

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIEL GUTJAHR STOLF

MAPEAMENTO DE REDE DE INFRAESTRUTURA URBANA:
ESTUDO DE CASO – ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DA REDE LÓGICA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Florianópolis

2019

GABRIEL GUTJAHR STOLF

**MAPEAMENTO DE REDE DE INFRAESTRUTURA URBANA:
ESTUDO DE CASO – ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DA REDE LÓGICA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.
Orientador: Prof. Cláudio Cesar Zimmermann, Dr..

Florianópolis
2019

Stolf, Gabriel Gutjahr

Mapeamento de rede de infraestrutura urbana : Estudo de caso - mapeamento da rede lógica da Universidade Federal de Santa Catarina / Gabriel Gutjahr Stolf ; orientador, Cláudio Cesar Zimmermann, 2019.

72 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Rede de infraestrutura. 3. Mapeamento. 4. Sistema de Informações Geográficas. 5. Topografia. I. Zimmermann, Cláudio Cesar. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

GABRIEL GUTJAHR STOLF

**MAPEAMENTO DE REDE DE INFRAESTRUTURA URBANA:
ESTUDO DE CASO – ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DA REDE LÓGICA
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Civil” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil

Florianópolis, 29 de novembro de 2019.

Profa. Luciana Rohde, Dra.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Lia Caetano Bastos, Dra.
Avaliadora
Instituição UFSC

Eng. Rafael Hillesheim
Avaliador

Prof. Cláudio Cesar Zimmermann, Dr.
Orientador
Instituição UFSC

Dedico este trabalho aos meus pais, Sávio e Ingrid, aos meus irmãos e amigos, que durante esses anos me deram total apoio para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus pelo dom da vida, por ter me guiado neste caminho e dado força nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Sávio e Ingrid, que dedicaram grande parte das suas vidas para que seus filhos pudessem realizar seus sonhos. Agradeço pelo amor incondicional, pelo apoio e pela força ao longo de toda essa caminhada, sempre acreditando no meu potencial.

Aos meus irmãos e demais familiares, em especial aos meus avós Waldevino e Erna, por todo o auxílio, confiança e dedicação para realização de meu sonho.

Ao meu orientador, mentor e amigo, Cláudio Cesar Zimmermann, que nos últimos anos tanto tem me ensinado e colaborado para o meu crescimento. Obrigado pelo companheirismo, pelas lições e por todas as oportunidades que me foram dadas para que eu pudesse crescer profissionalmente e como ser humano.

Aos meus amigos, Rafael e Juliana, que desde o início dessa jornada estiveram do meu lado e tornaram mais fáceis todos os momentos complicados que passamos. Agradeço pelas conversas, risadas e todo o apoio.

Ao Grupo de Trabalho em Sistemas de Informações Geográficas – GTSIG, por ter sido a maior e mais engrandecedora experiência profissional que eu tive em toda a graduação. A toda a sua equipe e em especial a Tainã, Gabryel e Joana, pela amizade e por muito terem me ajudado nessa caminhada.

A Monitoria de Topografia e ao Laboratório de Ciências Geodésicas por terem permitido que eu descobrisse o quanto eu gosto da área e a minha paixão por ensinar. Agradeço, em especial, ao Sávio José Vieira, pelos seus ensinamentos e amizade.

Aos setores da UFSC, SeTIC, DPAE, DFO e DMPI, por todo o auxílio para a realização do projeto de atualização do mapeamento da rede lógica.

E, por fim, a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, me auxiliaram a chegar até aqui.

RESUMO

O presente trabalho visa apresentar os conceitos, ferramentas e importância de um mapeamento de rede de infraestrutura, bem como realizar o estudo de caso da atualização do mapeamento da rede lógica da Universidade Federal de Santa Catarina. A realização de um mapeamento dentro da engenharia envolve diversas disciplinas como a geodésia, topografia, fotogrametria e cartografia. Entende-se por rede de infraestrutura toda aquela que é essencial para o funcionamento do campus como, por exemplo, rede lógica, elétrica de baixa e média tensão, hidráulica, de esgoto e drenagem. Através do mapeamento e utilização de um SIG para armazenamento, análise e visualização dos dados pretende-se diminuir os custos com rompimentos da rede por desconhecimento de sua localização e facilitar os processos de manutenção, bem como auxiliar no planejamento de ampliações. Este trabalho também utiliza das informações do mapeamento para fazer uma análise do estado de conservação das caixas de passagem da rede e propor intervenções para que esta possa atender sua finalidade em pleno desempenho. Por fim apresenta-se a importância e a utilização do mapeamento por parte do setor responsável pela rede.

Palavras-chave: Mapeamento. Topografia. SIG. Rede de Infraestrutura.

ABSTRACT

This paper aims to demonstrate the concepts, tools and importance of an infrastructure network mapping, as well as to carry out a case study of the logical network mapping update of the Federal University of Santa Catarina. Engineering mapping involves several disciplines such as geodesy, topography, photogrammetry and cartography. Infrastructure network means all that is essential for campus operation, such as logical, low and medium voltage electrical, hydraulic, sewage and drainage networks. The mapping and use of a GIS for data storage, analysis and visualization aims to reduce the costs of network disruptions due to ignorance of its location and facilitate maintenance processes, as well as assist in the planning of extensions. This work also uses the mapping information to make an analysis of the conservation state of the network crossing boxes and to propose interventions so that it can fulfill its purpose in full performance. Finally, the importance and use of mapping by the sector responsible for the network is presented.

Keywords: Mapping. Topography. GIS. Infrastructure Network.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geoide	20
Figura 2 - Sistemas de Projeções Cartográficas	22
Figura 3 - Representação de um fuso UTM	23
Figura 4 - Sistema de Coordenadas Geográficas.....	25
Figura 5 - Sistema de Coordenadas.....	26
Figura 6 - Sistema de Coordenadas Plano-Retangulares	27
Figura 7 - Escala	30
Figura 8 - Exatidão e Precisão	32
Figura 9 - GNSS	33
Figura 10 - Laser Scanner 3D	33
Figura 11 - Conjunto de estação total, tripé, prisma e bastão.....	34
Figura 12 - Classificação de Estações Totais segundo NBR 13133	35
Figura 13 - Conjunto de Nível Ótico, Tripé e Régua Altimétrica (Mira)	35
Figura 14 - Classificação dos Níveis segundo NBR 13133	36
Figura 15 - Trena	36
Figura 16 - Baliza	36
Figura 17 - Nível de Cantoneira	37
Figura 18 - Piquete e Estaca.....	37
Figura 19 - Camadas de Informação de um SIG	39
Figura 20 - Estrutura de um SIG	40
Figura 21 - SIG como Ferramenta de Tomada de Decisões	42
Figura 22 - SIG Rede Lógica (2014)	45
Figura 23 - Detalhes Setor F (2014).....	46
Figura 24 - Informações Caixa F016 (2014).....	47
Figura 25 - Registro Fotográfico Caixa F016 (2014)	47
Figura 26 - Informações Duto F015F016 (2014)	48
Figura 27 - Formulário de Campo	49
Figura 28 - Exemplo de Foto Ampla.....	50
Figura 29 - Exemplo de Foto da Tampa.....	50
Figura 30 - Estação SAT 91851	51
Figura 31 - Estação Total FOIF	52

Figura 32 - Planilha de Caixas de Passagem.....	53
Figura 33 - Planilha de Dutos	54
Figura 34 - Monografia da Caixa F016 - 2012	55
Figura 35 - Monografia da Caixa F016 - 2018	56
Figura 36 - Simbologia SIG	58
Figura 37 - Nova Nomenclatura das Caixas	58
Figura 38 - SIG Rede Lógica (2018)	59
Figura 39 - Detalhes Setor F (2018).....	60
Figura 40 - Informações Caixa RLF016 (2018)	61
Figura 41 - Informações Duto F015F016 (2018)	61
Figura 42 - Monografias da Caixa RLF016.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estado de Conservação das Caixas de Passagem	64
Gráfico 2 - Tipos de Manutenção	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do Mapeamento.....	63
Tabela 2 - Manutenção das Caixas de Passagem	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CGEM – Controle Geodésico de Estações Maregráficas
CGIS – *Canada Geographic Information System*
DFO – Departamento de Fiscalização de Obras
DMPI – Departamento de Manutenção Predial e Infraestrutura
DPAE – Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia
GNSS – *Global Navigation Satellite System*
GPS – *Global Positioning System*
GRS80 – Sistema Geodésico de Referência de 1980
GTSIG – Grupo de Trabalho em Sistemas de Informações Geográficas
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LabCIG – Laboratório de Ciências Geodésicas
MDT – Modelo Digital de Terreno
MED – Medição Eletrônica a Distância
NBR – Norma Técnica Brasileira
SAD69 – *South American Datum* de 1969
SBC – Sociedade Brasileira de Cartografia
SeTIC – Superintendência de Governança Eletrônica e Tecnologia da Informação e Comunicação
SGB – Sistema Geodésico Brasileiro
SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SIG – Sistema de Informações Geográficas
SIRGAS2000 – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UTM – Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO GERAL	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	CONCEITO DE GEODÉSIA	17
2.2	CONCEITO DE TOPOGRAFIA	17
2.3	CONCEITO DE FOTOGRAMETRIA.....	18
2.3.1	Ortofoto	19
2.4	CONCEITO DE CARTOGRAFIA.....	19
2.4.1	Definição de Mapa	20
2.5	SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA	20
2.5.1	SAD69	21
2.5.2	SIRGAS2000	21
2.6	Sistema de Projeção Cartográfica	22
2.6.1	UTM – Universal Transversa de Mercator	23
2.7	SISTEMAS DE COORDENADAS.....	24
2.7.1	Coordenadas Geodésicas e Geográficas	24
2.7.2	Coordenadas Cartesianas	26
2.7.3	Coordenadas Plano-Retangulares	26
2.8	NORMATIZAÇÕES PARA TOPOGRAFIA	27
2.8.1	NBR 13133	28
2.8.2	NBR 14166	28
2.8.3	Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro	28
2.9	LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	29
2.9.1	Planimétrico	29

2.9.2	Altimétrico	29
2.10	CONCEITO DE ESCALA	30
2.11	CONCEITO DE EXATIDÃO E PRECISÃO	31
2.12	EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS	32
2.12.1	Estação Total	33
2.12.2	Nível Ótico	35
2.12.3	Equipamentos Complementares	36
2.13	SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	37
2.13.1	Definições	38
2.13.2	Características e Estrutura	39
2.13.3	Utilização e Objetivo	40
2.13.4	Aplicações	41
3	ESTUDO DE CASO – ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DA REDE	
	LÓGICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	43
3.1	HISTÓRICO	44
3.2	INSPEÇÕES E LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO	48
3.2.1	Inspeções	49
3.2.2	Levantamento Topográfico	50
3.3	CADASTRO DA REDE LÓGICA	52
3.4	SIG DA REDE LÓGICA	57
3.5	RESULTADOS	63
3.5.1	Análise do Estado de Conservação	63
3.6	UTILIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO	66
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
	REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

Mapear, segundo o Dicio – Dicionário Online de Português (2019), significa expor através de um mapa; construir ou confeccionar um mapa de algo ou de algum lugar. Voltando-se mais para a ciência e para a engenharia pode-se dizer que mapear é localizar a posição de algo ou algum lugar, bem como coletar informações sobre o elemento mapeado.

A realização de um mapeamento dentro da engenharia envolve diversas disciplinas como a geodésia, topografia, fotogrametria e cartografia. Todas estas trazem conceitos importantes para que a atividade possa ser realizada.

A Universidade Federal de Santa Catarina, por muito tempo, teve gastos em virtude do desconhecimento de onde passavam as suas redes de infraestrutura, devido a rompimentos ocasionados por obras e escavações. Por este motivo, surgiu a necessidade de se realizar um mapeamento das redes de infraestrutura, tendo como objetivo a diminuição dos problemas causados.

A primeira rede a ser mapeada, na UFSC, foi a rede lógica que é composta pelo cabeamento de fibra ótica (*internet*) e telefonia. Este mapeamento foi realizado pelo Grupo de Trabalho em Sistemas de Informações Geográficas – GTSIG, do Departamento de Engenharia Civil.

Entende-se por rede de infraestrutura urbana toda aquela que permite o funcionamento de uma cidade ou sociedade como, por exemplo, a rede lógica, elétrica de baixa e média tensão, hidráulica, de esgoto e de drenagem.

Este trabalho visa trazer os conceitos científicos e de engenharia que envolvem um mapeamento de rede de infraestrutura e, também, realizar um estudo de caso sobre a atualização do mapeamento da rede lógica do campus Reitor João David Ferreira Lima, no bairro Trindade, Florianópolis.

1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral:

- Realizar o estudo de caso da atualização do mapeamento da rede lógica da Universidade Federal de Santa Catarina;

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a revisão bibliográfica dos conceitos científicos e de engenharia que embasem um mapeamento de rede de infraestrutura urbana.
- Apresentar a utilização de sistema de informações geográficas para este tipo de mapeamento;
- Analisar, a partir das informações do mapeamento, o estado de conservação da rede;
- Propor intervenções para a manutenção da rede.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados conceitos e definições com base nas informações encontradas na literatura referentes ao tema deste trabalho, sendo estes de grande importância para a compreensão e embasamento do objeto de estudo.

2.1 CONCEITO DE GEODÉSIA

A geodésia é definida por Teixeira e Christofolletti (1997, p.116) como “ciência que se ocupa do estudo do tamanho e da forma da Terra (geoide), por meio de medições como triangulação, nivelamento e observações gravimétricas”.

De uma forma mais abrangente também pode-se usar a definição:

[...] a Geodésia se apresenta como uma ciência que estuda a forma e as dimensões da Terra, a determinação de pontos sobre a sua superfície ou próximos a ela, bem como seu campo gravitacional e gravífico. Essa ciência é relacionada estreitamente com a Topografia, Geofísica e Cartografia, no intuito de encontrar explicações sobre as irregularidades menos aparentes da própria forma da Terra (MENEZES; FERNANDES, 2013, p.69).

Portanto a geodésia é uma ciência que analisa a superfície terrestre como um todo, levando em consideração todas as suas variações e deformações. A partir dessa análise pode-se definir modelos matemáticos que nos permitem determinar as coordenadas de um ponto em qualquer parte da superfície do planeta.

Com base nos conhecimentos dessa ciência e a partir de algumas simplificações de seus conceitos surge a Topografia.

2.2 CONCEITO DE TOPOGRAFIA

O termo topografia vem do grego onde *topos* significa lugar ou região e *grafia* significa escrever, podendo ser traduzido como a descrição de algum lugar.

Dentre as diversas definições dadas a topografia pelos autores, cita-se:

É a ciência que trata da determinação das dimensões e contornos (ou características tridimensionais) da superfície física da Terra, através da medição de distâncias, direções e altitudes. A topografia também inclui a locação de linhas e malhas necessárias para a construção de prédios, estradas, barragens e outras estruturas. Além dessas medições de campo, a topografia compreende o cálculo de áreas, volumes e outras quantidades, assim como a preparação dos respectivos mapas e diagramas (MCCORMAC, 2014, p.1).

Segundo Loch e Cordini (2000, p.7):

A topografia adota regras e princípios matemáticos que permitem obter a representação gráfica de uma porção da superfície terrestre, projetada em

um plano horizontal, com a exatidão e detalhes adequados aos fins que se destina.

Dessa forma pode-se dizer que a topografia é a ciência aplicada em pequenas áreas onde a curvatura da superfície terrestre pode ser desprezada, ou seja, uma área que pode ser considerada plana.

Não existe um consenso na literatura sobre as dimensões a partir das quais uma área pode ser considerada suficientemente pequena para desprezar a curvatura da Terra. Contudo, existem indicações de que para uma distância, em torno, de 20 quilômetros em levantamentos planimétricos, pode-se ser desprezada a curvatura terrestre.

A aplicação da topografia dentro do âmbito da engenharia civil é a mais variada possível, utilizada para a locação de obras, controle de níveis e prumos durante a construção, averiguação de flechas e aberturas de fissuras nas ocorrências de patologias da construção, medição de áreas e volumes, dentre outros. Aplica-se, também em outras áreas como o urbanismo, geologia e oceanografia.

A topografia é uma ferramenta muito importante para o georreferenciamento de pontos da superfície, pois através dela pode-se obter coordenadas e altitudes. Dessa forma torna-se um instrumento para a elaboração de sistemas de informações geográficas.

2.3 CONCEITO DE FOTOGRAMETRIA

A etimologia da palavra fotogrametria deriva de três raízes gregas: *photós*, que significa luz; *gramma*, que significa gravar ou escrever; e *metria*, que significa medida ou medição. Dessa forma podemos dizer que seu significado é medições gráficas por meio da luz.

Conforme Wolf (1983 apud ROCHA, 2007, p.91), “fotogrametria pode ser definida como sendo a arte, a ciência e a tecnologia de se obter informações confiáveis de objetos físicos e do meio ambiente, através de fotografias, por medidas e interpretações de imagens e objetos”.

De acordo com ROCHA (2007, p.91) a fotogrametria pode ser dividida em duas áreas distintas:

- A) Fotogrametria Métrica: envolve medidas precisas e computacionais para determinar a forma e as dimensões dos objetos. É aplicada na preparação dos mapas planimétricos e topográficos;

B) Fotogrametria Interpretativa: ocupa-se com o reconhecimento e identificação dos objetos.

Um dos principais produtos obtidos pela fotogrametria são as ortofotos.

2.3.1 Ortofoto

“Uma ortofoto nada mais é que uma fotografia aérea retificada, geometricamente equivalente a um mapa convencional, obtido através de levantamentos aéreos ou terrestres” (ROCHA, 2007, p.110).

A vantagem da utilização desse tipo de imagem é a grandeza de detalhes do terreno, como calçadas, postes, placas, árvores e outros, que podem ser visualizados apenas através de uma fotografia.

Segundo Rocha (2007, p.110), pode-se classificar as ortofotos como convencionais ou digitais. As convencionais passam por um processo analógico de transformação da projeção cônica para a projeção ortogonal. Com o avanço da tecnologia surge as ortofotos digitais que armazenam e processam um volume de dados muito superior as convencionais, agilizando muito o processo de transformação das projeções.

As ortofotos digitais tem utilização direta em sistemas de informações geográficas como base desses sistemas, elas trazem a possibilidade da criação de uma base cartográfica contínua.

2.4 CONCEITO DE CARTOGRAFIA

A forma mais simples de se definir cartografia é dada por OLIVEIRA (1988 apud MENEZES; FERNANDES, 2013, p.18) como “ciência que trata da concepção, estudo, produção e utilização de mapas”.

De uma forma mais completa a Associação Cartográfica Internacional define como:

[...] conjunto de estudos e operações científicas, artísticas e técnicas, baseado nos resultados de observações diretas ou de análise de documentação, visando à elaboração e preparação de cartas, projetos e outras formas de expressão, bem como a sua utilização (OLIVEIRA, 1993, p.13).

Além das supracitadas, Fraser Taylor traz a definição:

[...] ciência que trata da organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação, sob uma forma que pode ser visual, numérica ou tátil, incluindo todos os processos de elaboração, após a preparação dos dados, bem como o estudo e utilização dos mapas ou meios de representação, em todas as suas formas (TAYLOR, 1991 apud MENEZES; FERNANDES, 2013, p.19).

Dessa forma, pode-se dizer que a cartografia tem a responsabilidade de elaborar, produzir e utilizar as representações da geoinformação, ou seja, da informação geográfica ou georreferenciada. E uma das principais formas de representação são os mapas.

2.4.1 Definição de Mapa

A Sociedade Brasileira de Cartografia (SBC) define mapa como:

A representação cartográfica plana dos fenômenos da sociedade e da natureza, observados em uma área suficientemente extensa para que a curvatura terrestre não seja desprezada e algum sistema de projeção tenha de ser adotado, para traduzir com fidelidade a forma e dimensões da área levantada (SBC, 1977).

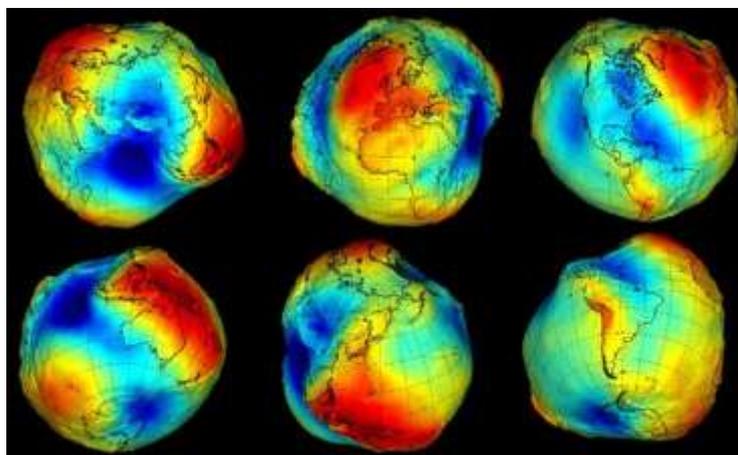
Sendo assim, a definição de mapa pode ser dada como a representação gráfica de uma parte da superfície terrestre utilizando um sistema de projeção, com a finalidade de identificar feições e posições dentro dessa área.

2.5 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA

Com o passar dos anos a forma da Terra foi considerada de diversas maneiras, inicialmente plana, em seguida esférica, elipsóidica e pôr fim a concepção atual de que a Terra possui um formato geoidal.

O geóide, Figura 1, é uma forma totalmente única e irregular, não há um modelo matemático ou figura geométrica que possa representá-lo perfeitamente. Dessa maneira, surge a necessidade de se adotar simplificações para que se encontre uma superfície geométrica que facilite o desenvolvimento de relações matemáticas se aproximando o máximo possível da forma terrestre.

Figura 1 - Geóide



Fonte: Oficina de Textos (2019)

Atualmente os modelos mais utilizados para a representação da Terra são os elipsoides de revolução. Quando necessário estabelecer uma relação entre um ponto na superfície terrestre e um elipsoide de referência faz-se o uso dos Sistemas Geodésicos de Referência.

Portanto, um sistema geodésico de referência é uma representação geométrica que melhor se aproxima da forma da Terra e pode ser descrita matematicamente. Este pode ser topocêntrico (clássico) onde a origem do sistema é um ponto da superfície terrestre ou geocêntrico (moderno) onde a origem é o centro da Terra.

Para Fitz (2008, p.32) “cada país adota um sistema de referência próprio, baseado em parâmetros predeterminados a partir de normas específicas. O Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), por exemplo, é composto por redes de altimetria, gravimetria e planimetria”.

No Brasil o órgão responsável pelo SGB é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo este responsável por determinar o referencial utilizado no país. O país já utilizou diversos referenciais geodésicos, entre eles destaca-se o *South American Datum* de 1969 (SAD69). Atualmente, o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) é o adotado em território nacional.

2.5.1 SAD69

A concepção do referencial geodésico SAD69 é clássica, ou seja, topocêntrica. Tem como origem o vértice de Chuá, localizado próximo a cidade de Uberaba no estado de Minas Gerais.

Esse sistema foi adotado no país em 1979 e ficou sendo utilizado até 2015, quando foi substituído pelo SIRGAS2000, sendo o sistema de referência para trabalhos geodésicos e cartográficos desenvolvidos em todo o território brasileiro.

2.5.2 SIRGAS2000

O referencial SIRGAS2000 começou a ser implantado no país em fevereiro de 2005 e até 2014 esteve em uso juntamente com o SAD69. A partir de 2015 se tornou o único sistema geodésico de referência oficial adotado no país.

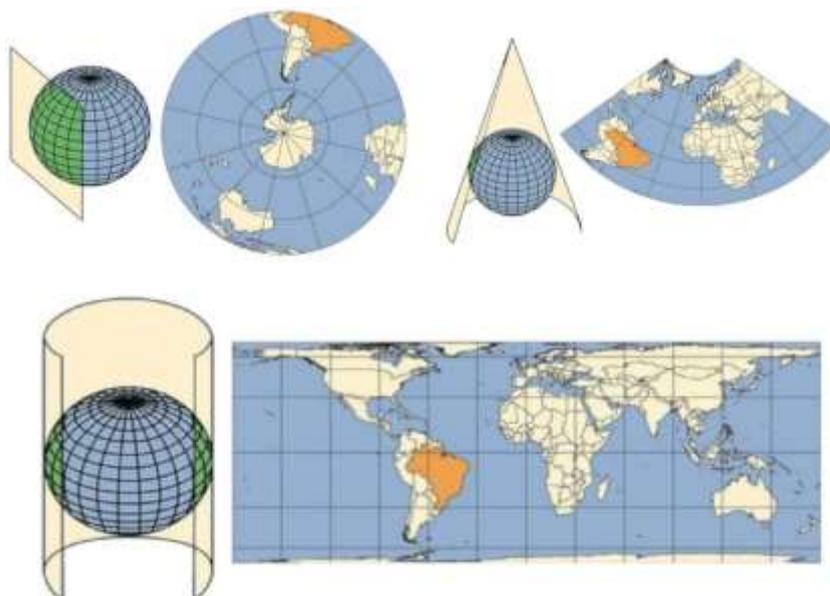
Sendo um sistema geocêntrico, ou seja, moderno, torna-se mais fácil a compatibilização com os levantamentos GPS (*Global Positioning System*). Tem sua origem no centro de massa da Terra e adota como figura geométrica da Terra o elipsoide GRS80 (Sistema Geodésico de Referência de 1980).

2.6 SISTEMA DE PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA

Segundo Menezes e Fernandes (2013, p.119) “um sistema de projeção é adotado para que uma informação geográfica seja plotada em uma representação bidimensional plana e associada a um sistema de coordenadas características desse tipo de representação”.

Sendo assim, um sistema de projeção cartográfica realiza a transformação da superfície curva da Terra em uma representação plana bidimensional. E esta pode ser classificada como plana, cilíndrica ou cônica de acordo com a figura geométrica que estabelecerá a projeção plana do mapa, conforme Figura 2.

Figura 2 - Sistemas de Projeções Cartográficas



Fonte: Mundo Educação (2019)

O sistema de projeção também pode ser classificado em:

- Conforme – a escala máxima é igual a mínima em todas as partes do mapa, preservando a forma e pequenos ângulos;
- Equivalente – As escalas máxima e mínima são recíprocas, conservando as áreas de tamanho finito;
- Equidistante – a escala específica é igual a escala principal ao longo de todo o mapa, preservando as distâncias de forma correta;
- Afilática – Não conserva área, distância, forma ou ângulo.

As utilizações dos sistemas de projeção variam de acordo com o objetivo do produto final. Um dos sistemas de projeção mais utilizados no Brasil é o Universal Transversa de Mercator (UTM).

2.6.1 UTM – Universal Transversa de Mercator

Conforme Menezes e Fernandes (2013, p.152):

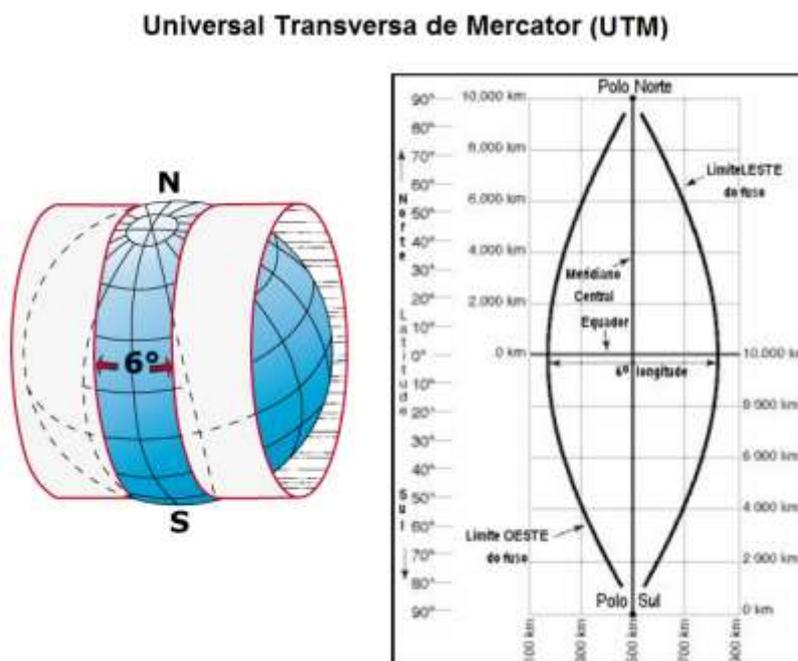
O sistema Universal Transversa de Mercator (UTM) foi adotado pelo Brasil em 1955, passando a ser utilizado pela DSG e IBGE para o mapeamento sistemático do país. Gradativamente, foi o sistema adotado para o mapeamento topográfico de qualquer região, e hoje é utilizado ostensivamente em qualquer tipo de levantamento.

A projeção UTM é classificada como cilíndrica conforme e Rocha (2007, p.33) afirma que as principais características são:

- a) Amplitude dos fusos: 6°;
- b) Latitude da origem: 0° (Equador);
- c) Longitude da origem: a longitude do meridiano central do fuso;
- d) Falso Norte (translação Norte): 10.000.000 m para o hemisfério Sul;
- e) Falso Este (translação Este): 500.000 m;
- f) Fator de escala no meridiano central: 0,9996;
- g) Numeração das zonas: as zonas são numeradas de 1 a 60, a partir do Antemeridiano de Greenwich para leste. [...]
- h) Limites das latitudes: 84° N e 80° S;
- i) Os meridianos de longitude e os paralelos de latitude interceptam-se em ângulos retos na projeção;
- j) A linha do equador e a linha do meridiano central de cada fuso são representadas por linhas retas na projeção. Os demais meridianos são representados por linhas côncavas em relação ao pólo mais próximo [...];
- k) O espaçamento entre os meridianos aumenta à medida que eles se afastam do meridiano central. Para manter a proporcionalidade da projeção conforme, a escala na direção Norte-Sul também é distorcida, acarretando a existência de uma escala diferente para cada ponto situado sobre o mesmo lado do meridiano.

A representação de um fuso do sistema UTM pode ser observada Figura 3.

Figura 3 - Representação de um fuso UTM



Fonte: Prefeitura Municipal de Macaé (2019)

Também, o sistema UTM é, provavelmente, o mais empregado em trabalhos que envolvam sistemas de informações geográficas.

2.7 SISTEMAS DE COORDENADAS

A localização precisa de pontos sobre a superfície terrestre se dá com a utilização de um Sistema de Coordenadas. Este possibilita, por meio de valores angulares (coordenadas esféricas) ou lineares (coordenadas planas), o posicionamento preciso de um ponto em um sistema de referência (FITZ, 2008, p.35).

Rocha (2007, p.25) afirma que em cartografia, trabalha-se principalmente com os seguintes sistemas:

- Coordenadas Geodésicas;
- Coordenadas Cartesianas;
- Coordenadas Plano-retangulares.

2.7.1 Coordenadas Geodésicas e Geográficas

O sistema de coordenadas geográficas e geodésicas baseiam-se na divisão terrestre através de linhas imaginárias denominadas paralelos e meridianos. A diferença entre os dois sistemas de coordenadas está no fato de que as coordenadas geográficas utilizam o modelo esférico da Terra e as geodésicas utilizam o modelo elipsoidal.

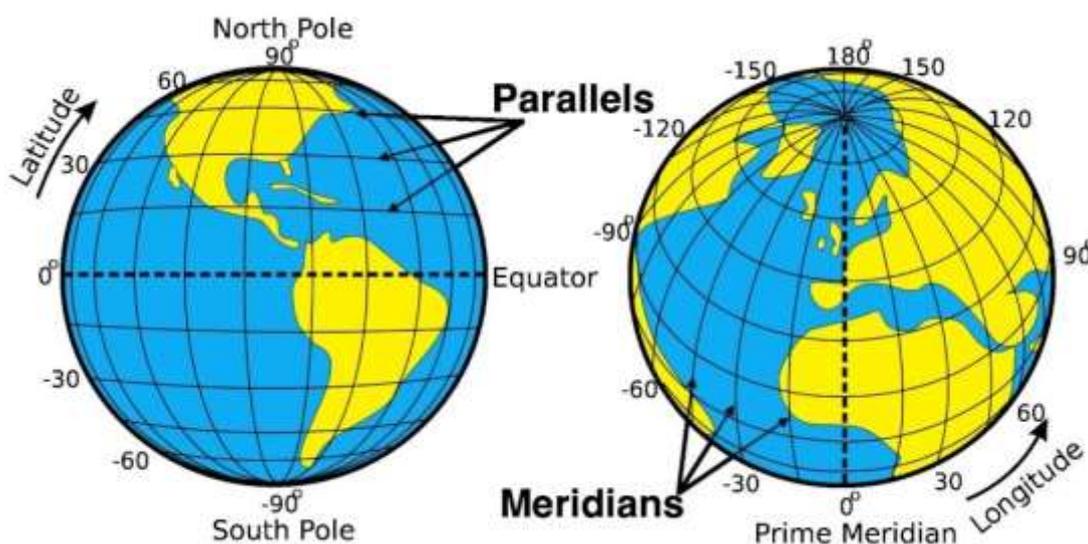
Os meridianos são linhas desenhadas no sentido norte/sul e os paralelos no sentido leste/oeste. A origem desse sistema é o ponto de cruzamento entre o meridiano de Greenwich e a linha do Equador. As coordenadas definidas por esse sistema são denominadas latitudes e longitudes.

A latitude de um ponto na superfície terrestre é o ângulo que forma a normal à superfície, nesse ponto, com o plano que contém a linha do Equador. São referenciadas a partir do Equador de 0° a 90° seguido da indicação da latitude Norte e Sul (ROCHA, 2007, p.25).

A longitude de um ponto da superfície terrestre é o ângulo diedro que forma o plano meridiano, que passa pelo ponto, com o plano que passa pelo meridiano de Greenwich. É referenciado de 0° a 180° na direção Leste ou Oeste (ROCHA, 2007, p.25).

A Figura 4 apresenta os paralelos e meridianos e as referências de latitude e longitude.

Figura 4 - Sistema de Coordenadas Geográficas



Fonte: DronEng (2017)

Conforme Menezes e Fernandes (2013, p.98):

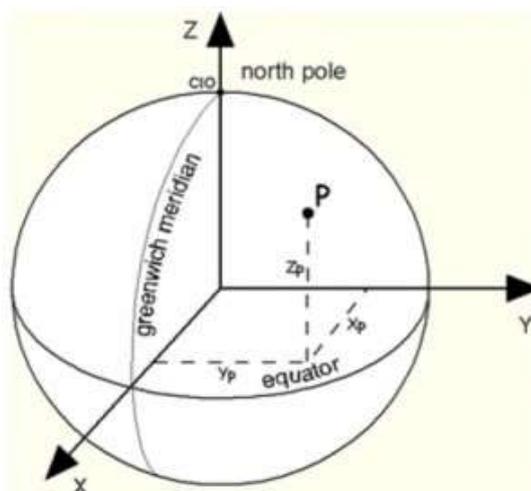
As coordenadas geográficas constituem a forma mais eficiente de prover uma referência de posicionamento unívoco em Geografia, navegação e outras ciências afins, de cunho espacial. Nesse sentido, a rede de paralelos e meridianos (gratícula) efetua o controle geométrico para o uso de um mapa, reconhecida universalmente em diferentes níveis de utilização.

2.7.2 Coordenadas Cartesianas

As coordenadas cartesianas possuem a origem de seu sistema no centro da Terra e são compostas pelos eixos X, Y e Z.

Os eixos X e Y pertencem ao plano da linha do Equador e o eixo Z coincide com o eixo de rotação terrestre, passando pelo meridiano de Greenwich, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Sistema de Coordenadas



Fonte: MundoGEO (2017)

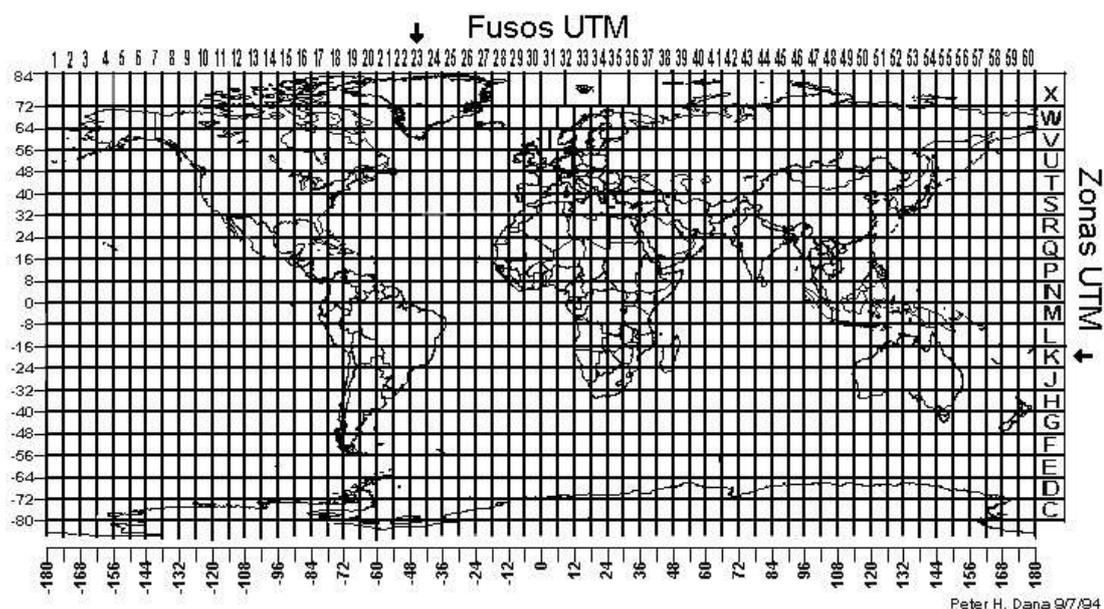
Esse tipo de coordenada é utilizado no posicionamento de satélites e nos softwares devido a facilidade de programação. Contudo, Rocha (2007, p.27) diz que “para medições topográficas em geral, esse sistema não é adequado pelo fato de não representar convenientemente as altitudes”.

2.7.3 Coordenadas Plano-Retangulares

Coordenadas plano-retangulares são as utilizadas nos sistemas de projeções cartográficas UTM. Onde as coordenadas N (norte) e E (leste) posicionam o ponto no plano.

O sistema de coordenadas plano-retangulares do sistema UTM é ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Sistema de Coordenadas Plano-Retangulares



Fonte: DANA (1994)

2.8 NORMATIZAÇÕES PARA TOPOGRAFIA

Com relação a geodésia e a topografia existem três normatizações que podem ser citadas como principais:

- ABNT NBR 13133 – Execução de Levantamentos Topográficos;
- ABNT NBR 14116 – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento;
- Resolução - PR nº 22, de 21-07-83 – Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro.

Essas três normatizações definem e orientam de forma geral todas as atividades relacionadas as atividades ligadas a topografia. Além das supracitadas normas também podem-se citar outras elaboradas pelo IBGE:

- Especificações e Normas Gerais para levantamentos GPS: versão preliminar;
- Recomendações para levantamentos Relativos Estáticos – GPS;
- Instruções técnicas para Controle Geodésico de Estações Maregráficas - CGEM e sua vinculação vertical ao Sistema Geodésico Brasileiro – SGB;

- Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro.

2.8.1 NBR 13133

A norma ABNT NBR 13113 – Execução de Levantamentos Topográficos, que entrou em vigor em 30 de junho de 1994, tem por objetivo:

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a execução de levantamento topográfico destinado a obter:

- a) Conhecimento geral do terreno: relevo, limites, confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento;
- b) Informações sobre o terreno destinadas a estudos preliminares de projetos;
- c) Informações sobre o terreno destinadas a anteprojetos ou projetos básicos;
- d) Informações sobre o terreno destinadas a projetos executivos. (ABNT, 1994, p.1)

A norma apresenta as definições, aparelhagem, condições gerais e específicas para os levantamentos topográficos. Além de orientar o processo de inspeção, aceitação e rejeição desses levantamentos.

2.8.2 NBR 14166

A norma ABNT NBR 14166 – Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento, entrou em vigor em 30 de setembro de 1998, tem como objetivo:

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a implantação e manutenção da Rede de Referência Cadastral Municipal destinada a:

- a) Apoiar a elaboração e a atualização das plantas cadastrais municipais;
- b) Amarrar, de um modo geral, todos os serviços de topografia, visando as incorporações às plantas cadastrais do município;
- c) Referenciar todos os serviços topográficos de demarcação, anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, de levantamentos de obras como construídas e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários. (ABNT, 1998, p.2)

A norma apresenta definições, requisitos gerais, específicos, estrutura e classificação da Rede de Referência Cadastral Municipal. Além dos critérios de inspeção, aceitação e rejeição para essas redes.

2.8.3 Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro

O IBGE através da resolução – PR nº 22, de 21 de julho de 1983, em seu anexo estabelece que essas normas e especificações

Destinam-se a regularizar a execução dos Levantamentos Geodésicos em território brasileiro, estabelecendo tolerâncias e critérios segundo os quais

deverão ser conduzidos de maneira a serem aceitos como contribuição ao Sistema Geodésico Brasileiro (IBGE, 1983, p.1).

Essas especificações e normas visam a padronização de diferentes técnicas, métodos de coleta e processamento utilizados nos levantamentos geodésicos para fins de integração SGB, possibilitando a compatibilidade das informações geodésicas produzidas no âmbito nacional.

2.9 LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

Segundo a NBR 13133, levantamento topográfico é:

Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados (ABNT, 1994, p.3).

Em outras palavras, levantamento topográfico é aquele no qual se pretende representar uma área da Terra, onde pode-se desprezar a sua curvatura, através de pontos como coordenadas estabelecidas e cotas. A partir do conhecimento desses pontos pode-se detalhar todo o resto da área desejada.

Pode-se classificar levantamento topográfico como planimétrico, altimétrico, planialtimétrico e cadastral.

2.9.1 Planimétrico

Levantamento planimétrico é todo aquele que visa fazer a caracterização de uma área em um plano, ou seja, em planta. Nesse tipo de levantamento não é levado em consideração a altitude em que se encontram os pontos medidos.

Esse tipo de levantamento é amplamente utilizando, por exemplo, para estabelecer o perímetro de uma propriedade, determinando seus limites e confrontações.

2.9.2 Altimétrico

Levantamento altimétrico ou nivelamento é todo aquele que visa caracterizar a altura relativa a uma superfície de referência de pontos em uma área determinada.

Quando a superfície de referência for o nível médio dos mares a altura relativa denomina-se altitude. Quando for uma superfície arbitrária a altura relativa denomina-se cota.

Esse tipo de levantamento é utilizado para elaboração de curvas de nível, que são linhas imaginárias que ligam pontos de mesma cota. Também, para o traçado de perfis transversais de terrenos.

Em geral, um levantamento altimétrico está atrelado ao planimétrico, dando origem aos levantamentos planialtimétricos.

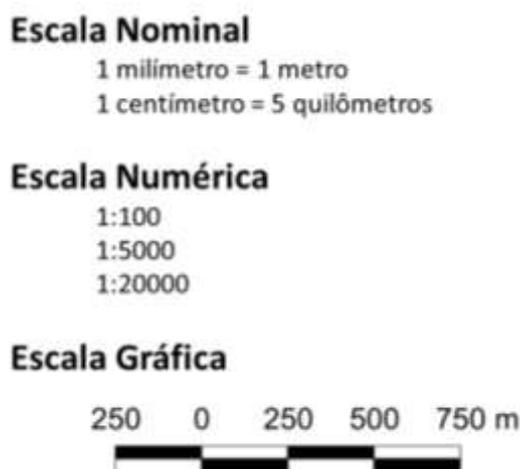
2.10 CONCEITO DE ESCALA

A escala de um mapa ou de qualquer outra representação gráfica diz quão reduzida é a representação da realidade.

Ao se tratar de cartografia, escala pode ser definida como a “relação entre as medidas num mapa e as respectivas medidas na superfície da Terra. É adimensional. A escala 1:50.000 significa que uma unidade do mapa corresponde a 50.000 unidades no terreno, seja a unidade tomada em cm, m, km, etc” (TEIXEIRA; CHRISTOFOLETTI, 1997, p.202).

A escala pode ser numérica, onde é apresentada por uma fração, conforme exemplo citado na definição. Pode ser utilizada uma escala gráfica, que é representada por uma linha ou barra graduada que indica a relação entre a representação e a realidade diretamente no desenho. Também pode ser uma escala nominal onde expressa-se diretamente a relação, por exemplo, 1 centímetro corresponde a 10 quilômetros. Conforme exemplificado na figura 7.

Figura 7 - Escala



Fonte: Elaborada pelo Autor (2019)

A escolha da escala é um elemento essencial para a qualquer representação gráfica, inclusive para os mapas. Há dois preceitos básicos devem ser seguidos para a escolha da escala utilizada, que dizem respeito:

- Ao fim a que se destina o produto obtido, ou seja, à necessidade ou não de precisão e detalhes do trabalho efetuado;
- À disponibilidade de recursos de impressão, ou seja, basicamente com a relação ao tamanho do papel a ser impresso (FITZ, 2008, p.49).

Em meio digital a escala não tem grande importância, já que os programas permitem que a representação assuma a escala desejada.

Já ao se tratar de fotogrametria a escala adotada ao ser realizado um levantamento tem extrema importância, já que ela irá determinar o nível de detalhamento que poderá ser obtido na ortofoto produzida.

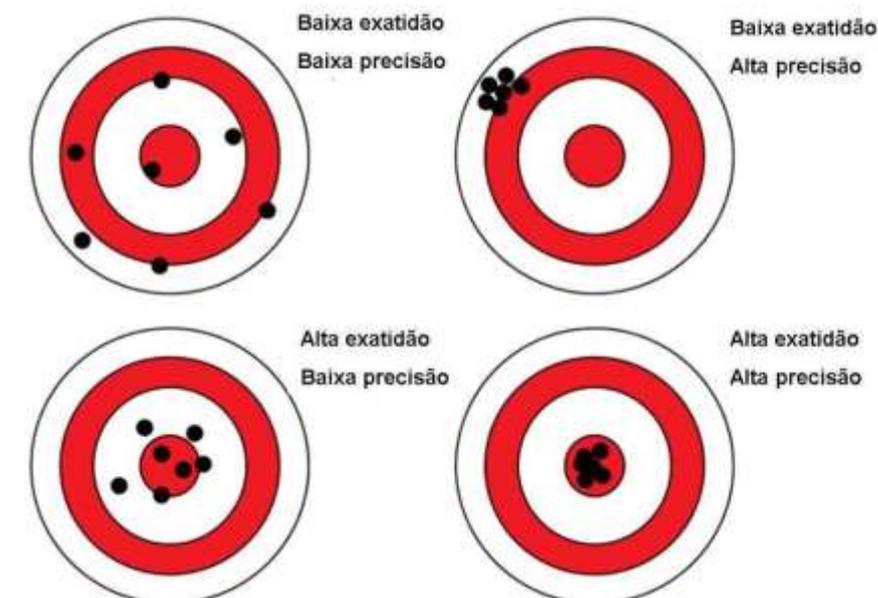
2.11 CONCEITO DE EXATIDÃO E PRECISÃO

A NBR 13133 define exatidão como o “grau de aderência das observações, em relação ao seu valor verdadeiro que, sendo desconhecido, o valor mais provável é considerado como a média aritmética destas observações” (ABNT, 1994, p.3). Entende-se, portanto, que a exatidão é referente à perfeição obtida nas medições.

Na mesma norma podemos encontrar a definição de precisão como os “valores que expressam o grau de aderência das observações entre si” (ABNT, 1994, p.4). Em outras palavras, precisão é a proximidade entre os valores obtidos em diversas medidas, ou seja, com uma baixa taxa de dispersão entre os valores.

Exatidão e precisão são dois conceitos distintos, portanto, uma medida pode ser exata e precisa, exata e imprecisa, inexata e precisa ou inexata e imprecisa, conforme a Figura 8, que traz esses conceitos aplicados a um exemplo de tiro ao alvo.

Figura 8 - Exatidão e Precisão



Fonte: QAQI UFRJ (2016)

2.12 EQUIPAMENTOS TOPOGRÁFICOS

As medições topográficas só são possíveis em virtude da instrumentação utilizada que vem sendo aperfeiçoada a milhares de anos. Há relatos desde o Egito Antigo de equipamentos utilizados para a medição de ângulos, passando pelo Império Romano até chegar ao século XVI onde o conceito de teodolito foi criado.

O teodolito foi um dos principais instrumentos de medição de ângulos horizontais e verticais por séculos, até a chegada da Segunda Guerra Mundial quando as tecnologias começaram a se desenvolver aceleradamente.

Com o advento tecnológico e a incorporação da eletrônica nos equipamentos analógicos, a topografia passa por um salto ao se tratar de produtividade e qualidade dos dados coletados. A agilidade de levantamento de dados pelos instrumentos vem aumentando cada vez mais e ao mesmo tempo aumentam a precisão e exatidão desses equipamentos.

O desenvolvimento da tecnologia GNSS (*Global Navigation Satellite System*) é um dos exemplos que podem ser citados. A sua utilização tem ganhado cada vez mais evidência no cenário da topografia, por possuírem produtividade elevada, atribuindo coordenadas precisas à um ponto, sem a necessidade de se estar próximo a outro ponto de referência. Essa tecnologia utiliza a navegação e o processamento de dados de satélites para a obtenção das coordenadas do ponto, conforme Figura 9.

Figura 9 - GNSS



Fonte: Santiago e Cintra (2018)

Outro exemplo de evolução nas tecnologias topográficas é a utilização de *laser scanner*. Essa tecnologia permite o levantamento de uma área em 3D com grande quantidade de detalhes e em uma grande velocidade, como ilustrado na Figura 10.

Figura 10 - Laser Scanner 3D



Fonte: Stanger Surveying (2019)

Contudo, apesar dos grandes avanços tecnológicos a topografia convencional ainda se baseia principalmente na utilização de estações totais para levantamentos planialtimétricos e níveis óticos para levantamentos altimétricos de alta precisão.

2.12.1 Estação Total

Uma estação total é um equipamento que pode medir, eletronicamente, ângulos horizontais, verticais e distâncias. Basicamente é a combinação de um teodolito com um equipamento de medição eletrônica a distância (MED). O equipamento é, normalmente, constituído de um conjunto que engloba o aparelho, um tripé, um prisma ótico e um bastão telescópico, conforme Figura 11.

Figura 11 - Conjunto de estação total, tripé, prisma e bastão



Fonte: Kolida (2019)

O princípio de funcionamento de uma estação total consiste na emissão de um *laser* pela estação que é enviado a um prisma ótico, ou uma superfície desejada, e refletido até a estação novamente. A estação, de forma eletrônica, calcula a distância entre o aparelho e o ponto desejado através do tempo entre a emissão e o retorno do feixe, e da constante de propagação do *laser*.

Para realizar o cálculo de coordenadas a estação total necessita de três pontos, o ponto de estação, de referência (ré) e o ponto a ser medido (vante). O ponto de estação tem coordenadas conhecidas e é onde a estação será instalada, já o ponto de referência é um ponto onde será feita a primeira visada para orientar a estação, este também deve possuir coordenadas conhecidas.

Através do ponto de estação e de referência o aparelho faz o cálculo do azimute e orienta a estação em relação ao eixo norte geográfico da Terra. A partir desse momento as coordenadas dos pontos de vante são calculadas utilizando o ângulo medido em relação ao norte e a distância entre a estação e o ponto. Outra forma de se orientar uma estação total é fornecendo o ponto de estação e diretamente o ângulo azimutal.

As estações totais são muito utilizadas, também, por sua fácil comunicação com os computadores, permitindo a extração e inserção de dados com facilidade e agilidade.

A NBR 13133 classifica as estações totais por sua precisão angular e linear, conforme a Figura 12.

Figura 12 - Classificação de Estações Totais segundo NBR 13133

Classes de estações totais	Desvio-padrão Precisão angular	Desvio-padrão Precisão linear
1 - precisão baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm (5\text{mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 - precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 - precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (3\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

Fonte: ABNT (1994)

2.12.2 Nível Ótico

Quando necessário um levantamento altimétrico de maior precisão, normalmente, recorre-se ao nível ótico. Este instrumento é utilizado para a determinação de cotas. Junto ao nível utiliza-se uma régua altimétrica ou mira, conforme Figura 13.

Figura 13 - Conjunto de Nível Ótico, Tripé e Régua Altimétrica (Mira)



Fonte: LHGeo (2019)

O funcionamento do aparelho é semelhante ao de um teodolito, contudo sua luneta não possui movimentação vertical, isso para minimizar erros angulares verticais na hora de fazer a leitura na mira.

Existem alguns níveis óticos eletrônicos, esses fazem a leitura nas miras que possuem código de barras e gravam seus valores internamente, todavia esses níveis

ainda não possuem alta precisão, sendo utilizados mais para fins topográficos dentro da construção civil.

A NBR 13133 classifica os níveis segundo seu desvio-padrão em 1 quilômetro de nivelamento duplo, ou seja, nivelamento e contranivelamento, conforme Figura 14.

Figura 14 - Classificação dos Níveis segundo NBR 13133

Classes de níveis	Desvio-padrão
1 - precisão baixa	$> \pm 10$ mm/km
2 - precisão média	$\leq \pm 10$ mm/km
3 - precisão alta	$\leq \pm 3$ mm/km
4 - precisão muito alta	$\leq \pm 1$ mm/km

Fonte: ABNT (1994)

2.12.3 Equipamentos Complementares

Além dos aparelhos que realizam os levantamentos topográficos são necessários, muitas vezes, outros instrumentos para auxiliar, como:

- Trena: Utilizada para medições de distâncias e alturas (Figura 15);

Figura 15 - Trena



Fonte: Starfer (2019)

- Baliza: É uma barra de metal ou madeira, utilizada para visualizar os pontos que estão na superfície (Figura 16);

Figura 16 - Baliza



Fonte: Geogex (2019)

- Nível de cantoneira: Nível com uma bolha circular utilizado, normalmente, para nivelar balizas e bastões de prisma (Figura 17).

Figura 17 - Nível de Cantoneira



Fonte: GPSolution (2019)

- Piquete e Estaca: um piquete materializa um ponto topográfico na superfície do terreno. Uma estaca facilita a localização de um piquete (Figura 18).

Figura 18 - Piquete e Estaca



Fonte: TEMOTEO (2019)

2.13 SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Acredita-se que os SIGs ou GIS (Geographic Information System) são usados desde antes do conceito em si ser criado. Historiadores acreditam que em meados do século XVIII, quando os primeiros mapas exatos começaram a ser produzidos, já fazia-se uso desta ferramenta.

O primeiro Sistema de Informação Geográfica - SIG foi desenvolvido no Canadá em 1962 e foi lançado o CGIS (*Canada Geographic Information Systems*). O SIG tornou-se totalmente aplicável na década de 1970, com rápido crescimento nos anos 80, mas foi realmente difundido na década de 1990 (MAPA, 2005 p.8).

Um SIG é a convergência de vários outros campos da tecnologia, como por exemplo a ciência da computação, gerenciamento das informações, cartografia, geodésia, fotogrametria, topografia, processamento digital de imagens e geografia (SILVA, 2003).

Desde sua criação não há um consenso entre os estudiosos sobre o conceito e a definição de um Sistema de Informação Geográfica. A dificuldade em ser encontrar uma definição definitiva se deve ao fato de que como a ferramenta tem uma aplicação variada, cada grupo que a utiliza de uma forma dá uma definição a ela.

Outro motivo de ser um desafio definir SIG é o fato de ser uma tecnologia relativamente nova e estar altamente vinculada ao avanço tecnológico. Isso faz com que ela esteja em constante modernização e apresente novas aplicabilidades.

2.13.1 Definições

A seguir serão apresentadas algumas definições que podem ser encontradas sobre SIG na literatura.

Eastman (1995 apud FITZ, 2008, p.23): “sistema assistido por computador para aquisição, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos”.

Fitz (2008, p.23): “sistema utilizado para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados e informações a ele vinculados”.

Rocha (2007, p.48): “sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, processamento, análise e exibição de informações digitais georreferenciada, topologicamente estruturadas, associadas ou não a um banco de dados alfanúmericos”.

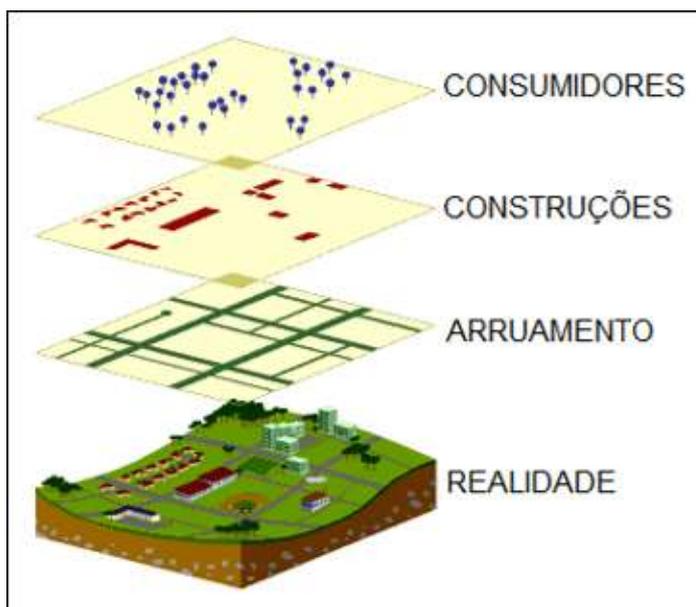
Zimmermann (2015, p.56):

Um SIG faz a associação de dados geográficos (cartograficamente posicionados) a um banco de dados alfanuméricos, ou seja, ele associa partes de um mapa (vegetação, uso e ocupação do solo, geologia, geomorfologia, hidrografia, solos, etc.) à uma grande quantidade de atributos alfanuméricos referentes àquele mapa ou parte dele (por exemplo, leis, decretos, restrições, etc.). Desta forma, possibilita, de forma rápida segura e precisa, a realização de consultas, análises, simulações e relacionamento de planos de informação.

Na maioria das referências os conceitos que permeiam a definição de SIG são: coleta, processamento, armazenamento e análises de dados georreferenciados. Sendo assim, pode-se assumir que esse é o cerne da ferramenta, contudo suas aplicações podem ir muito além disso.

Toda a informação contida dentro de um SIG pode ser dividida em camadas para sua melhor análise e visualização, conforme exemplificado na Figura 19.

Figura 19 - Camadas de Informação de um SIG



Fonte: Slama Acústica (2019)

2.13.2 Características e Estrutura

Por maior que seja a variedade de SIGs e suas aplicabilidades, existe algumas características que estão presentes na maioria deles, de acordo com Rocha (2007, p.59):

- Sistema de Aquisição e Conversão de Dados;
- Banco de dados Espaciais e de Atributos;
- Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD);
- Sistema de Análise Geográfica;
- Sistema de Processamento de Imagens;
- Sistema de Modelagem Digital de Terreno – MDT;
- Sistema de Análises Estatísticas;
- Sistema de Apresentação Cartográfica.

Da mesma forma que as características, a estrutura de um SIG é semelhante na maioria deles, sendo composta por:

- Hardware: Computador, notebook ou outra ferramenta;
- Software: Programa utilizado, como exemplos ArcGIS, QGIS, entre outros;
- Dados: Registros de pesquisa, levantamento ou mapeamento;
- Recursos humanos: conjunto de profissionais envolvidos na elaboração, manutenção e utilização do sistema.

Figura 20 - Estrutura de um SIG



Fonte: Adaptado de PAREDES (1994)

2.13.3 Utilização e Objetivo

Para McComarc (2014) existem três níveis de utilização de um SIG. Esses níveis são classificados como gerenciamento dos dados, análise e previsões de investigação.

Gerenciamento dos dados é o nível onde o SIG é usado para entrada, armazenamento, recuperação de dados através de consultas espaciais e condicionais, e também para exibir resultados.

Análise é o nível onde se faz o uso das capacidades de análise espaciais do sistema.

Previsão é o nível onde o gerenciamento dos dados e a análise se combinam para realizar a modelagem de eventos futuros, permitindo simulações de situações que são almejadas ou pretendem ser evitadas.

Um SIG fornece a capacidade de aplicar métodos de análises cartográficas e geográficas para áreas destinando-se a resolver vários problemas.

Através destas utilizações pode-se dizer que o principal objetivo de um SIG é tomar um dado bruto e transformá-lo, por superposição e por vários cálculos analíticos, em nova informação que pode ajudar na tomada de decisões, reduzindo o tempo e o dinheiro gasto em atividades de processar, registrar e pesquisar grandes volumes de dados.

2.13.4 Aplicações

Conforme citado nos itens anteriores existe uma enorme variedade de aplicações para um sistema de informações geográficas, podendo ser usado por diversos ramos da ciência e da engenharia.

Rocha (2007, p.72) traz alguns exemplos de aplicações de um SIG:

- Atualizações florestais;
- Monitoramento e controle de pragas e doenças;
- Simulação de plantio e colheita;
- Gestão de redes de distribuição de energia elétrica;
- Administração municipal e planejamento urbano – consultas rápidas, simulações de situações, obtenção de resultados estatísticos e formulação de decisões a partir de dados gráficos e cadastrais;
- Administração, caracterização e localização de recursos naturais;
- Monitoramento de bacias hidrográficas;
- Gestão das redes de distribuição de água e coleta de esgotos;
- Avaliação de impacto ambiental de agriculturas;
- Previsão de safras;
- Avaliação da aptidão agrícola de terras;
- Planejamento de rotas de ônibus;
- Roteamento turístico;
- Monitoramento ambiental;
- Mapeamento de solos;
- Mapeamento geotécnico;
- Gerência de pavimentos;
- Controle de trafego;
- Planejamento de sistemas de transporte coletivo;
- Projeto e estudos ambientais de gasodutos e oleodutos;

- Projeto de vias de transportes e outras;

Baseando-se em todas as aplicações anteriormente citadas, no conceito e na definição de SIG, conclui-se que um sistema de informações geográficas é principalmente uma ferramenta de apoio a tomada de decisão. Sendo assim, necessita de constante atualização para que as ações tomadas sejam fundamentadas sempre nos dados mais recentes, conforme Figura 21.

Figura 21 - SIG como Ferramenta de Tomada de Decisões



Fonte: Adaptado de ARONOFF (1989)

3 ESTUDO DE CASO – ATUALIZAÇÃO DO MAPEAMENTO DA REDE LÓGICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Este capítulo trata do estudo de caso da atualização do mapeamento da rede lógica do campus Reitor João David Ferreira Lima, no bairro Trindade, Florianópolis.

Esse mapeamento foi realizado entre os anos de 2017 e 2018 pelo Grupo de Trabalho em Sistemas de Informações Geográficas (GTSIG), que é vinculado ao Laboratório de Ciências Geodésicas (LabCIG) do Departamento de Engenharia Civil, UFSC.

A demanda por esse mapeamento surgiu por parte da Superintendência de Governança Eletrônica e Tecnologia da Informação e Comunicação (SeTIC), que é o órgão dentro da universidade responsável pela rede lógica, e pelo Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia (DPAE).

Contudo, a utilização do levantamento vai além dos órgãos solicitantes, o Departamento de Fiscalização de Obras (DFO) e Departamento de Manutenção Predial e Infraestrutura (DMPI), também necessitam de informações da rede.

A rede lógica é composta pelo cabeamento de fibra ótica e telefonia e é uma das que compõe a rede de infraestrutura dentro do campus, além dela existem a rede elétrica de baixa e média tensão, rede hidráulica, de esgoto e drenagem.

A maior parte da estrutura dessa rede é subterrânea e uma pequena parte é aérea, ou seja, utiliza postes. O foco do mapeamento foi a parte subterrânea, pois são dessas informações que a UFSC mais necessita.

A necessidade desse mapeamento surgiu em virtude dos recorrentes danos que aconteciam a rede por desconhecimento da sua localização. Em obras que envolviam escavações, muitas vezes, a rede sofria avaria.

A rede lógica, dentre as redes de infraestrutura, é uma das que possui um maior custo de instalação e manutenção. Isso se deve, principalmente, ao valor da fibra ótica. O custo médio de um rompimento de fibra ótica, segundo informações do SeTIC, é em torno de 1.500 reais, contudo esse valor varia com a extensão do dano e com a quantidade de fibras rompidas.

O presente estudo de caso analisa o levantamento topográfico realizado, cadastro da rede, a elaboração do SIG, resultados obtidos e a importância desse tipo de mapeamento.

3.1 HISTÓRICO

O primeiro mapeamento realizado pelo GTSIG ocorreu entre os anos de 2012 e 2014. As informações coletadas referiam-se à localização, tamanho, estado de conservação das caixas de passagem da rede e da quantidade de tubulações e cabos de fibra ótica passando entre as caixas. Além das informações obtidas foi realizado, um registro fotográfico interno e externo das caixas de passagem.

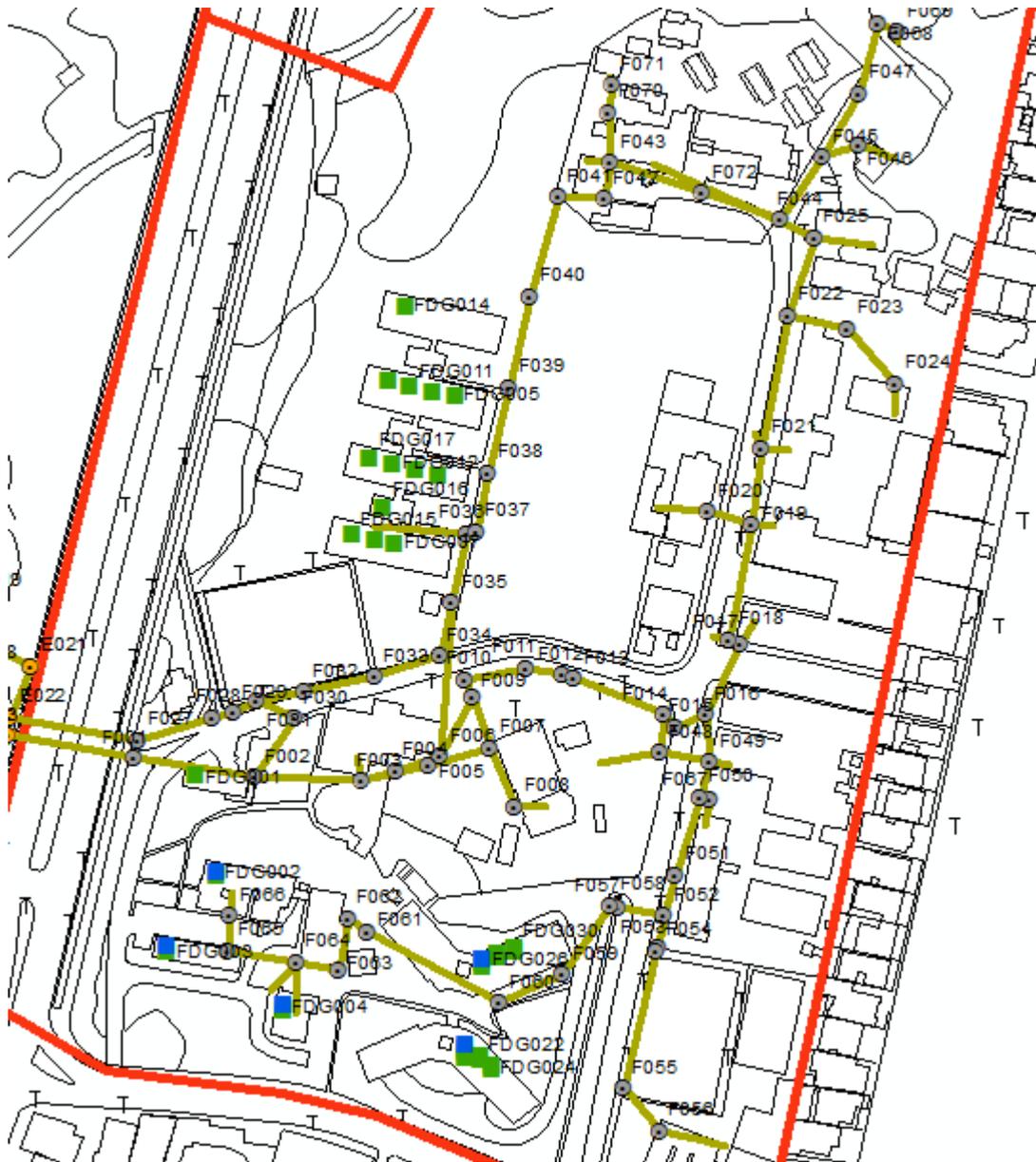
As informações coletadas foram organizadas em um SIG, que possuía como premissas:

- Sistema Geodésico de Referência: SAD69;
- Sistema de Projeção Cartográfica: UTM;
- Sistema de Coordenadas: Plano-retangulares;
- Software utilizado: ArcGIS;
- Base para o SIG: Planta de Restituição de Aerolevanteamento realizado em 2007 pela prefeitura do município.

O levantamento levou em consideração, ao ser realizado, a setorização do campus adotada pelo DPAE. O campus é dividido em 6 setores, nomeados de A a F. Para facilitar a visualização foi adotada uma cor para representar cada setor.

O SIG de todo o campus, finalizado em 2014, é ilustrado na Figura 22.

Figura 23 - Detalhes Setor F (2014)



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

A Figura 24, Figura 25 e Figura 26, ilustram respectivamente, as informações das caixas de passagem, do registro fotográfico e dos dutos de passagem.

Figura 24 - Informações Caixa F016 (2014)

SETOR F	
FID	25
Layer	SETOR F
Caixa	F016
Dimensão_c	Diâmetro 70
Classif_ca	Gu
Estado_con	Bom
Data_atual	01/06/2012
Observacao	
Fotos	F016.html
Tipo_Tampa	Tampa de metal

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 25 - Registro Fotográfico Caixa F016 (2014)



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 26 - Informações Duto F015F016 (2014)

SETOR F	
FID	29
Layer	SETOR F
Dutos	F015F016
Quantidade	-
Quantida_1	-
Observação	Não é possível ver dutos e fios
Status_da_	Rede antiga

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

As informações da caixa e do duto, podem ser acessadas no ArcGIS pela ferramenta *HTML Popup* e o registro fotográfico pela ferramenta *Hyperlink*.

A nomenclatura das caixas é composta pela letra que identifica o setor e mais três dígitos numéricos. Os dutos são nomeados pelas caixas que eles interligam.

A simbologia utilizada para representar as caixas de passagem é um círculo e os dutos são representados por linhas.

Foram mapeadas 450 caixas de passagem no campus Trindade, não sendo possível mapear os dutos por serem subterrâneos, estes foram aproximados por linhas retas interligando as caixas de passagem e edificações.

Entre o período de 2014 e 2017 não houve nenhuma atualização do SIG. Em junho de 2017 o GTSIG retomou esse levantamento para gerar uma atualização e assim, o sistema de informação retornar a sua funcionalidade plena.

A seguir serão discutidos todos os aspectos da atualização do mapeamento da rede lógica.

3.2 INSPEÇÕES E LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A primeira etapa da atualização do mapeamento foi a coleta de dados em campo, através de inspeções nas caixas de passagem e levantamentos topográficos, para se obter as coordenadas das mesmas.

3.2.1 Inspeções

Na atualização do mapeamento ficou acordado com o SeTIC que as caixas de passagem seriam inspecionadas apenas externamente, pois há o risco de haver fiação elétrica passando pela mesma caixa que se tem o cabeamento da rede lógica.

Dessa maneira, as informações coletadas foram as dimensões da tampa, classificando-a em pequena, média e grande. O tipo de tampa, podendo ser de madeira, metal ou concreto. E, também, um ponto de referência para auxiliar na localização, bem como informações sobre o estado de conservação.

Para auxiliar nas inspeções foi elaborado um formulário de campo, onde todas as informações eram anotadas para posteriormente serem passadas para o meio digital, conforme a Figura 27.

Figura 27 - Formulário de Campo

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA GRUPO DE TRABALHO DE SIST. DE INFO. GEOGRÁFICAS FORMULÁRIO DE CAMPO 		
Atividade		
Equipe		Data:
Duração	Horário de saída:	Total de horas:
	Horário de chegada:	
Material		
Local	Setor:	
	Ordem fotos:	
OBSERVAÇÕES:		

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Este formulário também era usado para o controle do número de pessoas, tempo e materiais que a atividade necessitava.

As inspeções foram realizadas em duas etapas, na primeira inspecionava-se as caixas de passagem que já haviam sido mapeadas no levantamento de 2012. Na segunda etapa havia o acompanhamento de técnicos do SeTIC, onde eram sanadas

eventuais dúvidas e repassadas as informações das novas caixas que deveriam ser levantadas.

Nas duas etapas realizava-se um registro fotográfico das caixas através de uma foto ampla, onde a caixa era identificada por um bastão e tinha o intuito de facilitar sua localização. E uma foto da tampa que caracteriza a caixa de passagem, conforme exemplificado na Figura 28 e Figura 29.

Figura 28 - Exemplo de Foto Ampla



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 29 - Exemplo de Foto da Tampa



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

3.2.2 Levantamento Topográfico

Para atender as normas e especificações do IBGE para a cartografia brasileira foi decidido a mudança do sistema geodésico de referência de SAD69 para SIRGAS2000, mantendo como sistema de projeção cartográfica o sistema UTM.

As caixas que haviam sido mapeadas no levantamento de 2012 tiveram suas coordenadas convertidas de um sistema para o outro através do software ProGrid, que é disponibilizado pelo IBGE. Sendo assim, não foi necessário realizar novamente o levantamento topográfico delas.

Para os dutos, como não foi possível a abertura das caixas, foram mantidas todas as informações do mapeamento realizado em 2012.

Como base para o levantamento topográfico foi utilizada a Rede de Marcos Topográficos UFSC, uma rede composta por 55 marcos georreferenciados. Essa rede tem como ponto de origem o marco do IBGE SAT 91851, localizado próximo a Biblioteca Universitária, dentro do campus, sendo ilustrado na Figura 30.

Figura 30 - Estação SAT 91851



Fonte: IBGE (2018)

Para o levantamento onde as caixas não se encontravam próximos aos marcos da rede foram utilizados piquetes de madeira para demarcar pontos auxiliares, facilitando, assim, a obtenção das coordenadas das caixas na área.

O equipamento utilizado para realizar os levantamentos foi a estação total *FOIF OTS682-R300*, que possui precisão angular de 2" (dois segundos) e linear de 2mm+2ppm, compatível com levantamentos de alta precisão, segundo a NBR 13133. O equipamento é mostrado na Figura 31.

Figura 31 - Estação Total FOIF



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Dessa forma foram coletadas todas as coordenadas das caixas mapeadas no levantamento de 2018.

3.3 CADASTRO DA REDE LÓGICA

Tendo sido coletadas todas as informações necessárias em campo através das inspeções e levantamentos topográficos, deu-se início ao cadastramento da rede lógica.

A primeira etapa do cadastramento foi organizar todas as informações disponíveis do levantamento de 2012 e 2018 em planilha eletrônica, tornando assim mais fácil o acesso a informação, conforme Figura 32 e Figura 33, respectivamente, planilha de caixas e planilha de dutos.

Figura 32 - Planilha de Caixas de Passagem

Caixa	Coordenadas UTM SAD 69			Coordenadas UTM Sirgas 2000			Dimensões [cm]			Tampa			Estado	Ponto de Referência	Data de Inspeção	Relatórios	
	Norte [Y] [m]	Leste [X] [m]	Altitude [Z] [m]	Norte [Y] [m]	Leste [X] [m]	Altitude [Z] [m]	L [m]	C [m]	gdo [m]	Área [m²]	Classificação	Tipo de Tampa					
F001	6.944.791.714	745.216.074		6.944.747.845	745.166.181		60x70x100	0.60	0.70		0.42	Média	Metálica	Normal	Túnel Prefeitura-CCS	11/09/2017	F001.html
F002	6.944.785.177	745.257.502		6.944.741.308	745.207.609		Ø70		0.70		0.38	Média	Metálica	Normal	Prefeitura do Campus	11/09/2017	F002.html
F003	6.944.783.607	745.294.777		6.944.739.738	745.244.884		60x80x60	0.60	0.80		0.48	Média	Metálica	Normal	Fundos do prédio novo EOA	11/09/2017	F003.html
F004	6.944.787.334	745.306.676		6.944.743.465	745.256.783		40x220	0.40	2.20		0.88	Grande	Concreto	Normal	Fundos do prédio novo EOA	11/09/2017	F004.html
F005	6.944.788.961	745.317.927		6.944.745.092	745.268.034		55x35x50	0.55	0.35		0.19	Pequena	Metálica	Normal	Fundos do prédio novo EOA	11/09/2017	F005.html
F006	6.944.792.295	745.321.678		6.944.748.426	745.271.785		50x50	0.50	0.50		0.25	Pequena	Concreto	Normal	Fundos do prédio novo EOA	11/09/2017	F006.html
F007	6.944.795.439	745.339.034		6.944.751.570	745.289.141		35x60x60	0.35	0.60		0.21	Pequena	Metálica	Normal	Fundos do prédio novo EOA	11/09/2017	F007.html
F008	6.944.774.949	745.347.660		6.944.731.080	745.297.767		35x60x35	0.35	0.60		0.21	Pequena	Metálica	Normal	Fundos do prédio novo EOA	11/09/2017	F008.html
F009	6.944.812.689	745.332.654		6.944.768.820	745.282.761		35x55x40				-	-	Concreto	Soterrada	Fundos do prédio novo EOA	-	F009.html
F010	6.944.819.145	745.330.316		6.944.775.276	745.280.423		35x60x65				-	-	Metálica	Soterrada	Fundos do prédio novo EOA	-	F010.html
F011	6.944.833.043	745.351.514		6.944.779.174	745.301.621		35x60x55				-	-	Metálica	Soterrada	Lateral no prédio novo EOA	-	F011.html
F012	6.944.820.695	745.364.066		6.944.776.826	745.314.173		45x45x75	0.45	0.45		0.20	Pequena	Concreto	Normal	Estacionamento EOA	13/09/2017	F012.html
F013	6.944.819.432	745.368.135		6.944.775.563	745.318.242		55x60x85	0.55	0.60		0.33	Média	Concreto	Normal	Lateral no prédio novo EOA	24/10/2017	F013.html
F014	6.944.806.967	745.398.896		6.944.763.088	745.349.003		35x60x45	0.35	0.60		0.21	Pequena	Metálica	Normal	Estacionamento EOA	11/09/2017	F014.html
F015	6.944.802.430	745.403.253		6.944.758.561	745.353.360		55x85	0.55	0.85		0.47	Média	Concreto	Normal	Rua em frente ao prédio novo EOA	11/09/2017	F015.html
F016	6.944.806.748	745.413.488		6.944.762.879	745.363.595		Ø70		0.70		0.38	Média	Metálica	Normal	Prédios antigos EOA	11/09/2017	F016.html
F017	6.944.831.770	745.425.322		6.944.787.901	745.375.429		50x60x35	0.50	0.60		0.30	Média	Concreto	Normal	Prédios antigos EOA	11/09/2017	F017.html
F018	6.944.833.105	745.421.875		6.944.787.236	745.371.982		60x60x65	0.60	0.60		0.36	Média	Concreto	Normal	Prédios antigos EOA	11/09/2017	F018.html
F019	6.944.873.117	745.429.827		6.944.829.248	745.379.934		60x60x70	0.60	0.60		0.36	Média	Concreto	Normal	Almoxarifado central	11/09/2017	F019.html
F020	6.944.877.575	745.432.913		6.944.833.706	745.394.671		40x40x40	0.40	0.40		0.16	Pequena	Concreto	Normal	Almoxarifado central	11/09/2017	F020.html
F021	6.944.899.787	745.442.131		6.944.855.918	745.383.020		20x35x50	0.20	0.35		0.07	Pequena	Concreto	Normal	Arquivo central	11/09/2017	F021.html
F022	6.944.946.228	745.462.569		6.944.902.359	745.392.238		60x60x40	0.60	0.60		0.36	Média	Concreto	Normal	Arquivo central	11/09/2017	F022.html
F023	6.944.941.397	745.479.098		6.944.897.528	745.412.676		40x40	0.40	0.40		0.16	Pequena	Concreto	Normal	Arquivo central	11/09/2017	F023.html
F024	6.944.922.266	745.451.043		6.944.929.202	745.401.150		60x60x55	0.60	0.60		0.36	Média	Concreto	Normal	LAMAQ	11/09/2017	F024.html
F025	6.944.973.071	745.451.043		6.944.929.202	745.401.150		60x60x80	0.60	0.60		0.36	Média	Concreto	Normal	LAMAQ	11/09/2017	F025.html
F027	6.944.797.911	745.217.331		6.944.754.042	745.167.438		60x40x50	0.60	0.40		0.24	Pequena	Concreto	Normal	Túnel Prefeitura-CCS	11/09/2017	F027.html

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 33 - Planilha de Dutos

Dutos	Quantidade_e_Bitolas	Quantidade_Fios	Observacao
F001F002	4 (2")	12	Informacoes do levantamento de 2012
F002F003	3 (2")	8	Informacoes do levantamento de 2012
F002F030			Nao e possivel ver dutos e fios. Informacoes do levantamento de 2012
F003F004	2 (2")	6	Informacoes do levantamento de 2012
F003F005	2 (3")	1	Informacoes do levantamento de 2012
F003ED	1 (1,5")	1	Informacoes do levantamento de 2012
F004F006	2 (2")	6	Informacoes do levantamento de 2012
F005F007	2 (3")	1	Informacoes do levantamento de 2012
F006F009			Nao e possivel ver dutos e fios. Informacoes do levantamento de 2012
F006F035	3(2") 1(0,75")	5	Informacoes do levantamento de 2012
F007F008	2 (1,5") 1 (2")	2	Informacoes do levantamento de 2012
F007F009	2 (1,5") 1 (2")	3	Informacoes do levantamento de 2012
F008ED1	3 (2") 1 (2")	5	Informacoes do levantamento de 2012
F009F010	4 (2")	6	Informacoes do levantamento de 2012
F010F011	4 (2")	6	Informacoes do levantamento de 2012
F011F012	4 (2")	6	Informacoes do levantamento de 2012

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Para completar o cadastramento foi gerada uma ficha cadastral, chamada de monografia da caixa. Esse documento de uma página reúne as informações coletadas nas inspeções, levantamentos topográficos e registros fotográficos.

O objetivo de se utilizar essa forma de cadastro é tornar acessível e visual todas as informações de uma caixa de passagem.

Dessa maneira foram reorganizadas todas as informações do mapeamento de 2012 em uma monografia para cada caixa de passagem, que traz as informações de identificação da caixa, setor de localização, data de inspeção, coordenadas, estado de conservação, tipo de tampa, dimensões, classificação, informações dos dutos (número de dutos e cabos passando pela caixa), foto da tampa, foto ampla e observações. A Figura 34 é um exemplo de monografia de caixa do levantamento de 2012.

Figura 34 - Monografia da Caixa F016 - 2012

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA GRUPO DE TRABALHO DE SIST. DE INFO. GEOGRÁFICAS REDE DE CABEAMENTO LÓGICO MONOGRAFIA DA CAIXA 		
Setor: F	Identif. da Caixa: F016	Data de inspeção: 01/06/2012
Campus: Trindade	Município: Florianópolis	Ordem: 1ª inspeção
INFORMAÇÕES CAIXA		Foto Tampa:
Coordenadas UTM SAD69 N: 6.944.806,748m E: 745.413,488m		
Estado de Conservação: Bom		
Tipo de Tampa: Metálica		
Dimensões: 70cm (diâmetro)		
Classificação: Grande		Foto Interna:
INFORMAÇÕES DUTOS		
Ligação F015F016		
Dutos: -		
Cabos: -		
Ligação F016F017		OBSERVAÇÕES:
Dutos: 2 (2")		
Cabos: 8		
Ligação F049F016		
Dutos: 2 (2")		
Cabos:		
Ligação		
Dutos:		
Cabos:		

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Da mesma forma foram elaboradas monografias referentes ao levantamento de 2018. Essas trazem as informações de identificação da caixa, setor de localização, data de inspeção, coordenadas, dimensões, classificação e tipo da tampa, ponto de referência, foto ampla, foto da tampa, imagem de localização e observações.

A Figura 35 exemplifica uma monografia referente ao levantamento realizado em 2018.

Figura 35 - Monografia da Caixa F016 - 2018

 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA GRUPO DE TRABALHO EM SIST. DE INFO. GEOGRÁFICAS REDE DE CABEAMENTO LÓGICO MONOGRAFIA DA CAIXA 		
Setor: F	Identif. Da Caixa: RLF016	Data de Inspeção: 11/09/2017
Campus: Trindade	Município: Florianópolis	Ordem: 2ª Inspeção
Coordenadas UTM SIRGAS2000 N: 6.944.762,879m E: 745.363,595m		Localização: 
Dimensões: 70cm (diâmetro)		
Tipo de Tampa: Metálica		
Classificação: Média		
Ponto de Referência: Prédios antigos EQA		
Foto Ampla: 		Foto Tampa: 
OBSERVAÇÕES: A caixa sofreu alteração de tamanho de "grande" para "média" devido à alteração do padrão de classificação. A caixa está em bom estado de conservação, porém é recomendado fazer limpeza ao redor para deixá-la acima do nível do terreno.		

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

No levantamento de 2018, as caixas passaram por uma mudança nas suas nomenclaturas. O código das caixas possui agora as letras RL que identifica a rede lógica, isto porque, outras redes também serão mapeadas.

Através dessas monografias pode-se gerar um histórico para a rede, acompanhando modificações, ampliações e manutenções.

3.4 SIG DA REDE LÓGICA

Tendo sido coletado os dados e cadastradas as informações da rede, utiliza-se de um sistema de informações geográficas para armazenamento, análise e visualização.

A atualização do mapeamento, no SIG, traz como premissas:

- Sistema Geodésico de Referência: SIRGAS2000;
- Sistema de Projeção Cartográfica: UTM;
- Sistema de Coordenadas: Plano-retangulares;
- Software utilizado: ArcGIS;
- Base para o SIG: Ortofoto de 2016.

Ao gerar o SIG a primeira preocupação foi encontrar uma base que atendesse o objetivo de locar a rede de uma forma que a sua posição fosse inequívoca. A base utilizada na versão anterior já não atendia a esse propósito, pois uma grande quantidade de edificações não estava presente

Não foi possível encontrar uma planta que fosse compatível com o levantamento e atendesse o nível de detalhamento esperado. Por este motivo, foi adotado como base uma ortofoto gerada por aerolevanteamento no ano de 2016 pela prefeitura do município. Esta foi cedida ao GTSIG pelo DPAE.

A escala da imagem é de 1:2000, permitindo um alto nível de detalhamento. Outro quesito é de que a imagem é suficientemente atual para ter quase que a totalidade das edificações construídas ou em construção no campus.

A mudança do referencial geodésico, como dito anteriormente, visa atender os critérios estabelecidos para a cartografia nacional.

Continua-se a utilizar o ArcGIS, pois o grupo possui material de estudo sobre o software, bem como tutoriais de utilização. Dessa forma, torna-se mais fácil a manipulação dos dados nessa ferramenta. Contudo, pode-se fazer uso de outros softwares SIG, como por exemplo o QGIS, software livre e gratuito.

Na atualização manteve-se a simbologia das caixas como sendo um círculo, contudo para as caixas que foram encontradas soterradas criou-se uma simbologia

nova, essas serão identificadas por triângulos e para os dutos manteve-se as linhas, conforme Figura 36.

Figura 36 - Simbologia SIG



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Outra alteração foi adotar uma cor padrão para toda a rede para que, futuramente quando outras redes forem incorporadas, não gere um efeito de poluição visual.

Conforme mencionado anteriormente a nomenclatura das caixas também passou por uma atualização, sendo ilustrada na Figura 37.

Figura 37 - Nova Nomenclatura das Caixas

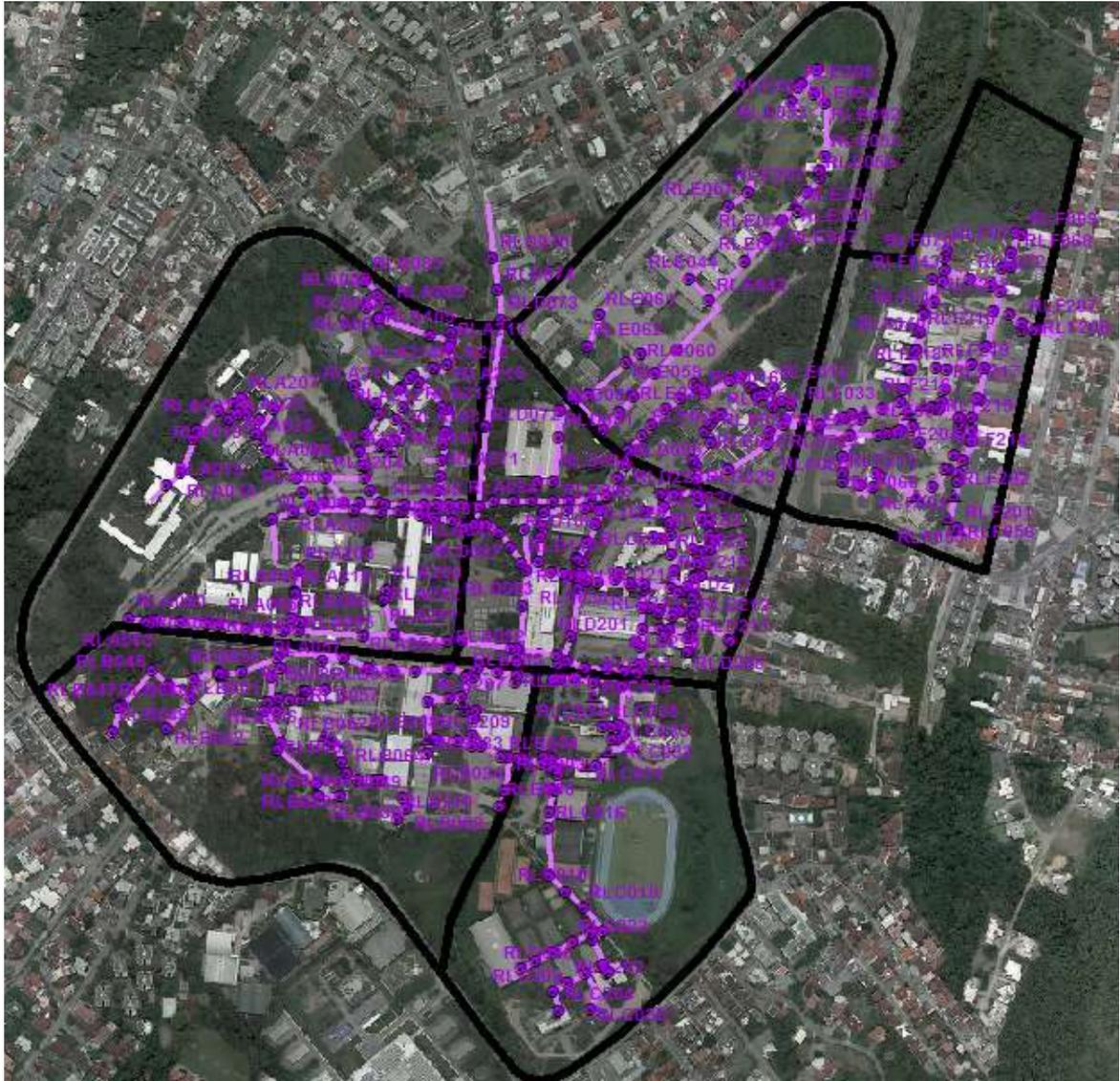


Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Através dessa nomenclatura pode-se identificar a rede, setor, levantamento e qual caixa está sendo analisada.

A partir dessas considerações foi gerada atualização do SIG da Rede Lógica, ilustrado na Figura 38.

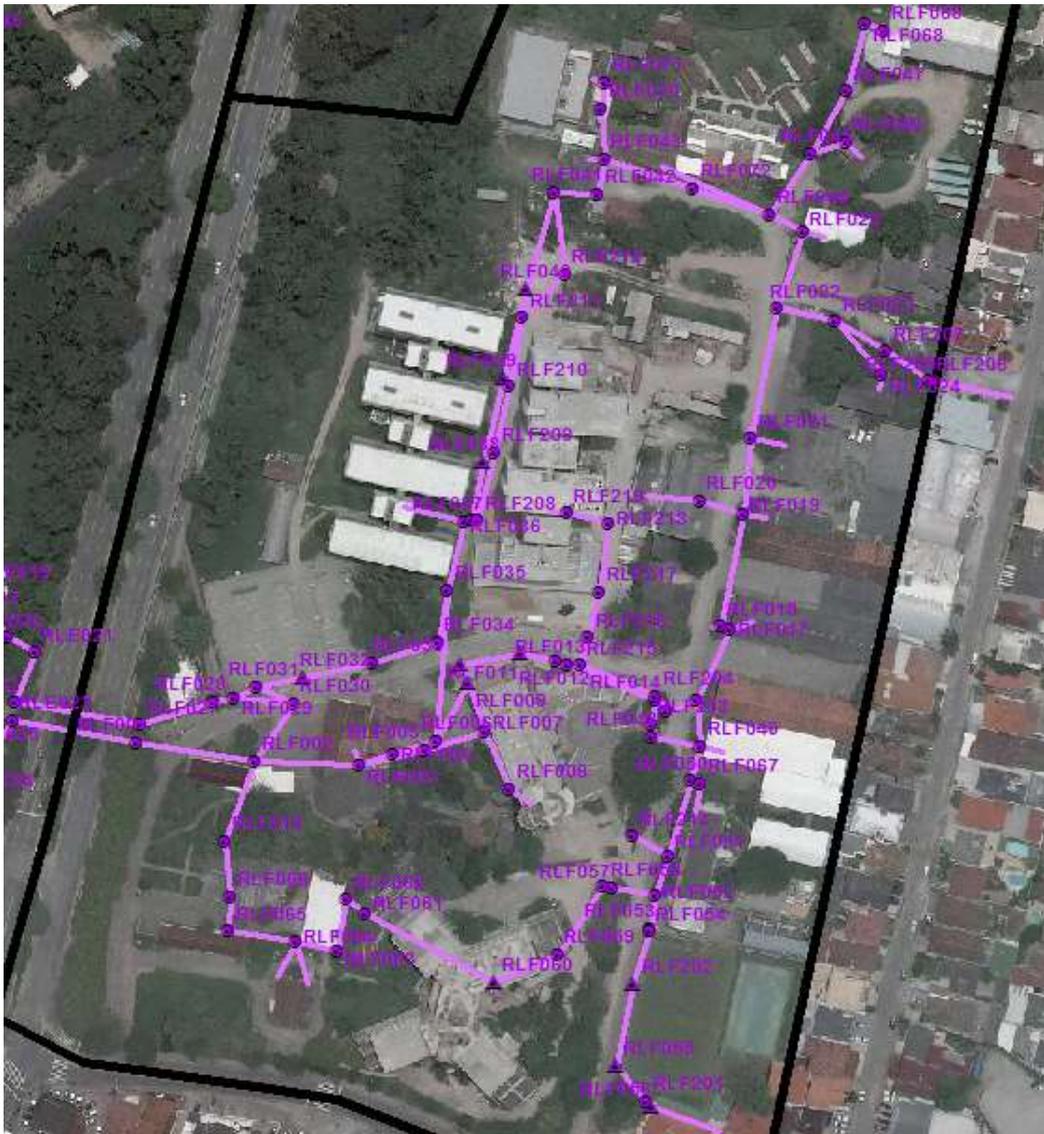
Figura 38 - SIG Rede Lógica (2018)



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Na Figura 39, podemos olhar com maiores detalhes o setor F.

Figura 39 - Detalhes Setor F (2018)



Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Utilizando a ferramenta *HTML Popup*, do ArcGIS, pode-se acessar as informações das caixas e dos dutos, conforme apresentado na Figura 40 e Figura 41.

Figura 40 - Informações Caixa RLF016 (2018)

RLF016	
FID	15
Caixa	RLF016
N_SAD	6944806,748
L_SAD	745413,488
N_SIR	6944762,879
L_SIR	745363,595
Dimensoes	70
Area_m2	0,38
Classifica	Media
Tipo_de_Ta	Metallica
Estado	Normal
Ponto_de_R	Predios antigos EQA
Data_de_in	11/09/2017
Relatorios	RLF016.html
Field14	

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Figura 41 - Informações Duto F015F016 (2018)

F015F016	
FID	17
Id	0
Duto	F015F016
Ligacao	F015F016
Quantidade	
Quantida_1	0
Observacao	Nao e possivel ver dutos e fios. Informacoes do levantamento de 2012

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

E ao se utilizar a ferramenta *Hyperlink* pode-se acessar as monografias das caixas de passagem verificando o seu histórico, conforme Figura 42

Figura 42 - Monografias da Caixa RLF016

Caixa RLF016

Relatório Monográfico da Caixa

Cabos: _____

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA GRUPO DE TRABALHO DE SIST. DE INFO. GEOGRÁFICAS REDE DE CABEAMENTO LÓGICO MONOGRAFIA DA CAIXA		
Setor: F	Identif. da Caixa: F016	Data de inspeção: D1/06/2012
Campus: Trindade	Município: Florianópolis	Ordem: 1ª inspeção
INFORMAÇÕES CAIXA		Foto Tampa:
Coordenadas UTM SAD69 N: 6.944.806,748m E: 745.413,488m		
Estado de Conservação: Bom		
Tipo de Tampa: Metálica		
Dimensões: 70cm (diâmetro)		
Classificação: Grande		Foto Interna:
INFORMAÇÕES DUTOS		
Ligação F015F016		
Dutos: -		
Cabos: -		
Ligação F016F017		
Dutos: 2 (2")		
Cabos: 8		
Ligação F049F016		
Dutos: 2 (2")		
Cabos:		
Ligação		
Dutos:		
Cabos:		
OBSERVAÇÕES:		

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA GRUPO DE TRABALHO EM SIST. DE INFO. GEOGRÁFICAS REDE DE CABEAMENTO LÓGICO MONOGRAFIA DA CAIXA		
Setor: F	Identif. Da Caixa: RLF016	Data de Inspeção: 11/09/2017
Campus: Trindade	Município: Florianópolis	Ordem: 2ª inspeção
Coordenadas UTM SIRGAS2000 N: 6.944.762,879m E: 745.363,595m		Localização:
Dimensões: 70cm (diâmetro)		
Tipo de Tampa: Metálica		
Classificação: Média		
Ponto de Referência: Prédios antigos ECA		
Foto Ampla:		Foto Tampa:
		
OBSERVAÇÕES:		
A caixa sofreu alteração de tamanho de "grande" para "média" devido à alteração do padrão de classificação.		
A caixa está em bom estado de conservação, porém é recomendado fazer limpeza ao redor para deixá-la acima do nível do terreno.		

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

A nova organização e as modificações feitas na atualização do mapeamento visam permitir que o sistema possa armazenar e visualizar os dados de forma a facilitar o uso dos setores da UFSC que trabalham direta ou indiretamente com a rede lógica. Além de permitir análises em casos de rompimentos das tubulações, acelerando o processo de resposta e para as ampliações da rede, possibilitando a averiguação dos melhores caminhos a serem seguidos.

3.5 RESULTADOS

Ao final da atualização do mapeamento obteve-se os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados do Mapeamento

Item	Setor do Campus						Total - Campus
	A	B	C	D	E	F	
Caixas antigas inspecionadas	93	67	41	105	58	70	434
Novas caixas mapeadas	17	10	4	29	5	19	84
Caixas que necessitam manutenção	12	22	8	15	19	18	94
Caixas soterradas	2	5	4	1	1	11	24
Total de caixas	110	77	45	134	63	89	518
Monografias de caixas antigas	186	134	82	210	116	140	868
Monografias de caixas novas	17	10	4	29	5	19	84
Total de monografias	203	144	86	239	121	159	952

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

O item caixas antigas inspecionadas é referente as caixas mapeadas no levantamento de 2012. As novas caixas mapeadas foram levantadas em 2018. Através das informações coletadas e dos registros fotográficos pode-se fazer uma análise do estado de conservação externo das caixas e da necessidade de manutenção.

Ao todo foram inspecionadas 518 caixas de passagem que compõe a rede lógica e foram produzidas 952 monografias para o cadastro da rede.

Com o SIG foram produzidos três documentos que são disponibilizados juntos do sistema, sendo eles:

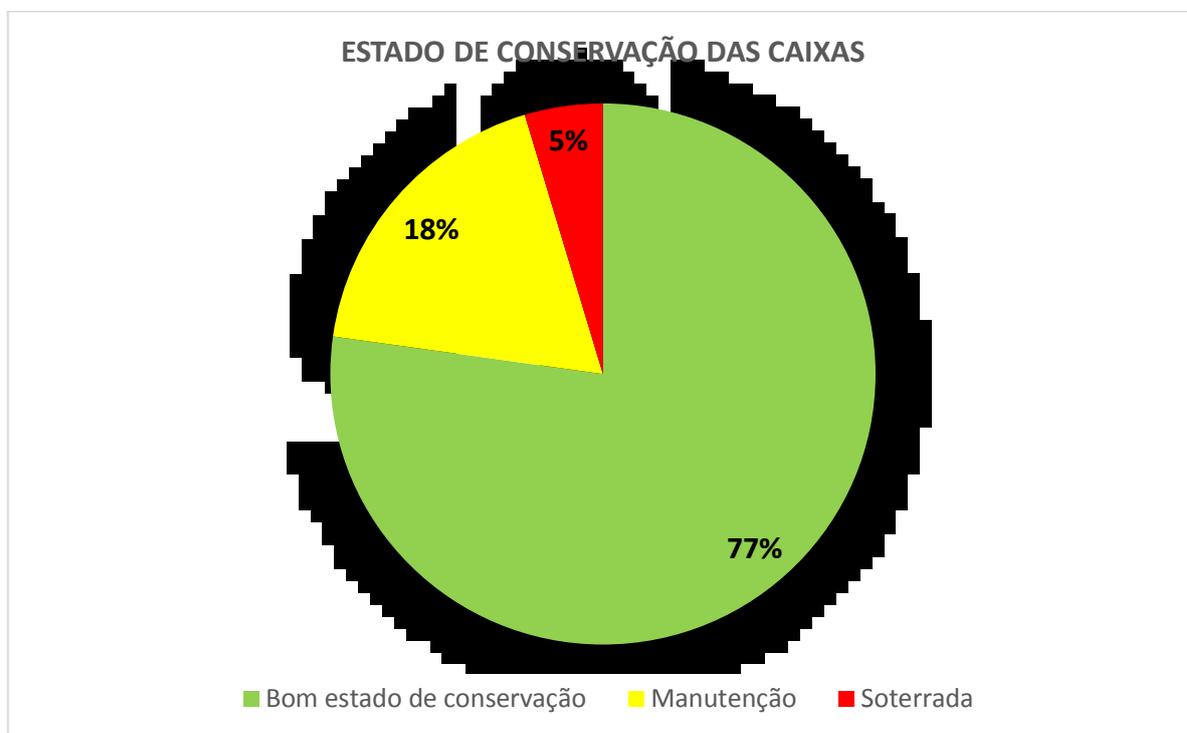
- Memorial Descritivo: Com a função de detalhar e explicar todos os processos realizados durante o mapeamento;
- Relatório do Projeto: Traz as informações das premissas e resultados encontrados;
- Relatório de Manutenção das Caixas: A partir das informações coletadas extraiu-se as informações para manutenção da rede.

3.5.1 Análise do Estado de Conservação

A partir do mapeamento e dos dados coletados sobre a rede lógica foi possível fazer uma análise do seu estado de conservação.

Das 518 caixas de passagem mapeadas, 400 estão em bom estado de conservação, 94 necessitam de algum tipo de manutenção e 24 foram soterradas, essas informações são ilustradas no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Estado de Conservação das Caixas de Passagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Um dos maiores problemas para a rede é o soterramento das caixas de passagem. Estes muitas vezes ocorrem na execução de obras, quando são construídas calçadas, descartados entulhos ou feito aterros sobre a caixa.

Os transtornos gerados por este motivo são percebidos no momento de realizar a manutenção nos cabamentos e de fazer ampliações na rede. Muitas vezes é necessário fazer escavações para encontrar as caixas ou são feitas novas linhas, quando poderiam ser utilizadas as já existentes. Isso gera um custo desnecessário a UFSC.

A partir da informação do estado de conservação da rede foi gerado uma relação das manutenções que devem ser realizadas para manter em completo funcionamento o sistema de fibra ótica e telefonia.

As intervenções para manutenção foram relacionadas como:

- Reforma da caixa: Reforma no corpo da caixa. Recomendada para caixas que se encontram fora da superfície do terreno e estão com sua estrutura danificada.

- Substituição da tampa: Deverá ser providenciada uma tampa nova. É recomendada em casos onde a tampa da caixa apresenta avarias que podem vir a comprometer seu interior.
- Tampa nova: Deverá ser providenciada uma tampa nova. É recomendada para caixas que se encontram sem tampa ou com tampas provisórias.
- Manutenção preventiva: Executar serviço de manutenção específico para a situação da caixa. Algumas das caixas possuem tampas que, apesar de ainda vedarem a parte superior, apresentam pequenos defeitos que podem se agravar no futuro, para estes casos foram recomendados serviços de prevenção.
- Recuperação da caixa: Serviços de escavação para trazer à superfície as caixas soterradas ou com risco iminente de soterramento.
- Ajuste no nível da caixa: É preciso elevar o nível da caixa ou escavar seu entorno, para que o soterramento seja evitado. Esse serviço deve ser executado quando a caixa se encontra em estado de soterramento parcial ou sofrendo um rebaixo de nível em relação a superfície do solo.
- Limpeza: Serviços de limpeza no interior da caixa quando ela apresenta entulhos ou lixo acumulados.
- Desobstrução da caixa: Serviços específicos para que o acesso à caixa seja liberado. É recomendado em casos em que não foi possível chegar até a caixa ou abri-la.

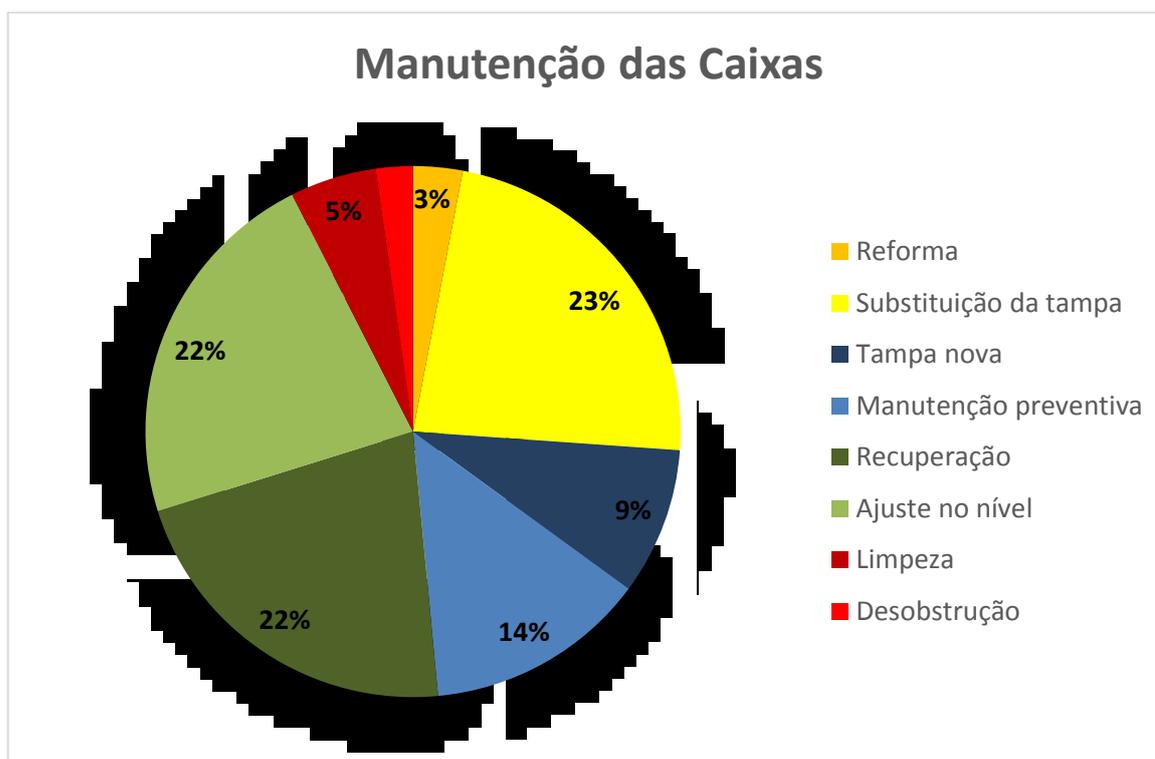
A relação das intervenções por setor e no total para o campus se encontram na Tabela 2 e Gráfico 2.

Tabela 2 - Manutenção das Caixas de Passagem

Manutenção	Setor do Campus						Total - Campus
	A	B	C	D	E	F	
Reforma	1	1	0	0	2	0	4
Substituição da tampa	3	4	3	6	8	7	31
Tampa nova	2	5	1	0	3	1	12
Manutenção preventiva	2	3	3	6	2	2	18
Recuperação	2	5	5	2	1	14	29
Ajuste no nível	4	9	0	5	8	4	30
Limpeza	1	3	0	0	3	0	7
Desobstrução	0	2	0	0	0	1	3

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Gráfico 2 - Tipos de Manutenção



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Uma mesma caixa pode necessitar de mais de um tipo de manutenção, pela análise são recomendadas 134 intervenções para garantia do pleno funcionamento da rede.

3.6 UTILIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA DO MAPEAMENTO

O mapeamento foi entregue ao SeTIC e demais órgãos da UFSC em outubro de 2018, desde lá ele vem sendo usado e tem trazido resultados.

Segundo responsáveis técnicos no SeTIC, no último ano diminuíram a ocorrência de rompimentos da rede. Além da economia gerada pela diminuição de danos, foi constatado uma diminuição no tempo de resposta à quando acontece algum problema na rede. A partir do local em que ocorre o problema pode-se mapear quais serão as edificações que ficarão sem rede e agir rapidamente para solucionar o problema.

O mapeamento também tem sido utilizado como base para o projeto de ampliação da rede lógica. Essa ampliação terá um custo estimado em R\$ 2.000.000,00. Pretende-se começá-la no próximo ano.

A importância do mapeamento se dá na diminuição de custos com a rede e na facilidade de se obter informações, tornando assim mais eficiente o trabalho daqueles que direta ou indiretamente trabalham com a rede lógica.

4 CONCLUSÕES

A Universidade Federal de Santa Catarina necessita, na atualidade, do mapeamento das suas redes de infraestrutura para a diminuição de gastos com o rompimento dessas pelo desconhecimento de sua localização, principalmente se tratando das redes subterrâneas.

O Grupo de Trabalho em Sistemas de Informações Geográficas do Departamento de Engenharia Civil iniciou em 2012 o mapeamento da rede lógica do campus Reitor João David Ferreira Lima, no bairro Trindade, Florianópolis. Entre 2017 e 2018, o grupo realizou a atualização deste levantamento.

Com este trabalho pode-se apresentar os conceitos científicos e de engenharia que envolvem um processo de mapeamento de redes de infraestrutura. Dentre as ciências envolvidas destaca-se a geodésia, topografia, fotogrametria e cartografia. Como ferramentas de engenharia ressalta-se a utilização de normas técnicas da ABNT e a utilização de sistema de informações geográficas.

Através do estudo de caso pode-se entender o processo do levantamento de dados, cadastro da rede, organização dos dados em um SIG e a partir disto realizar uma análise das atuais condições da rede e da necessidade de manutenção.

Como resultado foram obtidos o mapeamento de 518 caixas de passagem, divididas em 6 setores do campus. Destas 400 estão em bom estado de conservação, 94 necessitam de algum tipo de manutenção e 24 foram soterradas.

A partir desta análise pode-se propor uma série de intervenções para a manutenção da rede como, por exemplo, reforma das caixas, substituição de tampas, limpeza, entre outras.

Tendo a atualização do mapeamento sido entregue em outubro de 2018, este já trouxe resultados para a universidade com a diminuição do número de rompimentos da tubulação, deduzindo gastos. Também, com a diminuição do tempo de resposta a problemas que acontece na rede. O mapeamento tem sido base para o projeto de ampliação da rede lógica de todo o campus.

Sendo assim, considera-se que a importância do mapeamento se dá na diminuição de custos com a rede e na facilidade de se obter informações, tornando assim mais eficiente o trabalho daqueles que direta ou indiretamente trabalham com a rede lógica.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Sabrina Moreira de. **Modelagem de Alternativas de Traçado de Ferrovias com Uso de Ferramentas de SIG e Parâmetros Geoambientais**. 2015. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, Geociências Aplicadas, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14166**: Rede de Referência Cadastra Municipal - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resolução - PR nº 22, de 21 de julho de 1983. **Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos em Território Brasileiro**. Rio de Janeiro, 1983.

LOCH, Carlos; CORDINI, Jucilei. **Topografia Contemporânea: Planimetria**. Florianópolis. Ed. UFSC, 2000.

MAPA, S. & Lima, R. **Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como Ferramenta Suporte a Estudos de Localização e Roteirização**. Bauru/SP: XII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. 2005, 12p.

MCCORMAC, Jack. **Topografia**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. Tradução de: Daniel Carneiro da Silva.

MENEZES, Paulo Márcio Leal de; FERNANDES, Manoel do Couto. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2. ed. Brasília: Emprapa Informação Tecnológica, 2010.

OLIVEIRA, Cêurio de. **Curso de Cartografia Moderna**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

RIBEIRO, Débora; NEVES, Flávia. **Dicio**: Dicionário Online de Português. 2019. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br>>. Acesso em: 11 nov. 2019.

ROCHA, César Henrique Barra. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar**. 3. ed. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2007.

SBC – SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 7., Fortaleza, 1977. Anais...

SILVA, Ardemirio de Barros. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas: Conceitos e Fundamentos**. Campinas: Editora da Unicamp, 2003.

TEIXEIRA, Amandio Luís de Almeida; CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Sistemas de Informação Geográfica: Dicionário Ilustrado**. São Paulo: Hucitec, 1997.

ZIMMERMANN, Cláudio Cesar. **O Código Florestal De 1965 e o Código Florestal de 2012 Aplicados às APP Ciliares: Consequências e Discrepâncias na Determinação do Uso e Ocupação do Solo no Município de Pinhalzinho/SC**. 2015. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.