

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE EXPRESSÕES GRÁFICAS E TRANSPORTES  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**RONIERISSON MENDES FONSECA**

**O USO DA TECNOLOGIA GPS EM LOCAÇÕES DE OBRAS CIVIS**

São Luís

2017

**RONIERISSON MENDES FONSECA**

**O USO DA TECNOLOGIA GPS EM LOCAÇÕES DE OBRAS CIVIS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Estadual do  
Maranhão, para a obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Arnaldo Pinheiro de  
Azevedo

São Luís

2017

Fonseca, Ronierisson Mendes.

O uso da tecnologia GPS para locações de obras civis / Ronierisson  
Mendes Fonseca.-São Luis, 2017.

90 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade  
Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Esp. Arnaldo Pinheiro de Azevedo.

1. Locação de obras. 2. Topografia. 3.GPS. I. Título.

CDU 624:528.8

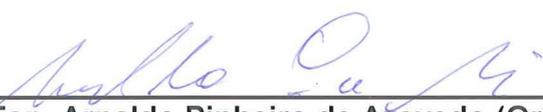
RONIERISSON MENDES FONSECA

O USO DA TECNOLOGIA GPS EM LOCAÇÕES DE OBRAS CIVIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 6/12/2014

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Esp. Arnaldo Pinheiro de Azevedo (Orientador)**  
Universidade Estadual do Maranhão

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Ms. Marivaldo Costa Duarte**  
Universidade Estadual do Maranhão

  
\_\_\_\_\_  
**Prof.<sup>a</sup> Esp. Silvia Ribeiro de Oliveira Souza**  
Universidade Estadual do Maranhão

CONCEITO FINAL: 9,5

Dedico este trabalho à Deus, a minha mãe Ana Teresa Mendes (*in memoriam*) pelo amor que me foi dado e a minha família, em especial meu pai José Bernardo e irmãos Ronilson e Marcos, a minha namorada Kallyane e amigos que conquistei na caminhada do curso de Engenharia.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em primeiro lugar, por ter me dado forças para vencer todas as dificuldades impostas pelo dia a dia.

Ao meu pai, a minha mãe (*in memoriam*), meus irmãos e minha namorada, por me apoiarem todos os dias a vivenciar o sonho que é a engenharia, e naqueles dias que nos perguntamos se todo esse esforço valerá a pena.

Ao meu orientador, pelos ensinamentos na área de Topografia e por seus conselhos que muito me ajudaram na universidade e na vida.

Ao Junior da Topografia e Hugo Reis pela imensa ajuda nos procedimentos que foram realizados no campo.

Aos amigos que conquistei no curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão, por proporcionarem momentos ímpares por todos os anos de curso.

A todos os professores de Engenharia Civil da instituição, que dedicaram seu tempo para formar os Futuros Engenheiros do Maranhão.

## RESUMO

Com a constante necessidade da construção civil de inovações para canteiros de obras, buscou-se analisar procedimentos de locação obras de engenharia civil utilizando a tecnologia GPS. O tema foi escolhido devido à grande necessidade de otimizar os serviços de locação de obras e o grande avanço a tecnologia GPS. Este trabalho foi feito a partir de pesquisa bibliográfica e estudo de caso, usando como principais temas a topografia e locação de obras. Ao decorrer deste texto, é feita uma discussão sobre a importância da topografia para a engenharia, os levantamentos topográficos e seus equipamentos, as normas técnicas aplicáveis a topografia, georreferenciamento e locações de obras. Nessa monografia foi realizado uma área experimental dentro do Campus Paulo VI, da Universidade Estadual do Maranhão, onde foi analisado os procedimentos para locação de obras da topografia tradicional e GPS no modo RTK.

Palavras-Chaves: Locação de Obras, Topografia, GPS

## **ABSTRACT**

With the current necessity of construction sites innovations in civil engineering, it is proposed the analysis of leasing work procedures in constructions using the gps technology. the subject matter of this project was chosen due the lack of leasing work services optimization and the great advance of gps technology. this paper was done through bibliographical research and case study, using as main topics the topography concepts and others leasing work. Throughout this paper, a discussion is made about the importance of topography in engineering, topography surveys and their equipment, technical standards applicable to topography, geo-referencing and leasing work. This term paper was accomplished by a case study, with the experimental area located inside the Paulo VI Campus of State University of Maranhão, where the traditional and Gps with RTK leasing work procedures were analysed.

Key words: Leasing works, Topography, GPS

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	- Desenho assistido por Computador
CGED	- Coordenação de Geodésia do IBGE
DGC	- Diretoria de Geociências do IBGE
DNIT	- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
GALILEU	- Sistema Global de navegação por Satélite (União Europeia)
GIS	- Sistema de Informação Geográfica
GLONASS	- Sistema Global de navegação por Satélite (Rússia)
GNSS	- Global Navigation Satellite System
GPS	- Global Positioning System
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LTM	- Local Transverso de Mercator
MC	- Meridiano Central
MED	- Medidor Eletrônico de Distância
NAVSTAR	- Navigation Satellite with Time and Ranging
NBR	- Norma Brasileira
NG	- Norte Geográfico
NM	- Norte Magnético
NV	- Norte Verdadeiro
PPP	- Posicionamento por Ponto Preciso
RBMC	- Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RN	- Referência de Nível
RTK	- Real Time Kinematic
RMT	- Regional Transverso de Mercator
SAD 69	- South American Datum 1969
SBG	- Sistema Brasileiro Geodésico
SIG's	- Sistemas de Informações Geográficas
SIRGAS	- Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SGL	- Sistema Geodésico Local
UEMA	- Universidade Estadual do Maranhão
UTM	- Universal Transverso de Mercator

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 :	Superfície Topográfica – planta topográfica .....	20
Figura 2:	Sistemas de projeções cartográficas utilizando o cilindro, o cone e o plano tangentes ao esferoide terrestre.....	21
Figura 3 :	Cilindro secante ao esferoide terrestre.....	22
Figura 4:	Superfície Real, do Elipsoide e do Geoide.....	23
Figura 5:	Latitude e Longitude do ponto P nas coordenadas geográficas os ângulos são dados pelo raio da esfera projetados até a altura do ponto da superfície.....	26
Figura 6:	Latitude e Longitude de um ponto P nas coordenadas Geodésicas: os são dados pela normal ao elipsoide.....	26
Figura 7:	Locação de um ponto a partir de coordenadas polares .....	27
Figura 8:	Limites e medidas de cada fuso .....	28
Figura 9:	Subdivisão de um fuso nos sistemas UTM, RTM e LTM.....	29
Figura 10:	Diferentes formas de materialização de pontos: ponto pintado na calçada, marco de concreto, chapa de identificação de pontos .....	31
Figura 11:	Monografia de ponto topográfico.....	32
Figura 12:	Levantamento de uma poligonal .....	35
Figura 13:	Exemplo de Caminhamento ou Poligonação.....	35
Figura 14:	Exemplo de Irradiação .....	36
Figura 15:	Levantamento por Coordenadas .....	36
Figura 16:	Precisão e Acurácia .....	39
Figura 17:	Teodolito.....	41
Figura 18:	Estação Total da marca TOPCON - modelo serie ES 50 PRO .....	42
Figura 19:	Nível Topográfico – Modelo Wild NK2 - 145477.....	43
Figura 20:	(a) Coletora de dados FC – 236 e (b) Receptor GPS Topcon Hiper V RTK .....	44
Figura 21:	Esquema ilustrativo de funcionamento do serviço IBGE-PPP .....	47
Figura 22:	Método RTK.....	47
Figura 23:	Modelo de chapa metálica para identificação de marcos topográficos e geodésicos.....	55
Figura 24:	Em A estaca testemunha e em B o piquete .....	56
Figura 25:	Exemplo de gabarito .....	60

Figura 26: Planta com a localização da armação de madeira para a locação da obra .....	61
Figura 27: Exemplo de locação de uma estaca.....	61
Figura 28: Ilustração da transferência da cota RN para a cota do gabarito.....	62
Figura 29: Troca de dados na tecnologia RTK.....	64
Figura 30: Fluxograma da metodologia aplicada.....	66
Figura 31: Área de estudo.....	67
Figura 32: Área onde será implantada a área experimental.....	68
Figura 33: Marco UEMA SLZ 01.....	69
Figura 34: Marco UEMA SLZ 02.....	70
Figura 35: Marco AUX 1.....	70
Figura 36: Fluxograma da Implantação, definição dos Marcos de referências, Processamento dos dados e determinação dos pontos para locação. ..	71
Figura 37: Tela de visualização do celular com o Aplicativo Android Trimble DL...	72
Figura 38: Pagina do Site do IBGE para o Pós Processamento das coordenadas pelo método PPP.....	72
Figura 39: Posicionamento dos Marcos de Apoio implantados no Campus Paulo VI .....	73
Figura 40: Estruturas Geodésicas e pontos (A, B, C e D).....	74
Figura 41: Sistema de Referência para o Método das Coordenadas Polares.....	75
Figura 42: Equipamentos para locação de Obras com Estação Total.....	75
Figura 43: Locação com Estação Total pelo Método Polar.....	76
Figura 44: Receptor Base GNSS.....	77
Figura 45: Locação utilizando o Receptor Rover e a Coletora.....	78
Figura 46: Tela de visualização da coletora na locação do Ponto A.....	78
Figura 47: Verificação das medidas dos lados e diagonais do retângulo de estudo .....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de teodolitos .....	41
Tabela 2: Classificação de estações totais.....	42
Tabela 3: Classificação dos níveis .....	43
Tabela 4: Tempo de processamentos no PPP e precisão obtida.....	46
Tabela 5: Precisão das técnicas de posicionamento.....	48
Tabela 6: Coordenadas Pós Processadas dos Marcos de Referências.....	73
Tabela 7: Tabela de Referência para locação dos pontos A, B, C e D .....	75
Tabela 8: Coordenadas UTM dos pontos A, B, C e D.....	77
Tabela 9: Coordenadas dos pontos A, B, C e D definidas a partir do método da Irradiação Simples.....	79

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>A importância da topografia na engenharia civil .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2</b>	<b>O campo topográfico .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3</b>	<b>Noções de cartografia .....</b>	<b>21</b>
<b>4.4</b>	<b>Sistemas de coordenadas .....</b>	<b>24</b>
4.4.1	Coordenadas geográficas e geodésicas .....	25
4.4.2	Coordenadas topográficas locais .....	27
4.4.3	Coordenadas polares .....	27
<b>4.5</b>	<b>Coordenadas UTM .....</b>	<b>28</b>
<b>4.6</b>	<b>Levantamentos topográficos .....</b>	<b>30</b>
4.6.1	Levantamentos Planimétricos .....	33
4.6.2	Levantamentos Altimétricos .....	37
4.6.3	Levantamentos Planialtimétricos .....	38
4.6.4	Levantamentos Planialtimétricos Cadastrais .....	38
<b>4.7</b>	<b>Erros em medições .....</b>	<b>38</b>
<b>4.8</b>	<b>Equipamentos .....</b>	<b>40</b>
4.8.1	Teodolitos .....	40
4.8.2	Medidores Eletrônicos de Distâncias (MED) .....	41
4.8.3	Estações Totais .....	42
4.8.4	Níveis .....	43
4.8.5	Equipamentos GNSS – GPS .....	43
<b>4.10</b>	<b>Normas técnicas aplicáveis .....</b>	<b>48</b>
4.10.1	ABNT NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico .....	48
4.10.2	ABNT NBR 14166/1998 - Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento .....	50
4.10.3	Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais - 3ª edição ..	50
4.10.4	Manual Técnico de Posicionamento - Georreferenciamento de Imóveis Rurais .....	51

4.10.5	ABNT NBR 14.645-3/2005 - Locação Topográfica e Controle Dimensional da Obra – Procedimento .....	51
<b>5</b>	<b>LOCAÇÕES DE OBRAS .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>Diretrizes para locação de obras .....</b>	<b>53</b>
5.1.1	Georreferenciamento.....	53
5.1.2	Documentação de projeto .....	53
5.1.3	Marcos topográficos de apoio .....	54
5.1.4	Escolha dos equipamentos .....	55
5.1.5	Materialização dos pontos de projeto no campo .....	56
5.1.6	Qualificação da mão de obra.....	57
5.1.7	Controle de qualidade .....	57
<b>5.2</b>	<b>Procedimentos de locação de obras .....</b>	<b>58</b>
5.2.1	Serviços preliminares à locação .....	58
5.2.2	O uso do gabarito.....	59
5.2.3	O uso da estação total.....	62
5.2.4	Locação a partir do GPS .....	63
<b>6</b>	<b>ESTUDO DE CASO – LOCAÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIA GPS NO MODO RTK EM UMA ÁREA EXPERIMENTAL NO CAMPUS PAULO VI.....</b>	<b>65</b>
<b>6.1</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>65</b>
<b>6.2</b>	<b>Materiais e equipamentos.....</b>	<b>66</b>
<b>6.3</b>	<b>Descrição da área de estudo .....</b>	<b>67</b>
6.3.1	Visita à área de estudo .....	67
<b>6.3</b>	<b>Planejamento e implantação da rede de marcos topográficos de apoio .....</b>	<b>68</b>
6.3.1	Medição, Processamento e Análise dos Resultados dos pontos de Referência com GPS.....	71
<b>6.5</b>	<b>Locação dos eixos dos pilares.....</b>	<b>73</b>
6.5.1	Locação com Estação Total.....	74
6.5.2	Locação com a tecnologia GPS pelo modo RTK.....	76
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE A – MONOGRAFIA DE MARCO UEMA SLZ 01 .....</b>	<b>85</b>
	<b>APÊNDICE B – MONOGRAFIA DE MARCO UEMA SLZ 02 .....</b>	<b>86</b>

<b>ANEXO A – RELATÓRIO DO POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP) - UEMA SLZ 01 .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO B – RELATÓRIO DO POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP) - UEMA SLZ 02 .....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO C – RELATÓRIO DO POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP) – AUX 1 .....</b>	<b>90</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Existe uma necessidade na construção civil de inovações para canteiros de obras. Para que haja melhorias nesse setor, é fundamental otimizar processos e ter maior confiabilidade no que está sendo levantado. É nesse sentido, que o uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS), vem facilitando o trabalho da topografia nos canteiros de obras, reduzindo o tempo de locação de pontos topográficos e otimizando os processos de levantamento, se comparados aos métodos tradicionais.

As atividades geodésicas têm vivenciado uma verdadeira revolução com o aparecimento do GPS. Este sistema possibilita a determinação de posições, estáticas ou cinemáticas, incorporando rapidez e precisão muito superiores aos métodos clássicos de levantamento.

O uso desta tecnologia na engenharia civil possibilita verificações iniciais de elevações e áreas estimadas para projetos de canteiro, saneamento, rodovias e ferrovias, também pode ser usada para registro de corte e aterro em tempo real no canteiro, possibilitando assim, a determinação de volumes de movimentação de terra, entre outros usos.

O foco desse estudo é avaliar a aplicação desta tecnologia na engenharia civil e fazer uma comparação de sua eficácia em relação aos métodos clássicos. Portanto, entender o funcionamento do referencial utilizado no GPS, é de fundamental importância para análise de obras de engenharia.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o potencial da tecnologia GPS em relação ao posicionamento na locação de obras de engenharia civil.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Apontar os problemas encontrados na comparação entre a utilização da topografia e o GPS.
- Possibilitar material bibliográfico que permita os profissionais de engenharia a aplicação do GPS com toda a sua disponibilidade.

### **3 JUSTIFICATIVA**

Para diminuir o tempo de levantamento e otimizar processos de locação em obras de engenharia, o entendimento da potencialidade do GPS na construção será de suma importância.

A análise e interpretação de informações relativas ao uso do GPS em área experimental do Campus da UEMA, possibilitará gerar um banco de dados que servirá de referência para implantação de projetos dentro da área do campus.

O presente trabalho permitirá o entendimento de quando será possível aplicar a tecnologia GPS e a impossibilidade de seu uso.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 a importância da topografia na engenharia civil

A palavra topografia vem do grego TOPOS + GRAPHEN, que significa descrição do lugar, assim sendo, topografia trata da arte de representar o lugar em uma determinada superfície, sem levar em conta a sua curvatura terrestre.

A topografia é a ciência aplicada que determina o contorno, as dimensões, a altura de pontos em relação a uma Referência de Nível, o relevo, a área e a posição relativa de pontos de uma determinada área (uma gleba) da superfície terrestre, ou ainda do fundo dos mares, rios, lagos, interiores de minas e túneis. Isto é possível através da determinação (medição) de ângulos, distâncias, altitudes (ou cotas) e/ou coordenadas (ZIMMERMANN, 2015, p. 7).

VEIGA, et al. (2012, p. 1), relata que:

O objetivo principal é efetuar o levantamento (executar medições de ângulos, distâncias e desníveis) que permita representar uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada. Às operações efetuadas em campo, com o objetivo de coletar dados para a posterior representação, denomina-se de levantamento topográfico.

A Topografia é uma parte da Geodésia Geométrica que analisa apenas uma porção limitada da superfície terrestre, enquanto que a Geodésia admite uma maior dimensão estudando porções maiores que à limitada para a Topografia. Segundo (PASTANA, 2010, p. 2), “a Geodésia se preocupa com a forma e dimensões da Terra, enquanto a Topografia se limita a descrição de área restritas da superfície terrestre.”

É importante salientar que, quando deixamos de desconsiderar a curvatura da Terra, não trabalhamos mais com os planos topográficos (dimensões planimétricas, altimétricas, posição, orientação e coordenadas locais), significando que não estamos mais trabalhando com a Topografia. O uso de GNSS (GPS, GLONASS, etc) e DATUNS geodésicos evidenciam a utilização da Geodésia, confundida por muitos autores (COELHO JÚNIOR, et al., 2014, p. 8).

Para PASTANA (2010, p. 2):

A GEODÉSIA (do grego DAIEIN, dividir) é uma ciência que tem por finalidade a determinação da forma da terra e o levantamento de glebas tão grandes que não permitem o desprezo da curvatura da Terra. A aplicação da Geodésia nos levantamentos topográficos *[sic]* é justificada quando da necessidade de controle sobre a locação de pontos básicos no terreno, de modo a evitar o acúmulo de erros na operação do levantamento.

Para estabelecer um melhor entendimento da Geodésia e Topografia, cita-se:

A Geodésia determina com precisão as malhas triangulares justapostas à superfície do elipsoide de revolução terrestre determinando as coordenadas de seus vértices, é uma ciência que abrange o todo, ao passo que a Topografia se ocupa do detalhe de cada malha ou quadrícula e, admitindo-se plana, adota processos da Geometria e Trigonometria planas, com ligação às coordenadas de referência determinadas geodesicamente (ESPARTEL, 1987, p. 4).

Para se projetar qualquer obra de engenharia, existe a necessidade de realizar previamente um levantamento topográfico no lugar onde será implantada a obra. É papel da topografia fazer o levantamento ou a medição, devendo ser precisa e adaptada ao terreno. A topografia também é observada em quase todas as etapas da obra, seja medições, elaboração de plantas altimétricas ou planimétricas, locação de fundações.

Laboram em erro aqueles que julgam a Topografia uma simples aplicação da Geometria, pois cada vez mais se alarga seu campo de ação e cresce a exigência em precisão e perfeição dos trabalhos que lhe estão afetos no campo da prática profissional, principalmente da Engenharia. (ESPARTEL, 1987, p. 6).

DOMINGUES (1979, apud ZIMMERMANN, 2015, p. 9, grifo do nosso), afirmava que:

A topografia é aplicada em várias situações, desde as mais tradicionais, como cadastros latifundiários e levantamento de relevos, controles de recalque, batimetria, locação de obras etc., servindo de base para qualquer projeto de Engenharia e/ou Arquitetura. Por exemplo, os trabalhos de *obras viárias, núcleos habitacionais, edifícios, aeroportos, hidrografia, hidrelétricas, telecomunicações, sistemas de água e esgoto, [...]*, são desenvolvidos em função do terreno disponível.

Deste modo, a topografia é de significativa importância dentro do campo da engenharia, seja na etapa de projeto, quanto na etapa de execução. A topografia fornece métodos e instrumentos que asseguram sua eficácia na execução dos serviços de obras onde se aplica.

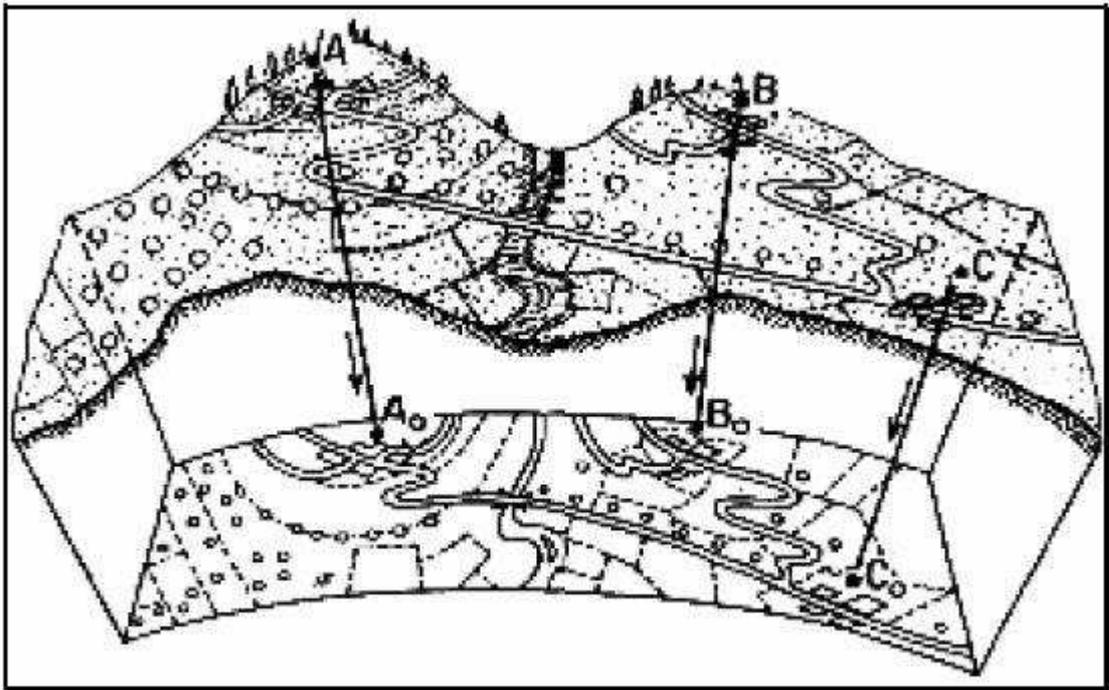
## 4.2 O campo topográfico

A porção da superfície terrestre levantada topograficamente é chamada de superfície topográfica e é representada através de uma Porção Ortogonal Cotada, ou seja, é adotada uma simplificação que desconsidera a curvatura da Terra e considera a superfície como plana. Para alguns autores, a limitação dessa superfície varia entre 20 a 30 quilômetros, constituindo o chamado plano topográfico.

Para a ABNT NBR 14166 (1998, p.7), “o plano topográfico é tangente ao elipsoide de referência no ponto de origem do Sistema Topográfico, tendo sua dimensão máxima limitada a aproximadamente 70 km”. Já para a ABNT NBR 13133 (1994, p.5), “o plano de projeção tem a sua dimensão máxima limitada a 80 km”.

A figura 1 ilustra exatamente a relação da superfície terrestre e de sua projeção sobre o papel.

Figura 1 : Superfície Topográfica – planta topográfica



Fonte: ESPARTEL, 1987

Dentro do plano topográfico, o erro de medições devido a curvatura terrestre é muito pequeno, portanto os métodos topográficos e suas devidas correções podem ser aplicados. Já valores maiores do que 30 km, possibilitam deformações ou erros significativos nas medições.

Atualmente, na topografia já existem tecnologias que incorporam informações sobre a forma e curvatura terrestre, trabalhando com dados georreferenciados, a partir do uso da tecnologia Global Navigation Satellite System (GNSS): GPS; GLONASS; GALILEU e integrando essas informações as estações totais.

### 4.3 Noções de cartografia

TIMBÓ ( 2001, p. 2), define “Cartografia como Ciência e Arte que se propõe a representar através de mapas, cartas e outras formas gráficas (computação gráfica) os diversos ramos do conhecimento do homem sobre a superfície e o ambiente terrestre”.

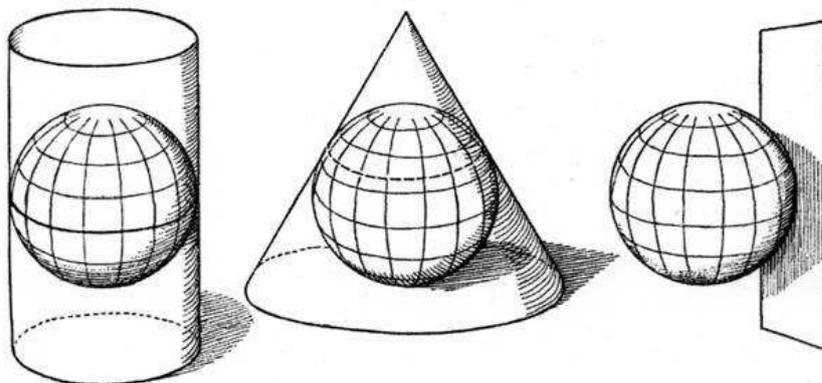
Cartografia é a ciência que estuda a representação detalhada de um trecho limitado da superfície terrestre, levando em consideração a curvatura resultante da esfericidade. O desenho obtido pela cartografia tem denominação de carta ou mapa cartográfico. Sua abrangência esta limitada ao campo topográfico e deve ser levado em conta a planificação da superfície terrestre sem incorporar deformações significativas ao desenho.

CORRÊA (2012 , p. 17) remete em sua apostila:

A superfície da terra quando projetada sobre um plano não conserva ao mesmo tempo, em verdadeira grandeza, as distâncias, os ângulos, as áreas e ainda a verdadeira relação entre estes elementos. A representação deve ser feita por seções, projetando-se partes da superfície da terra sobre a superfície de uma figura geométrica que possa ser distendida em um plano.

As superfícies comumente são representadas pelo cilindro, pelo cone e ou próprio plano. Estas figuras podem ser tangentes ao esferoide como mostrado na figura 2 ou secante como indicado na figura 3. A escolha da posição tangente ou secante depende da finalidade da projeção.

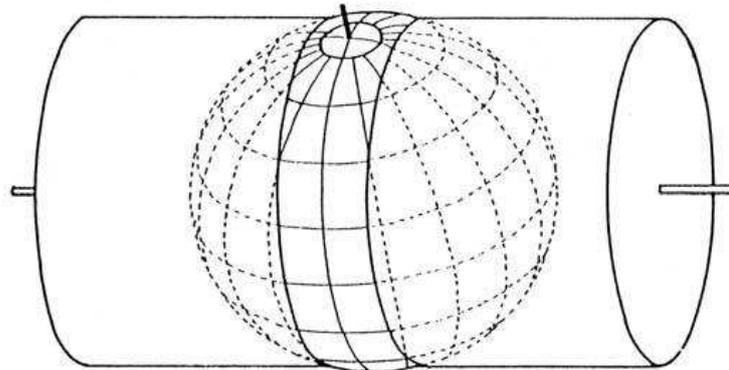
Figura 2: Sistemas de projeções cartográficas utilizando o cilindro, o cone e o plano tangentes ao esferoide terrestre.



Fonte: CORRÊA, 2012

O sistema Universal Transverso de Mercator (UTM) utiliza o cilindro como figura de projeção e faz com que este seja secante ao esferoide terrestre como mostrado na figura 3.

Figura 3 : Cilindro secante ao esferoide terrestre.



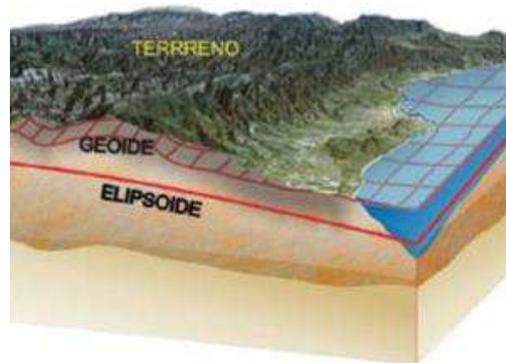
Fonte: CORRÊA, 2012

Para representar a superfície da Terra exatamente como ela é, foi criado o MODELO REAL. O modelo não dispõe de definições matemáticas adequadas a sua representação, devido à dificuldade de representar todas as irregularidades da superfície terrestre.

A superfície da Terra é bastante irregular, entretanto é possível considerá-la regular devido aos acidentes serem muito pequenos em relação ao raio da Terra. A maior depressão terrestre é inferior a 10km, enquanto que o raio médio da Terra é aproximadamente igual a 6.371 km. Com isso, PASTANA (2010, p. 3) comenta que “a superfície terrestre pode ser considerada como a superfície de Nível Médio dos Mares (NMM), supostamente prolongada por sob os continentes e normal em todos os seus pontos à direção da gravidade, superfície está denominada de GEÓIDE”.

Devido a impossibilidade de representação da equação analítica da superfície terrestre, aproximou-se a forma da Terra como a de um elipsoide de revolução girando em torno de seu eixo menor, chamado de ELIPSOIDE TERRESTRE.

Figura 4: Superfície Real, do Elipsoide e do Geoide.



Fonte: Zimmermann, 2015.

Para um melhor entendimento dos conceitos descritos sobre cartografia é necessário a introdução da definição de DATUM. Datum é um sistema de referência utilizado para correlação dos resultados de um levantamento, podendo datum vertical ou horizontal.

O Datum Vertical é uma superfície de nível utilizada para o referenciamento das alturas de pontos medidas sobre a superfície terrestre. Já o Datum Horizontal por sua vez, é utilizado no referenciamento das posições planimétricas medidas sobre a superfície terrestres. Este último é definido pelas coordenadas geográficas de um ponto inicial, pela direção da linha entre ele e um segundo ponto especificado, e pelas duas dimensões (a e b) que definem o elipsoide utilizado para representação. (ZIMMERMANN, 2015, p. 11).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é o responsável por conduzir os trabalhos referentes ao Datum. Atualmente, o *Datum* planimétrico utilizado no Brasil é o Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS), também conhecido como SIRGAS 2000. Desde 25 de fevereiro de 2015, é o único sistema geodésico adotado no Brasil, foi oficializado em fevereiro de 2005, conforme resolução 01/2005 do IBGE e idealizado com intuito de substituir o antigo sistema, *South American Datum 1969* (SAD 69).

O SIRGAS é um sistema geocêntrico que tem como referencial um ponto no centro de massa da Terra. Já o SAD 69, é um sistema topocêntrico que tem como referência uma origem na superfície terrestre. A coexistência entre os dois sistemas pode gerar dificuldades de compatibilização das informações geográficas de várias origens, ou seja, um mapeamento realizado no SIRGAS 2000 e outro no SAD 69, não

podem ser apresentados em um mesmo mapa, pois resulta em deslocamentos altos, em relação as mesmas coordenadas de um mesmo ponto nos dois sistemas.

A adoção de um referencial geocêntrico no Brasil se constitui em uma necessidade, e atende os padrões globais de posicionamento, além de garantir a qualidade dos levantamentos GPS realizados em todo o território brasileiro, cria um único referencial geodésico para o continente Americano. O emprego de outros sistemas que não possuam respaldo em lei, pode provocar inconsistências e imprecisões na combinação de diferentes bases de dados georreferenciadas.

Segundo o IBGE, os principais objetivos das atividades realizadas como Centro de análise SIRGAS são:

- Colaborar na manutenção do Referencial SIRGAS - Sistema de Referencia Geocêntrico para as Américas;
- Realizar o controle de qualidade dos dados e estrutura física das estações pertencentes a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC e gerar notas informativas periódicas sobre as estações;
- Acompanhar a variação das coordenadas das estações processadas da rede SIRGAS-CON, através dos gráficos das séries temporais das componentes planialtimétricas das estações;
- Gerar e analisar os resultados derivados da combinação das soluções semanais dos centros de processamento SIRGAS.

O IBGE deu início à sua Rede de Nivelamento de Precisão adotando o Nível Médio do Mar referido ao Marégrafo de Torres, RS, como o primeiro Datum Altimétrico Brasileiro. Em 1958, ele foi substituído pelo Marégrafo de Imbituba, SC, que prevalece até hoje.

Sua função é ser uma estrutura altimétrica fundamental, destinada a apoiar o mapeamento e servir de suporte às grandes obras de engenharia, sendo de vital importância para projetos de saneamento básico, irrigação, estradas e telecomunicações.

Assim sendo, todos os trabalhos realizados no Brasil, deve ser utilizado como referencial Altimétrico a estação do Marégrafo de Imbituba que é o datum vertical do país, em termos de referencial planimétrico, deve ser utilizado o datum horizontal SIRGAS 2000.

#### **4.4 Sistemas de Coordenadas**

A Topografia tem como um de seus principais objetivos a determinação de coordenadas relativas de pontos. Por isso, é necessário que estas coordenadas sejam

expressas em um determinado sistema de coordenadas, tal princípio facilita os trabalhos e possibilita plantas e mapas elaborados com qualidade. É necessário referenciar o trabalho de acordo com o sistema mais adequado.

Segundo o IBGE, (apud ZIMMERMANN, 2015, p. 29), “a confecção de uma carta exige, antes de tudo, o estabelecimento de um método, segundo o qual cada ponto da superfície da Terra corresponda um ponto da carta e vice-versa”.

Os sistemas de coordenadas são necessários para expressar a posição de pontos sobre uma superfície, seja ela um elipsoide, esfera ou plano. É com base em determinados sistemas de coordenadas que descrevemos geometricamente a superfície terrestre nos levantamentos. Para elipsoide ou esfera, usualmente empregamos um sistema de coordenadas cartesianas e curvilíneo (**Paralelos e Meridianos**). Para o plano, um sistema de coordenadas cartesianas **X** e **Y** é usualmente aplicável. A terceira coordenada é a **altitude**. (ZIMMERMANN, 2015, p. 29, grifo nosso).

Na topografia, as coordenadas utilizadas são referenciadas a partir do plano horizontal de referência ou plano topográfico, onde é definido pelo plano-retangular XY ou E e N (leste e norte), onde o eixo das ordenadas (Y) é orientado pela direção norte-sul (magnética ou verdadeira) e o eixo das abcissas (X), é orientado pela direção leste-oeste, além da altitude. Já no campo geodésico, as coordenadas são referenciadas em latitude, longitude e altitude, sua principal utilização é para trabalhos cartográficos, como elaboração de mapas, com grandes áreas de abrangência.

#### 4.4.1 Coordenadas geográficas e geodésicas

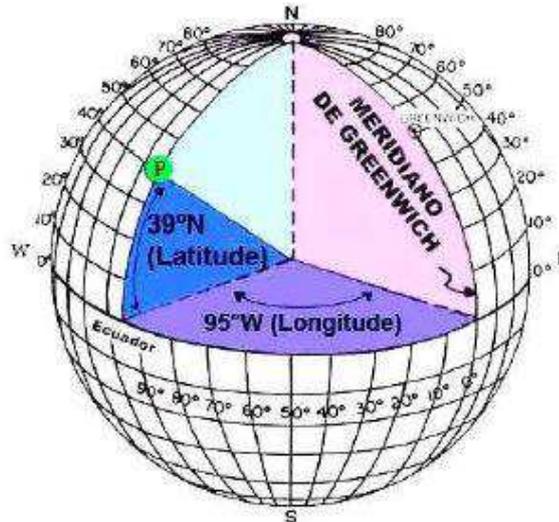
Para entendimento do assunto, é necessário a introdução dos conceitos de paralelos e meridianos. Paralelos são linhas imaginárias estabelecidas horizontalmente no globo terrestre, a partir da linha do Equador, para Norte e para o Sul. Os meridianos são linhas verticais, cruzam os paralelos perpendicularmente e encontram-se com seus antemeridianos nos polos.

As coordenadas geográficas e geodésicas são representadas por latitude e longitude. Ambas utilizam o sistema de paralelos e meridianos. Sua diferença está na referência adotada por cada uma delas. As coordenadas geográficas são fundamentadas no modelo esférico, enquanto que as geodésicas, no modelo elipsoidal.

ZIMMERMANN, (2015, p. 32, grifo nosso) explica que:

No **modelo esférico da Terra**, a latitude de um lugar é o ângulo que o raio que passa por esse lugar faz com o plano do equador. E no modelo elipsoidal da Terra, a latitude de um lugar é o ângulo que a normal ao elipsoide nesse lugar faz com o plano do equador.

Figura 5: Latitude e Longitude do ponto P nas coordenadas geográficas os ângulos são dados pelo raio da esfera projetados até a altura do ponto da superfície.

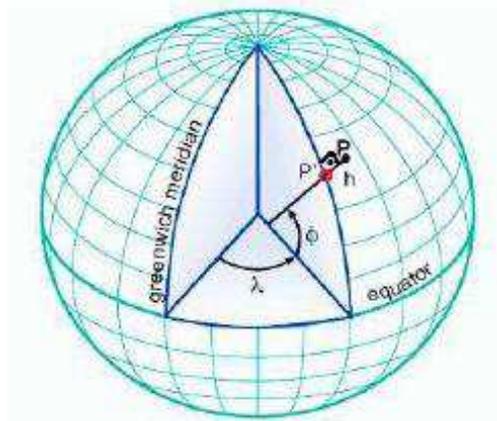


Fonte: ZIMMERMANN, 2015

ZIMMERMANN (2015, p. 32, grifo nosso), também comenta que:

Num **modelo elipsoidal da Terra**, a latitude de um lugar (latitude geodésica) é o ângulo que a **normal** ao elipsoide da Terra, as normais ao elipsoide nos vários lugares não são todas concorrentes no centro da Terra. Por outro lado, e devido ao fato de os meridianos não serem circunferências, mas sim elipses, a latitude não pode ser confundida, como na esfera, com a medida angular do arco de meridiano entre o equador e o lugar. As latitudes dos lugares representados nos mapas são latitudes geodésicas.

Figura 6: Latitude e Longitude de um ponto P nas coordenadas Geodésicas: os são dados pela normal ao elipsoide.



Fonte: ZIMMERMANN, 2015

#### 4.4.2 Coordenadas topográficas locais

Sua utilização é feita num plano cartesiano padronizado para toda superfície terrestre e utilizadas para a Rede de Cadastro Municipal. As coordenadas topográficas locais são utilizadas em levantamentos topográficos apoiados na Rede de Referência Cadastral pelo método direto clássico para representação das posições relativas do relevo levantado, através de medições angulares e lineares, horizontais e verticais.

Este sistema deve ser utilizado georreferenciado a um ponto de coordenadas conhecidas como coordenadas UTM.

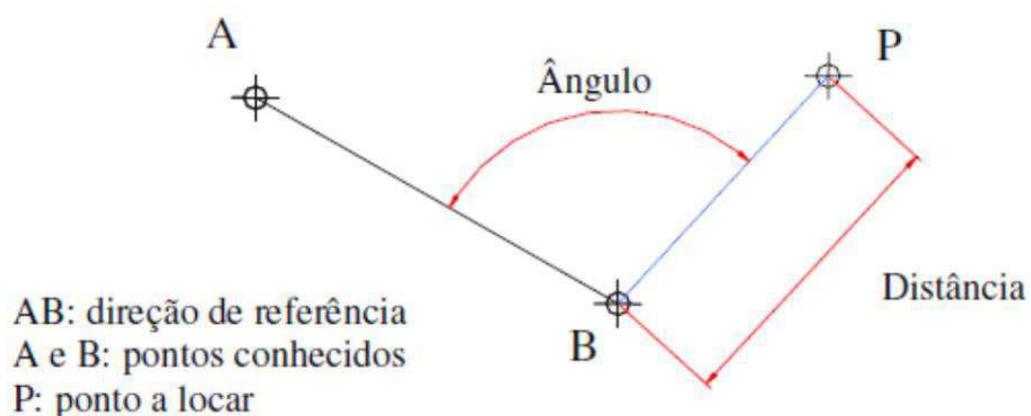
#### 4.4.3 Coordenadas polares

Sua utilização é feita para o plano topográfico local. Possui diferença da coordenada retangular na forma de ser representada, pois é feita por meio de distâncias e ângulos. É utilizado principalmente para locações e plantas topográficas planimétricas.

HILLESHEIM (2015, p.27) explica que:

O sistema polar consiste simplesmente em estabelecer uma direção (alinhamento) de referência, como o segmento de reta A-B da Figura 7, a partir da qual será medido um ângulo até o alinhamento de interesse, B-P. Nesse alinhamento é medida uma distância, determinando-se então a posição do ponto P, que se deseja locar.

Figura 7: Locação de um ponto a partir de coordenadas polares



Fonte: HILLESHEIM, 2015

## 4.5 Coordenadas UTM

O sistema de coordenadas UTM é

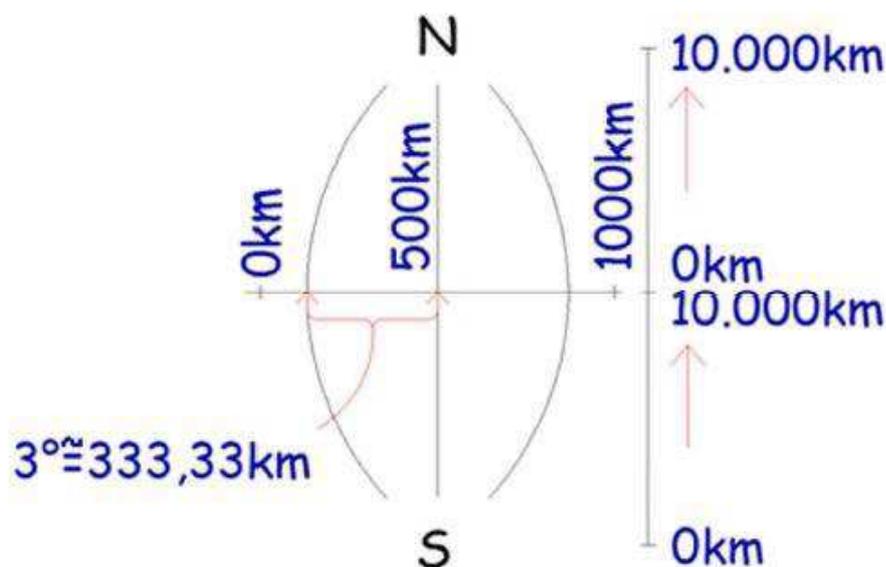
A projeção de uma faixa da superfície da terra em um cilindro imaginário, transversal ao eixo da Terra, secante nos polos. Para a projeção de toda a superfície da Terra, o cilindro é rotacionado de 6 em 6° e projetado apenas em porções chamadas de fusos. (ZIMMERMANN, 2015, p. 33).

Dentro do sistema UTM a latitude é representada pela letra “N” e a longitude, letra “E”. Mercator utilizou como superfície de projeção 60 cilindros transversos e secantes à superfície de referência, cada um com amplitude de 6 graus em longitude.

As especificações estabelecidas para esse sistema são projeção conforme (que preserva as formas quando as projeta no plano de Mercator), com orientação transversal ao eixo da terra , fusos de 6° de amplitude, com adoção de um elipsoide de referência, seu fator de redução de escala  $K_0 = 1 - \frac{1}{2500} = 0,9996$ .

A origem das coordenadas UTM está nas coordenadas planas, em um fuso, no cruzamento da linha do equador com o Meridiano Central (MC), acrescidas as constantes +10.000.000,00 de metros (só para o hemisfério Sul) no sentido do Meridiano e +500.000,00 metros no sentido do Paralelo.

Figura 8: Limites e medidas de cada fuso



Fonte: ZIMMERMANN, 2015

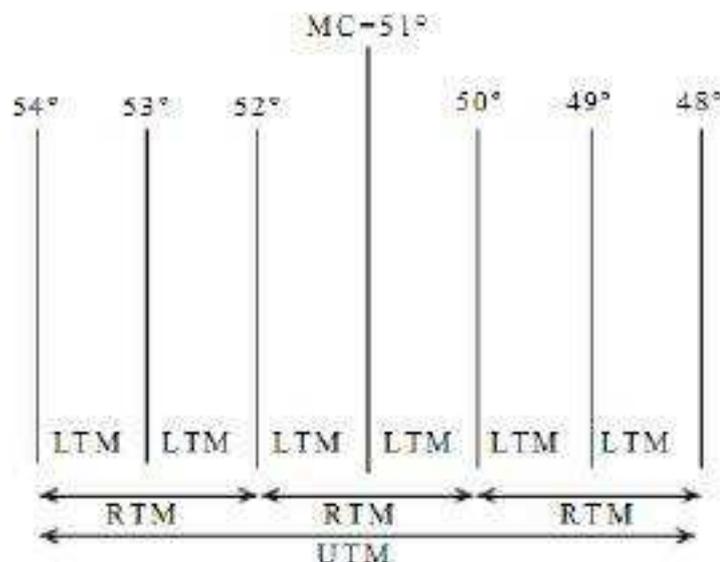
CORRÊA (2010 , p. 19) comenta que “o sistema UTM divide o globo em 60 fusos iguais de 6° de amplitude cada um. Conhecendo-se o fuso em que se encontra a área a ser mapeada podemos determinar o Meridiano Central (MC) referente a mesma”.

Segundo CASTRO JUNIOR (1998, p. 95),

Os meridianos (norte geográfico) coincidem com as linhas verticais das quadrículas (norte da quadrícula) da projeção UTM, apenas nos meridianos centrais. Com o aumento da longitude e da latitude, ocorre o aumento do ângulo formado entre os meridianos e as linhas verticais da quadrícula, formando entre estas um ângulo chamado de convergência meridiana. Nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), de um modo geral, para a definição de um projeto, deve-se fornecer informações adicionais, como escala e características de cada projeção: datum, modelos de elipsoide, latitude reduzida ou paralelo padrão, latitude de origem e longitude de origem.

Existem derivados do sistema UTM, onde eles se subdividem os fusos de 6° em faixas menores. No sistema Regional Transverso de Mercator (RMT), a divisão é feita em fusos de 2 em 2°. Já no Sistema Local Transverso de Mercator (LTM), a divisão é feita em cada 1°. Assim, possibilita uma maior aproximação das medidas reais, quanto menor a amplitude do fuso, menor será a influência do fator de correção, causando uma maior aproximação da superfície real e de projeção.

Figura 9: Subdivisão de um fuso nos sistemas UTM, RMT e LTM.



Fonte: ZIMMERMANN, 2015

As cartas empregadas em arquitetura e engenharia comumente apresentam coordenadas UTM. A principal vantagem na utilização desse sistema é

com relação à facilidade para a integração com os dados provenientes de outros órgãos do município, sem que sejam necessárias transformações entre sistemas.

Para HOLLER (2009),

Adotar um sistema de coordenadas plano retangulares implica em amarrar todos os serviços topográficos de cadastro (infraestrutura, fundiário, registros públicos, imobiliários, fiscais, etc.), de levantamentos topográficos para projetos, locações e gerenciamento de obras públicas e particulares, inclusive as built. Esses levantamentos usualmente destinam-se ao planejamento, geoprocessamento e estudos fundiários de propriedades, e são representados ao nível do mar, em coordenadas plano retangulares no sistema UTM. Em alguns casos, são utilizadas também as coordenadas RTM e LTM, para representações regionais e locais.

A utilização do sistema UTM gera as seguintes vantagens:

- Dados georreferenciados;
- Programas GNSS (GPS, GLONASS e GALILEU) trabalham também no sistema UTM;
- Estações totais podem trabalhar no sistema UTM (analisar a altitude e o fator de escala para correção);
- Os levantamentos contíguos se encaixam e podem ser sistemáticos;
- Softwares de topografia, programas na plataforma CAD e GIS (Geographic Information System) podem trabalhar no sistema UTM;
- Conceitualmente correto por planificar a superfície curva da Terra, apresentando as correções que se deve aplicar. (ZIMMERMANN, 2015, p. 39)

#### 4.6 Levantamentos Topográficos

O levantamento topográfico é conceituado como:

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 numa escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados. (NBR 13133, 1994, p. 3).

O levantamento topográfico consiste em fazer levantamento dos dados e características importantes, existentes em um determinado terreno, para depois realizar sua representação, em escala adequada e com orientação, de todos os detalhes naturais e artificiais que foram levantados e importante ao projeto.

Os levantamentos topográficos de campo referem-se a uma etapa puramente geométrica, onde são determinados os pontos notáveis do terreno, através de ângulos, distâncias e cotas, tendo como base os métodos da topografia tradicional.

Entretanto, para a realização de um levantamento, é necessário conhecer previamente as condições do terreno e quais os equipamentos serão utilizados.

Para elaboração de plantas topográficas, uma etapa puramente artística, deve-se retratar os dados coletados em campos. Esta etapa é realizada no escritório, com o intuito de representar, detalhar a área levantada e mostrar seus principais detalhes como divisas, edificações, cercas, árvores, rios, estradas, entre outros.

Para VEIGA, et al.(2012, p. 122),

Durante um levantamento topográfico, normalmente são determinados pontos de apoio ao levantamento (pontos planimétricos, altimétricos ou planialtimétricos), e a partir destes, são levantados os demais pontos que permitem representar a área levantada. A primeira etapa pode ser chamada de estabelecimento do apoio topográfico e a segunda de levantamento de detalhes.

Os levantamentos de campo pelos métodos clássicos são realizados em duas fases. Num primeiro momento é materializada e observada uma rede de apoio topográfico, para cujos vértices são determinadas coordenadas topográficas pelos métodos do nivelamento, irradiação, poligonação, GPS, etc. Numa segunda fase, com estação nos vértices da rede de apoio devem ter um espaçamento e uma localização tais que a união das vizinhanças levantadas das diversas estações constitua uma cobertura completa do terreno a ser levantado.

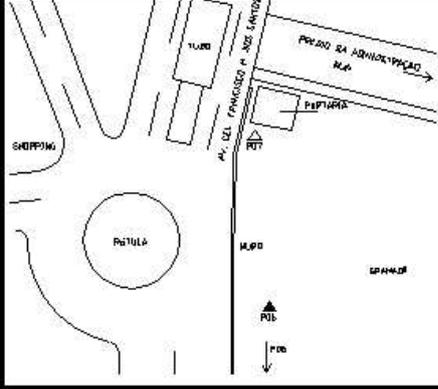
Os pontos de apoio são definidos por “pontos, convenientemente distribuídos, que amarram ao terreno o levantamento topográfico e, por isso, devem ser materializados por estacas, piquetes, marcos de concreto, pinos de metal, tinta, dependendo da sua importância e permanência” (NBR 13133,1994, p.4).

Figura 10: Diferentes formas de materialização de pontos: ponto pintado na calçada, marco de concreto, chapa de identificação de pontos



A figura 10 mostra alguma das formas de materialização de pontos. “Para pontos de apoio ou pontos que serão utilizados em trabalhos futuros, é comum elaborar-se a chamada ‘monografia do ponto’, a qual apresenta diversas informações, como coordenadas, croqui de localização, data de levantamento, foto do ponto, etc”. (VEIGA, et al., 2012). A figura 11 abaixo mostra um modelo de monografia.

Figura 11: Monografia de ponto topográfico

<b>Monografia de Marcos</b>	
<b>Universidade Federal do Paraná</b> <b>Setor de Ciências da Terra</b> <b>Departamento de Geomática</b>	
<b>Nome da Estação:</b> RN 103 - Rótula <b>Nº do Ponto da Poligonal:</b> P06 <b>Obra:</b> Mapeamento dos Campus Centro Politécnico e Jardim Botânico da UFPR	
<b>Dados Gerais</b>	
<b>Projeto:</b> Levantamento Planimétrico <b>Local:</b> Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná <b>Objetivo:</b> Levantamento do Contorno do Centro Politécnico. <b>Data:</b> 03/2001 <b>Coordenadas (Coordenadas Topográficas) :</b> X = 678.025,450 m      Y = 183.973,345 m      Z = .....	
<b>Descrição do Ponto:</b> Marco de concreto com elevação de 40cm a partir do solo, com uma placa de identificação localizada no centro superfície do marco.	
<b>Croqui</b>	<b>Itinerário</b>
	Partindo do portão de entrada do Centro Politécnico com acesso a BR 277, caminha-se em direção a RN 102. A partir dessa, continua-se seguindo o muro de palito aproximadamente 100 metros. O marco materializando essa estação encontra-se a alguns metros do muro de palito, próximo a algumas árvores.
<b>Foto</b>	
	

Fonte: VEIGA, et al., 2012

A locação topográfica é o processo inverso ao levantamento topográfico. Antes de toda locação topográfica deve ser realizado um levantamento topográfico. Após o levantamento topográfico, o topógrafo ou engenheiro irá ao escritório realizar o projeto, criando as mudanças futuras necessárias no terreno, para a implantação de obras na área. É importante salientar que todos os dados e valores característicos importantes do projeto deverão ser implantados fielmente no terreno de acordo com a escala utilizada. A locação topográfica é mais cara e trabalhosa em relação ao levantamento topográfico (COELHO JÚNIOR, et al., 2014, p. 12).

A NBR 13133 (1994, p.7) estabelece que:

O levantamento topográfico, em qualquer de suas finalidades, deve ter, no mínimo, as seguintes fases:

- Planejamento, seleção de métodos e aparelhagem;
- Apoio topográfico;
- Levantamento de detalhes;
- Cálculos e ajustes;
- Original topográfico;
- Desenho topográfico final;
- Relatório técnico.

Os levantamentos topográficos são divididos em: Levantamentos Planimétricos, Levantamentos Altimétricos, Levantamentos Planialtimétricos, podendo ser cadastrais. A escolha do levantamento depende das características dos dados que serão obtidos em campo.

#### 4.6.1 Levantamentos Planimétricos

Segundo a NBR 13133 (1994, p.3) define levantamento planimétrico como:

Levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro com o qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos materializados no terreno de uma rede de referência cadastral, ou, no caso de sua inexistência, a pontos notáveis e estáveis nas suas imediações. Quando este levantamento se destinar à identificação dominial do imóvel, são necessários outros elementos complementares, tais como: perícia técnico-judicial, memorial descritivo, etc.

Para um melhor entendimento do levantamento planimétrico, é importante introduzir o conceito sobre apoio geodésico planimétrico. Apoio geodésico é o que é um conjunto de pontos, materializados no terreno, que proporcionam levantamentos topográficos com controle posicional em relação a superfície terrestre, referenciados pelo datum planimétrico do país. Os apoios geodésicos são referências locais, utilizadas em obras ou levantamentos particulares e seu conjunto é chamado de poligonal.

A NBR 13133 (1994, p.4) define poligonal como:

Poligonal que, baseada nos pontos de apoio topográfico planimétrico, tem os seus vértices distribuídos na área ou faixa a ser levantada, de tal forma, que seja possível coletar, direta ou indiretamente, por irradiação, interseção ou por ordenadas sobre uma linha-base, os pontos de detalhe julgados importantes, que devem ser estabelecidos pela escala ou nível de detalhamento do levantamento importantes, que devem ser estabelecidos pela escala ou nível de detalhamento do levantamento.

Segundo VEIGA (et al., 2012, p. 9), “uma poligonal consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medições em campo”. A poligonação é um dos principais métodos utilizados na planimetria, principalmente para definição de pontos de apoio planimétricos.

No caso de apoio topográfico vinculado à rede geodésica do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), é ideal a existência de pelo menos 2 pontos de coordenadas conhecidas seja comum, para que possa terminar o azimute que servirá de orientação para o levantamento da poligonal.

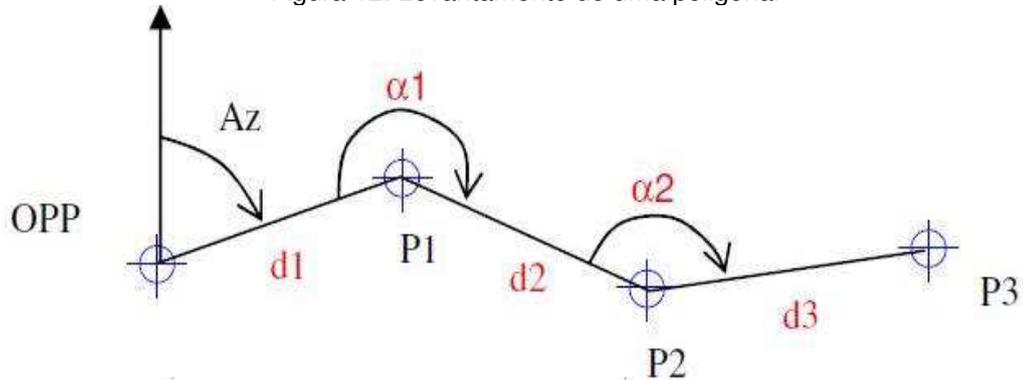
A NBR 13133 (1994, p.4) classifica as poligonais como principal, secundária e auxiliar.

- Poligonal principal: poligonal que determina os pontos de apoio topográfico de primeira ordem;
- Poligonal secundária: aquela que, apoiada nos vértices da poligonal principal determina os pontos de apoio topográfico de segunda ordem;
- Poligonal auxiliar: poligonal que, baseada nos pontos de apoio topográfico planimétrico, tem seus vértices distribuídos na área ou faixa a ser levantada, de tal forma que seja possível coletar, direta ou indiretamente, por irradiação, interseção ou ordenadas sobre uma linha de base, os pontos de detalhes julgados importantes, que devem ser estabelecidos pela escala ou nível de detalhamento do levantamento.

As poligonais levantadas em campo podem ser fechadas, enquadradas ou abertas. Zimmermann (2015) as conceitua como:

- Aberta: Quando o ponto de partida ( $0=PP$ ) não coincide com o ponto final (PF);
- Fechada: O ponto de partida coincide com o ponto final. ( $PP=PF$ );
- Apoiada: Parte de um ponto com coordenadas conhecidas e chega a um ponto de coordenadas também conhecidas, podendo ser aberta ou fechada;
- Não apoiada: Parte de um ponto que pode ter as coordenadas conhecidas ou não e chega a um ponto de coordenadas desconhecidas, podendo ser aberta ou fechada.

Figura 12: Levantamento de uma poligonal



Fonte: VEIGA, et al., 2012

Serão descritos abaixo alguns métodos de levantamento de poligonais mais importante para locação:

- **Poligonação ou Caminhamento:** é um método utilizado para levantamentos de superfícies relativamente grandes e de relevo acidentado ou quando não é possível instalar o aparelho na poligonal real. É necessária uma grande quantidade de medidas em relação aos outros levantamentos, porém gera uma enorme confiabilidade nos resultados. O caminhamento é realizado através de cada vértice da poligonal topográfica, medindo-se ângulos e distâncias, percorrendo-se (caminhando) para o outro vértice, fazendo-se o mesmo procedimento. É necessário a leitura do azimute do primeiro vértice, para poder calcular os demais.

Figura 13: Exemplo de Caminhamento ou Poligonação

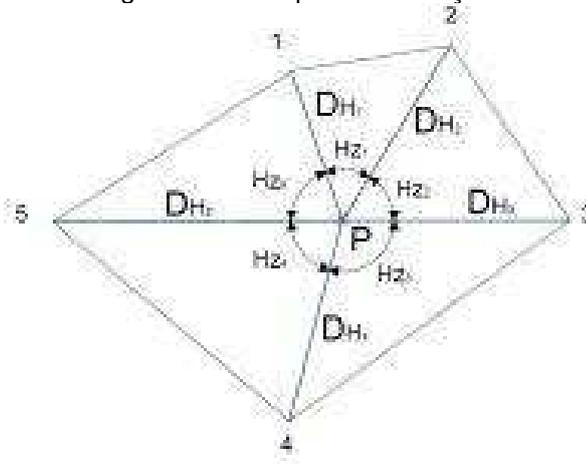


Fonte: COELHO JÚNIOR, et al., 2014

- **Irradiação ou método da Decomposição dos Triângulos:** É utilizado para avaliação de superfícies pequenas ou relativamente planas. É definido o

contorno da superfície levantada e um ponto “P”, que pode estar dentro ou fora da poligonal, para que possa ser avistado todos os demais vértices que a definem. Dentro do ponto P são mensuradas as distâncias dos vértices, bem como os ângulos horizontais entre os alinhamentos que possuem P como vértice. Para cada triângulo formado com as medidas que tem P como vértice, tem-se a medida do ângulo, e a partir de relações trigonométricas, determinar as demais medidas e ângulos.

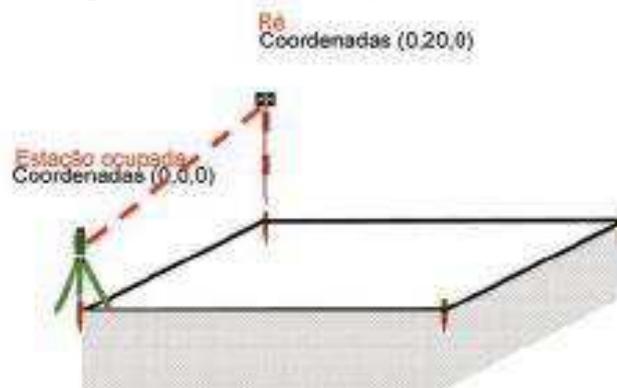
Figura 14: Exemplo de Irradiação



Fonte: ZIMMERMANN, 2015

- **Coordenadas:** O levantamento por coordenadas consiste em se criar um plano cartesiano, atribuindo-se pelo menos dois pontos de apoio de coordenadas conhecidas. Num desses pontos instala-se o instrumento e no outro coloca-se o bastão para se fazer a amarração através de uma referência para o instrumento. O levantamento por coordenadas é muito utilizado por topógrafos que trabalham com Estação Total para locação de obras.

Figura 15: Levantamento por Coordenadas



Fonte: COELHO JÚNIOR, et al., 2014

#### 4.6.2 Levantamentos Altimétricos

O objetivo do levantamento Altimétrico é definir a cota ou altitude de uma superfície de referência, ponto de apoio ou ponto de detalhes, partindo do princípio do conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada. O produto final de um levantamento topográfico Altimétrico é uma planta/carta/mapa tridimensional, pois leva em consideração o relevo.

A determinação da cota de um ponto é uma atividade fundamental para a engenharia. A obtenção do valor da cota está baseada em métodos que permitem obter o desnível entre pontos. Estes métodos são denominados de nivelamento. Existem diferentes métodos que permitem determinar os desníveis, a aplicação de cada um deles dependerá da finalidade do trabalho.

O nivelamento topográfico pode ser trigonométrico ou geométrico. COELHO JÚNIOR et al.( 2014, p.103) conceitua como:

- **Nivelamento topográfico** : é uma operação utilizada para a obtenção de diferenças de nível no terreno a fim de possibilitar a determinação ou cálculo de altitudes e cotas do terreno. Para tal, são usados diversos instrumentos e metodologias realizadas em campo, objetivando-se a representação gráfica do relevo de um determinado local.
- **Nivelamento trigonométrico**: é o resultado da obtenção das distâncias verticais através da trigonometria. Esse nivelamento é obtido por instrumentos como teodolitos e estações totais.
- **Nivelamento geométrico**: É o método mais preciso para obtenção das diferenças de nível, altitudes e cotas. Na sua realização é usado o instrumento chamado nível de luneta e seu princípio baseia-se em visadas horizontais sucessivas nas miras verticalizadas, objetivando-se a obtenção de distâncias verticais

Ainda sobre levantamento Altimétrico, é necessário o entendimento sobre apoio geodésico Altimétrico. A NBR13113 (1994), define como o “conjunto de referências de nível, materializadas no terreno, que proporciona o controle altimétrico dos levantamentos topográficos e o seu referenciamento ao *datum* (origem) altimétrico do país”.

No Brasil, o datum vertical está localizado na cidade portuária de Imbituba-SC. Este referencial altimétrico tem caráter oficial e foi homologado pelo IBGE após observações coletadas em marégrafo localizado na Baía de Imbituba. Sua escolha como datum vertical se deu devido ser o ponto menos variável da costa brasileira.

Assim sendo, não foi retratado o assunto de altimetria com maiores detalhes, pois não é o enfoque para este trabalho.

#### 4.6.3 Levantamentos Planialtimétricos

A NBR 13113 (1994, p.3) conceitua, como o “levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural”.

Geralmente é utilizado estações totais e taqueometria. Caso exista a necessidade de uma alta precisão na altimetria, faz-se inicialmente o levantamento planimétrico e depois o levantamento geométrico para determinação da altimetria dos pontos conhecidos.

#### 4.6.4 Levantamentos Planialtimétricos Cadastrais

A definição dada pela NBR 13133 (1994, p.3), sobre levantamentos planialtimétricos cadastrais é:

Levantamento planimétrico acrescido da determinação planimétrica da posição de certos detalhes visíveis ao nível e acima do solo e de interesse à sua finalidade, tais como: limites de vegetação ou de culturas, cercas, internas, edificações, benfeitorias, posteamentos, barrancos, árvores isoladas, valos, valas, drenagem natural e artificial, etc. Estes detalhes devem ser discriminados e relacionados nos editais de licitação, propostas e instrumentos legais entre as partes interessadas na sua execução.

### 4.7 Erros em medições

Para toda e qualquer medição, existe um erro inserido, mesmo que mínimo. Esse erro pode ser limitado ao equipamento, a metodologia empregada, pela habilidade do operador ou condições exteriores. É importante a análise do erro cometido, para ponderar se o mesmo está dentro do estipulado pela norma ou se existe a necessidade de correção.

Antigamente, os erros métricos eram bastantes toleráveis, entretanto, atualmente a topografia vem obtendo resultados espantosos quanto a precisão e à acurácia na obtenção das medições. Os erros métricos estão na casa dos milímetros para distâncias e segundos para ângulos. As causas dos erros em medições lineares ou angulares são as mais diversas: imperfeições do instrumento de medida ou falta

de ajuste, condições meteorológicas (vento, temperatura, etc), falhas humanas (falta de atenção, cansaço) e causas não conhecidas (erros aleatórios).

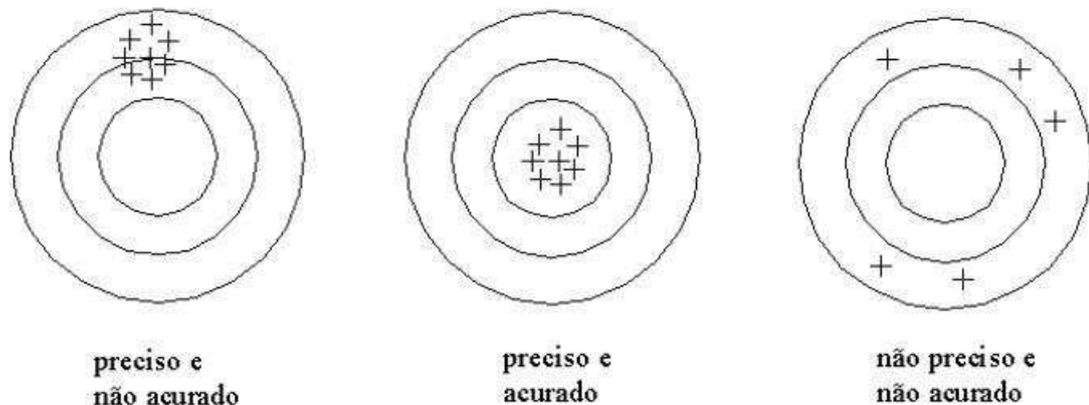
Diante disso, surgem conceitos importante como acurácia e precisão. Acurácia está relacionado as medidas cujo valor médio, se aproxima do valor correto, isto é, o quão próximo o valor medido está do valor real. Já precisão possui relação com valores com pequena dispersão, ou seja, estão próximas umas das outras. De forma geral, a acurácia ou exatidão depende da calibração e ajuste do equipamento, para evitar os erros sistemáticos, e a precisão depende do nível de interferência e de ruído que afetam a medida.

A NBR 13133 (1994) também conceitua exatidão e precisão como:

**Exatidão:** 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.

**Precisão:** Valores que expressam o grau de aderência das observações entre si.

Figura 16: Precisão e Acurácia



Fonte: VEIGA, et al., 2012

A propagação de erros é de suma importância nos trabalhos de topografia. Ao se trabalhar com poligonais longas, abertas ou fechadas e, múltiplas mudanças de aparelho, deve-se dedicar especial atenção aos melhores meios de se evitar a propagação excessiva de erros.

Também se deve considerar que uma vez constatados erros em uma locação ou levantamento, é necessária uma análise por parte de equipe responsável, que irá definir se eles são ou não impeditivos para a sequência dos trabalhos. No caso da locação isso é muito variável e dependerá do serviço que se estiver executando. Quando em trabalhos que requerem alta precisão e exatidão, os limites para desvios

serão naturalmente muito pequenos. Porém naqueles onde os desvios não influenciarem significativamente nos resultados, é possível admitir que sejam maiores.

Na topografia o entendimento da propagação do erro é de grande importância, principalmente para serviços de locação de obras. Ao se trabalhar com poligonais longas, abertas ou fechadas, é necessária a atenção aos melhores meios de evitar essa propagação excessiva de erros.

Para o serviço de locação com estação total, existe uma preocupação devido ao erro ser acumulativo, pois suas referências são topográficas, ou seja, se erramos em um ponto, o próximo ponto pode absorver o erro anterior. Já no processo de locação GPS, essa propagação do erro é menor, visto que, os dados são obtidos como referência a um apoio geodésico, caso erramos na locação de um ponto, o erro não se acumula para os próximos pontos.

## **4.8 Equipamentos**

Os equipamentos utilizados na locação sofreram grandes modificações com o passar do tempo, principalmente no quesito precisão, exatidão, tecnologia e aquisição de dados. O avanço da tecnologia possibilitou equipamentos que substituíssem o teodolito como as estações totais que em termos simples, é a união do teodolito eletrônico com um distanciômetro eletrônico, um marco significativo para a topografia. A tecnologia possibilitou a introdução dos receptores GNSS para locações de obras. A seguir será discutido os principais equipamentos empregados na topografia de obras.

### **4.8.1 Teodolitos**

Foi um dos primeiros equipamentos desenvolvidos para trabalhos de topografia, principalmente em aplicações voltadas para levantamentos, projetos e obras. Atualmente, o teodolito perdeu bastante espaço com a criação das Estações Totais.

O teodolito tem como sua principal finalidade a medida de ângulos verticais e horizontais. De forma indireta, pode-se medir distâncias, que relacionadas com os



disparava um raio laser infravermelho do instrumento que retornava e registrava a distância percorrida em até 3 casas decimais.

Esse equipamento era fundamental para levantamentos topográficos, entretanto não era utilizado para locação de obras. A incrementação dos MEDs nos equipamentos topográficos possibilitou a criação de equipamentos para locação.

#### 4.8.3 Estações Totais

VEIGA, et al. (2012, p. 81) define estação total como “um teodolito eletrônico (medida angular), um distanciômetro eletrônico (medida linear) e um processador matemático, associados em um só conjunto”. Desta forma, a utilização da trena se torna quase que desnecessária para um levantamento regular.

Além da facilidade de uso e da rapidez quando se utiliza uma estação total para um levantamento planimétrico, evita-se alguns tipos de erros grosseiros, como leitura ou registro de dados, pois estes processos são automatizados. Ainda com o distanciômetro obtém-se dados de medidas lineares mais precisos do que com a trena (ZIMMERMANN, 2015, p. 52).

Figura 18: Estação Total da marca TOPCON - modelo serie ES 50 PRO



Fonte: MundoGEO, 2016

Para a NBR 13133 (1994, p.7), as estações totais (total station) - medidores eletrônicos de ângulos e distâncias - são classificadas segundo os desvios-padrão que as caracterizam, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Classificação de estações totais

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	$\leq \pm 02''$	$\pm (5\text{mm} + 3 \text{ ppm} \times D)$

Fonte: NBR 13133, 1994

Onde:

D = distância em Km e ppm = parte por milhão

#### 4.8.4 Níveis

“Os níveis são equipamentos que permitem definir com precisão um plano horizontal ortogonal à vertical definida pelo eixo principal do equipamento” (VEIGA, et al., 2012). Não permite movimentos na vertical (basculantes). O nível pode ser classificado como ópticos e digitais, sendo que para este último, a leitura da mira é realizada automaticamente, empregando as miras em código de barras. A figura 19 ilustra um nível.

Figura 19: Nível Topográfico – Modelo Wild NK2 - 145477



Fonte: ZIMMERMANN, 2015

A NBR 13133 (1994, p.6) classifica os níveis segundo o desvio-padrão de 1 km de duplo nivelamento, conforme a tabela abaixo.

Tabela 3: Classificação dos níveis

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: NBR 13133, 1994

#### 4.8.5 Equipamentos GNSS – GPS

A utilização da tecnologia GNSS provocou uma verdadeira revolução nas atividades de navegação e posicionamento. O IBGE afirma que “os trabalhos

geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica”.

Sua produtividade elevada é devido a atribuir coordenadas precisas em seu posicionamento a qualquer momento e independentemente das condições atmosféricas. A navegação e o processamento de dados são os princípios fundamentais para determinação de coordenadas dos pontos sobre a superfície da Terra, correlacionando as informações obtidas entre as constelações de satélites específicas com o equipamento GNSS. Dentro dos sistemas englobados pelo GNSS, temos o GPS, GLONASS, GALILEU, BEIDOU. Neste trabalho será dado maior enfoque no Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Para levantamentos e locação tem-se utilizado equipamentos que recebem sinal de múltiplas constelações de satélites, a exemplo do GPS. Atualmente são empregadas para fins civis, como as aplicações de engenharia, mas já foram empregadas para fins militares.

“O GPS não é um equipamento utilizado na medida de ângulos e/ou de distâncias, porém, é muito empregado atualmente em serviços de Topografia e Geodésia pois possibilita a localização espacial de um ponto no terreno em tempo real. (BRANDALIZE, 2004, p. 58). Esta localização espacial do ponto compreende a sua determinação, através de coordenadas UTM (E, N) ou de coordenadas Geográficas (latitude e longitude), como também, da cota e altitude.

Em 1991, o IBGE começou a utilizar a tecnologia GPS na densificação dos marcos planimétricos do Sistema Geodésico Brasileiro. Teve início, assim, a era GPS no IBGE, que prevalece até os dias de hoje.

Figura 20: (a) Coletora de dados FC – 236 e (b) Receptor GPS Topcon Hiper V RTK



Fonte: Goitacá Soluções Ambientais e Geotecnológicas

O posicionamento através do GPS pode ser realizado a partir de diferentes técnicas e observáveis, as quais fornecem níveis de precisão que variam desde algumas dezenas de metros até poucos milímetros. Ressalta-se que a observável utilizada no processo de estimação das coordenadas é um dos principais fatores que influenciam os níveis de precisão alcançados. (IBGE, 2008, p. 6)

O IBGE (2008, p.6) também explica que:

Embora os satélites transmitam todos os sinais continuamente, nem todos os receptores são desenvolvidos para rastreá-los. Os receptores podem ser classificados, segundo sua utilização, como:

- Navegação – destinado à navegação terrestre, marítima e aérea, bem como a levantamentos com precisão de ordem métrica.;
- Topográfico – podem proporcionar posicionamento preciso quando utilizados em conjunto com um ou mais receptores localizados em estações de referência, mas sua utilização fica restrita a uma área compreendida dentro de um círculo de raio de aproximadamente 10 km, sendo normalmente utilizado na topografia.
- Geodésico – receptores capazes de rastrear a fase da onda portadora nas duas frequências. Isso possibilita a sua utilização em linhas de base maiores que 10 km, pois é possível modelar a maior parte da refração ionosférica a partir do uso da combinação linear livre da ionosfera durante o processamento dos dados. Normalmente estes receptores são utilizados na geodesia.

A precisão da posição depende do tipo de receptor GPS utilizado e das técnicas de observação e pós-processamento utilizados. O levantamento com GPS se comparado com o uso de uma Estação Total, proporciona a vantagem de não precisar ter visão entre os pontos a serem medidos. É possível utilizar o GPS em vários levantamentos, bastando que o céu esteja livre de obstruções (árvores, edificações, etc.) e os sinais dos satélites sejam recebidos de maneira adequada, levantamentos que até então possíveis apenas através do uso de uma Estação Total.

Para se ter a localização de um objeto na Terra são necessários no mínimo quatro satélites, porém quanto maior a quantidade de satélites disponíveis ao receptor, melhor será a exatidão da localização geográfica da antena do receptor na superfície da Terra. (COELHO JÚNIOR, et al., 2014, p. 27)

Dependendo do movimento da antena, as técnicas de posicionamento podem ser classificadas como estáticos ou cinemáticos, em tempo real e pós-processadas quando relacionado a disponibilidade das coordenadas.

O IBGE (2008, p.6), explica que:

Além destas duas categorias, as técnicas podem ser divididas quanto à metodologia adotada, ou seja, utilizando ou não uma estação de referência, sendo denominadas de posicionamento relativo e posicionamento por ponto, respectivamente.

No método de Posicionamento Relativo são necessários dois ou mais receptores de rastreamento para produzir o ponto desejado, onde um dos receptores será a base na estação de referência, com coordenadas conhecidas, e o outro receptor é instalado nas estações em que se deseja determinar suas coordenadas. No Método de Posicionamento Relativo Estático o rastreamento tem um intervalo de tempo, que varia de 20 minutos até algumas horas. Já no Estático Rápido, o tempo de rastreamento diminui para um intervalo menor que 20 minutos, o que possibilita uma maior produtividade.

O posicionamento por ponto, também chamado de posicionamento absoluto ou isolado, utiliza apenas um receptor. Este tipo de posicionamento pode ser subdividido em Posicionamento por Ponto e Posicionamento por Ponto Preciso (PPP).

O posicionamento por ponto foi desenvolvido para ser utilizado em tempo real e é extensivamente utilizado para navegação e levantamentos que requerem precisão métrica. Já o PPP, é necessário o emprego de antenas geodésicas, devido ao seu alto grau de precisão pela técnica de posicionamento. Alguns experimentos com dados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) mostraram que este tipo de posicionamento pode proporcionar precisão melhor que 2 cm.

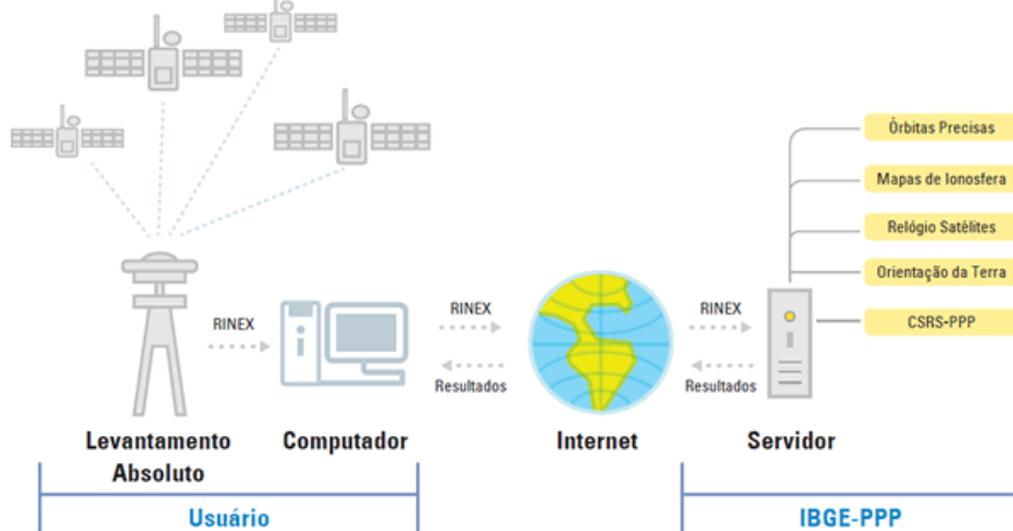
Existem três tipos de processamentos no PPP, denominados Final, Rápida e Ultra-rápida. Cada um deles possui uma precisão associada e são disponibilizadas em diferentes momentos.

Tabela 4: Tempo de processamentos no PPP e precisão obtida

Produto NRCAN				
Orbitas/Intervalo	Relógios/Intervalo	Constelação	Quando o IBGE-PPP irá utilizar?	Precisão da órbita
Ultra-rápida (EMU) 15 minutos	MEU 30 segundos	GPS e GLONASS (3h)	A partir de 1h30m-2h30m após o fim do rastreamento até a disponibilidade das orbitais EMR	$\pm 15$ cm
Rápida (EMR) 15 minutos	EMR 30 segundos	GPS e GLONASS	A partir de 12-36 horas após o fim do rastreamento até a disponibilidade das orbitais EMF	$\pm 5$ cm
Final (EMF) 15 minutos	EMF 30 segundos	GPS e GLONASS	A partir de 11-17 dias após o fim do rastreamento	$\pm 2$ cm

Fonte: IBGE, 2017

Figura 21: Esquema ilustrativo de funcionamento do serviço IBGE-PPP

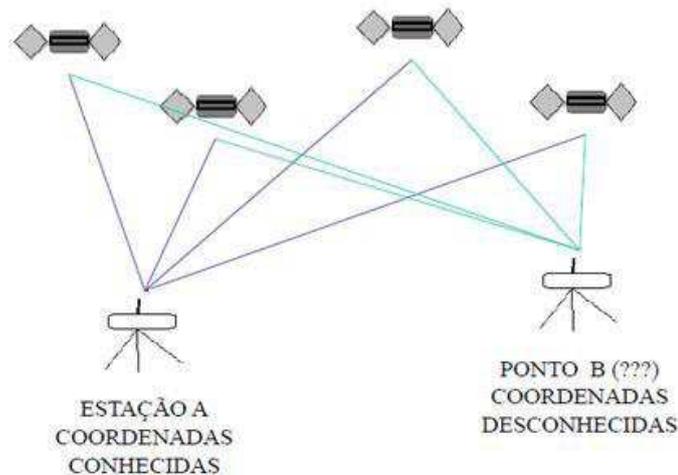


Fonte: IBGE

No posicionamento relativo, as coordenadas são determinadas em relação a um referencial materializado através de uma ou mais estações com coordenadas conhecidas. Neste caso, é necessário que pelo menos dois receptores coletem dados de, no mínimo, dois satélites simultaneamente, onde um dos receptores deve ocupar a estação com coordenadas conhecidas, denominada de estação de referência ou estação base. O princípio básico desta técnica de posicionamento é minimizar as fontes de erro através da diferença entre observações recebidas simultaneamente por receptores que ocupam duas estações (IBGE, 2008).

Para efeito deste trabalho, será dada maior atenção para o GPS na tecnologia RTK (Real Time Kinematic) ou posicionamento cinemático em tempo real.

Figura 22: Método RTK.



Fonte: Silva, 2014

ZIMMERMANN (2015, p. 53) comenta que:

Esta técnica exige a disponibilidade de pelo menos uma estação de referência, com as coordenadas conhecidas e dotada de um receptor GNSS e um rádio modem transmissor. A estação gera e transmite as correções diferenciais para as estações móveis, que usam os dados para determinar precisamente suas posições, isto é, suas coordenadas. A capacidade de realização dos levantamentos e as precisões disponibilizadas dependem da densidade e capacidade da rede de estações de referência.

A RBMC é utilizada como estação de referência em todo território nacional, fornecendo pontos de coordenadas conhecidas. Assim, os receptores que equipam as estações da RBMC possuem alto desempenho, proporcionando observações de qualidade e confiabilidade. Com principais aplicações pode-se citar o controle ou amarrações de levantamentos topográficos, determinação da localização de pontos na batimetria, a locação e implantação de fundações e a obtenção de dados georreferenciados para obras viárias.

O IBGE, (2008, p. 11) traz um resumo das técnicas de posicionamento mais utilizadas, bem como o tipo de observação e precisão obtida em condições ideais.

Tabela 5: Precisão das técnicas de posicionamento

<b>Técnica</b>		<b>Observação</b>	<b>Precisão (nível de confiança de 68,2%)</b>
Por ponto	Convencional	Pseudodistância	15,3 m
	Preciso	Pseudodistância e fase	0,02 m
Relativo	Estático	DD pseudodistância e fase	0,01 a 1 ppm
	Estático-rápido	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Semicinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Cinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm

Fonte: IBGE, 2008

#### 4.10 Normas Técnicas Aplicáveis

As normas técnicas são leis que visam parametrizar as práticas de trabalho da construção civil, apontando recomendações para projetos e obras nas suas diversas áreas. A consulta das normas técnicas possibilita um direcionamento quanto as boas práticas para realização do projeto, definindo diretrizes, tolerâncias exigidas e erros admissíveis para o presente trabalho, e que serão comentadas a seguir.

##### 4.10.1 ABNT NBR 13133 - Execução de levantamento topográfico

Esta norma fixa as condições exigíveis para execução de levantamentos topográficos para diferentes fins, entre os quais o conhecimento geral do terreno (relevo, limites, confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento),

gerando informações do terreno para realização de estudos preliminares, projetos básicos e executivos.

A NBR 13133 (1994, p.1) comenta as condições exigíveis para execução de levantamentos topográficos como:

Compatibilizar medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, selecionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação.

Ela define e estabelece a metodologia empregada nos levantamentos topográfico, explicando suas fases como planejamento e seleção de métodos e aparelhagem; apoio topográfico; levantamento de detalhes; cálculos e ajustes; original topográfico; desenho topográfico final; relatório técnico. Devendo sempre prevalecer o princípio da vizinhança.

A partir das dimensões da área a ser levantada e sua finalidade, a norma faz o enquadramento em uma das classes de levantamentos topográficos constates nas tabelas da mesma norma. Esse enquadramento faz levando em consideração escala do desenho adequada, equidistância das curvas de nível, detalhamento solicitado pela finalidade do desenho ou condições locais e densidade de pontos a serem medidos, seguindo como referência o grau de detalhamento solicitado pelo levantamento ou condições locais.

A norma explica que os levantamentos devem conter uma orientação apoiados ao Sistema Brasileiro Geodésico (SBG). Deve-se compatibilizar as medidas angulares, medidas lineares, medidas de desníveis e as respectivas tolerâncias em função dos erros, selecionando métodos, processos e instrumentos para a obtenção de resultados compatíveis com a destinação do levantamento, assegurando que a propagação de erros não exceda os limites de segurança inerentes a esta destinação.

Em relação aos equipamentos, a norma comenta sobre a aparelhagem básica, classificando a partir de sua classe de precisão, desvio-padrão e instrumentos auxiliares a qualquer levantamento. Os instrumentos que serão utilizados no serviço, devem ser antecipadamente checados e, no caso da aparelhem, estes devem ter a precisão predefinida em função do seu respectivo desvio-padrão. Uma vez definida a classe de levantamento, deve-se seguir a metodologia estabelecida nas referidas tabelas da NBR 13133.

#### 4.10.2 ABNT NBR 14166/1998 - Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento

O enfoque principal baseado da NBR 14166 (1998) está baseado no planejamento e suporte aos levantamentos, através de implantação de rede de pontos de apoio, servindo como referência para diversos serviços de engenharia.

Esta norma define as condições exigíveis para a implantação de uma Rede de Referência Cadastral, compatibilizando os procedimentos no sentido de se estabelecer a infraestrutura de apoio geodésico e topográfico que proporcione a normalização e sistematização de todos os levantamentos topográficos, executados em qualquer escala e para qualquer finalidade no âmbito municipal, por agentes públicos ou privados, no escopo de sua inclusão em um mesmo sistema, atualizando-o e complementando-o. Sua rede deve apoiar tanto as atividades cadastrais, quanto as topográficas em escala adequada com levantamentos representados em projeção UTM.

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 de plantas cadastrais municipais;
- b) Amarrar todos os serviços de topografia, visando as incorporações às plantas cadastrais do município;
- c) Referenciar todos os serviços topográficos e de cadastro imobiliários para registros públicos e multifinalitários.

#### 4.10.3 Norma técnica para georreferenciamento de imóveis rurais - 3ª edição

Esta norma trata das condições exigíveis para execução dos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais, podendo ser no âmbito público e privado. Para melhor utilização desta norma, deve-se ser utilizado o Manual Técnico de Limites e Confrontações, publicado pelo INCRA e Manual Técnico de Posicionamento, publicado pelo INCRA.

#### 4.10.4 Manual Técnico de Posicionamento - Georreferenciamento de Imóveis Rurais

Esta norma trabalha juntamente com o Manual Técnico de Limites e Confrontações e a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais 3ª Edição, constituindo um conjunto de normas para execução dos serviços de georreferenciamento de imóveis rurais.

Este manual comenta sobre a possibilidade de utilização de novos métodos de posicionamento; menor detalhamento de especificações técnicas (atribuindo esta tarefa ao credenciado); utilização do Sistema Geodésico Local (SGL) para o cálculo de área; apresenta a formulação matemática para cálculos usando a topografia clássica e aumenta a possibilidade de utilização de métodos de posicionamento por sensoriamento remoto.

#### 4.10.5 ABNT NBR 14.645-3/2005 - Locação Topográfica e Controle Dimensional da Obra – Procedimento

A NBR 14645-3, estabelece os requisitos exigíveis para a locação e controle dimensional da obra, com as anotações de todas as alterações ocorridas no transcorrer da obra, e indica os procedimentos para se chegar ao projeto executado, a partir de um projeto executivo.

Para locação e o controle dimensional da obra, é necessário o levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral do imóvel, bem como o projeto executivo (terraplanagem, fundação, pilares de eixos, outros detalhes da edificação que se fizerem necessários).

Deve ser empregado de acordo com os processos construtivos, as tolerâncias exigidas, bem como um plano de trabalho que inclui os equipamentos topográficos a serem utilizados.

Esta norma traz referência a implantação de apoio topográfico planialtimétrico, devendo ser analisado a implantação de vértices das poligonais e referências de nível que darão suporte as etapas topográficas, esses apoios devem estar referenciados a ao sistema topográfico.

## 5 LOCAÇÕES DE OBRAS

O conceito de locação é a marcação, no terreno, de um alinhamento com a materialização de seus pontos definidores e notáveis. Esta materialização, de acordo com o tempo de permanência desejado e com a natureza do terreno, pode ser realizada com piquete de madeira ou marco de concreto.

Já para KLEIN (2013, p. 2), “locação de uma obra é o processo de transferência da planta baixa de um projeto para o terreno, bem como seus afastamentos, recuos, janelas e demais componentes”.

“A locação consiste em tomarmos os dados calculados em escritório, de um determinado projeto de obra, e implantá-lo no terreno. O sucesso da obra dependerá de um correto levantamento, de um projeto bem elaborado e de uma boa locação”. (CORRÊA, 2012, p. 114).

Os levantamentos para locação de obras podem ser de maior ou menor complexidade, dependendo da forma do terreno, da importância da estrutura a ser locada e da amplitude da obra. Entretanto, quatro tipos de trabalhos topográficos se fazem necessários para a locação de obras:

- 1) Levantamento preliminar, o qual consiste em um levantamento topográfico da superfície que incluirá a estrutura a ser construída;
  - 2) Levantamento para o projeto o qual consiste na obtenção de dados de detalhamento para a confecção do projeto da obra;
  - 3) Levantamento de controle, o qual consiste em obtenção e confirmação de dados que permitam a locação da obra com grande precisão;
  - 4) Locação da obra, a qual consiste na determinação dos pontos, em campo, que permitirão o início da construção da obra.
- (CORRÊA, 2012, p. 109).

AZEREDO (1977, p. 24), explica que

A obra deverá ser locada com rigor, observando-se o projeto quanto à planimetria e à altimetria. A locação será executada após observação da planta de fundação e utilizando-se quadros com piquetes e tábuas niveladas e fixados para resistirem a tensão dos fios sem oscilação e sem sair da posição correta. A locação será por eixos ou face de parede e centro das estacas.

Os elementos de fundações devem ser locados de maneira precisa e correta, passo muito importante para a qualidade final da obra. Erros na locação se propagam por todos os subsistemas do edifício, gerando custos de materiais e de tempo para resolução de incompatibilidade e correção dos problemas.

Tanto a locação das paredes como a das estacas deve, de preferência, ser executada por técnico, agrimensor ou engenheiro. Uma locação malfeita trará desarmonia entre o projeto e a execução, cujas consequências poderão ser bem graves. (AZEREDO, 1977, p. 26)

Para SILVA (2015),

Um possível erro de locação pode trazer danos e gastos que poderiam ter sido evitados, gerando assim incômodos aos envolvidos na obra. Quando o erro é percebido a tempo, em alguns casos o mesmo pode ser revertido, no entanto, isso acaba gerando perda de tempo e dinheiro.

A planta de locação de obra tem por objetivo definir as escavações e a posição das fundações, devendo ser realizada com rigor. “A planta de locação faz parte do conjunto de informações que compõe o projeto arquitetônico, além do estrutural, do hidráulico, do elétrico”. (PÁDUA, 2012)

Os métodos de locação dependem do porte da obra e das condições topográficas do terreno. Para obras pequenas, a demarcação poderá ser realizada por fio de nylon, régua, prumo, nível de mangueira e trena. Já em obra que necessitam em maior sensibilidade em suas marcações, como é o caso de obras de complexos industriais ou a locação de estruturas pré-moldadas, existe a necessidade da utilização de equipamentos de maior precisão.

## **5.1 Diretrizes para locação de obras**

Seguindo como base o referencial teórico já comentado, foram enumeradas algumas diretrizes para boa prática de locação de obras. As normas técnicas e normas do IBGE foram usadas como referências para elaboração dos tópicos seguintes.

### **5.1.1 Georreferenciamento**

Todos os serviços de topografia que se destinem a projetos, cadastros ou implantação e gerenciamento, devem estar georreferenciados, ou seja, devem estar amarrados por pontos planialtimétricos, materializados no terreno, pertencentes a uma Rede cadastral que está referenciada com uma única origem no Sistema Brasileiro Geodésico.

### **5.1.2 Documentação de projeto**

A documentação é de grande importância para qualquer projeto de locação, quanto maior a quantidade de detalhes nas plantas e relatórios, menores serão as possibilidades de erros e maior será a qualidade mantida. Para uma boa locação, é

necessário que tenham sido executados etapas preliminares como levantamento planialtimétrico e ter um bom projeto executivo (terraplanagem, fundação, pilares e eixos, e outros detalhes que se fizerem necessários). Dentro da documentação recebida, deve-se conter todas as etapas da locação realizada, com a última revisão dos projetos executivos.

A NBR 14645-3 (2005), explica que “deve ser conferido se a base topográfica utilizada no desenvolvimento dos projetos, isto é, se as determinações compreendendo os limites, a área e a referência do projeto, são as mesmas do levantamento planialtimétrico e cadastral fornecido”.

### 5.1.3 Marcos topográficos de apoio

Para garantir a orientação e a qualidade dos projetos de locação, é necessário implantar marcos topográficos de apoio na obra. Os marcos devem estar referenciados ao SBG.

O IBGE disponibiliza a Norma de Padronização de Marcos Geodésicos que explica sobre a padronização de marcos geodésicos, que tem por finalidade apontar instruções para a construção, reparo e manutenção de marcos e pilares das estações geodésicas.

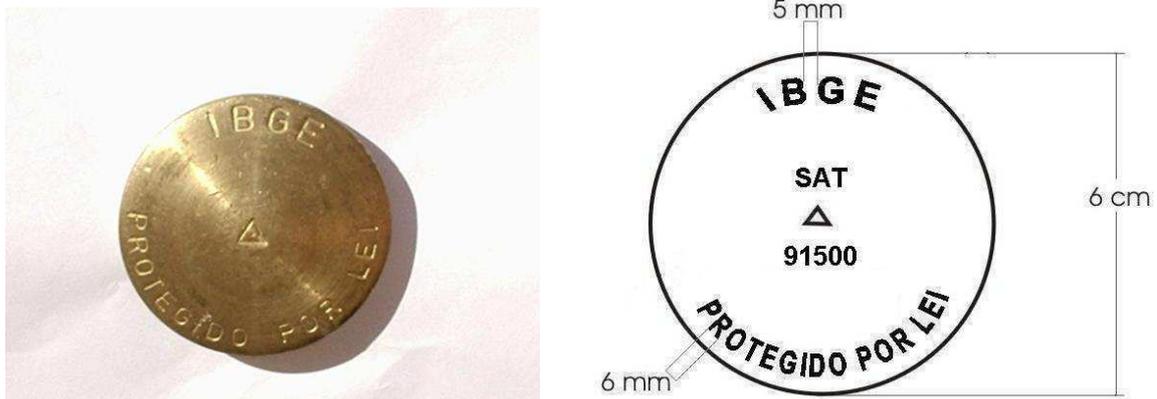
A norma especifica que deve-se selecionar um local para implantação do marco que siga os seguintes critérios:

- O horizonte deve estar desobstruído acima de 15°; em relação ao ponto de referência que materializa a estação;
- Evitar locais próximos a estações de transmissão de micro-ondas, radares, antenas de rádio, repetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem, por representarem fontes de interferência para os sinais GPS;
- A área situada a 100 m da estação deve estar livre de estruturas artificiais, particularmente paredes metálicas, de alvenaria ou superfícies naturais, como paredões rochosos;
- O local de implantação deve ser estável, sem qualquer influência de vibrações ou trepidações;
- Evitar localidades próximas a espelhos d'água, como rios, lagos, etc.; e

- Evitar localidades próximas a árvores e vegetação densa.

As estações devem ser identificadas por chapas metálicas, que devem ser engastadas no topo do marco ou pilar, definindo o ponto de referência da estação. Quando as chapas são encontradas no corpo do marco ou pilar, tem função exclusiva de identificar a estação.

Figura 23: Modelo de chapa metálica para identificação de marcos topográficos e geodésicos.



Fonte: IBGE, 2008

Para qualidade de qualquer trabalho topográfico, é necessária uma leitura minuciosa dessa norma. A decisão da quantidade de marcos a serem implantados depende muito da obra, na maior parte das vezes, é limitado pelo comprimento das visadas e pela possibilidade de propagação de erros, no caso da topografia convencional. Para o GPS, a maior preocupação é a qualidade do sinal GPS que fica prejudicada próximas de vegetações ou construções. Os marcos devem aparecer em todas as plantas que vierem a ser elaboradas, para fazer uma conexão entre o projetado e o edificado, o que é necessário para uma qualidade posicional.

#### 5.1.4 Escolha dos equipamentos

A escolha do equipamento é de grande importância para o serviço que se deseja executar, da precisão requerida, entre outros fatores. Com o processo de modernização da construção, as empresas têm buscado equipamentos para aumento da produtividade e diminuição do tempo de serviço, cabendo aos executores de obras a tomada de decisão que melhor se encaixe ao seu caso.

Nos serviços de locação, é sugerido que seja utilizado pelo menos o processo de locação por estações totais. Uma outra possibilidade, é a utilização de

equipamentos GPS na tecnologia RTK, se mostra uma possibilidade bastante promissora.

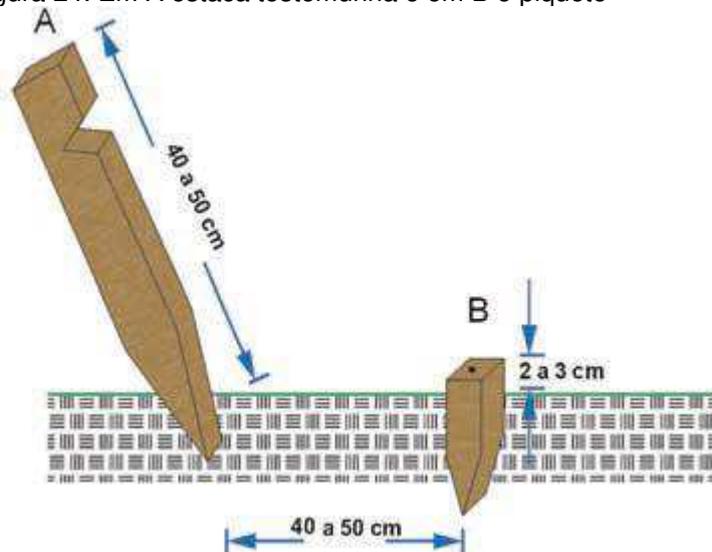
### 5.1.5 Materialização dos pontos de projeto no campo

Todo trabalho de locação, necessita da materialização das marcações, os chamados piquetes. Sua função é representar e materializar os pontos topográficos. Para locação com estação total, é necessário que os pontos estejam visíveis e que possa ser interpretada com facilidade. Já com GPS, não há necessidade de visualização entre os pontos a ser locados, sua única preocupação é se existe abertura para recepção do sinal dos satélites

É comum a materialização com piquetes de 2,5cm X 2,5cm, com um prego em seu centro. Diferente dos marcos, os piquetes possuem materialização temporária no canteiro de obras, pois com a circulação de máquinas e pessoas com bastante frequência, pode danificar sua posição ou até arranca-los, devendo ser realizado uma nova locação.

Juntamente com o piquete, é materializado as estacas testemunhas. As estacas testemunhas tem a função de sinalização e facilidade de identificação dos piquetes. Elas são estacas maiores e possuem alturas em torno de 40 a 50 cm, apresentam como característica um corte em uma parte de cima. Devem ser cravadas de forma inclinadas, afastadas de 40 a 50 cm dos piquetes.

Figura 24: Em A estaca testemunha e em B o piquete



Fonte: COELHO JÚNIOR, et al., 2014

Segundo COELHO JÚNIOR, et al. (2014),

Tinta, prego, parafuso servem para materializar os pontos topográficos em locais onde haja resistência do material a ser penetrado, onde os piquetes não teriam condições de ser colocados. Como por exemplos desses materiais têm-se o concreto em geral, estradas, ruas, pisos de casa, calçadas, prédios, entre outros.

Para controle dimensional, é importante fixar materializadores de pontos em locais definitivos, onde não existam interferências de ações do homem, animais ou natureza. Esses locais devem ser preservados para uma possível volta ao local de trabalho visando-se correções.

#### 5.1.6 Qualificação da mão de obra

A qualidade da mão de obra é um fator importante dependendo do processo de locação de obras. Para realização de locação com estação total, requer um operador e seu auxiliar, com experiência no processo. O método solicita paciência e dedicação dos operadores, até encontrar a locação correta de determinado elemento. Para SILVA (2015, p. 38), “essa tecnologia é mais cara em comparação ao método convencional de locação de obras, porque requer equipamentos caros e mão de obra especializada”.

O processo de locação por GPS necessita de menor quantidade de pessoas envolvidas no processo e menor qualificação do operador, se comparado com a locação por estação total, pois o operador necessita de um entendimento bem menor na parte prática na locação por GPS.

#### 5.1.7 Controle de qualidade

O controle de qualidade em serviços de locação é de fundamental importância, pois estabelece padrões de execução e verificação dos serviços executados, afim de evitar defeitos na construção. A possibilidade do erro pode trazer consequências desastrosas para a obra como o custo do retrabalho, reforço ou em pior instância, a demolição da estrutura, o que pode gerar prejuízos ao construtor.

O uso de fichas de verificação de serviços, *check list*, bem como as anotações de todas as alterações realizadas na obra, possibilita uma maior qualidade

posicional e confiabilidade do serviço que está sendo realizado, estabelecendo padrões em seus procedimentos.

As normas têm papel fundamental de padronizar os métodos de levantamento e locação, para definição de sistemas de referência, aprimorando a execução do trabalho de campo e gerenciamento do processo.

## **5.2 Procedimentos de locação de obras**

Com o auxílio das diretrizes citadas anteriormente, a linha de trabalho para serviços de locação varia de obra para obra, podendo ser de maior ou menor complexidade. O tipo de locação também pode variar quanto ao volume de trabalho, o que pode viabilizar a contratação de uma equipe especializada em topografia.

Em relação a precisão e exatidão, as medidas de pequenas distâncias pequenas, inferiores a 30 metros, podem ser feitas com o auxílio de uma trena, onde o acúmulo de seu erro não é tão significativo. Para distâncias superiores, é importante que se use equipamentos especializados, que possibilite resultados adequados em relação precisão e exatidão especificadas em norma.

A locação pode ser realizada a partir de Coordenadas retangulares (cartesianas) ou polares (direção e distância). O primeiro sistema de coordenadas citado é melhor utilizado para locação de alinhamentos. Já o segundo, para locação de pontos.

### **5.2.1 Serviços preliminares à locação**

Para iniciar a locação da obra, é necessário que os serviços que antecedem o mesmo, já tenham sido realizados. Esses serviços são descritos a seguir:

- Limpeza do terreno, removendo os restos de vegetação e entulho serviços iniciais de terraplenagem ou escavação, isto possibilita evitar bota fora e danificar o sistema montado, além de diminuir o fluxo de máquinas e caminhões no canteiro.

- Saber a logística de armazenamento de material dentro do canteiro de obras, é fundamental para o tipo de locação e a maneira de como será realizada a locação.
- Implantação das referências de níveis, pois através desse sistema que serão demarcados os pontos importantes para a obra.
- Levantamentos topográficos, onde será realizado o levantamento do terreno e limitantes da propriedade, e posteriormente a realização da planta topográfica da área levantada.
- Análise previamente dos projetos a serem implantados e compatibilização das interferências
- Definição dos equipamentos e ferramentas que serão utilizados na locação, de acordo com as precisões de cada tipo de obra.

### 5.2.2 O uso do gabarito

Também é chamado de tábuas corridas, é o processo mais utilizado para se fazer a locação de edificações. Consiste na marcação dos eixos do projeto em tábuas de madeiras. Sua retirada do canteiro só é permitida após a transferência dos eixos principais para a estrutura do prédio.

Geralmente é empregado em obras residenciais de pequeno a médio porte. Utiliza-lo em obras de grande, é na maior parte das vezes inadequado, devido a sensibilidade das posições dos elementos estruturais, o que pode acarretar em futuros problemas estruturais, por isso é interessante a utilização de procedimentos mais avançados de locação. A versatilidade e execução do gabarito, possibilita ser realizado por pedreiros, carpinteiros ou mestres de obras, mas deve ser acompanhado pelo engenheiro responsável da obra.

Nesse tipo de locação, é necessário de uma referência de nível (RN) existente, podendo ser um ponto definido no terreno, canto de edificação, referência próxima. A referência possibilitará a definição dos níveis, posições e orientações pertinentes ao projeto.

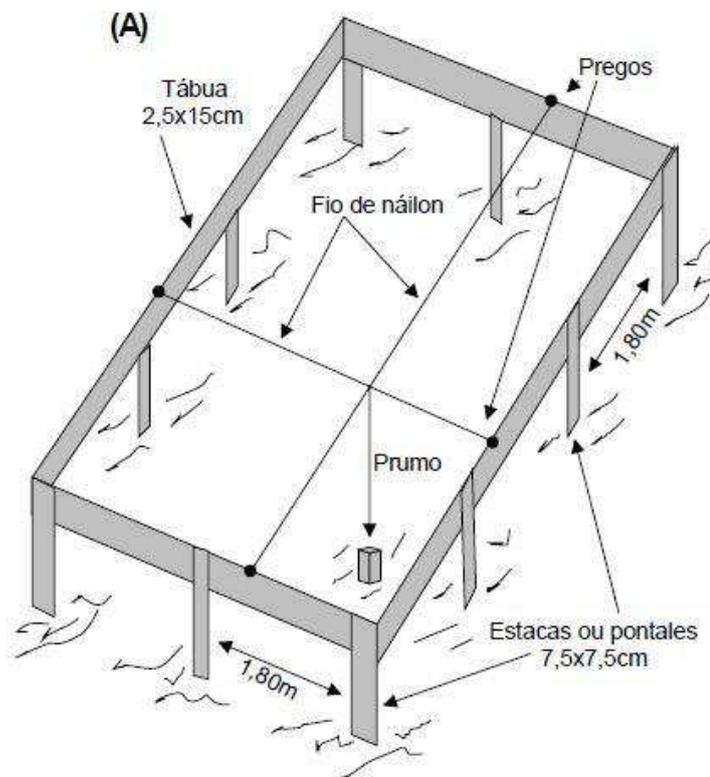
Os equipamentos topográficos podem ser utilizados para fazer a transferência dessas informações de posição para o gabarito através de procedimentos simples que garantem boa precisão na locação. Porém, pode-se proceder de outras maneiras se uma equipe de topografia não estiver à

disposição. Podem ser utilizadas as ferramentas tradicionais que se empregam nas obras como: nível de mangueira ou nível alemão, nível *laser*, para transferência e marcação dos níveis; trena, esquadro, prumo e similares para marcação de distâncias, conferência de esquadro e marcação de pontos. (HILLESHEIM, 2015, p. 70)

O gabarito geralmente é realizado em madeira, com pontaletes cravados no solo na posição vertical, espaçados de 1,20 a 1,50 metros da parede da futura edificação, espaço que posteriormente poderão ser utilizados por andaimes.

Nos pontaletes são pregadas tábuas na direção horizontal, em nível de aproximadamente 1,0 m do piso e garantindo também o perfeito esquadro entre as tábuas perpendiculares. Os pregos são fincados nas tábuas para representar a posição dos eixos de elementos estruturais e faces de alvenarias. Deve-se usar pincel ou caneta para identificação dos pilares nas tabeiras. Geralmente são utilizados dois tamanhos de pregos nos gabaritos, sendo um maior para marcação dos eixos e um menor para marcação das faces das paredes ou vigas.

Figura 25: Exemplo de gabarito

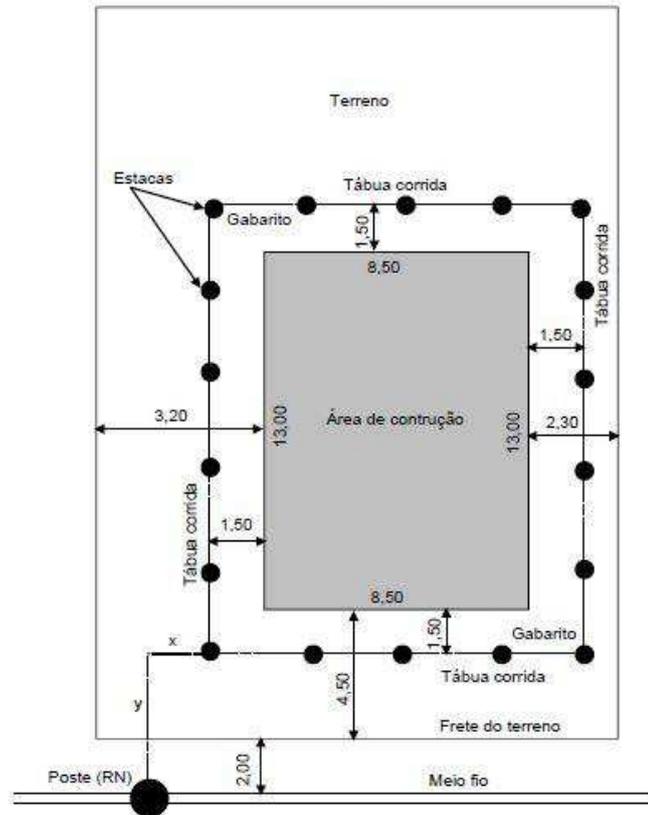


Fonte: CORRÊA, 2012

Como já foi comentado, o gabarito deve contornar a edificação de 1,20 a 1,50 metros, que possibilita posteriormente o uso de andaimes, bem como circulações

de pessoas, equipamentos e facilidade de escavações no terreno. A figura 15 mostra um exemplo de gabarito, juntamente com seus recuos em relação a edificação.

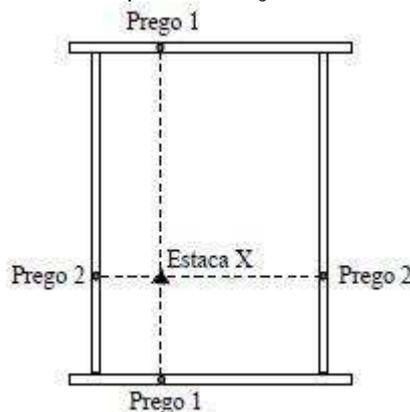
Figura 26: Planta com a localização da armação de madeira para a locação da obra



Fonte: CORRÊA, 2012

Para determinação do posicionamento de estacas, pilares ou sapatas, é necessário determinar a interseção das duas linhas de eixos no gabarito, e posteriormente com o intermédio do prumo de centro, deve-se materializar o ponto no solo através de um piquete, que deverá ser pintado com cores berrantes, para que posteriormente seja identificado com facilidade.

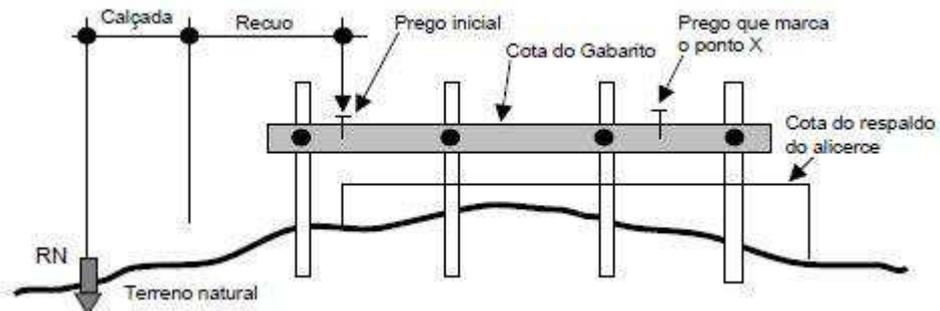
Figura 27: Exemplo de locação de uma estaca.



Fonte: CORRÊA, 2012

Todo gabarito deve estar nivelado, a forma mais tradicional de realizá-lo é com uma mangueira de nível, mas também pode ser feito por níveis a laser. Deve-se transferir a cota RN para o gabarito, para que seja possível transferir a cota de arrasamento das estacas, como mostra na figura 17.

Figura 28: Ilustração da transferência da cota RN para a cota do gabarito



Fonte: CORRÊA, 2012

As medidas que serão lançadas no gabarito, são retiradas da planta de locação. Esta possibilita a correta posição dos eixos da estrutura, fazendo com que seja transferida adequadamente a carga da estrutura para a fundação.

Seja qual for o método de locação empregado, é de extrema importância que ao final de cada etapa de locação, seja devidamente conferido os eixos demarcados, procurando-se evitar erros nesta fase. A conferência pode ser feita através de equipamentos de topografia ou mesmo de maneira simples, através da verificação do esquadro das linhas que originam cada ponta da locação. Para isso pode-se utilizar o princípio do triângulo retângulo (3,4,5). (CORRÊA, 2012, p. 120)

A marcação do centro da estaca também pode ser obtido através da estação total ou GPS na tecnologia RTK, consistindo apenas na marcação de pontos na obra.

### 5.2.3 O uso da estação total

A estação total é um dos equipamentos muito utilizados na locação de obras, pois possui grande confiabilidade no processo. Apesar de ser uma tecnologia bem mais cara do que o método comentado anteriormente, a estação total se mostra uma alternativa eficiente para processos de locação de fundação.

Em situações de locação de fundações profundas, geralmente onde o terreno é desnivelado, o uso de gabaritos se mostra ineficiente. A estação total se torna fundamental para determinação das estacas com precisão.

SILVA (2015, p. 39), explica que a estação total é recomendável para os seguintes casos de locação:

- Terrenos desnivelados;
- Utilização de fundações profundas;
- Edificação com subsolo;
- Obras de grande porte, com muitas estacas.

O uso da estação total também é recomendável, logo após a concretagem de fundações e início da concretagem da primeira laje, onde as marcações dos eixos das fundações devem ser transferidas para o gabarito, para auxiliar nas futuras marcações. A mistura do uso do gabarito com a transferência pela estação, possibilitou um incremento no processo de locação.

A estação total também pode ser utilizada para locações de estruturas metálicas, onde necessita de precisões milimétricas, para isso, é importante a presença da equipe de topografia em tempo integral no canteiro de obras para garantia da conformidade do prumo, alinhamento e nivelamento da estrutura.

Em obras de infraestrutura, a utilização estação total é fundamental devido a precisão e confiabilidade de medições de grandes distâncias, onde o uso de trenas e linhas de nylon não são aconselháveis, garantindo assim a qualidade do que está sendo executado e a aceleração do processo de execução.

#### 5.2.4 Locação a partir do GPS

A utilização do GPS na construção civil, tem sido feita em obras abertas, como rodovias, ferrovias, obras de infraestrutura. Como já foi citado, sua única necessidade está nos sinais enviados pelos satélites, que necessitam de áreas abertas, livres de vegetação/construção, não esquecendo que a captação do sinal independe da condição climática.

Os elementos locados pelo GPS tem a necessidade de estarem detalhados em planta de forma georreferenciada, ou seja, com suas coordenadas, de preferência UTM. Hoje, a transferência dos arquivos é realizada de um computador para o

equipamento de forma fácil, a partir de softwares de desenhos e devido evolução dos equipamentos.

O equipamento no sistema GPS possui uma coletora, que é computador portátil e que funciona juntamente com o receptor de sinal. A coletora tem função de mostrando os pontos que estão sendo locados, suas coordenadas, informações sobre qualidade de sinal e precisões instantâneas.

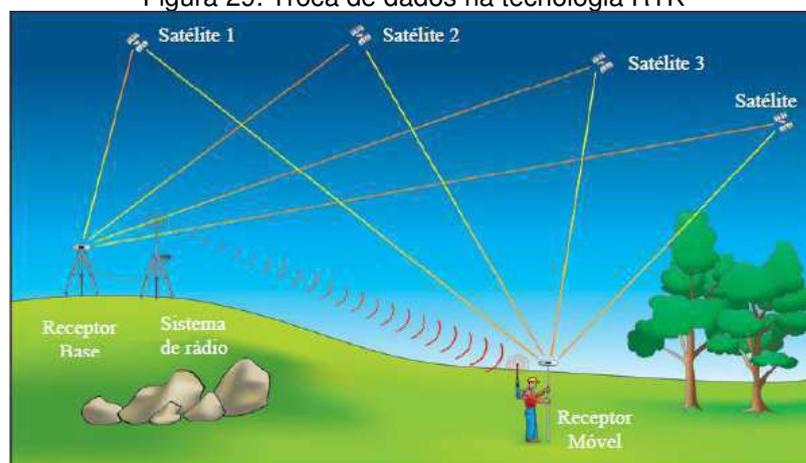
O GPS na tecnologia RTK é composto ainda, pelo conjunto Base e Rover, onde a Base deve ser instalada em um local a céu aberto, livre de vegetação e/ou construções em uma coordenada conhecida, enquanto que o receptor Rover, é utilizado para coleta das informações. A base permite que o Rover tenha uma correção instantânea, o que favorece na precisão dos pontos locados, “seu maior emprego está devido à alta produtividade e a acurácia centimétrica proporcionada” (ALVES, et al., 2013).

A garantia do serviço executado está nos receptores trabalharem de forma simultânea, minimizando o erro gerado e garantindo um funcionamento adequado em um rádio de até 10km, em condições de ionosfera “calma” (erros atmosféricos e da orbita dos satélites são praticamente eliminados).

O IBGE (2008) afirma que:

Com precisão na ordem de 1 a 10 ppm, o posicionamento relativo cinemático consiste em se determinar um conjunto de coordenadas para cada época de observação, onde um receptor ocupa a estação de referência enquanto o outro permanece estacionado ou se deslocando sobre as feições de interesse. Portanto, no posicionamento cinemático, embora a antena esteja em movimento, a trajetória é descrita por uma série de pontos. Isso tem como consequência a necessidade do usuário dispor de no mínimo cinco satélites para realizar o posicionamento.

Figura 29: Troca de dados na tecnologia RTK



Fonte: SILVA, 2015

## **6 ESTUDO DE CASO – LOCAÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIA GPS NO MODO RTK EM UMA ÁREA EXPERIMENTAL NO CAMPUS PAULO VI**

As exigências do mercado da construção civil em inovações tecnológicas, permitiu analisar mecanismos mais eficazes em locação de obras, do que os já utilizados na topografia tradicional. A motivação para esse estudo de caso deu-se em avaliar a tecnologia GPS no modo RTK e analisar sua confiabilidade na locação de obras.

No estudo de caso será apresentado o uso da tecnologia RTK para locações de dos eixos de 4 elementos estruturais de uma área experimental no Campus Paulo VI, da Universidade Estadual do Maranhão. Também será realizada uma comparação entre os métodos de locação da tecnologia RTK e estação total para confiabilidade do método

Os pontos de referências foram determinados através do posicionamento estático GNSS, depois pós-processados pelo serviço de Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE para determinação da coordenada referenciada ao sistema geodésico brasileiro SIRGAS2000. Os eixos dos pilares foram determinados pelo método de posicionamento cinemático RTK e pela estação total pelo método polar (ângulo e distâncias).

A seguir serão abordados a metodologia, descrições das medições realizadas, bem como os resultados e análises dos experimentos executados.

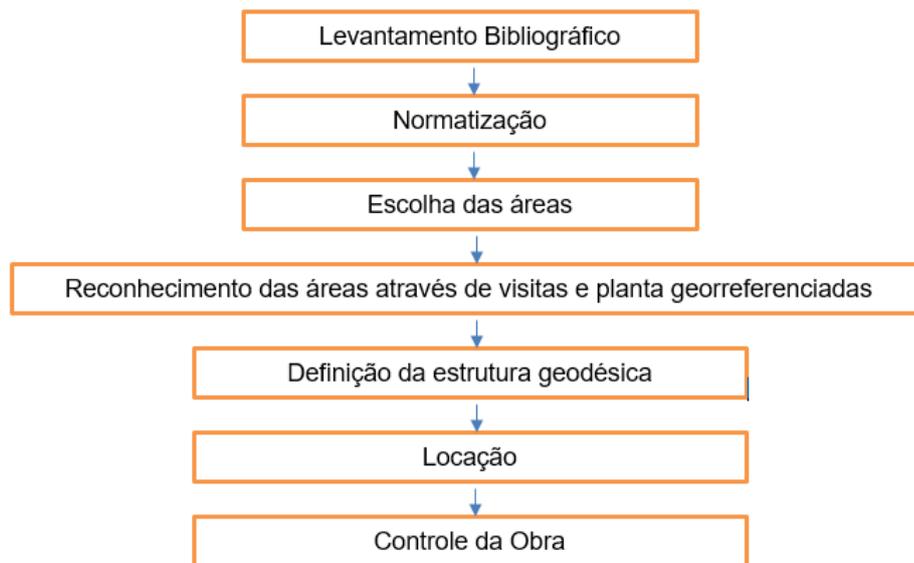
### **6.1 Metodologia**

O experimento foi realizado em uma área experimental dentro do Campus Paulo VI, próximo ao estacionamento do prédio de Engenharia e NUTENGE.

O fluxograma apresentado pela figura 30, mostra as etapas realizadas nessa Monografia. A primeira parte contempla o levantamento bibliográfico. Na segunda etapa identificaram-se as normas relacionadas a padronização e controle dos serviços de locação, levantamentos topográficos/geodésicos, rede de referência cadastral. Na terceira etapa foi definida a área experimental. Na quarta etapa, procedeu-se com o reconhecimento das áreas através de planta georreferenciada fornecida pela Prefeitura do Campus e visitas para reconhecimento do campo. Em

seguida, na quinta etapa, contempla a implantação dos marcos de referências e estruturas geodésicas, nesta etapa consiste na definição dos pontos de referências para utilizar na locação na área experimental. Na sexta etapa foram definidas as coordenadas dos pontos. Finalizando na sétima etapa com o controle de locação.

Figura 30: Fluxograma da metodologia aplicada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

## 6.2 Materiais e equipamentos

- Planta georreferenciada fornecida pela Prefeitura do Campus Paulo VI. Projeção UTM – Fuso 23. Sistema de Referência: SIRGAS2000.
- 1 coletora Trimble JUNO T41, 1 par de receptores GNSS TRIMBLE R4: dupla frequência (L1 e L2), Rádio com alcance de até 3 a 5 km normalmente e máximo de 10 km em RTK, Precisão horizontal de 3 mm + 0,1 ppm e vertical de 3,5 mm + 0,4 ppm para levantamentos estáticos e rápido-estáticos e horizontal de 3 mm + 0,5 ppm e vertical 5 mm + 0,5 ppm. Para levantamentos cinemáticos RTK possui precisão horizontal de 8 mm + 0,5 ppm e vertical de 15 mm + 0,5 ppm.
- Estação Total (GT2), precisão angular (2") e linear (2mm + 2ppm X D). De acordo com a NBR 13.133 (1994) a precisão angular e linear deste instrumento é classificada como de alta precisão;

- Apoio logístico para o levantamento de campo, tais como: prismas, guarda-sol, base nivelante, trena, tripés, dentre outros;
- Softwares: AutoCAD 2018, Excel 2016, Google Earth Pro.
- Serviço de Processamento de Ponto Preciso (PPP) do site do IBGE
- Aparelho celular com aplicativo Android Trimble DL.

### 6.3 Descrição da área de estudo

A área de estudo está localizada no Campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão. Foram locados 4 eixos de pilares para implantação de um prédio experimental. A partir deste estudo de caso, possibilitará um banco de dados que poderá ser utilizado posteriormente pela prefeitura do campus e criar material bibliográfico para futuros trabalhos dentro da universidade.

Figura 31: Área de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

#### 6.3.1 Visita à área de estudo

Como foi exposto no tópico serviços preliminares, devem-se ser realizados os procedimentos que antecede a locação. Como este estudo de caso tem a função

somente de analisar o método e obter material bibliográfico para confiabilidade da utilização da tecnologia GPS para locação de obras civis, não foi realizada a limpeza da obra, nem os serviços de terraplanagem preliminares. As locações dos eixos de pilares serão realizadas com piquetes e referenciadas com estacas testemunhas pintadas com cores marcantes.

Figura 32: Área onde será implantada a área experimental



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

### **6.3 Planejamento e Implantação da Rede de Marcos Topográficos de Apoio**

Todos os marcos de referência foram implantados, seguindo as instruções da norma de padronização de marcos geodésicos. Foram utilizados marcos prismáticos em concreto, a distribuição dos mesmo foi feito de acordo com o que se julgou pertinente para realização dos trabalhos de locação. Foram construídos 3 marcos de referências.

O marco UEMA SLZ 01 encontra-se na Vila dos Contêineres, a escolha de sua localização deu-se devido ser uma área protegida, ter segurança no local, o que garantirá a durabilidade do mesmo. Esse local possui condições ideais para implantação de um marco geodésico e poderá ser utilizado para futuros serviços dentro do Campus.

Figura 33: Marco UEMA SLZ 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

O marco UEMA SLZ 02 encontra-se em frente ao estacionamento do Prédio de Engenharia. Foi implantado para utilização do método de posicionamento cinemático pela tecnologia RTK, onde será estacionado o receptor da Base. Também funcionará como ponto de referência para a estação total no método de locação pelas coordenadas polares.

Figura 34: Marco UEMA SLZ 02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

O marco AUX 1 encontra-se em frente ao estacionamento do prédio de Engenharia e do NUTENGE. Foi implantado para utilização na locação com a estação total, pelo método polar, juntamente com o marco UEMA SLZ 02.

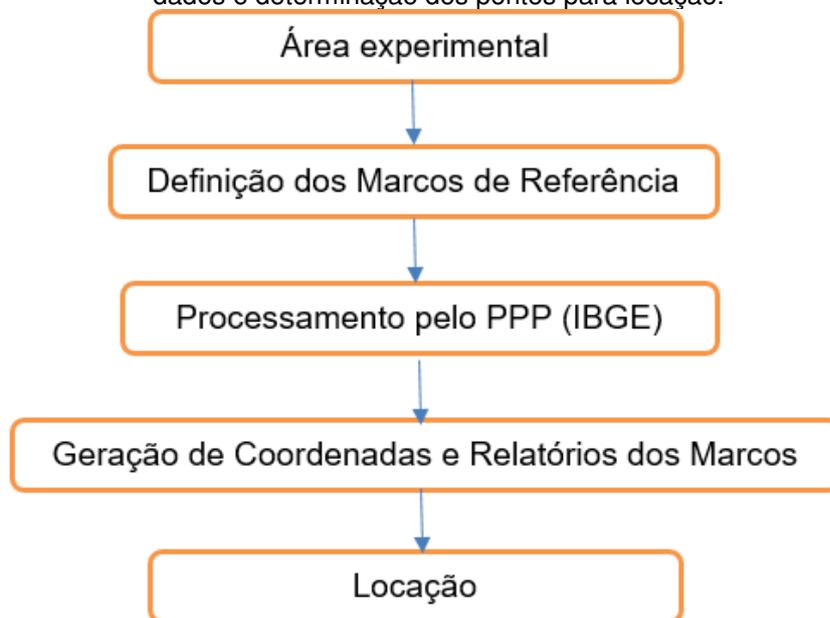
Figura 35: Marco AUX 1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

O fluxograma demonstra as etapas executadas. Foi definido as localizações dos marcos de referência na área experimental através dos métodos de posicionamento relativo estático (GNSS), servindo para georreferenciar a área experimental. Os dados adquiridos foram processados pelo Posicionamento por Ponto Preciso no site do IBGE e gerado os relatórios com a coordenada dos marcos de Referência. A partir dos marcos gerados, possibilitou ter material suficiente para preparar os dados para locação.

Figura 36: Fluxograma da Implantação, definição dos Marcos de referências, Processamento dos dados e determinação dos pontos para locação.



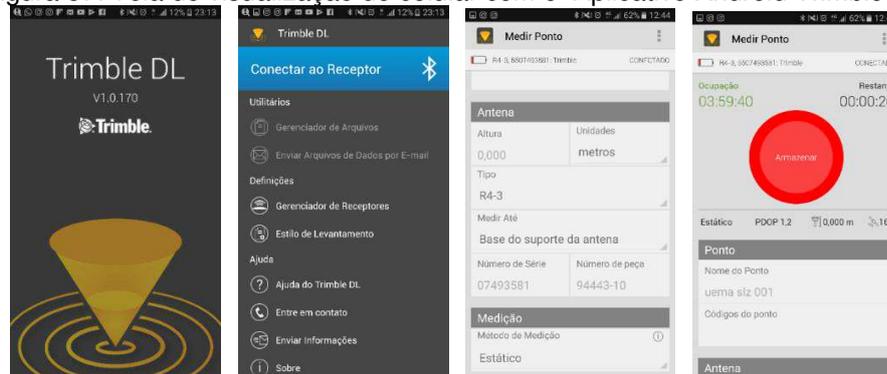
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

### 6.3.1 Medição, Processamento e Análise dos Resultados dos pontos de Referência com GPS

Nesta etapa foi realizado o Georreferenciamento dos Marcos de Referências, que serão utilizados pelo Receptor GPS no modo RTK e pela da estação total pelo método polar para locação de obras.

Para o georreferenciamento dos marcos, foi utilizado um Receptor GPS e um aparelho celular com o Aplicativo Trimble DL. Poderia ter sido utilizado a coletora Trimble, mas optou-se pelo aparelho celular pela maior praticidade de seu uso. A geração das coordenadas foi possível através pelo método de posicionamento relativo estático GNSS.

Figura 37: Tela de visualização do celular com o Aplicativo Android Trimble DL



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

O marco de referência UEMA SLZ 01 foi processado por 1 sessão de 4 horas de duração. Já o marco UEMA SLZ 02, foi rastreado pelo mesmo método, com 2 sessões de 4 horas de rastreo. O marco AUX 1 foi gerado com 1 sessão de 1 hora de duração.

O pós-processamento dos dados do Sistema Globais de Navegação por Satélites GNSS foi realizado pelo serviço de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) do IBGE para determinação da coordenada referenciada ao sistema geodésico brasileiro SIRGAS2000.

Figura 38: Pagina do Site do IBGE para o Pós Processamento das coordenadas pelo método PPP

Fonte: Posicionamento por Ponto Preciso (IBGE)

Os relatórios dos pontos processados pelo PPP e Monografia dos Marcos, serão apresentados nos itens ANEXOS e APÊNDICES respectivamente. A partir deles gerou-se as coordenadas dos marcos de Referências e montou-se a Tabela 6.

Tabela 6: Coordenadas Pós Processadas dos Marcos de Referência

<b>Marcos De Referência</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>
UEMA SLZ 01	588151,119	9715248,952
UEMA SLZ 02	587865,764	9714498,789
AUX1	587823,301	9714528,505

Fonte: Relatório de Posicionamento por Ponto Preciso (IBGE)

A Figura 39 ilustra o posicionamento dos Marcos de referência dentro do Campus Paulo VI. O marco UEMA SLZ 01 foi implantado na Vila dos Contêineres por possuir condições ideais para o uso como base geodésica, entretanto para este estudo de caso, utilizou-se somente os marcos UEMA SLZ 02 e AUX 1.

Figura 39: Posicionamento dos Marcos de Apoio implantados no Campus Paulo VI

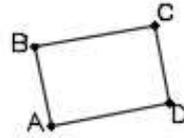


Fonte: Google Earth Pro

## 6.5 Locação dos eixos dos pilares

A locação é um processo muito importante em obras civis, nesse estudo será abordado o posicionamento dos centros dos pilares pela estação total e pela tecnologia GPS. Os vértices da poligonal de estudo representam os centros dos pilares e foram denominados como A, B, C e D, para simular como é realizado a locação na prática.

Figura 40: Estruturas Geodésicas e pontos (A, B, C e D)

AUX 1  
↓•  
UEMA SLZ 02

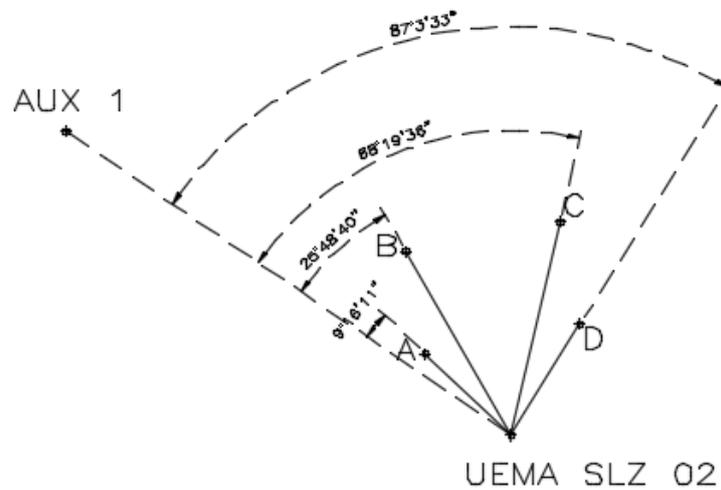
Fonte: AutoCAD 2018

O controle da locação foi realizado, verificando as medidas da área de estudo depois de locadas, bem como suas diagonais. Para controle posicional de obras com maior quantidade de pontos, a escolha da verificação das medidas é realizada de forma aleatória. Para aferição das medidas, foi-se utilizada uma trena sem calibração, apenas para mostrar o procedimento de controle posicional. O ideal seria utilizar trena de aço calibrada para checagem das medidas.

#### 6.5.1 Locação com Estação Total

Para realização da locação dos eixos dos pilares A, B, C e D, foram utilizados o método das coordenadas polares (ângulo e distâncias) para locação. A estação foi posicionada no Marco UEMA SLZ 02 (coordenada conhecida), para georreferenciar a estação. O marco AUX 1 foi utilizado como referência para orientação dos pontos (ângulos) e para origem das distâncias de cada vértice foi o Marco UEMA SLZ 02, a qual a estação já estava posicionada em sua coordenada, como mostra a Figura 41.

Figura 41: Sistema de Referência para o Método das Coordenadas Polares



Fonte: AutoCAD 2018

A figura 42 mostra os equipamentos utilizados na locação com estação total.

Figura 42: Equipamentos para locação de Obras com Estação Total



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

A partir do modelo idealizado, montou-se a Tabela 7 que será utilizada na Estação Total com a função Ponto Ângulo.

Tabela 7: Tabela de Referência para locação dos pontos A, B, C e D

ESTAÇÃO	PV	Ângulo	Distância (m)
UEMA SLZ 02	A	09°16'11"	11,3270
	B	25°48'40"	20,3239
	C	68°19'36"	21,0104
	D	87°03'33"	12,5170

Fonte: Excel 2014

A figura 43 mostra o método de coordenadas polares na prática. A estação dá a ângulo como orientação e a trena a distância como referência para a locação. Para a locação de pontos afastados da estação, o uso da trena não é conveniente para orientação da posição do ponto, o uso do prisma e a função medir ponto embutida na estação total, se torna necessário.

Figura 43: Locação com Estação Total pelo Método Polar



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Para emprego deste método de locação, é ideal que a equipe seja composta de no mínimo 3 pessoas para gerar maior facilidade no serviço e operação dos equipamentos e acessórios mostrados na Figura 42. O serviço de locação teve duração de 1h 20min em campo.

Após a locação de todos os pontos (A, B, C e D) foram verificadas as distâncias entre cada ponto locado para controle posicional. Obtendo-se os seguintes resultados  $D_{AB} = 10,002$  m;  $D_{BC} = 15,001$ ;  $D_{CD} = 10,002$ ;  $D_{DA} = 15,002$ ;  $D_{AC} = 18,032$  e  $D_{BD} = 18,031$ . Foi utilizada uma trena não calibrada, apenas para ilustração procedimento de verificação.

### 6.5.2 Locação com a tecnologia GPS pelo modo RTK

O experimento de locação com receptores GPS necessitou apenas de 2 pessoa e teve duração de 40 minutos em campo para sua realização. Utilizou-se o método de posicionamento cinemático RTK para locação dos pontos A, B, C e D. O controle posicional foi realizado medindo-se seus lados e diagonais do retângulo

gerado e verificação da confiabilidade do método. Também foi utilizada a estação total com o método da irradiação simples para gerar as coordenadas dos pontos locados em campo e confrontados com as coordenadas geradas no AutoCAD.

As coordenadas UTM's dos pontos A, B, C e D foram retiradas na planta georreferenciada fornecida pela Prefeitura do Campus, a partir do Software AutoCAD 2018 e inseridas na Coletora Trimble JUNO T41.

Tabela 8: Coordenadas UTM dos pontos A, B, C e D

Pontos	X (m)	Y (m)
A	587857,5879	9714506,6281
B	587855,7054	9714516,4493
C	587870,4372	9714519,2731
D	587872,3192	9714509,4519

Fonte: AutoCAD 2018

Depois de inseridas as coordenadas georreferenciadas na coletora, utilizou-se o método de posicionamento RTK para locação dos pontos alimentados. Deve-se posicionar o receptor que funcionará como base no Marco UEMA SLZ 02.

Figura 44: Receptor Base GNSS



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

O outro Receptor funcionará como Rover para localizar os pontos da locação, juntamente com a coletora, que tem a função de orientar onde serão locados os pontos como ilustra a Figura 45.

Figura 45: Locação utilizando o Receptor Rover e a Coletora



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

A figura 46 mostra a tela de visualização da Coletora Trimble no momento em que o ponto está sendo locado o Ponto A.

Figura 46: Tela de visualização da coletora na locação do Ponto A.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

Após a locação dos pontos A, B, C e D, verificou-se as distâncias de cada ponto locado. Obtendo-se as seguintes distâncias  $D_{AB} = 10,011$  m;  $D_{BC} = 15,006$  m;

$D_{CD}=10,001$  m;  $D_{DA}=15,003$  m;  $D_{AC}= 18,033$  m;  $D_{BD}= 10,033$  m. Para aferição das medidas, foi-se utilizada uma trena sem calibração, apenas para mostrar o procedimento de controle posicional. O ideal seria utilizar trena de aço calibrada para checagem das medidas.

Figura 47: Verificação das medidas dos lados e diagonais do retângulo de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2017

A Tabela 9 apresenta as coordenadas determinadas por estação pelo método da irradiação simples a partir dos marcos UEMA SLZ 02 E AUX 1 para verificação das coordenadas geradas pelo GPS e comparar com as coordenadas de entradas na coletora, definidas no AutoCAD 2018.

Tabela 9: Coordenadas dos pontos A, B, C e D definidas a partir do método da Irradiação Simples

Vértice	Ponto Visado	Coordenadas do GPS (irradiação simples)		Coordenadas (AutoCAD 2018)		Diferenças	
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)
UEMA SLZ 02	A	587857,562	9714506,618	587857,588	9714506,628	<b>0,026</b>	<b>0,010</b>
	B	587855,676	9714516,449	587855,705	9714516,449	<b>0,029</b>	<b>0,000</b>
	C	587870,411	9714519,276	587870,437	9714519,273	<b>0,026</b>	<b>0,003</b>
	D	587872,313	9714509,456	587872,319	9714509,452	<b>0,006</b>	<b>0,004</b>

Fonte: Excel 2014

Percebe-se na Tabela 9 que as diferenças entre as coordenadas possuem como maiores valores no eixo X de 2,9 cm para o ponto B e no eixo Y de 1,0 cm para o ponto A.

## 7 CONCLUSÕES

O objetivo principal desta monografia foi de analisar a efetividade dos receptores GPS para locações de obras com o método de posicionamento cinemático RTK.

Neste contexto, faz-se necessário a implantação de pontos de referências externa à obra com o emprego de receptores GPS para utilização do método de posicionamento estático e pós-processamento pelo serviço de Posicionamento por Ponto Preciso do IBGE, para determinação dos marcos de referências que serão usados pela estação total e receptor GPS pelo método RTK.

Para controle e padronização dos processos realizados em campo foram utilizadas as normas técnicas (ABNT) NBR 13.133/1994, NBR 14.166/1998, NBR e 14.645-3/2005, e Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS (2008) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Este trabalho abordou como tema principal a locação de obras pela tecnologia GPS. Para confrontação do método, os pontos locados por GPS foram controlados com dados de plantas georreferenciadas, verificados com estação total pelo método da irradiação simples, bem como a aferição das medidas com trena. Esses métodos tiveram objetivos de analisar o GPS na locação de obras, verificando a qualidade posicional do método em questão. Conforme a metodologia aplicada e levando em consideração as análises feitas, concluiu-se que as coordenadas dos pontos locados com GPS, quando comparados com as coordenadas definidas pelo AutoCAD, obtiveram diferenças inferiores no eixo X de 0,029 m para o ponto B e no eixo Y de 0,01 m para o ponto A, o que se mostra qualidades posicionais muito boas. Deve-se lembrar que não existe um tempo máximo para rastreamento de uma coordenada pelo método de posicionamento relativo estático. Quanto maior for a duração do rastreamento da coordenada do marco de referência e de locação, melhor será a qualidade posicional e diminuindo assim a diferença de coordenadas.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, José Clóvis Mota de. **DATUM ALTIMÉTRICO BRASILEIRO**. Separata de Cadernos de Geociências , n° 5, IBGE, Rio de Janeiro, 1990. Disponível em:<<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/artigos/1990-datum%20altimetrico%20brasileiro.pdf>>. Acesso 17 out. 2017
- ALVES, Daniele Barroca Marra; ABREU, Pedro Augusto Giralde de; SOUZA, Jéssica Saldanha. **GNSS: status, modelagem atmosférica e métodos de posicionamento**. Revista Brasileira Geomática, v.1, n°1, p. 8-13. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013. Disponível em: <<http://www.fct.unesp.br/Home/Pesquisa/GEGE/1612-5037-1-pb.pdf>>. Acessado em: 21 out. 2017.
- AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. 2. Ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.133 : Normas Técnicas para a Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14.166 : Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento**. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14.645-3 : Locação Topográfica e Controle Dimensional da Obra – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2005.
- BONATTO, Sílvia Maria Paoletto. **Sirgas 2000, quando Iniciar sua Utilização?**. 2008. Disponível em:<<http://www.esteio.com.br/downloads/2008/sirgas2000.pdf>>. Acessado em: 21 out. 2017.
- BORGES, Alberto de Campos. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. 2. Ed. revista e ampliada. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 1994.
- BRANDALIZE, Maria Cecília. **Apostila de Topografia para Engenharia Civil e Arquitetura**. PUC/PR. 2004.
- CASACA, João Martins; MATOS, João Luís de; DIAS, José Miguel Baio. **Topografia Geral**. 4. ed. atualizada e aumentada. Rio de Janeiro: LTC, 2012
- CASTRO JUNIOR, Rodolfo Moreira de. **TOPOGRAFIA**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 1998.
- COELHO JÚNIOR, José Machado; ROLIM NETO, Fernando Cartaxo; ANDRADE, Júlio da Silva Correa de Oliveira. **Topografia geral**. Recife: EDUFRPE, 2014.
- COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO (CASAN). **Manual para Execução de Serviços topográficos**. 3ª ed. Florianópolis, 2006.

CORRÊA, Iran Carlos Stal. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. 13 ed. Revisada e ampliada. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

ESPARTEL, Lélis. **Curso de Topografia**. 9ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.

GRANDO, Douglas Luiz; LAND, Valdeci; RHODEN, Anderson Clayton. **Levantamentos topográficos - Estação total X GPS RTK**. 1º Simpósio de Agronomia e Tecnologia em Alimentos - AGROTEC. Disponível em: <<http://faifaculdades.edu.br/eventos/AGROTEC/2014/1AGROTEC/arquivos/resumos/res21.pdf>>. Acessado em: 21 out. 2017.

HILLESHEIM, Rafael. **Procedimentos de locação empregados em obras de engenharia civil**. FLORIANÓPOLIS: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

HOLLER, Wilson. **Além das coordenadas UTM**, s.l. MundoGEO, 2009. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2009/01/06/alem-das-coordenadas-utm/>>. Acessado em: 21 out. 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Resolução PR nº5 - **Levantamentos Relativos Estáticos – GPS: Especificações e Normas Gerais para Levantamentos GPS**. 1993.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual do Usuário Aplicativo Online IBGE-PPP**. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS**. 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **SIRGAS2000: O Referencial Geocêntrico do Brasil**. Revista Ponto de Referência - IBGE. 2006b

KLEIN, N. S.. **Locação de obra**. Universidade Federal do Paraná - UFPR, 2013. Disponível em: <<http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/4/4f/Loca%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acessado em: 21 out. 2017.

Leicas Geosystems. **Simplificando o levantamento topográfico**. Heerbrugg: Leica Geosystems AG, 2000.

MCCORMAC, Jack. **Topografia**. 5 ed. Reimpressão, Rio de Janeiro: LTC, 2011.

NAKAMURA, Aristeu Zensaburo; GUIDARA JÚNIOR, Pedro ;. **Geotecnologias aplicadas à construção civil**. Revista ENGENHARIA. Ed. 601, p. 101-105. 2010. Disponível em: <[http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao601/Art\\_Construcao\\_Civil\\_601.pdf](http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao601/Art_Construcao_Civil_601.pdf)>. Acessado em: 21 out. 2017.

PÁDUA, Marco. **LOCAÇÃO DE OBRA**: Elaboração da planta de locação e a montagem do gabarito. s.l. 2012. Disponível em:<[http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao601/Art\\_Construcao\\_Civil\\_601.pdf](http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao601/Art_Construcao_Civil_601.pdf)>. Acessado em: 21 out. 2017.

PASTANA, Carlos E. T. **Topografia I e II. Anotações de Aula**. Apostila (didática) - Universidade de Marília, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Tecnologia. SP, 2010.

SILVA, Eduardo Vidal Magalhães. **ESTUDO DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA LOCAÇÃO DE OBRAS DE EDIFICAÇÕES**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, Gleice Pereira da. **Uma abordagem geodésica da locação e controle dimensional de estruturas da construção civil**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

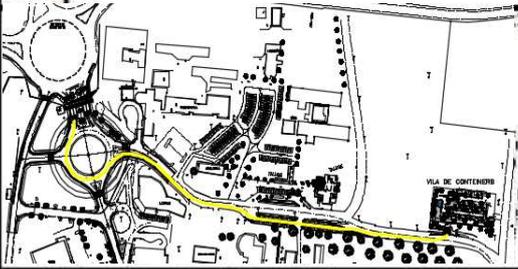
TIMBÓ, Marcos A. Elementos de cartografia. **Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil, 57p**, 2001.

VEIGA, Luis Augusto Koenig; ZANETTI, Maria Aparecida Zehnpfennig.; FAGGION, Pedro Luis. **Fundamentos de Topografia**. Universidade Federal do Paraná. 2012.

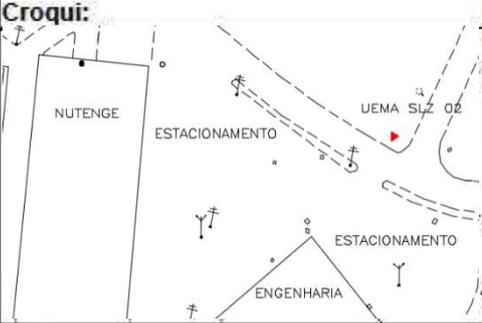
ZIMMERMANN, CLÁUDIO C. **Apostila de Topografia**. Apostila (didática) – Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. De Engenharia. Florianópolis, SC, 2015.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – MONOGRAFIA DE MARCO UEMA SLZ 01

<b>Monografia de Marcos</b>	
Universidade Estadual do Maranhão Centro de Ciências Tecnológico de Engenharia – CCT Núcleo Tecnológico de Engenharia – NUTENGE Curso de Engenharia Civil Laboratório de Topografia	
Nome de da Estação: UEMA SLZ 001 – Contêineres	Nº do Ponto da Poligonal: S/N
Obra: Trabalho de Conclusão de Curso do Aluno Ronierisson Mendes Fonseca	
<b>Dados Gerais</b>	
Projeto: Implantação de Marco Geodésico	
Local: Vila dos Contêiner – Campus Paulo VI	
Objetivo: Atender a comunidade acadêmicas em trabalhos de GPS e Topográficos.	
Data: 17/11/17	
Coordenadas (Coordenadas Topográficas):	
X= 588151,119	Y= 9715248,952 Z= ———
Descrição do ponto: Marco de concreto com elevação de 20 cm a partir do solo, com placa de identificação localizada no centro superfície do marco.	
<b>Croqui:</b> 	<b>Itinerário</b> Partindo do portão de entrada da Universidade Estadual do Maranhão, caminha-se 500m em direção a Vila dos Contêineres. O marco se encontra materializando essa estação, encontra-se dentro da Vila dos Contêineres, próximo à entrada principal da cerca metálica.
<b>Foto:</b> 	

## APÊNDICE B – MONOGRAFIA DE MARCO UEMA SLZ 02

<b>Monografia de Marcos</b>	
Universidade Estadual do Maranhão Centro de Ciências Tecnológico de Engenharia – CCT Núcleo Tecnológico de Engenharia – NUTENGE Curso de Engenharia Civil Laboratório de Topografia	
Nome de da Estação: UEMA SLZ 02	Nº do Ponto da Poligonal: S/N
Obra: Trabalho de Conclusão de Curso do Aluno Ronierisson Mendes Fonseca	
<b>Dados Gerais</b>	
Projeto: Implantação de Marco Geodésico	
Local: Campus Paulo VI	
Objetivo: Atender a comunidade acadêmicas em trabalhos de GPS e Topográficos.	
Data: 21/11/17	
Coordenadas (Coordenadas Topográficas):	
X= 587865,764	Y= 9714498,789      Z= _____
Descrição do ponto: Marco de concreto com elevação de 20 cm a partir do solo, com placa de identificação localizada no centro superfície do marco.	
<b>Croqui:</b> 	<b>Itinerário</b> Partindo do portão de entrada da Universidade Estadual do Maranhão, caminha-se 1 km em direção ao Prédio de Engenharia. O marco se encontra materializando essa estação, situa-se em frente ao estacionamento, próximo à rua que dá acesso a biblioteca.
<b>Foto:</b> 	

**ANEXOS**

## ANEXO A – RELATÓRIO DO POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP) - UEMA SLZ 01



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

### Sumário do Processamento do marco: uema slz 001

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/11/17 11:44:40,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/11/17 15:44:30,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRMR4-3 NONE
Órbitas dos satélites: <sup>1</sup>	RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	10,00
Sigma <sup>2</sup> da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena <sup>3</sup> (m):	-0,065
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,25 GPS 1,97 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,97 GPS 0,98 GLONASS

### Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (É a que deve ser usada) <sup>4</sup>	-2° 34' 33,4797"	-44° 12' 25,3353"	19,74	9715248.952	588151.119	-45
Na data do levantamento <sup>5</sup>	-2° 34' 33,4730"	-44° 12' 25,3374"	19,74	9715249.158	588151.054	-45
Sigma(95%) <sup>6</sup> (m)	0,002	0,006	0,007			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,88					
Altitude Ortométrica (m)	44,62					

### Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

<sup>1</sup> Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

<sup>2</sup> O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

<sup>3</sup> Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

<sup>4</sup> A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

<sup>5</sup> A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

<sup>6</sup> Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br) ou pelo telefone 0800-7218181.

Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN)

Processamento autorizado para uso do IBGE.

## ANEXO B – RELATÓRIO DO POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP) - UEMA SLZ 02



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

### Sumário do Processamento do marco: uema slz02

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/11/20 11:30:10,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/11/20 15:30:00,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRMR4-3 NONE
Órbitas dos satélites: <sup>1</sup>	ULTRA-RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	10,00
Sigma <sup>2</sup> da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena <sup>3</sup> (m):	-0,065
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,30 GPS 2,29 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,78 GPS 0,77 GLONASS

### Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (E a que deve ser usada) <sup>4</sup>	-2° 34' 57,9157"	-44° 12' 34,5605"	13,31	9714498.789	587865.764	-45
Na data do levantamento <sup>5</sup>	-2° 34' 57,9090"	-44° 12' 34,5626"	13,31	9714498.995	587865.699	-45
Sigma(95%) <sup>6</sup> (m)	0,003	0,009	0,011			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,90					
Altitude Ortométrica (m)	38,21					

### Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

<sup>1</sup> Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

<sup>2</sup> O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

<sup>3</sup> Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

<sup>4</sup> A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

<sup>5</sup> A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

<sup>6</sup> Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br) ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.

## ANEXO C – RELATÓRIO DO POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO (PPP) – AUX 1



Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)

### Sumário do Processamento do marco: aux 01

Início:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/11/20 16:40:50,00
Fim:AAAA/MM/DD HH:MM:SS,SS	2017/11/20 17:40:40,00
Modo de Operação do Usuário:	ESTÁTICO
Observação processada:	CÓDIGO & FASE
Modelo da Antena:	TRMR4-3 NONE
Órbitas dos satélites: <sup>1</sup>	ULTRA-RÁPIDA
Frequência processada:	L3
Intervalo do processamento(s):	10,00
Sigma <sup>2</sup> da pseudodistância(m):	5,000
Sigma da portadora(m):	0,010
Altura da Antena <sup>3</sup> (m):	-0,065
Ângulo de Elevação(graus):	10,000
Resíduos da pseudodistância(m):	1,19 GPS 1,60 GLONASS
Resíduos da fase da portadora(cm):	0,74 GPS 0,30 GLONASS

### Coordenadas SIRGAS

	Latitude(gms)	Longitude(gms)	Alt. Geo.(m)	UTM N(m)	UTM E(m)	MC
Em 2000.4 (E a que deve ser usada) <sup>4</sup>	-2° 34' 56,9488"	-44° 12' 35,9361"	12,01	9714528.505	587823.301	-45
Na data do levantamento <sup>5</sup>	-2° 34' 56,9421"	-44° 12' 35,9382"	12,01	9714528.711	587823.237	-45
Sigma(95%) <sup>6</sup> (m)	0,022	0,066	0,064			
Modelo Geoidal	MAPGEO2015					
Ondulação Geoidal (m)	-24,90					
Altitude Ortométrica (m)	36,91					

### Precisão esperada para um levantamento estático (metros)

Tipo de Receptor	Uma frequência		Duas frequências	
	Planimétrico	Altimétrico	Planimétrico	Altimétrico
Após 1 hora	0,700	0,600	0,040	0,040
Após 2 horas	0,330	0,330	0,017	0,018
Após 4 horas	0,170	0,220	0,009	0,010
Após 6 horas	0,120	0,180	0,005	0,008

<sup>1</sup> Órbitas obtidas do International GNSS Service (IGS) ou do Natural Resources of Canada (NRCAN).

<sup>2</sup> O termo "Sigma" é referente ao desvio-padrão.

<sup>3</sup> Distância Vertical do Marco ao Plano de Referência da Antena (PRA).

<sup>4</sup> A coordenada oficial na data de referência do Sistema SIRGAS, ou seja, 2000.4. A redução de velocidade foi feita na data do levantamento, utilizando o modelo VEMOS em 2000.4.

<sup>5</sup> A data de levantamento considerada é a data de início da sessão.

<sup>6</sup> Este desvio-padrão representa a confiabilidade interna do processamento e não a exatidão da coordenada.

Os resultados apresentados neste relatório dependem da qualidade dos dados enviados e do correto preenchimento das informações por parte do usuário. Em caso de dúvidas, críticas ou sugestões contate: [ibge@ibge.gov.br](mailto:ibge@ibge.gov.br) ou pelo telefone 0800-7218181. Este serviço de posicionamento faz uso do aplicativo de processamento CSRS-PPP desenvolvido pelo Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada (NRCAN).

Processamento autorizado para uso do IBGE.