especial de interesse social	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A23	Legislação sobre zona e/ou área de especial interesse	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A25	Lei de perímetro urbano	Sim, com legislação específica
A27	Legislação sobre parcelamento do solo	Sim, com legislação específica
A29	Legislação sobre zoneamento ou uso e ocupação do solo	Sim, com legislação específica
A31	Legislação sobre solo criado ou outorga onerosa do direito de construir	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A33	Legislação sobre contribuição de melhoria	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A35	Legislação sobre operação urbana consorciada	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A37	Legislação sobre estudo de impacto de vizinhança	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A39	Código de obras	Sim, com legislação específica
A41	Legislação sobre zoneamento ambiental ou zoneamento ecológico-econômico	Não
A43	Legislação sobre servidão administrativa	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A45	Legislação sobre tombamento	Sim, com legislação específica
A47	Legislação sobre unidade de conservação	Sim, com legislação específica
A49	Legislação sobre concessão de uso especial para fins de moradia	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A51	Legislação sobre usucapião especial de imóvel urbano	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A53	Legislação sobre direito de superfície	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A55	Legislação sobre regularização fundiária	Sim, como parte integrante do Plano Diretor
A57	Legislação sobre a legitimação de posse	Não
A59	Legislação sobre estudo prévio de impacto ambiental	Sim, com legislação específica

Fonte: adaptado Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016)

6.1.1.3 Recursos para a gestão

Dentre os recursos para a gestão pesquisados pela Munic 2015, foram considerados relevantes para a infraestrutura física apenas o que se refere ao cadastro imobiliário.

A cidade possui cadastro imobiliário para captação de recursos através da cobrança do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) informatizado e com última atualização em 1993.

O banco de dados geográficos integrado do sistema viário com as infraestruturas subterrâneas é essencial para atualização do IPTU, pois estas informações são utilizadas no cálculo do imposto. Quanto mais atualizada e precisa a informação, mais efetiva será a composição do valor do imposto por imóvel.

6.1.1.4 Terceirização e informatização

Em relação aos itens pesquisados pela Munic 2015 são:

- a) cadastro e/ou banco de dados de saúde;
- b) cadastro e/ou banco de dados de educação;
- c) cadastro e/ou banco de dados de patrimônio;
- d) controle da execução orçamentária;
- e) folha de pagamento;
- f) cadastro e/ou banco de dados de funcionários.

Na cidade de Mossoró apenas as atividades de folha de pagamento e cadastro e/ou banco de dados de funcionários eram informatizadas, considerando a data de referência da pesquisa (2015).

O banco de dados geográficos das infraestruturas pode ser integrado com outros cadastros e as informações integradas serão utilizadas como análise multicritério para a tomada de decisão na cidade.

6.1.1.5 Gestão ambiental

O Quadro 12 indica a existência de recursos para a gestão pesquisados pela Munic 2015.

Quadro 12 - Existência de recursos para a gestão de Mossoró (2015)

Código IBGE	Descrição dos recursos para gestão ambiental	Existência
A140	Base cartográfica digitalizada	Não
A141	Sistema de Informação Geográfica	Não
A142	O município iniciou o processo de elaboração da Agenda 21 Local	Sim
A145	O município realiza licenciamento ambiental	Sim
A150	O município implantou o Cadastro Ambiental Rural - CAR	Não

Fonte: adaptado Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2016)

Como é possível verificar a cidade de Mossoró não possui base cartográfica digitalizada e sistema de informação geográfica para a gestão ambiental ou no setor de infraestrutura (conforme confirmação de entrevista realizada na SEDETEMA).

A utilização de um sistema de informação geográfica e uma base cartográfica digitalizada e atualizada são parâmetros essenciais para a tomada de decisão em qualquer segmento da cidade, que vão ao encontro da necessidade de criação de um banco de dados geográficos a ser implementado.

Um ponto fundamental é que o SIG adotado seja *Open Source* para garantir o acesso às informações sem custos com licenças como aquelas aplicadas pelos *softwares* corporativos.

6.1.1.6 *Articulação interinstitucional*

A cidade de Mossoró não apresenta nenhum tipo de cooperação horizontal ou vertical nos seguimentos pesquisados pelo Munic (2015):

- a) educação;
- b) saúde;
- c) assistência e desenvolvimento social;
- d) turismo;
- e) cultura;
- f) habitação;
- g) meio ambiente;
- h) transporte;
- i) desenvolvimento urbano;
- j) saneamento básico;
- k) gestão das águas;
- l) manejo de resíduos sólidos.

Na implantação de um banco de dados geográficos é importante conhecer essas parcerias de cooperação horizontal e vertical com o objetivo de utilizar todos os parâmetros exigidos e necessários para o sucesso desta colaboração.

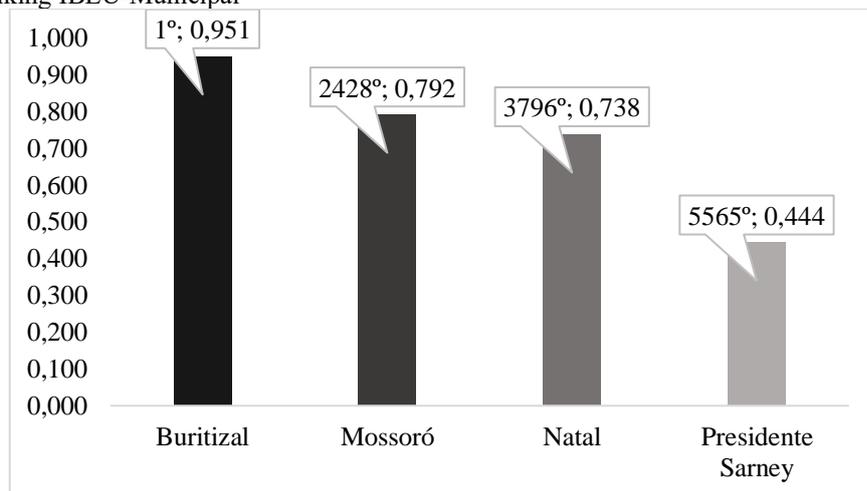
Como a cidade de Mossoró não possui este tipo de vinculação, serão empregadas as informações constantes apenas nos programas municipais disponibilizados.

6.1.2 IBEU-Municipal de Mossoró

Dentre as 5565 cidades pesquisadas, Mossoró ocupa a 2428ª posição do *ranking* do IBEU-Municipal (Gráfico 3). O Gráfico 4 apresenta a comparação entre o IBEU-Municipal da cidade de Mossoró e de Natal, capital do Rio Grande do Norte. A cidade de Mossoró exibe melhores índices nas dimensões pesquisadas pelo IBEU-Municipal do que a capital, inclusive o IBEU médio, que é de 0,792 e 0,738, respectivamente.

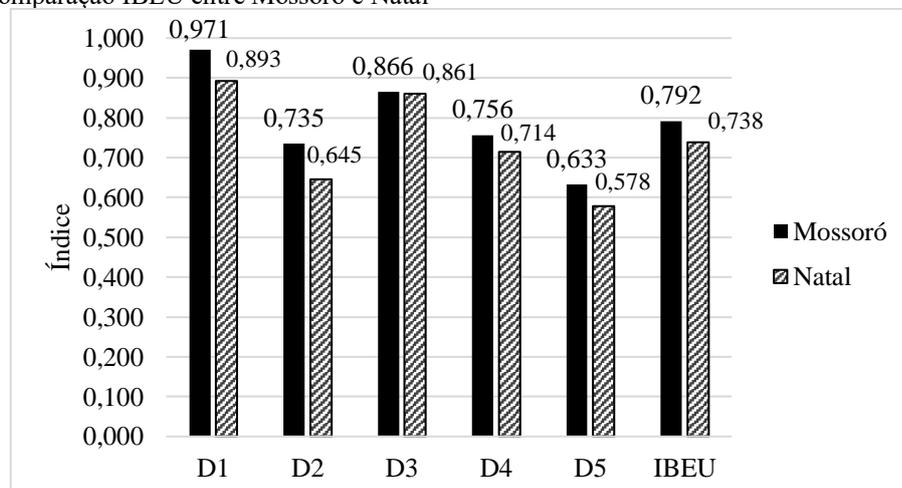
Apesar de possuir um índice médio, Mossoró proporciona infraestrutura urbana (D5) com valor de 0,633, isto é ruim, seguindo a tendência da situação de bem-estar dentro do país, localizada entre 91,5% dos municípios que estão em níveis ruins e muito ruins de bem-estar urbano. Portanto, uma área carente que precisa de investimento e cuidados.

Gráfico 3 - Ranking IBEU-Municipal



Fonte: adaptado Ribeiro e Ribeiro (2016)

Gráfico 4 - Comparação IBEU entre Mossoró e Natal



Fonte: adaptado Ribeiro e Ribeiro (2016)

6.2 Infraestruturas físicas disponíveis na cidade de Mossoró

O Quadro 13 relaciona os serviços de infraestrutura física prestados pela cidade de Mossoró, as organizações públicas e privadas responsáveis e a área de abrangência.

Quadro 13 - Serviços de infraestrutura disponíveis na cidade de Mossoró

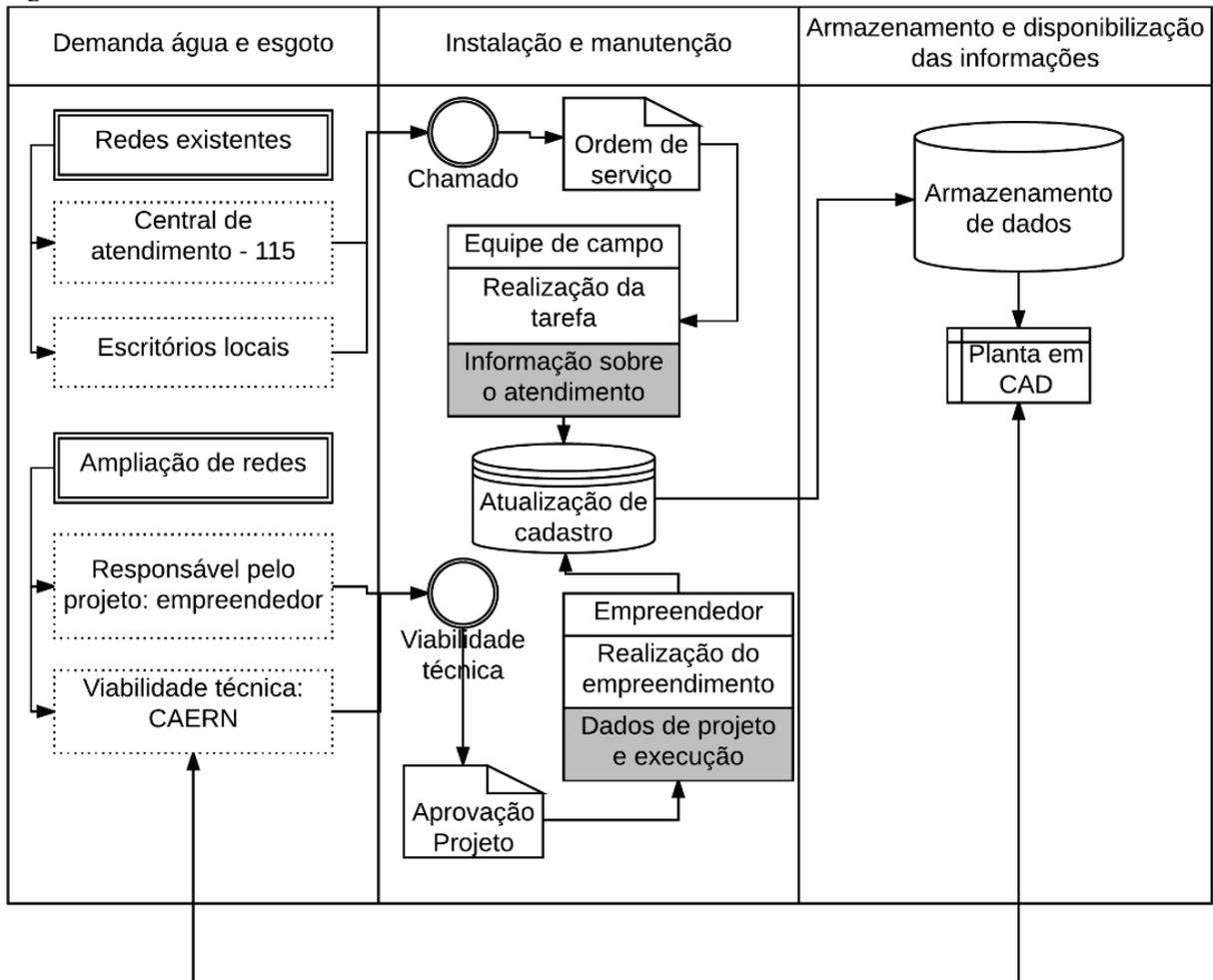
Serviço	Responsável	Área de abrangência
Captação, adução, tratamento e distribuição de água potável	Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN)	Sem informação
Coleta, transporte, tratamento e disposição final de esgoto sanitário	Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN)	Sem informação
Coleta e disposição final de resíduos sólidos	Prefeitura de Mossoró através de contrato com empresa terceirizada	Sem informação
Infraestrutura viária	Prefeitura de Mossoró através de contrato com empresa terceirizada ou equipe própria para serviços emergenciais	Plano Diretor (Mapa 02 – Sistema viário)
Rede de drenagem urbana	Prefeitura de Mossoró através de contrato com empresa terceirizada ou equipe própria para serviços emergenciais	Sem informação
Distribuição de gás natural canalizado	Companhia Potiguar de Gás (POTIGÁS)	Mapa da rede disponível em POTIGÁS (2017)
Distribuição de energia elétrica	Companhia de Energética do Rio Grande do Norte (Cosern)	Sem informação
TV a cabo	TV a cabo Mossoró (TCM), Brisagnet, Claro, etc	Sem informação.
Internet	TV a cabo Mossoró (TCM), Brisagnet, Claro, etc	Sem informação
Telefonia móvel e fixa	Empresas privadas: Tim, Claro, Oi, Vivo.	Sem informação

Fonte: elaborada pela autora a partir das entrevistas (2017)

6.2.1 Rede de água e esgoto da cidade de Mossoró sob a responsabilidade da CAERN

Após tratamento das informações da entrevista foi obtido o fluxo de atividades da CAERN apresentado na Figura 30.

Figura 30 - Fluxo de atividades CAERN



Fonte: elaborada pela autora a partir da entrevista da CAERN (2017)

6.2.1.1 Demanda por água e esgoto

Existem duas formas de demanda por serviços água e esgoto, a primeira diz respeito às redes existentes e a segunda para ampliação.

A empresa dispõe de dois canais de comunicação, o *call center* através do número 115 ou dos telefones nos escritórios locais. Esses canais são utilizados para as diversas unidades da empresa (consumidores, comercial, água, esgoto); quando o cliente entra em contato, a central seleciona a unidade e encaminha para o setor responsável. Os chamados direcionados aos setores responsáveis pelas redes de água ou esgoto, possuem como principais solicitações:

- rede de esgoto: obstrução, vazamento, tampas de poço de visita;
- rede de água potável: vazamento e falta de abastecimento de água.

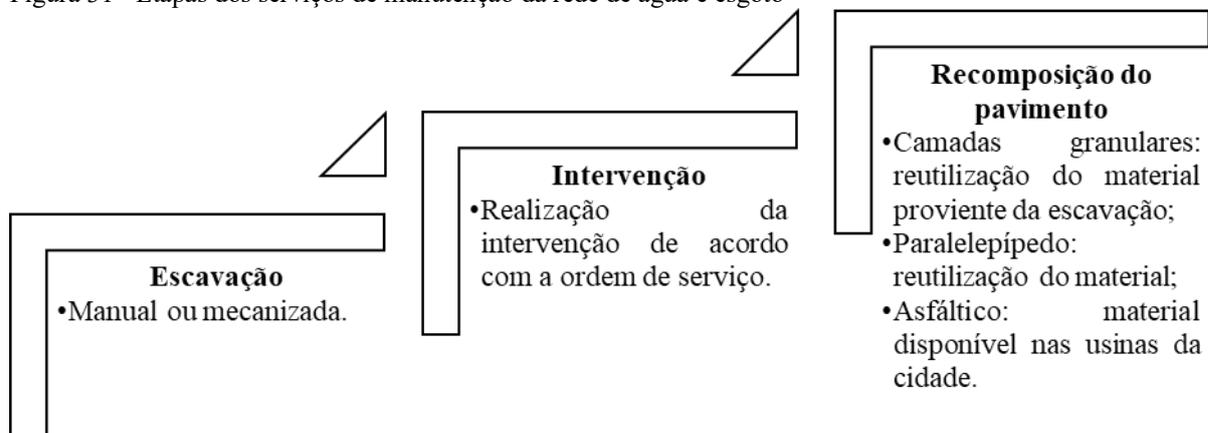
A ampliação das redes é relacionada ao crescimento do espaço urbano, através de implantação de novos loteamentos. Neste caso, o empreendedor é responsável pelo projeto e implantação das redes.

6.2.1.2 Instalação e manutenção das redes de água e esgoto

A solicitação de serviços é registrada em *software* específico onde é aberto um chamado e posteriormente, gerada uma ordem de serviço que é encaminhada a equipe técnica para resolver o problema. Após a solução do problema, a equipe informa que o serviço foi atendido e é realizada a baixa na ordem de serviço.

A manutenção nas redes de água e esgoto é realizada conforme etapas dos serviços de manutenção descritos na Figura 31.

Figura 31 - Etapas dos serviços de manutenção da rede de água e esgoto



Fonte: elaborado pela autora a partir dos resultados da entrevista com a CAERN (2017)

Atualmente, para realização da manutenção das redes, a CAERN não precisa notificar a prefeitura sobre a intervenção na via, medida definida e adotada após reunião. Antes, a comunicação era realizada através de ofício e demorava em torno de dois dias.

Na situação de interferência com a rede de gás, a POTIGÁS é acionada e a equipe de emergência vai até o local e faz as devidas intervenções.

Para ampliação das redes, os empreendedores deverão encaminhar os projetos ao setor de engenharia da CAERN, que averigua a viabilidade técnica do empreendimento em relação às redes de água e esgoto. Depois de atendidas todas as condicionantes, o projeto é então aprovado e a rede de água ou esgoto liberada para construção.

A construção e o acompanhamento das obras de implantação das redes de água e esgoto são responsabilidade do empreendedor e a CAERN atua como órgão fiscalizador.

6.2.1.3 Armazenamento e disponibilização das informações das redes de água e esgoto

Atualmente, a CAERN está atualizando o cadastro de clientes, entretanto, não

possui sistema de informação geográfica para cadastramento dos dados geográficos das redes, incluindo atualização cadastral de manutenção ou ampliação.

A CAERN não possui banco de dados para cadastro e armazenamento das redes de água e esgoto, utilizando arquivos vetoriais em *softwares* de CAD ou em mapas físicos.

6.2.2 Rede de gás natural canalizado em Mossoró sob a responsabilidade da POTIGÁS

Como resultado da análise da entrevista foi obtido o fluxo das atividades para fornecimento de gás natural na cidade de Mossoró apresentado na Figura 32.

6.2.2.1 Demanda por gás natural canalizado

A demanda por gás natural canalizado ocorre através de dois processos, sendo o primeiro para implantação de rede nova e o segundo, para os locais onde as redes já são existentes.

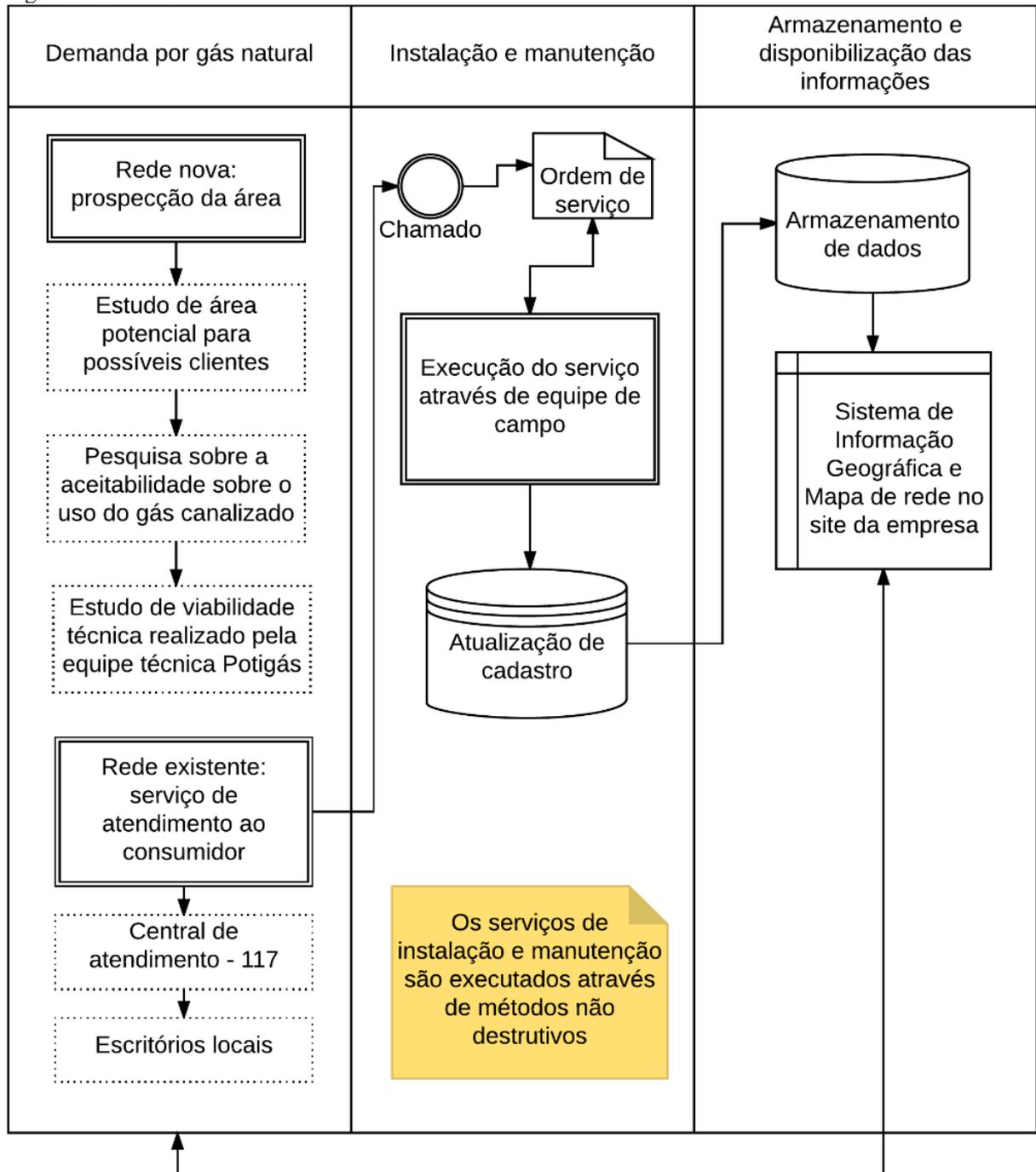
Para implantação de nova rede de gás natural canalizado a equipe da POTIGÁS realiza uma prospecção da área para identificar os clientes em potencial, sejam eles do seguimento residencial, comercial ou industrial. Na cidade de Mossoró, a tendência de expansão das redes é para abastecimento de consumidores residenciais e comerciais, visto que a cidade não possui economia de característica industrial.

Como uma das etapas de prospecção de área, a equipe realiza uma pesquisa sobre a aceitabilidade do uso de gás natural por parte dos clientes potenciais. Algo importante nesta fase é explicar como é realizada a instalação do gás natural, quais as adaptações na edificação e nos equipamentos são necessárias, explicam sobre a economia e a segurança que o uso de gás natural canalizado apresenta em comparação ao gás liquefeito de petróleo (GLP).

Posteriormente, com uma avaliação positiva da aceitabilidade do uso do gás natural canalizado, a equipe realiza o estudo de viabilidade técnica que se confirmada, é transformado em projeto de rede nova.

Após os estudos e com a tubulação principal instalada, uma equipe de negócios e *marketing* entra em ação para divulgar que a região já conta rede de gás canalizado e informa aos possíveis clientes os canais de comunicação (117 e escritórios locais) para adquirir o serviço.

Figura 32 - Fluxo de atividades POTIGÁS



Fonte: elaborada pela autora a partir da entrevista com a POTIGÁS (2017)

6.2.2.2 Instalação e manutenção da rede de gás natural canalizado

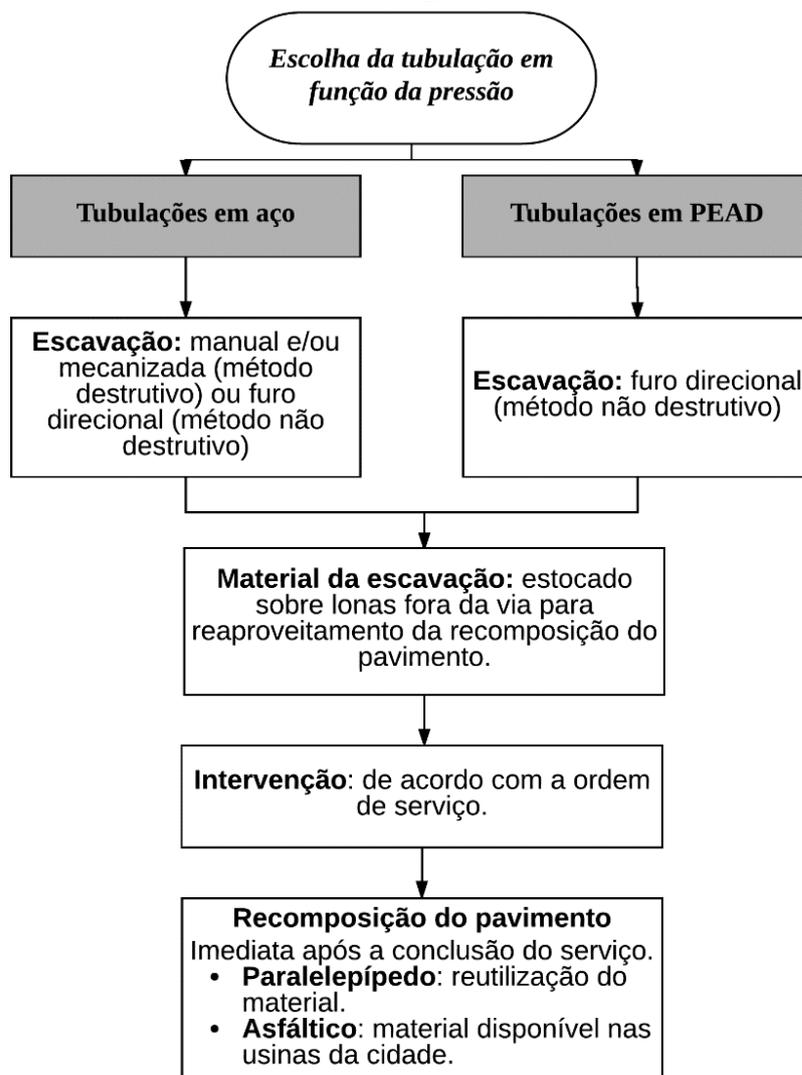
As solicitações para instalação e manutenção da rede de gás natural ocorrem através dos canais de comunicação: 117 (central de atendimento e plantão de emergência) e escritórios locais.

No primeiro caso, o cliente solicita a ligação da rede de gás natural à edificação. É aberto um chamado, a equipe informa as diretrizes para que o proprietário possa fazer as adaptações da edificação e posteriormente atividade é realizada.

A segunda forma de atendimento é utilizada para solicitação de manutenção na rede. Quando o cliente verifica algum problema, como pressão insuficiente por exemplo, utiliza um dos canais de comunicação e é aberto um chamado no sistema interno da empresa. A partir do chamado é aberta uma ordem de serviço que é repassada para a equipe de campo. Após o atendimento, a equipe informa a situação do atendimento que é armazenada dentro do sistema interno da empresa.

As redes de gás natural canalizado de alta pressão são executadas em aço e as redes de média e baixa pressão construídas em polietileno de alta densidade (PEAD) (Figura 33).

Figura 33 - Etapas de instalação e manutenção da rede de gás natural canalizado



Fonte: elaborada pela autora a partir da entrevista com a POTIGÁS (2017)

6.2.2.3 O programa de operação e manutenção da rede de distribuição e estações de gás natural da POTIGÁS

A POTIGÁS possui um programa de operação, manutenção e patrulhamento da rede e das estações. O programa tem periodicidade anual e tem como requisitos, por exemplo:

- a) programação de limpeza;
- b) programação de pintura;
- c) programação de inspeção e manutenção preventiva dos componentes;
- d) programação de testes.

Ainda como requisito do programa de operação e manutenção há um item denominado patrulhamento, que é ronda realizada na rede e nas estações por equipe técnica de campo, com o objetivo de verificar a integridade das instalações e prevenir possíveis interrupções no fornecimento de gás. Durante a ronda são observados no setor pontos como realização de obras, escavações e acúmulo de lixo. Há uma preocupação acentuada referente ao acúmulo de lixo, isto porque a população apresenta uma tendência a queimar lixo e caso isto aconteça próximo às tubulações de PEAD, a mesma é danificada por conta da elevação de temperatura e conseqüentemente, pode advir um problema relacionado à segurança, como incêndio, interrupção do fornecimento de gás e dano à rede e às instalações.

Há ainda o programa Guardiã da Rede, são pessoas chaves, representantes do cliente, por exemplo vigilantes e porteiros, que entram em contato com a empresa para comunicar qualquer atividade anormal na rede, como escavações manuais ou mecanizadas, depósito de entulho ou lixo. Após a comunicação, a equipe de campo vai até o local, averigua a situação e toma as medidas necessárias para garantir a continuidade do fornecimento do gás e segurança na rede.

Dentro da programação anual há índices relacionados ao número de ações corretivas nas instalações, definindo valores específicos para redes construídas em aço e em PEAD. Na situação de ser atingido o limite de atendimentos corretivos, é realizada uma reunião de análise crítica para propor uma solução definitiva para o problema.

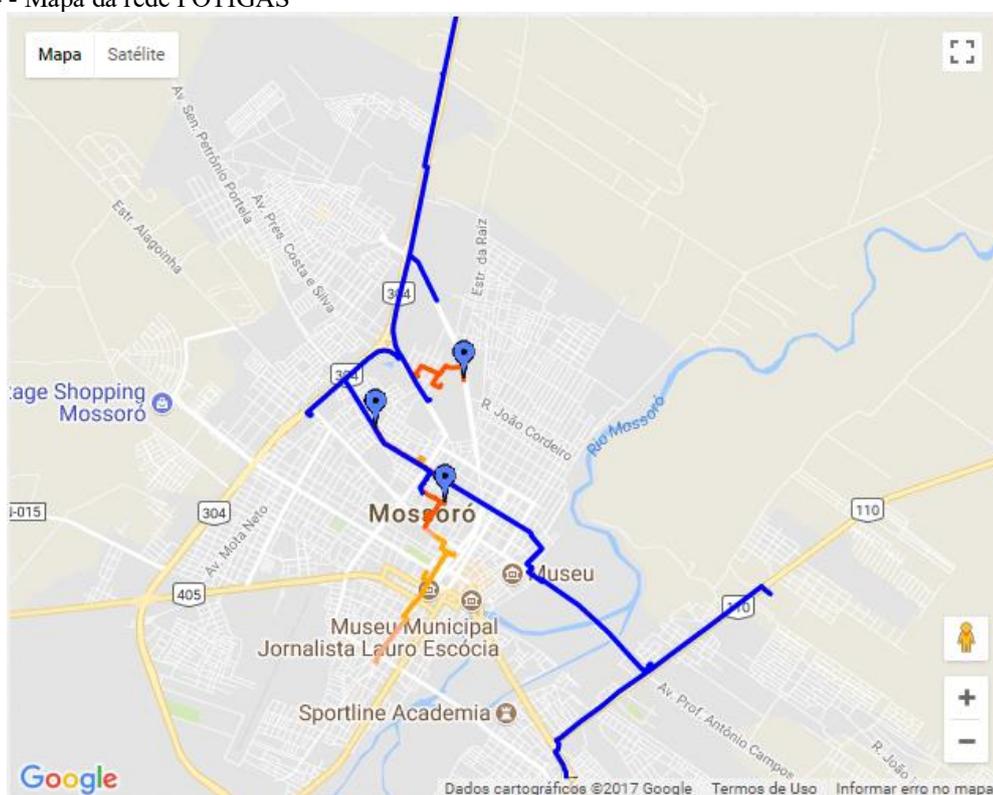
Atualmente, as estações da POTIGÁS são classificadas em boas (42%) ou excelentes (58%), resultado do programa anual de operação, manutenção e patrulhamento.

6.2.2.4 Armazenamento e disponibilização das informações

A POTIGÁS possui *softwares* específicos para armazenamento e monitoramento das informações. Há uma equipe técnica responsável pela alimentação, atualização e monitoramento das informações que são disponibilizadas apenas para a gerência, pois conta com informações técnicas, financeiras e estratégias de negócios.

Entretanto, a empresa disponibiliza em sua página eletrônica o mapa da rede (Figura 34) mostrando a localização e o tipo de rede, sendo o azul para aço e demais tonalidades para rede em PEAD.

Figura 34 - Mapa da rede POTIGÁS



Fonte: POTIGÁS (2017)

6.2.2.5 O processo de comunicação da POTIGÁS

A POTIGÁS tem uma preocupação muito acentuada em relação a segurança e qualidade no fornecimento dos serviços e por esta razão investe em comunicação com a comunidade, com a CAERN e a Prefeitura de Mossoró.

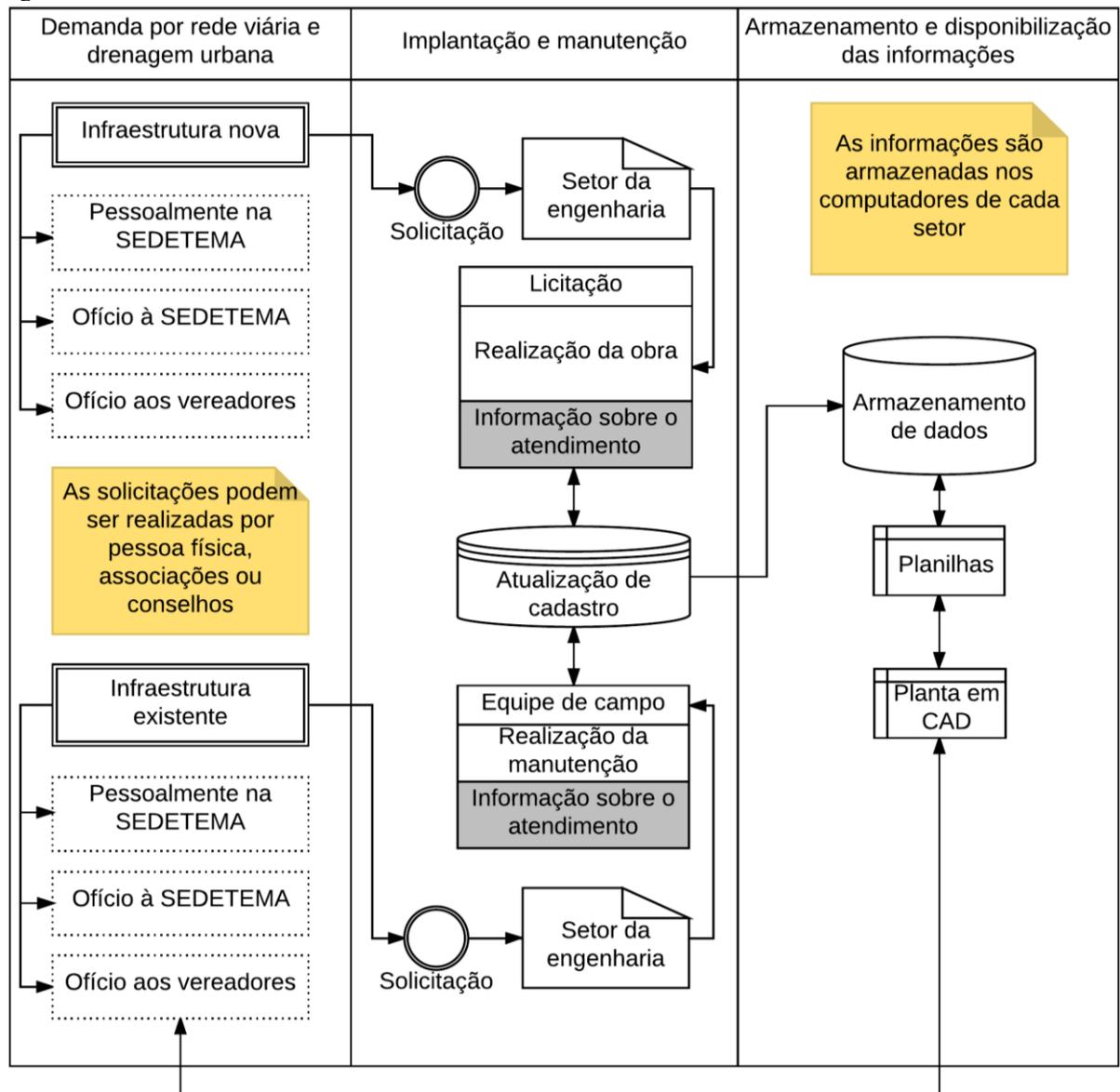
São promovidos encontros e treinamentos com a comunidade onde a POTIGÁS explica o que é a rede de gás, fala sobre a segurança e como agir em caso de dúvida ou sinistro.

Para a CAERN e a Prefeitura de Mossoró também são promovidos reuniões e treinamentos com enfoque técnico: localização e profundidade das redes, identificação, mecanismos de proteção das redes e como agir em caso de dúvida ou sinistro.

6.2.3 Rede viária e drenagem pluvial da cidade de Mossoró sob a responsabilidade da SEDETEMA

Como resultado da análise da entrevista foi obtido o fluxo das atividades da rede viária e de drenagem pluvial da cidade de Mossoró apresentado na Figura 35.

Figura 35 - Fluxo de atividades da SEDETEMA



Fonte: elaborada pela autora a partir da entrevista com a SEDETEMA (2017)

6.2.3.1 Demanda por infraestrutura: rede viária e drenagem urbana

A demanda pelos serviços referente às infraestruturas da rede viária e drenagem urbana é realizada através da solicitação da população, pessoalmente ou por meio de ofícios direcionados à SEDETEMA ou aos vereadores. Os ofícios podem ser encaminhados por pessoa física, mas é aconselhado que seja feito por associações ou conselhos.

Nas reuniões de planejamento são verificadas as demandas e definidas as prioridades, seja para implantação ou manutenção das infraestruturas.

Em referência aos conselhos, a Prefeitura de Mossoró disponibiliza o instrumento de fortalecimento aos cidadãos chamado Casas dos Conselhos, composto por 13 conselhos. Entretanto, não foi encontrado conselho que trate sobre infraestruturas físicas (água, esgoto, drenagem urbana e pavimentação).

6.2.3.2 Implantação manutenção da rede viária e drenagem urbana

As solicitações de infraestruturas novas ou manutenção das redes existentes são encaminhadas ao setor de engenharia.

Para implantação das infraestruturas novas, como a rede viária, a solicitação é encaminhada ao setor de engenharia, que realiza o estudo e o serviço deve ser licitado e executado por empresa de engenharia especializada. Atualmente, a rede viária só é executada após a instalação da rede de água potável e esgotamento sanitário.

Em se tratando de pequenos reparos no pavimento, a prefeitura dispõe de equipe própria para realização dos serviços.

6.2.3.3 Armazenamento e disponibilização das informações

Atualmente, a secretaria não dispõe de banco de dados para armazenamento das informações. Os arquivos são armazenados nos computadores dos próprios setores.

Está sendo implantada a atualização cadastral as informações referentes ao IPTU realizado por empresa de consultoria privada, entretanto, ainda não há informação sobre como se dará o processo após cadastramento, treinamento (já realizado em alguns setores) e atualização do sistema, assim como que tipo de informações e setores serão envolvidos.

6.2.3.4 O processo de comunicação SEDETEMA

Como a SEDETEMA não possui um banco de dados com os dados sobre os diversos setores, para aquisição de informações é necessário recorrer aos funcionários mais antigos ou “pessoa chave”, que conhece o histórico das atividades do setor.

A equipe operacional, entra em contato por telefone ou pessoalmente quando necessita de informações com o secretário municipal. Em algumas situações é necessário enviar memorando com a solicitação.

O ofício é o meio de comunicação oficial adotado pela SEDETEMA para comunicação entre a CAERN e também a POTIGÁS, e o mesmo acontece quando a comunicação vem dos órgãos externos para a secretaria.

6.3 Proposição da rotina para criação de banco de dados integrado a ser implementado em sistema de informação geográfica

A proposição da rotina para criação de banco de dados geográficos integrado, para posterior implementação em um sistema de informação geográfica foi realizada em três fases: fase exploratória, fase de cadastramento e fase de tomada de decisões. A Figura 36 representa as fases e os processos relacionados.

6.3.1 Fase exploratória: conhecer a cidade

A fase exploratória tem o objetivo de conhecer o nível organizacional da cidade média, obtidas através da Pesquisa de Informações Básicas do Município - Munic e IBEU-Municipal. Esta análise fornece um panorama geral da cidade e orienta as ações, não apenas em relação aos dados físicos que deverão compor o banco de dados, mas também, as deficiências que precisam ser contornadas e solucionadas para realizar um gerenciamento integrado de infraestruturas físicas que interferem direta ou indiretamente na qualidade do pavimento.

A Munic fornece dados referentes aos recursos humanos, legislação e instrumento de planejamento, recursos utilizados para a gestão, quais atividades são informatizadas e se há terceirização, mecanismo para a gestão ambiental e as articulações interinstitucionais avaliando se há cooperação horizontal e vertical.

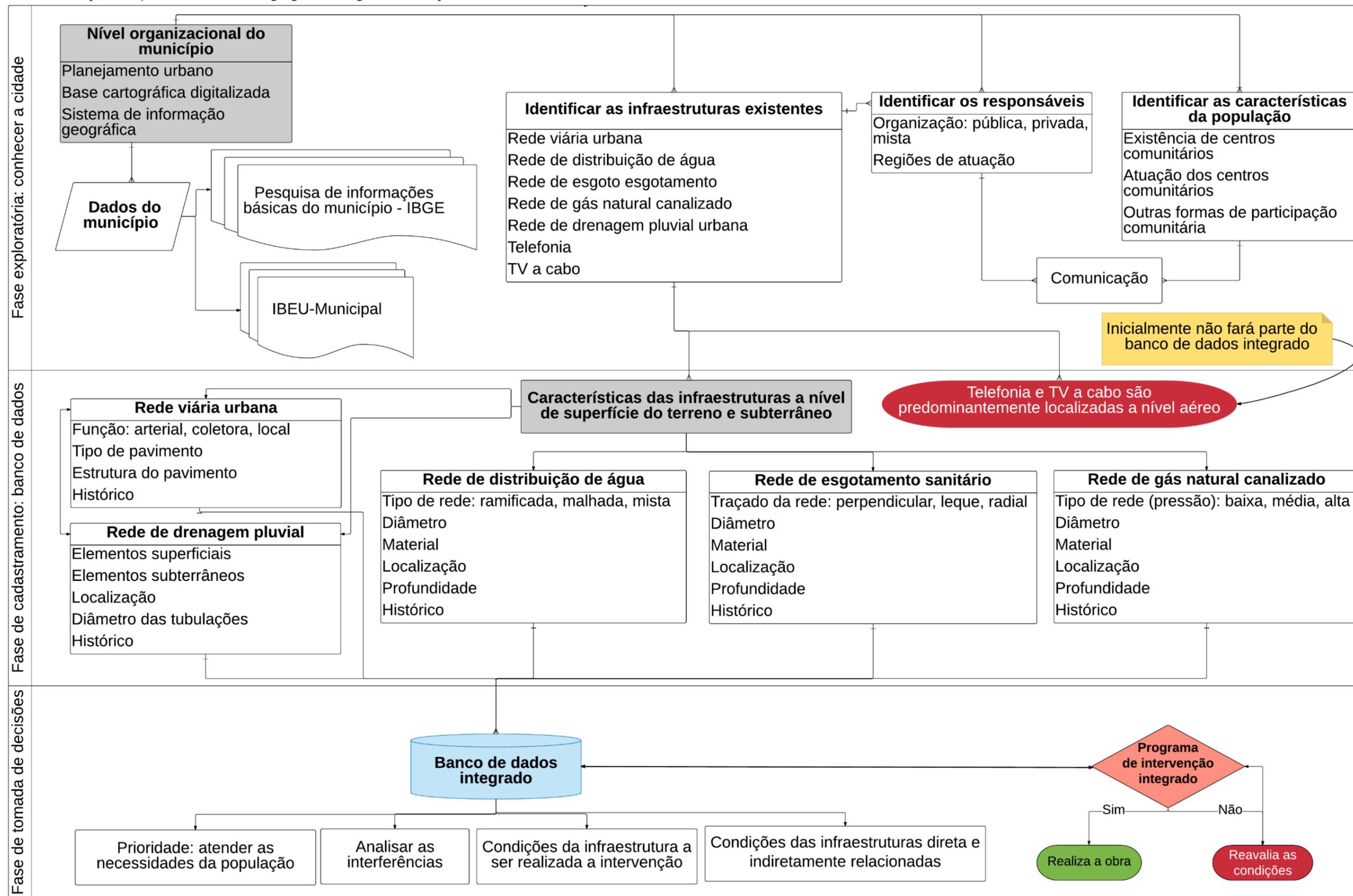
Já o IBEU-Municipal apresenta os indicadores relativos às cinco dimensões que avaliam a mobilidade urbana (D1), as condições ambientais urbanas (D2), condições ambientais

urbanas (D3), atendimento de serviços coletivos urbanos (D4) e infraestrutura urbana (D5), sendo as dimensões D4 e D5 mais relevantes para composição do banco de dados geográficos.

O fornecimento dos serviços prestados à população é variável para cada localidade, portanto, é essencial o mapeamento destes serviços ofertados, assim como as organizações responsáveis e a área de abrangência. Esse princípio norteia sobre a responsabilidade de cada organização e permite representar graficamente a atuação dentro da cidade.

O último requisito, mas não menos importante, é relacionado a conhecer a forma de participação dos cidadãos, seja como solicitantes por serviços ou como atores ativos na tomada de decisão das atividades da cidade. A participação efetiva da população é essencial para o direcionamento correto sobre as prioridades de implantação e intervenção de infraestruturas físicas para melhorar a qualidade de vida.

Figura 36 - Rotina básica para criação de banco de dados geográfico integrado a ser implementado em SIG



Fonte: elaborada pela autora (2017)

6.3.2 Fase de cadastramento: criação do banco de dados geográfico

A fase de cadastramento consiste em criar um banco de dados geográfico. Caso a cidade não possua base cartográfica cadastrada, não utilize SIG e Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD), o primeiro passo é escolher o SIG e o SGBD a ser utilizado, preferencialmente um *software Open Source*.

Depois de escolhido e configurado o SIG e o SGBD, os dados técnicos mínimos de cada rede devem ser cadastrados.

6.3.3 Fase de tomada de decisões

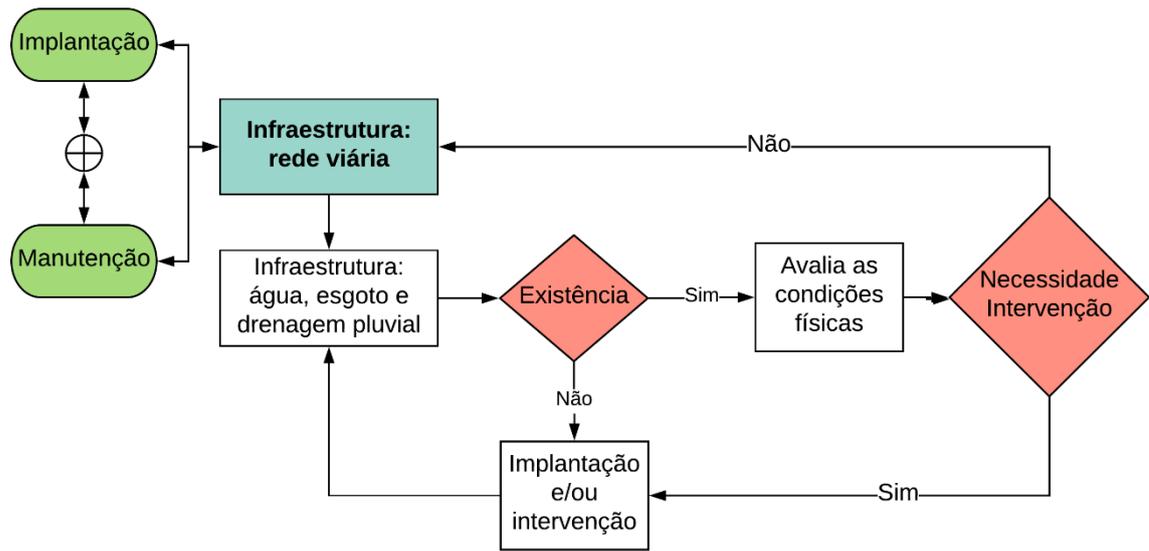
A fase de tomada de decisões é originada após a construção do banco de dados integrado. Tem o objetivo de auxiliar a deliberação sobre a prioridade e a necessidade de serviço considerando uma visão macro da situação.

Dentre as variáveis a prioridade é atender a necessidade da população, definida de acordo com as demandas por serviços de infraestrutura. Posteriormente são verificadas as condições da infraestrutura a ser realizada a intervenção, as interferências provocadas por outras infraestruturas ligadas direta e indiretamente ao pavimento. Quando todas as relações e dependências forem estabelecidas e estiverem dentro do programa de intervenção integrado, a obra é realizada, caso contrário, as condições são reavaliadas até atingirem as condições necessárias.

Antes da implantação ou manutenção da rede viária é preciso verificar a existência das redes de água potável, esgotamento sanitário e drenagem pluvial subterrânea. Se as redes existirem, deve ser realizada a avaliação das condições físicas e se não for necessário realizar, a rede viária pode ser implantada ou realizada a manutenção. Se a rede for existente, mas a intervenção é necessária, a intervenção será a etapa primordial. Na situação das redes de água potável, esgotamento sanitário e drenagem pluvial subterrânea forem inexistentes, as mesmas devem ser implantadas como processo preliminar a manutenção da rede viária.

A Figura 37 resume a tomada de decisão considerando a interferência das redes subterrâneas e a rede viária.

Figura 37 – Fluxograma de Tomada de decisão



Fonte: elaborada pela autora (2017)

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões sobre a pesquisa e as recomendações para trabalho futuro.

7.1 Considerações iniciais

Esta pesquisa buscou estabelecer formas de como entender o funcionamento real das redes: viária, drenagem pluvial, água potável, esgotamento sanitário e rede de gás natural canalizado de uma cidade média, utilizado como estudo, a cidade de Mossoró. Para isto foram utilizados dados oficiais disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, pelo Observatório das Metrópoles e realizadas entrevistas nas organizações responsáveis por cada rede, CAERN, POTIGÁS e SEDETEMA.

Com estas informações foram possíveis conclusões sobre a forma de organização da cidade, como funcionam as organizações responsáveis pela infraestrutura da rede viária e infraestruturas subterrâneas, proposição de uma rotina para criação de banco de dados geográficos para posterior implementação em SIG.

7.1.1 Organização e estrutura da cidade de Mossoró

Atualmente, a cidade de Mossoró não possui base cartográfica e uso de SIG para gestão do seu espaço urbano, o que implica em dados desatualizados e dificuldade em estabelecer tomadas de decisão com base em uma visão macro da situação.

A prefeitura municipal, representada pela SEDETEMA, possui muitas atribuições e com elas, necessidade de informação rápida e com nível de detalhamento técnico para funcionamento. Utilizar um SIG com banco de dados geográficos facilitaria a integração das informações dos seus departamentos e traria mais agilidade aos processos.

7.1.2 Redes de infraestrutura da cidade de Mossoró

A rede viária urbana e as redes subterrâneas de infraestrutura são tratadas como sistemas separados, apesar de ocupar o mesmo espaço físico dentro da cidade. Não apresentam qualquer interligação no processo de implantação e manutenção.

Com exceção da POTIGÁS, a CAERN e a SEDETEMA não possuem suas redes cadastradas e atualizadas em sistemas de fácil acesso e manuseio, tomam decisões técnicas referentes às intervenções e ampliação das redes baseada na demanda imediata oriunda das solicitações de reparos e criação de loteamentos.

A POTIGÁS tem várias ações de controle, simples, mas efetivos que garantem rapidez e qualidade no atendimento aos serviços, que podem ser utilizadas como referência para implementar um sistema integrado de redes de infraestrutura.

7.1.3 Rotina para criação de banco de dados geográficos a ser implementado em SIG

Foi proposta uma rotina para criação de banco de dados dividida em três fases, conforme apresentado na Figura 36.

A Fase exploratória: conhecer a cidade foi totalmente desenvolvida. Todos os itens que compõe a Munic 2015 foram analisados assim como a situação do IBEU-Municipal considerando as dimensões D4 e D5, diretamente relacionadas com a pesquisa.

A Fase de cadastramento: criação do banco de dados geográficos foi desenvolvida apenas no que diz respeito à definição dos atributos necessários para criação do banco de dados geográficos e sugerido um modelo básico de interligação das redes de infraestrutura.

A Fase de tomada de decisões explicou como os dados cadastrados no banco de dados geográficos devem ser utilizados para tomar as decisões refletindo sobre o atendimento das necessidades da população, analisar as interferências, verificar as condições da infraestrutura a ser realizada a intervenção e as condições das infraestruturas direta e diretamente relacionadas à rede que será realizada a intervenção.

7.2 Considerações finais

O objetivo geral proposto para analisar a integração entre o sistema viário urbano e as redes subterrâneas de infraestrutura, para cidades de médio porte, a fim de auxiliar o processo de tomada de decisão acerca de quais são as intervenções e do momento adequado de suas execuções em todas as redes foi alcançado, visto que foi possível avaliar como o sistema viário relaciona-se com as infraestruturas subterrâneas.

Em relação à modelagem do banco de dados geográficos, não foi realizada, pois devido a uma questão de exequibilidade, uma vez que demanda tempo e inúmeros testes para validação, o que não foi possível realizar dentro do período destinado ao mestrado.

Foi possível observar a falha de comunicação existente entre as organizações responsáveis pela infraestrutura analisada na pesquisa, pois o sistema de gerenciamento precisa ser alterado e novas ferramentas implementadas.

Além disso, é possível verificar que o papel da prefeitura é gerir a cidade e dentro desta gestão é imprescindível conhecer o que acontece dentro do seu espaço físico, desse modo, é necessário desenvolvimento de uma metodologia de explorar as características da cidade para implantar um sistema de gerenciamento customizado às necessidades e aos recursos disponíveis.

7.3 Recomendações para trabalhos futuros

Devido a amplitude de conhecimentos necessários para implementar um sistema de gerenciamento integrado das redes de infraestrutura, não foi possível explorar todos assuntos e, portanto, recomenda-se o desenvolvimento de trabalhos futuros sobre:

- a) criar, implementar e validar modelo banco de dados geográficos integrado da rede viária com as infraestruturas subterrâneas a ser implementado em SIG, ambos *Open Source*;
- b) comparar as técnicas de tomadas de decisão referente a gerência de pavimentos com e sem o uso de SIG e banco de dados geográficos;
- c) analisar como a interrupção do fornecimento de serviços públicos relativos às infraestruturas físicas em função de obras de intervenção interfere na dinâmica das cidades;
- d) desenvolver modelo para cadastro de redes de infraestrutura urbana referente às redes de água potável, esgotamento sanitário, drenagem pluvial, gás natural canalizado e rede viária;
- e) desenvolver a modelagem de integração de banco de dados geográficos de rede de infraestrutura de diferentes organizações (concessionárias e prefeitura);
- f) desenvolver o sistema de gestão de redes de infraestrutura urbana.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **A policy on geometric design of highways and streets**. 6. ed. Washington: AASHTO, 2011.

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. São Paulo: DEHS/USP, 1999. 547 p.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial 1994: infra-estrutura para o desenvolvimento**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1994.

BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial 2006: equidade e desenvolvimento**. Washington: Banco Mundial, 2006. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/INTWDR2006/Resources/477383-1127230817535/0821364154.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.

BERTOLOTO, Danilo Costa. **Redes de fibra ótica: conexões locais em dimensões globais no Brasil**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Estudos de Cultura Contemporânea, Instituto de Linguagens, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

BOSCARIOLI, Clodis et al. Uma reflexão sobre banco de dados orientados a objetos. In: Congresso De Tecnologias para Gestão de Dados e Metadados Do Cone Sul, 4., 2006, Ponta Grossa. **Anais...** . Ponta Grossa: Congresso de Tecnologias Para Gestão de Dados e Metadados do Cone Sul, 2006. v. 1, p. 1 - 12. Disponível em: <<http://conged.deinfo.uepg.br/artigo4.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1988. Disponível em: <<http://www.presidencia.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 29 nov. 2017.

BRASIL. Lei nº 9503, de 23 de setembro de 1997. **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503Compilado.htm>. Acesso em: 29 nov. 2017.

BRASIL. Lei nº 10257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade**. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 01 nov. 2017.

CAERN. Disponível em: <<http://www.caern.rn.gov.br/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

CALVINO, Italo. **As cidades invisíveis**. São Paulo: Biblioteca Folha, 1972. Tradução de: Diogo Mainard.

CÂMARA, Gilberto et al. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Rio de Janeiro: [s. n.], 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/anatomia.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2017.

CÂMARA, Gilberto; ORTIZ, Manoel Jimenez. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: uma visão geral**. [s.l.]: [s.n.], 1998. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. [s.l.]: [s.n.], [200-]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

CASANOVA, Marco *et al.* **Banco de dados geográficos**. Curitiba: MundoGEO, 2005. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/index.html>>. Acesso em: 25 out. 2017.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.

COSERN. Disponível em: <<http://servicos.cosern.com.br/Pages/index.aspx>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

DEMERS, Michael N. **Fundamentals of Geographic Information Systems**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de projeto geométrico de travessias urbanas**. Rio de Janeiro: DNIT, 2010. 392 p. (IPR. Publ. 740).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro: DNIT, 2011. 189 p. (IPR. Publ. 745)

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de banco de dados**. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2005. Revisor técnico: Luis Ricardo de Figueiredo. Disponível em: <http://www.relick.com.br/prime/BD/Sistema_de_banco_de_dados_Navathe.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2017.

FERRARI JÚNIOR, Roberto. **Viagem ao SIG: planejamento estratégico, viabilização, implantação e gerenciamento de sistemas de informação geográfica**. Curitiba: Sagres, 1997. 178 p. Disponível em: <<http://www2.dc.ufscar.br/~ferrari/viagem/inicial.html>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. 12. reimp. São Paulo: Atlas, 2009.

GOMES, Eduardo Henrique. **Sistema Gerenciador de Banco de Dados: Uma visão geral de SGBD, seus tipos, usuários e o Modelo Relacional**. [20--]. Professor Eduardo Henrique

Gomes. Disponível em: <<http://ehgomes.com.br/disciplinas/bdd/sghd.php>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Org.) **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. rev. atual. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 859 p.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (Org.) **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. rev. atual. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 1. v.

HUANG, Yang H. **Pavement Analysis and Design**. 2. ed. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall, 2004.

HOEL, Lester A.; GARBER, Nicholas J.; SADEK, Adel W. **Engenharia de infraestrutura de transportes**. São Paulo: Cengage Learning, 2011. Tradução: All Tasks. Revisão técnica: Carlos Alberto Bandeira Guimarães.

INFRAESTRUTURA URBANA. **Tubulação de gás natural**. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/index.aspx>>. Acesso em: 10 nov. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Região de influência das cidades 2007**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010: Características da população e dos domicílios - Resultados do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos municípios brasileiros 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 61 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas da população**. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html> >. Acesso em: 25 out. 2017a.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro>>. Acesso em: 01 nov. 2017b.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Técnicas de pesquisa**. 6. ed. rev. ampl. São Paulo: Atlas, 2007.

LENCIONI, Sandra. Observações sobre o conceito de cidade e urbano. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, n. 24, p. 109-123, apr. 2008. ISSN 2179-0892. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74098/77740>>. Acesso em: 12 fev. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2008.74098>.

MASCARÓ, Juan Luis; YOSHINAGA, Mário. **Infraestrutura urbana**. Porto Alegre. 1. ed. reimp. atual. Porto Alegre: Masquatro, 2013. 208 p.

MOREIRA, Maurício A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4. ed. atual. e ampl. Viçosa: UFV, 2011. 422p.

NAHAS, Maria Inês Pedrosa et al. Metodologia de construção do índice de qualidade de vida urbana dos municípios brasileiros (IQVU-BR). In: XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2006, s.l. **Anais...** [s.l.: s.n.], 2006. p. 1-19.

NOÉ, Yanina *et al.* **Sistemas de Información Geográfica con Qgis 2.x**: Nivel I. s.l: Laboratorio de Teledetección y Sig – Eea Salta, 2014. Disponível em: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_qgis2_x.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2017.

OLIVEIRA, Lúcia Lippi (Org.). **Cidade: história e desafios**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. 295 p.

PETROBRAS. **Padrão de instalações prediais: gás natural**. 2. ed. [s.l.: s.n.], 20--.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MOSSORÓ (Município). Lei Complementar nº 012, de 11 de dezembro de 2006. **Plano Diretor do Município de Mossoró**. Mossoró, 2006.

POTIGÁS. Disponível em: <<http://www.potigas.com.br/>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

QGIS Training Manual Versão 2.18. Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.18/en/docs/training_manual/>. Acesso em: 29 out. 2017.

QGIS User Guide Versão 2.18. Disponível em: <http://docs.qgis.org/2.18/en/docs/user_manual/>. Acesso em: 29 out. 2017.

RIBEIRO, Luiz Cesar de Queiroz; RIBEIRO, Marcelo Gomes (Org.). **IBEU: índice de bem-estar urbano**. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. 264 p. Disponível em: <http://www.observatoriodasmetrolopoles.net/images/abook_file/Ibeu_livro.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2017.

RIBEIRO, Luiz Cesar de Queiroz; RIBEIRO, Marcelo Gomes (Org.). **IBEU: índice de bem-estar urbano dos municípios brasileiros**. Rio de Janeiro: Observatório das metrópoles, 2016. Disponível em: <http://observatoriodasmetrolopoles.net/images/abook_file/Ibeumunicipal_final.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2017.

ROLNIK, Raquel. **O que é cidade**. 3. ed. 6. reimp. São Paulo: Brasiliense, 2004. 203 p. (Coleção primeiros passos)

SAYÃO, Luís Fernando. Modelos teóricos em ciência da informação - abstração e método científico. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 30, n. 1, p.82-91, jan./jun. 2001.

SILVA, Reinaldo O. da. **Teorias da Administração**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

SISGRAPH. **Manual básico Geomedia Profissional V.0.6**. s.l: s.n., 20--. Disponível em: <<http://www.hexagongeospatial.com/>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

STUCHI, Eduardo Terenzi. **Interferências de obras de serviço de água e esgoto sobre o desempenho de pavimentos urbanos**. 2005. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil: Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

TSUTIYA, Milton Tomoyouki. **Abastecimento de água**. São Paulo: DEHS/USP, 2006. 643 p.

TUCCI, Carlos E. M.; LAINA PORTO, Rubem La; BARROS, Mário T. de (Org.). **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH/editora da Universidade/UFRGS, 1995. 5 v. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. s.l.: s.n., 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza: Biblioteca Universitária, 2017.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. Tradução de: Daniel Grassi.

ZHANG, Zhanmin et al. GIS Integrated pavement and infrastructure management in urban areas. transportation research record. **Journal Of The Transportation Research Board**, Washington, v. 1429, n. [s.n.], p.84-89, [s.n.],1994. Disponível em: <<http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1994/1429/1429.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

APÊNDICE A – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS: CAERN

1. Como surge a demanda por serviços de água potável e de esgoto?
2. Quais os procedimentos para solicitação de instalação das redes de água potável e de coleta de esgoto?
3. Como é a comunicação entre a prefeitura, CAERN e a POTIGÁS?
4. Como é a comunicação entre a CAERN, os clientes e a comunidade em geral?
5. Quais as principais normas técnicas utilizadas?
6. Vocês têm procedimentos e normas próprios?
7. Como é feito o acompanhamento de instalação e manutenção da rede de água? E a rede de esgoto?
8. Após a intervenção, como é processo de recuperação do pavimento?
9. As redes de água e esgoto são georreferenciadas? Se sim, qual a porcentagem?
10. Qual o procedimento de georreferenciamento adotado?
11. Quem presta o serviço de georreferenciamento?
12. Qual o sistema informático (software) é utilizado para acompanhamento das redes?
13. O sistema é pago?
14. Quais as ferramentas técnicas estão inclusas no software?
15. Quem utiliza o sistema?
16. Há um setor ou responsável por alimentação e acompanhamento dos dados?
17. Como os dados são armazenados (nuvem, servidor)?
18. Qual a periodicidade de atualização dos dados?
19. Qual o formato de entrada dos dados?
20. Qual o formato de saída dos dados?
21. O que é feito com os dados armazenados? Eles são disponibilizados para os órgãos públicos?
22. A missão da CAERN é “Contribuir para melhoria da qualidade de vida da população do RN, satisfazendo suas necessidades de abastecimento de água e esgotamento sanitário, respeitando os fatores sociais, econômicos e ambientais.” Como vocês conseguem cumprir a missão?

APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS: POTIGÁS

1. Como surge a demanda por gás natural?
2. Quais os procedimentos para solicitação de instalação de rede de gás natural?
3. Como é a comunicação entre a prefeitura, CAERN e a POTIGÁS?
4. Como é a comunicação entre a POTIGÁS, os clientes e a comunidade em geral?
5. Quais as principais normas técnicas utilizadas?
6. Vocês têm procedimentos e normas próprios?
7. Como é feito o acompanhamento de instalação e manutenção da rede?
8. Após a intervenção, como é processo de recuperação do pavimento?
9. As redes de gás são georreferenciadas?
10. Qual o procedimento de georreferenciamento adotado?
11. Quem presta o serviço?
12. Qual o sistema informático (software) é utilizado?
13. O sistema é pago?
14. Quais as ferramentas técnicas estão inclusas no software?
15. Quem utiliza o sistema?
16. Há um setor ou responsável por alimentação e acompanhamento dos dados?
17. Como os dados são armazenados?
18. Qual a periodicidade de atualização dos dados?
19. Qual o formato de entrada dos dados?
20. Qual o formato de saída dos dados?
21. O que é feito com os dados armazenados? Eles são disponibilizados para os órgãos públicos?
22. A missão da POTIGÁS é “Realizar a distribuição de gás natural no Estado do Rio Grande do Norte, de forma sustentável, visando promover o desenvolvimento do Estado e superar as expectativas dos seus clientes, colaboradores, fornecedores, acionistas e sociedade”. Quais as ações são realizadas para atingir a missão?
23. Vocês citam vários itens sobre os valores e um deles é o “compromisso com os resultados”, o “desenvolvimento sustentável” e “integração”. Como vocês aplicam os valores e mensuram os resultados obtidos?

APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS: SEDETEMA

Parte I – Conhecer a área de atuação da prefeitura e planejamento das atividades

1. Quais serviços de infraestrutura estão sob responsabilidade da secretaria?
2. Sabendo que a CAERN é a empresa responsável pela prestação de serviços de tratamento e distribuição de água e coleta, transporte e tratamento de esgotos, a prefeitura atua em algum desses seguimentos? Explique quais são e a justificativa sobre este atendimento.
3. Como a secretaria é organizada para atender os serviços sob sua responsabilidade?
4. Como é realizado o planejamento de implantação e de manutenção dos serviços de infraestrutura?
5. Quem (pessoa ou entidade) pode solicitar ampliação na prestação de serviços urbanos?

Parte II – Comunicação

1. Como ocorre a comunicação entre a secretaria de infraestrutura e as demais secretarias da prefeitura?
2. Como ocorre a comunicação entre a PMM, CAERN e a POTIGÁS?
3. Como é a comunicação entre a PMM e a comunidade em geral?

Parte III – Informação sobre as redes

1. Além do plano diretor, vocês têm procedimentos e normas próprios?
2. Descrever o processo de estudo, implantação e manutenção da rede de drenagem de água pluvial.
3. Descrever o processo de estudo, implantação e manutenção da rede de coleta e transporte de esgoto, se houver.
4. Descrever o processo de estudo, implantação e manutenção de dimensionamento dos pavimentos asfálticos e não asfálticos.
5. A prefeitura tem conhecimento e armazenamento das extensões das redes subterrâneas e das áreas pavimentadas dentro do espaço urbano da cidade?
6. A prefeitura tem conhecimento e armazenamento de informações relativas a localização, profundidade e material das redes subterrâneas existentes na cidade?

7. A prefeitura tem conhecimento e armazenamento de informações relativas às condições dos pavimentos asfálticos e não asfálticos existentes na cidade?
8. A prefeitura tem conhecimento e armazenamento de informações relativas às intervenções nos pavimentos asfálticos realizadas pela prefeitura e pela CAERN e POTIGÁS?
9. Após a intervenção de redes subterrâneas, como é realizado o processo de recuperação do pavimento?

Parte VI – Georreferenciamento, Softwares e aplicativos

1. As redes de infraestrutura sob responsabilidade da prefeitura, são georreferenciadas?
2. Qual o procedimento de georreferenciamento adotado?
3. Quem presta o serviço de georreferenciamento? (Sentido de se saber se é um setor da prefeitura ou é realizado através de subcontratação)
4. Qual o sistema informático (software) é utilizado para acompanhamento das redes?
5. O sistema é pago?
6. Quais as ferramentas técnicas estão inclusas no software?
7. Quem utiliza o sistema?
8. Há um setor ou responsável por alimentação e acompanhamento dos dados?
9. Como os dados são armazenados (nuvem, servidor)?
10. Qual a periodicidade de atualização dos dados?
11. Qual o formato de entrada dos dados?
12. Qual o formato de saída dos dados?
13. O que é feito com os dados armazenados? Eles são disponibilizados para as concessionárias CAERN e POTIGÁS e demais secretarias da prefeitura?