

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
CENTRO TECNOLÓGICO – CTC  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Rafael Hillesheim

PROCEDIMENTOS DE LOCAÇÃO EMPREGADOS EM OBRAS  
DE ENGENHARIA CIVIL

Florianópolis  
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
CENTRO TECNOLÓGICO – CTC  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Rafael Hillesheim

PROCEDIMENTOS DE LOCAÇÃO EMPREGADOS EM OBRAS  
DE ENGENHARIA CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.  
Orientador: Prof. Me. Cláudio Cesar Zimmermann.

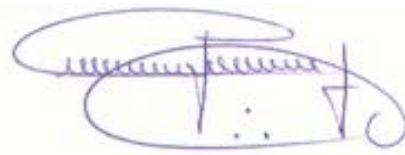
Florianópolis  
2015

# PROCEDIMENTOS DE LOCAÇÃO EMPREGADOS EM OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL HILLESHEIM

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel, no curso de graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Banca Examinadora:**



---

Professor Me. Cláudio Cesar Zimmermann.

Orientador

Professora Dra. Luciana Rodhe.

Banca examinadora

Engenheira Civil Juliana Prando.

Banca Examinadora

Florianópolis, 16 de novembro de 2015.

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais José Valdir Hillesheim e Ivone dos Passos Hillesheim, com todo amor e carinho, dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por toda a saúde e pelas oportunidades que venho tendo na vida.

Agradeço de forma especial aos meus pais, pela educação e por me ensinarem que a humildade e a simplicidade são das melhores virtudes que se pode ter. Sem eles eu nada seria.

Ao meu querido irmão André, por todo o amor e carinho que compartilhamos.

A todos os familiares e amigos, pelo incentivo contínuo ao longo dos anos de universidade.

Aos colegas e amigos da graduação, pela amizade construída durante o curso, que ficará para toda a vida.

Ao orientador e amigo, Professor Cláudio Cesar Zimmermann, pela imensa orientação não só neste trabalho, mas ao longo de toda a trajetória da graduação, compartilhando seus saberes e se dedicando intensamente aos alunos.

À Professora Luciana Rodhe, por avaliar o trabalho e também pela grande contribuição com minha formação, sempre aberta a compartilhar sua experiência e conhecimento.

À Engenheira Juliana Prando, por avaliar o trabalho e pelos valiosos ensinamentos e receptividade quando seu estagiário. Sua contribuição foi fundamental para minha formação, ajudando a traçar o caminho que quero seguir na profissão.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Civil, que dedicam sua carreira a formar os futuros engenheiros e engenheiras.

A todos aqueles que contribuíram para este trabalho, me recebendo nas obras, respondendo meus contatos, compartilhando seus conhecimentos e dispondo de um pouco do seu tempo para colaborar comigo.

## RESUMO

O presente trabalho refere-se aos procedimentos de locação aplicados nas obras de engenharia civil. Foi escolhido o tema devido ao interesse do autor em ampliar o aprendizado e os conhecimentos práticos. O trabalho foi realizado através de pesquisa bibliográfica e de campo, se enquadrando principalmente em duas das grandes áreas da engenharia civil: Ciências Geodésicas e Construção Civil. Ao longo do texto é feita a discussão dos principais conceitos relacionados à locação de obras, levantamentos topográficos, equipamentos, normas técnicas aplicáveis e metodologias empregadas, com base na bibliografia da área. Buscou-se também, discutir algumas diretrizes relacionadas as boas práticas da locação, assim como mostrar a importância da topografia ao longo das fases de um projeto de engenharia, baseando-se naquilo que foi relatado pelos profissionais consultados. Ao final são apresentados exemplos de locação em diferentes obras com o intuito de ilustrar de forma prática aquilo que foi estudado em teoria.

**Palavras-chave:** Locação de obras, Construção Civil, Topografia, Equipamentos, Medições.

## **ABSTRACT**

This paper refers to the leasing procedures applied in civil engineering constructions. The theme was chosen because of the author's interest in expand learning and practical knowledge. The study was conducted through literature and field research and that it fell mainly on two of the major areas of civil engineering: Geodetic Sciences and Civil Construction. Throughout the text is made discussion of the main concepts related to leasing of construction, surveying, equipment, technical standards and methodologies employed, based on the literature of the area. Also it attempted to discuss some guidelines related best practices of the lease, as well as to show the importance of the topography along the phases of engineering design, based on what was reported by the professionals consulted. At the end of this paper location examples are presented in different constructions in order to illustrate a practical way what has been studied in theory.

**Keywords:** Leasing of construction, Civil Construction, Topography, Equipment, Measurements.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Superfície Real, do Elipsoide e do Geoide. ....	22
Figura 2 - Idealização da Projeção UTM.....	23
Figura 3 - Paralelos e meridianos terrestres. ....	25
Figura 4 - Locação de um ponto a partir de coordenadas polares.....	27
Figura 5 - Subdivisão de um fuso nos sistemas UTM, RTM e LTM. ....	28
Figura 6 - Valores das coordenadas no sistema UTM. ....	29
Figura 7 - Exemplo comparativo entre precisão e exatidão. ....	36
Figura 8 - Teodolito geodésico da marca Wild.....	38
Figura 9 - Estação Total da marca Topcon - Modelo GPT-7500. ....	40
Figura 10 - Prisma da marca Leica - Modelo GPR121. ....	41
Figura 11 - Nível geodésico da marca Wild – Modelo N3 96979. ....	43
Figura 12 - Equipamento GNSS da marca Leica. ....	45
Figura 13 - Funcionamento dos equipamentos GNSS em modo RTK. ....	46
Figura 14 - Trena. ....	48
Figura 15 - Nível de Cantoneira. ....	48
Figura 16 - Ilustração da instrumentação em uma seção da usina Hidrelétrica Itaipu Binacional. ....	87
Figura 17 - Modelo de chapa metálica para identificação de marcos topográficos e geodésicos.....	58
Figura 18 - Dimensões padronizadas para marcos topográficos e geodésicos.....	59
Figura 19 - Vista da escavação em planta. ....	61
Figura 20 - Ilustração da cravação de piquetes. ....	64
Figura 21 - Posicionamento do gabarito em relação à área a ser construída.....	71
Figura 22 - Perpendicularidade do gabarito. ....	73
Figura 23 - Nivelamento por meio de mangueira. ....	74
Figura 24 - Marcação no gabarito por meio de pregos. ....	75
Figura 25 - Locação com auxílio de teodolito. ....	77
Figura 26 - Ilustração da locação de um ponto com auxílio do prumo de centro. ....	78
Figura 27 - Croqui do posicionamento dos marcos topográficos de apoio. ....	91



## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1 - Estação SAT 91852 do IBGE.....	47
Foto 2 - Estação SAT 91851 do IBGE.....	47
Foto 3- Marcação em obra por meio da pintura de bandeirolas. ....	65
Foto 4- Marcação em obra por meio da pintura de bandeirolas. ....	65
Foto 5- Vista geral de um gabarito. ....	69
Foto 6- Execução de estaqueamento em Santos/SP.....	81
Foto 7 - Aspecto geral da Ponte Anita Garibaldi. ....	88
Foto 8 - Equipamento GNSS instalado no Marco Base e conectado ao rádio UHF..	92
Foto 9 - Identificação do marco Base.....	92
Foto 10 - Posicionamento do marco MCF01 em relação à obra. ....	93
Foto 11 - Visada obtida a partir do marco MCF01.....	94
Foto 12 - Posicionamento do marco MCF08 em relação à obra. ....	95
Foto 13 - Operação com GNSS para locação das estacas. ....	96
Foto 14 - Treliza lançadora durante montagem das aduelas de concreto.....	97
Foto 15 - Pino metálico utilizado na locação das aduelas de concreto. ....	98
Foto 16 - Construção das aduelas "face a face". ....	99
Foto 17 - Içamento e instalação das mãos francesas. ....	100
Foto 18 - Posicionamento final por nivelamento geométrico.....	100
Foto 19 - Marcação dos níveis e fixação dos cabos na mureta New Jersey.....	101
Foto 20 - Fixação e tensionamento dos cabos com auxílio de talha. ....	103
Foto 21 - Posicionamento dos cabos com auxílio de "cadeirinha". ....	103
Foto 22 - Vista geral da praça de trabalho. ....	104

## 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* - Sistema Global de navegação por Satélite.
- GPS - Sistema de Posicionamento Global (USA).
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- LTM - Local Transverso de Mercator.
- MED - Medição eletrônica de distância.
- NBR - Norma Brasileira da ABNT.
- NTRIP* - Protocolo da internet para disponibilização dos dados GNSS.
- PIB - Produto Interno Bruto.
- PVC* - Policloreto de Vinila
- RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo.
- RN - Referência de Nível.
- RTK* - Cinemático em Tempo Real.
- RTM - Regional Transverso de Mercator.
- SAD* - *Datum* Sul-americano.
- SAT - Estação *GNSS* do IBGE.
- SCFLO - Estação da RBMC em Santa Catarina/Florianópolis.
- SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas.
- UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina.
- UTM - Universal Transverso de Mercator.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classificação dos teodolitos segundo a NBR13133.....	40
Tabela 2 - Classificação das estações totais segundo a NBR13133. ....	42
Tabela 3 - Classificação dos níveis segundo a NBR 13133.....	44
Tabela 4 - Tolerâncias dimensionais especificadas pela NBR 8798. ....	54

# SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
1.1	Objetivos .....	15
1.1.1	<i>Objetivo geral</i> .....	15
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	16
1.2	Metodologia de elaboração da pesquisa.....	16
1.3	Justificativa do estudo .....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	Locação de obras.....	18
2.2	Importância da topografia para a engenharia civil.....	19
2.3	O campo topográfico .....	20
2.4	Noções de cartografia .....	21
2.5	Sistemas de coordenadas.....	24
2.5.1	<i>Coordenadas geográficas e geodésicas</i> .....	25
2.5.2	<i>Coordenadas topográficas locais</i> .....	26
2.5.3	<i>Coordenadas polares</i> .....	26
2.5.4	<i>Coordenadas UTM</i> .....	27
2.6	Levantamentos topográficos .....	29
2.6.1	<i>Levantamentos planimétricos</i> .....	31
2.6.2	<i>Levantamentos altimétricos</i> .....	32
2.6.3	<i>Levantamentos planialtimétricos</i> .....	33
2.6.4	<i>Levantamentos cadastrais</i> .....	33
2.6.5	<i>Outros tipos de levantamentos</i> .....	34
2.7	Erros em medições .....	35
2.8	Equipamentos .....	37
2.8.1	<i>Teodolitos</i> .....	38
2.8.2	<i>Estações Totais</i> .....	40
2.8.3	<i>Níveis</i> .....	43
2.8.4	<i>Equipamentos GNSS</i> .....	44

2.8.5	<i>Acessórios</i> .....	48
2.9	Aferição e operação dos equipamentos.....	49
2.10	Normas técnicas aplicáveis .....	50
2.10.1	<i>ABNT NBR 13133</i> .....	50
2.10.2	<i>ABNT NBR 14166</i> .....	51
2.10.3	<i>ABNT NBR 15309</i> .....	51
2.10.4	<i>ABNT NBR 14931</i> .....	52
2.10.5	<i>ABNT NBR 8798</i> .....	53
2.10.6	<i>Outras normas técnicas</i> .....	54
3	LOCAÇÃO DE OBRAS.....	55
3.1	Diretrizes para locação de obras .....	55
3.1.1	<i>Georreferenciamento</i> .....	55
3.1.2	<i>Documentação de projeto</i> .....	56
3.1.3	<i>Marcos topográficos de apoio</i> .....	57
3.1.4	<i>Escolha dos equipamentos</i> .....	62
3.1.5	<i>Materialização dos pontos de projeto no campo</i> .....	63
3.1.6	<i>Qualificação da mão de obra</i> .....	65
3.1.7	<i>Controle de qualidade</i> .....	66
3.2	Procedimentos de locação de obras.....	67
3.2.1	<i>Serviços preliminares à locação</i> .....	68
3.2.2	<i>O uso do gabarito</i> .....	68
3.2.3	<i>O uso da estação total</i> .....	79
3.2.4	<i>Locação por GNSS</i> .....	80
3.2.5	<i>Exemplo: Método para locação de alvenaria estrutural</i> .....	81
3.3	A topografia e as fases da obra .....	83
3.3.1	<i>Fase de estudos e projetos</i> .....	83
3.3.2	<i>Fase de execução da obra</i> .....	85
3.3.3	<i>Fase de pós-obra</i> .....	85
4	ESTUDO DE CASO - PONTE ANITA GARIBALDI.....	88
4.1	Descrição da obra.....	88
4.2	Visitas à obra .....	89

4.3	Planejamento e implantação da rede de marcos topográficos de apoio .....	90
4.4	Locação das estruturas da fundação .....	95
4.5	Locação das aduelas de concreto.....	97
4.6	Locação das mãos francesas laterais .....	99
4.7	Apoio topográfico para pavimentação .....	101
4.8	Outros serviços .....	104
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	105
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	107

# 1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é de suma importância para um país, isso é notável tanto no Brasil quanto em qualquer outro país do mundo, tendo esse uma capacidade de movimentar a economia como poucas atividades econômicas. Seu potencial de geração de empregos e movimentação de outros setores paralelos faz com que a participação no Produto Interno Bruto (PIB) seja sempre significativa, alcançando no Brasil, a ordem de dois dígitos anuais.

A indústria da construção é responsável pela infraestrutura de um país: obras nos setores de energia, transportes, saneamento, habitação, entre outras, sendo sua contribuição vital para que haja desenvolvimento e crescimento econômico. O que se percebe no mundo é uma busca constante pelo aumento da produtividade e excelência da construção civil, algo que passa obrigatoriamente por melhores obras, com projetos bem elaborados e executados.

O Brasil possui uma indústria da construção forte e em constante crescimento. O desenvolvimento tecnológico no setor é notável e, para os próximos anos ainda se tem um longo caminho a percorrer. A qualidade e a durabilidade daquilo que se constrói depende fundamentalmente dessa evolução, algo que é positivo sobre todas as óticas: ambiental, econômica, comercial, entre outras.

Indo ao encontro da busca constante pelas melhorias é que se escolheu o presente tema para esta pesquisa. A topografia de obras tem muito a contribuir para a qualidade das mesmas, sendo fundamental o conhecimento das técnicas e processos envolvidos quando se pretende contribuir com seu futuro aprimoramento. Escolheu-se estudar os procedimentos de locação por estarem presentes em todas as obras e por serem o ponto de partida para quaisquer serviços de execução.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 *Objetivo geral*

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é estudar alguns dos processos de locação de obras mais utilizados atualmente. Pretende-se assim, tirar

conclusões a respeito de sua eficácia e dos resultados que produzem e de que forma impactam na qualidade dos serviços executados nas obras de engenharia.

### 1.1.2 *Objetivos específicos*

Estudar alguns dos procedimentos destinados à locação de obras, através de uma pesquisa de campo e consulta bibliográfica, buscando ampliar os conhecimentos sobre topografia de obras e locação.

Discutir a importância da boa técnica de locação para o andamento e qualidade da(s) obra(s).

Elencar algumas diretrizes a serem seguidas para o bom desenvolvimento da locação de obras.

Identificar o nível de interferência dos trabalhos de locação durante as fases de uma obra.

Verificar o atual panorama do uso de novas técnicas e equipamentos para realização dos trabalhos de locação, buscando os benefícios reais incorporados à qualidade, produtividade e organização da obra.

Mostrar como é feita a locação em diferentes tipos de obras, buscando melhor entendimento dos processos pesquisados e comparação entre teoria e prática.

## 1.2 **Metodologia de elaboração da pesquisa**

A metodologia empregada na realização deste trabalho baseia-se na busca por informações práticas, consultando empresas especializadas, construtoras, profissionais da área, normas técnicas, bibliografia e realizando visitas às obras. Os exemplos discutidos são baseados, em sua maioria, nas visitas realizadas, com o intuito de acompanhar os procedimentos abordados *in loco*.

Pretende-se assim, comparar de forma consistente as informações coletadas em obra com aquelas encontradas na bibliografia sempre que possível e, então poder estabelecer um panorama geral da locação nas obras. Para os casos estudados, são analisados os procedimentos, equipamentos, as precisões e tolerâncias exigidas.



### **1.3 Justificativa do estudo**

Esta pesquisa foi idealizada com o intuito de conhecer mais profundamente os processos referentes a locação de obras. De acordo com a ainda breve experiência do autor, proporcionada pelo acompanhamento da execução de algumas obras e pelas atividades desenvolvidas nos estágios, chama atenção a problemática envolvida. As atividades de locação realizadas requerem perícia de quem as está desenvolvendo, por serem determinantes para o alcance dos resultados esperados. Os trabalhos exigem experiência das equipes e possuem pequena margem para erros.

Em muitas obras percebe-se que a quantidade de defeitos construtivos é grande, problema que de certa forma é difícil de ser combatido, visto que no Brasil se constrói ainda de forma essencialmente artesanal em muitas obras. Uma maior industrialização da construção civil pode ser um dos caminhos para contornar esses problemas, mas o que se quer estudar aqui, é qual a contribuição dada as obras pelos bons procedimentos de locação.

Atingir um nível mínimo de qualidade, é relativamente simples, bastando para isso que se apliquem as boas técnicas disponíveis e se disponha de mão de obra capacitada. Os conhecimentos que a construção civil, empresas e profissionais acumularam ao longo do tempo são primordiais, e devem ser atualizados constantemente em busca de melhorias.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Buscando maior suporte para elaboração do trabalho, foram revisados alguns temas da área de Ciências Geodésicas e Construção Civil em geral. Assim, esta fundamentação teórica é breve e não contempla todos os temas de alguma forma relacionados ao trabalho, estando aqui presentes apenas aqueles julgados essenciais. Buscou-se detalhar os conceitos que são diretamente empregados quando em trabalhos de locação e topografia de obras.

### 2.1 Locação de obras

A locação é um dos procedimentos iniciais em toda e qualquer obra. Se mostra como uma etapa muito importante na execução, podendo acontecer em diversos momentos ao longo da obra. Conceitualmente, tem-se o seguinte sobre locação:

De maneira mais informal:

Locação: Demarcação, por meio de estacas, do eixo de uma via férrea ou estrada projetadas, assim como do lugar a ser ocupado por uma construção (DICIONÁRIO MICHELIS, UOL).

Já em âmbito técnico, cita-se:

Locar ou marcar uma obra corresponde aos trabalhos de, com o máximo de exatidão, transferir para um determinado terreno na escala natural, as medidas de um projeto executado em escala reduzida (BRUCK, 1983, p. 67).

A locação é feita com o intuito de implantar os diversos pontos necessários à execução da obra no terreno, sendo também referida como a própria implantação de obras. Através dela é possível demarcar as posições de quaisquer pontos, em quaisquer obras: edificações, rodovias, portos, hidrelétricas, saneamento, entre outros.

Os diversos processos e métodos de locação de obras podem ser tomados como o primeiro passo para uma boa execução das obras de engenharia e devem ser feitos com o maior rigor possível. Para bons resultados na etapa de locação é primordial que as etapas anteriores, como levantamentos topográficos, implantação de marcos e poligonais de apoio, elaboração de projetos, entre outras, sejam feitas com o mesmo rigor. Isso resulta em trabalhos de qualidade e obras bem executadas.

Existem diversas maneiras de se fazer a locação, sendo esta uma escolha que depende das especificidades de cada obra. Algumas delas são muito simples e não dependem de equipamentos, onde com simples fios de náilon, estacas e trena, podem ser atendidas as necessidades da obra. Porém, para grandes obras o volume de trabalho e as suas peculiaridades obrigam o uso de meios mais avançados, como a topografia. Assim, pode-se dizer que a topografia tem grande importância para os projetos e obras, desde sua concepção até sua execução propriamente dita. Nos trabalhos de locação é amplamente empregada, colaborando para resultados confiáveis e precisos.

## **2.2 Importância da topografia para a engenharia civil**

A definição de topografia dada pelos diversos autores é similar às seguintes: “Disciplina que se ocupa da arte de representar, de maneira minuciosa, o terreno localmente, isto é, numa dada vizinhança da superfície terrestre” (CASACA; MATOS; BAIO, 2005).

“Ciência aplicada, baseada na Geometria e na Trigonometria, de âmbito restrito, pois é um capítulo da Geodésia, que tem por objeto o estudo da forma e dimensões da Terra” (ESPARTEL, 1978).

Apresenta-se também uma definição de caráter mais prático para topografia:

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, lagoas, 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).

Existe uma estreita relação entre Geodésia e a Topografia, que têm objetivos similares, todos visando a melhor maneira de representar a superfície terrestre, dentro das diversas aplicações na engenharia. Ambas atuam paralelamente, sendo que se complementam para harmonia dos resultados conjuntos. Com o intuito de estabelecer uma distinção entre elas, cita-se o seguinte:

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, 1978, p. 04).

No âmbito da engenharia civil, é comum que se utilize da topografia para a implantação dos pontos de projeto na execução de uma obra, assim como para levantamentos topográficos dos diversos tipos. Constata-se a presença da topografia em praticamente todas as obras, sendo responsável por levantamentos, medições, elaboração de plantas, locação, estando presente em todas as fases da obra.

Assim, tem-se o suporte necessário aos projetistas, gestores e executores de obras, no que diz respeito a conhecer o terreno em que se vai construir e apoio na execução e operação das obras. Pode-se dizer que a atuação da topografia dentro da engenharia civil tem crescido muito nos últimos anos, devido a consolidação de sua eficácia na execução dos serviços de obra onde se aplica. Para isso, colaboraram a evolução tecnológica ocorrida e também a crescente demanda.

### **2.3 O campo topográfico**

No que tange às aplicações de engenharia civil, sabe-se que a topografia é um meio muito confiável para se fazer medições de qualquer tipo nas obras. A locação de toda e qualquer obra se desenvolve através de sucessivas medições, as quais podem ou não empregar topografia.

Porém, a mesma tem um campo de atuação restrito a porções da superfície da Terra, adotando a simplificação de considerar as mesmas como planas, o que significa desprezar sua curvatura. Essas porções são limitadas, sendo que a distância considerada pelos autores em geral varia entre 20 e 30 quilômetros, constituindo o chamado campo topográfico.

Nele, os métodos topográficos e suas devidas correções, podem ser aplicados, além de possuírem os equipamentos precisão compatível para tanto. Valores maiores do que esses passam a acrescentar aos trabalhos deformações ou erros mais significativos, que podem não ser compatíveis com o aceitável para àquela aplicação.

Sendo assim, é pertinente o citado por Loch e Cordini (2000, p.7):

A topografia adota regras e princípios matemáticos que permitem obter a representação gráfica de uma porção da superfície terrestre, projetada em um plano horizontal, com a exatidão e detalhes adequados aos fins que se destina.

Seguindo esta linha de raciocínio tem-se um ponto de partida para o estabelecimento de critérios a serem seguidos e grandezas a serem medidas para a concepção dos métodos gerais que vão nortear os procedimentos topográficos, como medição de ângulos, distâncias, coordenadas, elaboração de plantas entre outros.

Para a topografia de obras é extremamente importante que sejam estabelecidas quais as limitações e se façam as escolhas certas para cada caso. Geralmente, assume-se quase que de forma automática que, estando dentro do campo topográfico, as limitações anteriormente comentadas não virão a afetar os resultados esperados de forma significativa.

Porém, em obras específicas, como as rodoviárias por exemplo, que caracterizam-se pela linearidade, os limites do campo topográfico podem ser extrapolados. Nesse caso é necessário que se faça o estudo mais detalhado e se tome a decisão pela preservação das precisões requeridas pelos trabalhos.

Nos dias atuais os limites do campo topográfico são um ponto menos preocupante, que em muito foi simplificado pela emprego da tecnologia, através da incorporação do Sistema Global de Navegação por Satélite ou *Global Navigation Satellite System (GNSS)*. O sistema trabalha com dados diretamente georreferenciados, e integrando-se com estações totais e outros equipamentos, agrega aos levantamentos e projetos informações puramente geodésicas. Assim, para todos os casos em que for utilizado, ter-se-á dados que carregam informações sobre a forma e curvatura terrestre (ZIMMERMANN, 2015).

## **2.4 Noções de cartografia**

Os conceitos de cartografia são muito utilizados em topografia nas atividades de mapeamento que são desenvolvidas, sendo a base para o desenho propriamente dito. Os mapas topográficos tem a área de abrangência restrita ao campo topográfico, anteriormente abordado, o que não os isenta da necessidade de levar em conta a problemática da planificação da superfície terrestre, quando da elaboração de plantas. Essa representação introduziu a necessidade de idealizar maneiras pelas quais se possa fazê-la sem incorporar deformações significativas ao desenho.

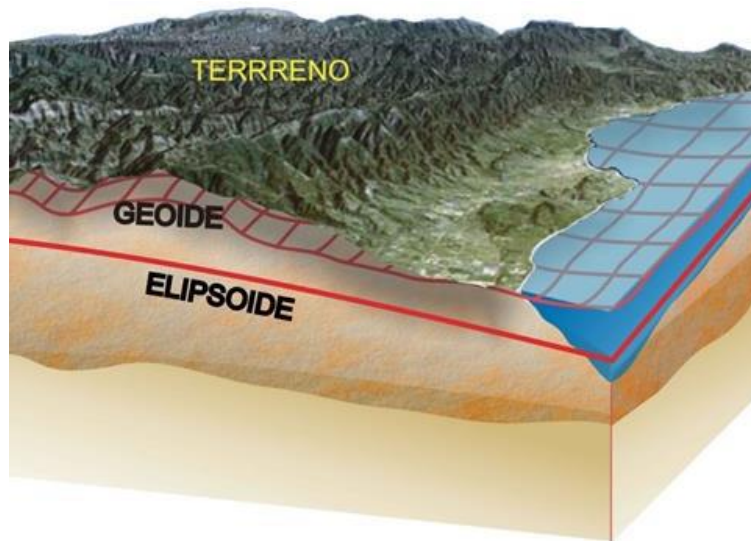
Casaca, Matos e Baio (2005) relatam que “a principal dificuldade do uso de projeções está no fato de que é impossível fazê-lo sem a introdução de deformações

que provocam a alteração métrica da informação representada na superfície/objeto gerada”.

Já Corrêa (2006), diz que “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”.

Adotar um sistema de projeção torna viável a elaboração de uma planta, algo que não seria possível se tomada como base a superfície real. Os diferentes sistemas e suas maneiras de idealizar as respectivas coordenadas possuem a peculiaridade de adotar superfícies de referência diferentes, como o Elipsoide de Revolução, a Esfera ou a superfície Geoidal. Em topografia, adotam-se duas superfícies simplificadas como referência, apresentadas na Figura 1, o Elipsoide e Geoide.

**Figura 1 - Superfície Real, do Elipsoide e do Geoide.**



Fonte: Zimmermann, 2015.

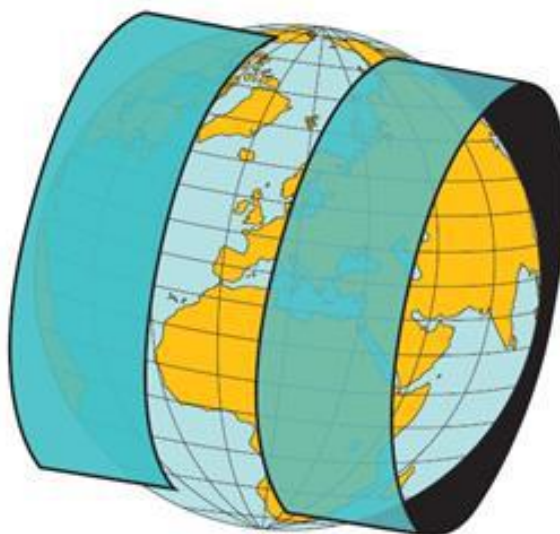
Zimmermann (2015) considera “o geoide como uma superfície irreal, que é equivalente ao nível médio dos mares, se estendendo pelos continentes, formando uma superfície irregular, de representação matemática não precisa. Evidentemente, irá representar a superfície do terreno deformada em relação a sua forma e posição reais”.

O Modelo Elipsoidal, para Loch e Cordini (2000) representa a Terra por meio da idealização da rotação de uma elipse, o elipsoide de revolução. É um modelo matemático de mais fácil manuseio, mesmo gerando maiores deformações por conta

da sua forma. Ainda existe o modelo de representação esférico, obviamente mais simples, porém apresenta grandes deformações e perda da precisão na posição dos pontos em relação ao modelo real.

No contexto das obras de engenharia, a projeção mais utilizada é a Universal Transversa de Mercator (UTM), onde o cilindro é tomado como figura de projeção e posicionando com sua superfície secante a da Terra, conforme Figura 2.

**Figura 2 - Idealização da Projeção UTM.**



Fonte: Zimmermann, 2015.

Todas essas considerações básicas relacionadas com a cartografia levam a definição de *Datum*, que nada mais é do que a referência, tanto altimétrica quanto planimétrica, para todas as medições em topografia e geodesia. No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é o responsável pela condução dos trabalhos relativos a esse tema.

O *Datum* planimétrico utilizado atualmente no Brasil é o Sistema de Referência Geocêntrico das Américas (SIRGAS), mais conhecido como SIRGAS 2000. Foi idealizado com intuito de substituir o antigo sistema, *South American Datum 1969* (SAD 69) e, oficializada sua utilização a partir de 2005. Durante 10 anos, ou seja, até fevereiro do presente ano de 2015, os dois sistemas puderam ser utilizados paralelamente, porém nos dias atuais o sistema oficial brasileiro é o SIRGAS 2000.

No que diz respeito a referencial altimétrico, passou-se a adotar, a partir de 1958, a superfície definida pelo nível médio do mar obtida no Marégrafo de Imbituba, estado de Santa Catarina, que prevalece até hoje. De acordo com o IBGE, a decisão por utilizar um único ponto de referência para todo o país, mesmo com sua grande extensão, partiu da constatação de que a discrepância entre os valores determinados a partir de Imbituba, em relação a outros marégrafos mais ao norte do país, era pequena e poderia ser tomada como pouco significativa para o caso. Sendo assim, tem-se hoje esse marégrafo como referência oficial.

Em resumo, para todos os trabalhos realizados no Brasil devem ser adotados, como referencial planimétrico, o *datum* horizontal SIRGAS 2000 e, em termos altimétricos a estação maregráfica de Imbituba, que define o *datum* vertical do país.

## 2.5 Sistemas de coordenadas

Todos os trabalhos de topografia devem ser elaborados a partir de coordenadas, que por sua vez são referenciadas a um determinado sistema. Adotar tal princípio facilita os trabalhos e se traduz em qualidade nas plantas ou mapas elaborados, uma vez que se pode escolher a melhor forma de trabalho ou o sistema mais adequado para o caso.

Segundo o IBGE, “o que se busca quando da representação de uma porção da superfície terrestre em planta ou mapa, é que a referida representação seja o mais fiel possível ao que se está descrevendo, onde cada ponto da planta represente um único ponto do terreno, e vice-versa”.

Assim, a utilização de coordenadas é ideal para tal fim. Em âmbito geodésico as coordenadas são dadas em termos de latitude, longitude e altitude, e servem principalmente para trabalhos cartográficos, como elaboração de mapas, com grandes áreas de abrangência. Já no meio topográfico usa-se geralmente coordenadas cartesianas X e Y, ou E e N (Leste e Norte), aplicadas nos levantamentos topográficos usuais, além da altitude. Para locação podem ser usadas ainda as coordenadas polares, representadas por meio de um ângulo e uma distância.



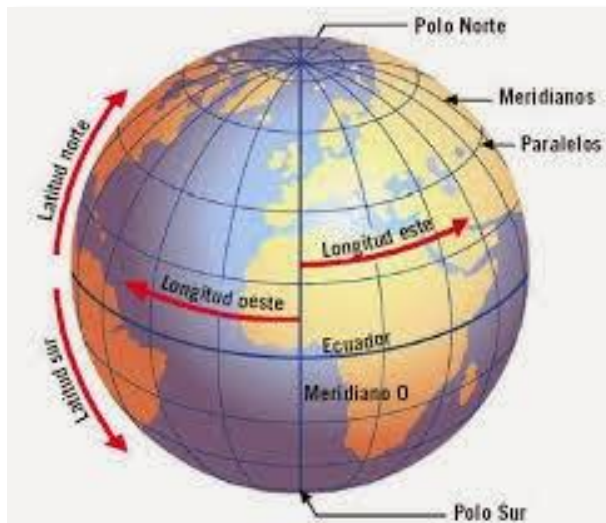
### 2.5.1 Coordenadas geográficas e geodésicas

As coordenadas geográficas e geodésicas são muito semelhantes, pois são igualmente representadas por latitude e longitude. Entretanto, a diferença encontra-se na referência adotada por cada uma delas. As coordenadas geográficas são baseadas no modelo esférico, enquanto que as geodésicas, no modelo elipsoidal (Loch e Cordini, 2000).

Ambas utilizam o sistema de paralelos e meridianos, sendo os paralelos linhas imaginárias horizontais ao globo terrestre, partindo da Linha do Equador e indo até os polos Norte e Sul. Já os meridianos são linhas imaginárias verticais que cruzam os paralelos a noventa graus no plano, e possuem, cada um deles um antemeridiano correspondente. (ZIMMERMANN, 2015).

Na Figura 3 é apresentada uma ilustração do sistema de paralelos e meridianos que são a base para idealização das coordenadas geográficas e geodésicas.

**Figura 3 - Paralelos e meridianos terrestres.**



Fonte: Infoescola, 2015.

“No modelo esférico da Terra, a latitude de um lugar (latitude geográfica) é o ângulo que o raio que passa por esse lugar faz com o plano do equador. No modelo elipsoidal da Terra, a latitude de um lugar (latitude geodésica) é o ângulo que a normal ao elipsoide nesse lugar faz com o plano do equador (ZIMMERMANN, 2015).

A conexão, por assim dizer, entre topografia e geodésia acontece através da transformação das coordenadas (geodésicas ou geográficas) em plano retangulares, através de sua aplicação, por exemplo, no sistema UTM. Perante outros tipos de coordenadas pode-se dizer que são as menos utilizadas nas aplicações de topografia de obras. Na locação de obras praticamente não são utilizadas, a não ser em casos especiais.

### 2.5.2 *Coordenadas topográficas locais*

Têm por base um sistema arbitrário, que é comumente chamado de sistema topográfico local. Em trabalhos que, inicialmente, não exijam georreferenciamento são comumente utilizadas, assim como para alguns trabalhos de locação onde o posicionamento e orientação iniciais são feitos em relação a alguma referência, que não necessariamente seja um marco topográfico, como o alinhamento limítrofe de um terreno.

A partir da referência poderá ser implantado um sistema arbitrariamente de acordo com a necessidade. As coordenadas cartesianas retangulares são comumente empregadas nesses casos. Elas representam a posição dos pontos em relação a um sistema de eixos X-Y-Z, que tem sua origem demarcada no ponto onde os eixos se cruzam.

De forma geral, não é mais recomendado o uso desse sistema em levantamentos, pois essas coordenadas não possuem nenhum tipo de vinculação aos sistemas de referência discutidos anteriormente. Obviamente, sempre que for utilizado é necessário que se proceda posterior georreferenciamento.

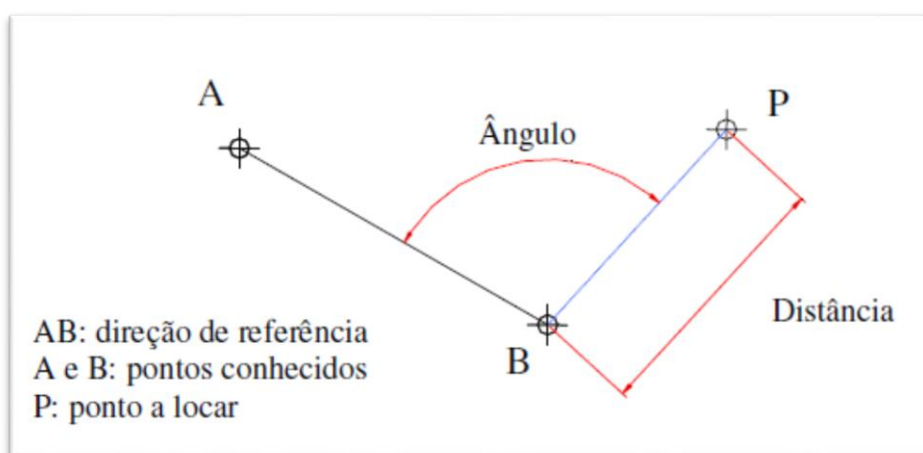
### 2.5.3 *Coordenadas polares*

Às coordenadas polares pode-se estender a mesma discussão feita para as retangulares, utilizadas para o plano topográfico local. Possuem a diferença na forma como são representadas, que se dá por meio de ângulos e distâncias. São pouco utilizadas em levantamentos atualmente, porém na locação são muito úteis. Vale a ressalva de que os equipamentos, como a estação total, fazem a leitura inicial da

posição de um ponto qualquer em coordenadas polares, convertendo o resultado para os outros sistemas, como o retangular, bastando configurar o aparelho para tal.

O sistema polar consiste simplesmente em estabelecer uma direção (alinhamento) de referência, como o segmento de reta A-B da Figura 4, 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 localar.

**Figura 4 - Locação de um ponto a partir de coordenadas polares.**



Fonte: Infoescola, 2015.

#### 2.5.4 Coordenadas UTM

O sistema UTM, de abrangência global, é empregado no Brasil desde 1955 para fins de mapeamento. Foi desenvolvido por Gerhard Kremer, mais conhecido como “Mercator”, autor do primeiro mapa usando esse tipo de coordenadas.

Zimmermann (2015) comenta que Mercator utilizou como superfície de projeção 60 cilindros transversos e secantes à superfície de referência, cada um com amplitude de 6 graus em longitude. No sistema de projeção UTM um fuso abrange grandes áreas, de aproximadamente 670 km de largura no sentido leste à oeste, as chamadas zonas UTM.

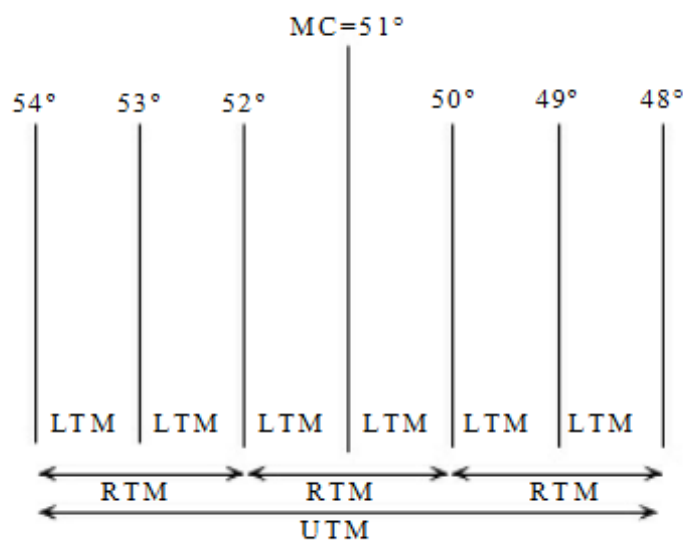
Mesmo sendo um sistema de projeção conforme (que preserva as formas quando as projeta no plano), a grande largura dos fusos causa deformações lineares quando são medidas distâncias. Devido a isso, emprega-se um fator de correção,

designado K. O valor de K poderá ser maior ou menor do que 1, dependendo da porção do fuso em que se encontra a coordenada.

Se mais próxima do meridiano central, k será menor do que 1 e, se mais próxima dos bordos do fuso, k será maior do que 1. Os equipamentos como a estação total aplicam o coeficiente k, que é informado pelo operador do equipamento, procedendo as devidas correções e apresentando resultados já corrigidos.

Existem ainda sistemas derivados do UTM, que subdividem o fuso de 6 graus em faixas menores. É o caso do sistema Regional Transverso de Mercator (RTM), que adota divisões a cada 2 graus e, do Local Transverso de Mercator (LTM), que o faz a cada 1 grau. Dessa forma tem-se uma aproximação maior no valor da distância real, tendo menor influência o fator de correção, pois quanto menor a amplitude do fuso, mais próximas estarão a superfície real e a de projeção. Na Figura 5 tem-se uma ilustração dos sistemas UTM, RTM e LTM dentro de um mesmo fuso.

**Figura 5 - Subdivisão de um fuso nos sistemas UTM, RTM e LTM.**



Fonte: Revista Mundogeo, 2015.

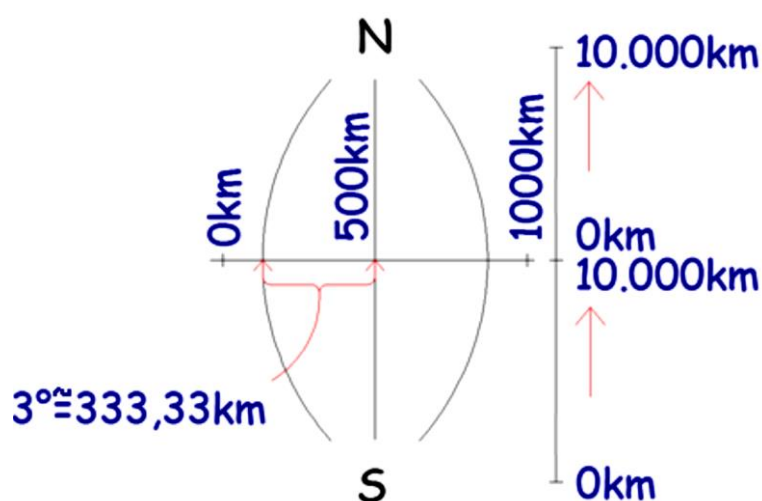
Zimmermann (2015) considera as seguintes vantagens na utilização do sistema UTM e derivados:

- Dados coletados estarão georreferenciados;
- Sistemas GNSS; *Global Positioning System (GPS)*; *Global Navigation Satellite System (GLONASS)* e GALILEU trabalham também no sistema UTM;

- Estações totais podem trabalhar no sistema UTM (pode-se utilizar ainda a altitude e o fator de escala para correção);
- Os levantamentos ou mapeamentos contíguos se encaixam e, podem ser sistemáticos;
- Softwares de topografia, *Computer aided design* (CAD) e *Geographic Information System* (GIS) podem trabalhar no sistema UTM;
- Conceitualmente correto por planificar a superfície curva da Terra, apresentando as correções que se deve aplicar;

Para representação das coordenadas adotam-se as letras N e E. O eixo YY é orientado positivamente de sul para norte (coordenada N), enquanto que o XX é orientado positivamente de oeste para leste (coordenada E). Como é mostrado na Figura 6, na intersecção do meridiano central do fuso com o Equador tem-se as seguintes coordenadas: N-10.000.000 m e E-500.000 m.

Figura 6 - Valores das coordenadas no sistema UTM.



Fonte: Revista Mundogeo.

## 2.6 Levantamentos topográficos

A Norma Brasileira NBR13133 – Execução de levantamentos topográficos, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), define levantamento topográfico 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.

Para Espartel (1978) “os levantamentos topográficos quando vistos como um procedimento, se dividem em duas etapas:

- Levantamento de campo: Nesta etapa, que pode ser considerada puramente geométrica, são determinadas as posições dos pontos notáveis do terreno, através da medição de ângulos, distâncias e cotas, aplicando os métodos topográficos ou aerofotogramétricos tradicionais.
- Elaboração de plantas: Etapa que é dita artística, desenvolvida em escritório, onde os dados retirados do campo são processados e é feita sua representação em planta. Busca-se detalhar tudo aquilo que existe na área levantada, como rios, estradas, edificações, vegetação, assim como as curvas de nível que possibilitam visualizar o relevo da área.”

A mesma NBR 13133, no item 5.1, estabelece que o levantamento topográfico, destinado a quaisquer finalidades, deve conter no mínimo as seguintes etapas:

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

Considerando todas as etapas percebe-se uma quantidade grande de procedimentos a desempenhar para que os projetos a serem implantados na área levantada obtenham o suporte topográfico necessário. Os profissionais da área de topografia, os topógrafos, devem ser experientes e capazes de discernir os dados que são importantes coletar para determinado levantamento, de acordo com o fim a que se destinam.

Também ressalta-se a importância de considerar qual a precisão requerida, tanto na etapa de levantamento quanto na de elaboração das plantas. Tudo aquilo

que estiver representado será a base para projetos futuros, assim como toda a planta é desenhada com base no levantamento. Erros em quaisquer etapas levam a resultados negativos, implicando em custos elevados ou desnecessários.

Os levantamentos são feitos com o intuito de representar as feições do terreno em planta através do manuseio de dados oriundos de medições em campo. Sendo assim, podem ou não ser subdivididos quanto ao grau de informação que buscam retratar em: levantamentos planimétricos, altimétricos e planialtimétricos.

### 2.6.1 Levantamentos planimétricos

A ABNT NBR 13133 (1994), apresenta em seu item 3.14 a definição de levantamento topográfico planimétrico ou simplesmente levantamento planimétrico:

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.

Em suma os levantamentos planimétricos não tem por objetivo o trabalho com cotas ou altitudes, sendo concentrados os trabalhos no levantamento e representação da área apenas de forma plana, ou seja, planta. A mesma norma também conceitua outros pontos importantes no âmbito da planimetria, como os seguintes:

Apoio geodésico planimétrico, no item 3.3:

Conjunto de pontos, materializados no terreno, que proporciona aos levantamentos topográficos o controle de posição em relação à superfície terrestre determinada pelas fronteiras do país, referenciando-os ao *datum* planimétrico do país.

Paralelamente ao apoio geodésico, que consiste em uma rede de marcos implantados por exemplo, pelo IBGE, são implantados pelas equipes de topografia, os pontos de apoio topográfico, que são referências locais, utilizadas por uma obra ou levantamento em particular. O conjunto desses dá origem ao que a NBR 13133 define em seu item 3.26, como Poligonal:

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.

Existem alguns tipos de poligonais de apoio, que são frequentemente utilizadas em levantamentos e locação. Zimmermann (2015) define as poligonais da seguinte forma:

- Aberta: Quando o ponto de partida (O=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.

Considera-se ainda que uma poligonal pode ou não coincidir com os pontos notáveis da área a levantar, podendo ser interna, externa, ou seja, possuir vértices dentro e fora dessa mesma área.

Definida a poligonal que vai auxiliar no levantamento, devidamente referenciada, parte-se para o trabalho de campo propriamente dito, escolhendo-se os métodos, equipamentos e nível de detalhamento das plantas que serão elaboradas a partir desses.

### 2.6.2 Levantamentos altimétricos

A respeito dos levantamentos altimétricos a NBR 13133 (1994) traz algumas definições, como a do item 3.15, definindo levantamento altimétrico ou nivelamento como:

Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência, dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada.

Mesmo que a definição dada pela norma ressalte que o objetivo do levantamento altimétrico é a determinação de alturas relativas de pontos, é importante considerar que para um bom levantamento altimétrico se faz necessário um levantamento planimétrico prévio. Quando se procede a determinação das cotas de



uma série de pontos, é esperado que se tenha também suas posições em planta, para melhor compreensão daquilo que se quer representar.

A NBR 13133, em seu item 3.20, traz a definição de nivelamento geométrico ou nivelamento direto, que é aquele mais utilizado nos levantamentos e locação em geral:

Nivelamento que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos.

Ainda relacionado a levantamentos altimétricos, tem-se a definição de apoio geodésico altimétrico, no item 3.2:

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.

### 2.6.3 Levantamentos planialtimétricos

Segundo a NBR 13133 (1994), no item 3.16 a definição de levantamento topográfico planialtimétrico é a seguinte: “Levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural.”

Na maioria dos trabalhos de topografia se tem a necessidade desse tipo de levantamento, por fornecer todos os dados necessários para elaboração de projetos. Sendo assim, quando se fala em projeto e execução de obras, se fala em levantamentos planialtimétricos. O que se percebe atualmente é que praticamente todos os levantamentos são planialtimétricos, podendo ocorrer por exemplo, a divisão de um mesmo levantamento em duas etapas de execução: uma voltada a levantar a planimetria e outra voltada a altimetria. No entanto, o mais comum é que se façam os levantamentos em etapa única.

### 2.6.4 Levantamentos cadastrais

A definição de levantamento topográfico planimétrico cadastral dada pelo item 3.17 da NBR 13133 (1994), é a seguinte:

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.

Obviamente, pode-se concluir que a determinação da altimetria da área levantada será feita se necessário for, da mesma forma discutida anteriormente. No que se refere a obras, levantamentos cadastrais fidedignos são extremamente importantes, pois é de interesse conhecer todas as características da área que se está estudando ou elaborando projetos.

#### 2.6.5 Outros tipos de levantamentos

Existem outras maneiras de se proceder os mesmos levantamentos planialtimétricos ou cadastrais, que se diferenciam pela forma como os dados são obtidos no campo. Também pode variar a forma como são processados para elaboração das plantas e relatórios.

A fotogrametria, por exemplo, consiste em obter as formas topográficas do terreno através de levantamentos fotográficos aéreos, sendo por isso chamada de aerofotogrametria. Os levantamentos aerofotogramétricos são uma alternativa muito importante que existe para levantamento topográfico de uma área. Obviamente, esses levantamentos são de realização mais complexa e de maior custo do que a topografia convencional, sendo feitos geralmente em áreas maiores e casos específicos.

Vale considerar que a fotogrametria viabiliza muitos levantamentos, principalmente aqueles de grandes extensões, ou em áreas de difícil acesso, onde os métodos convencionais implicariam altos custos, longo tempo e até não realização do levantamento. Não será dada aqui grande ênfase às metodologias empregadas pela aerofotogrametria, ficando a discussão restrita apenas a ideia geral de que esse tipo de levantamento é amplamente utilizado e fornece suporte muito grande aos projetos de engenharia.

Também existem os levantamentos por meio de *laser scanner* que possibilitam a obtenção dos dados com boa precisão e detalhamento através do escaneamento da área por meio da emissão de feixes de raios *laser*, sendo também realizados voos para tal. A tecnologia empregada nestes levantamentos tem avançado rápido e vem produzindo resultados cada vez mais próximos das técnicas convencionais de

topografia. Atualmente, essa modalidade de levantamento encontra-se em processo de inserção do mercado, registrando crescimento constante, mas ainda não supera topografia e fotogrametria.

E ainda cabe ressaltar a importância dos levantamentos topobatimétricos. Zimmermann (2015) diz que o objetivo desses levantamentos é determinar o comportamento do relevo subaquático para poder representá-lo cartograficamente. Por meio de um levantamento topobatimétrico são obtidas as coordenadas, tanto planimétricas quanto altimétricas, de um conjunto de pontos distribuídos de forma homogênea na área estudada. É o tipo de levantamento mais empregado para estudos e projetos em regiões costeiras, travessia de rios, lagos ou qualquer caso similar.

## 2.7 Erros em medições

Em toda e qualquer medição que se realiza, erros são cometidos. Mesmo que mínimos, eles sempre estão presentes, cabendo aplicar as correções que se fizerem necessárias em cada caso. O mais importante é ter o conhecimento de sua existência e qual sua ordem de grandeza, seja dos métodos ou equipamentos que se está utilizando, podendo assim, julgar o que é mais adequado a cada situação.

A NBR 13133 (1994) traz algumas definições relacionadas, especificando, entre outros pontos, exatidão e precisão, respectivamente 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.

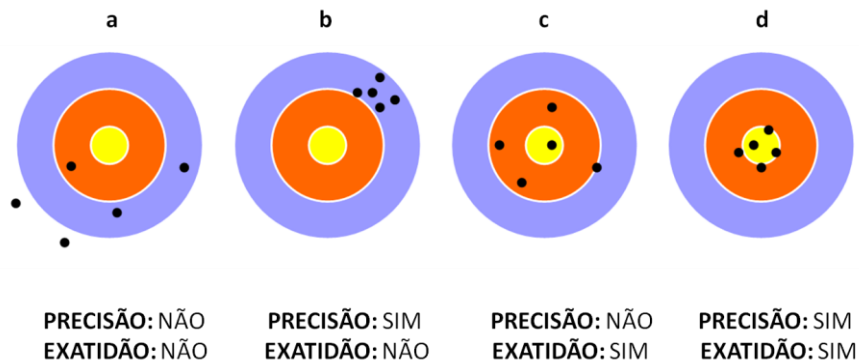
Precisão: Valores que expressam o grau de aderência das observações entre si.

A Figura 7 ilustra as diferenças entre precisão e exatidão, algo que para topografia é muito importante, principalmente no caso de trabalhos que exigem alto grau de confiabilidade nas medidas, garantindo as posições locadas. O nível de exigência dependerá das especificidades de cada caso.

Veiga et al. (2007), consideram que os erros possuem uma série de origens, sendo que no âmbito das medições realizadas em obra, podem ser oriundos de condições ambientais, instrumentais e pessoais. Aqueles oriundos das condições

ambientais são causados pelo vento, temperatura, etc. Isso implica, por exemplo, na variação do comprimento de uma trena com a variação da temperatura.

**Figura 7 - Exemplo comparativo entre precisão e exatidão.**



Fonte: Veiga, 2012.

Em termos instrumentais, são oriundos de imperfeições na construção dos equipamentos ou ajustes destes. A maior parte dos erros instrumentais pode ser reduzida por hábitos que detectem e controlem a sua existência, por meio de calibração e retificação, além de se adotar métodos de medição que possam mitigar o efeito dos erros. Já os erros pessoais são provocados por falhas humanas, como desatenção durante as medidas, cansaço, etc.

Veiga et al. (2007), também relatam que os erros com as origens anteriormente comentadas são ainda classificados como grosseiros, sistemáticos e aleatórios. Os erros grosseiros são devidos à leitura incorreta nos instrumentos, equívocos na identificação do alvo ou anotação incorreta de valores, etc. Uma forma de evitar esses erros é proceder a repetição de leituras durante a operação do equipamento.

Ainda segundo o mesmo autor os erros sistemáticos possuem a peculiaridade de poder ser determinada sua magnitude e sinal algébrico, pois são conhecidas as suas causas, por exemplo, o efeito da temperatura anteriormente citado. Eles ainda comentam a respeito dos erros aleatórios, que permanecem mesmo depois de tomadas as providências para mitigação dos erros anteriores. Esses não seguem nenhum tipo de regra e seu sentido de ocorrência é de difícil determinação, sendo que tendem a se neutralizar ao longo das medições.

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.

## **2.8 Equipamentos**

Os equipamentos em geral são muito importantes para o desenvolvimento dos trabalhos de topografia e para locação das obras. Ao longo das últimas décadas passaram por uma evolução tecnológica muito grande, surgindo novidades constantemente. A produtividade das equipes de campo também ganhou muito com isso, principalmente nos grandes projetos, onde o volume de trabalho é maior.

Desde os primeiros equipamentos que foram desenvolvidos até os dias atuais, muita coisa mudou. A tecnologia disponível atualmente possibilita que ao mesmo tempo em que se aceleram os processos, não se perca a confiabilidade dos resultados. Exemplo disso são as tecnologias GNSS, que muito agregaram às obras e projetos, quando possível utilizá-las.

Loch e Cordini (2000) relatam que os primeiros equipamentos, como o taqueômetro (nome mais técnico para o teodolito) surgiram durante o século XIX, resultado do aperfeiçoamento de equipamentos mais simples que já existiam. A partir da segunda guerra mundial a tecnologia passou a evoluir de forma muito rápida e com a topografia não foi diferente. A incorporação da eletrônica aos equipamentos, veio a acrescentar mais precisão, exatidão e maior produtividade aos processos, num cenário que ainda está em constante modificação.

Existem vários equipamentos disponíveis para serviços de topografia e locação. Cada um possui peculiaridades que o tornam mais adequado a determinado método, tipo de serviço ou nível de precisão requerido. A seguir, uma breve discussão sobre os principais equipamentos empregados na topografia de obras.

### 2.8.1 Teodolitos

O teodolito foi um dos primeiros equipamentos desenvolvidos para trabalhos de topografia, sendo largamente utilizado pelos profissionais da área para aplicações voltadas aos levantamentos, projetos e obras. Atualmente, pode se dizer que perdeu relativo espaço para outros equipamentos, o que se deve principalmente à questão da produtividade, sendo neste quesito, superado pelos instrumentos de medição eletrônica, como as estações totais.

No entanto, sua confiabilidade é notável, sendo que o relativo desuso depende do tipo de trabalho a executar. Para aqueles de alta precisão, como topografia industrial, montagem de equipamentos, entre outros, são praticamente insubstituíveis. Em serviços mais simples, que não envolvam muitas mudanças de posição do aparelho, também produzem resultados muito bons.

Para Espartel (1978) “o fato de possuir luneta possibilita versatilidade a esse equipamento, permitindo que seu raio de ação seja ampliado”.

Na Figura 8 tem-se um exemplo de teodolito de alta precisão.

**Figura 8 - Teodolito geodésico da marca Wild.**



Fonte: *Blog deHilster*, 2015.

É característica principal de um teodolito o fato de se poder medir com ele ângulos verticais e horizontais. Também é possível com alguns modelos fazer a medida indireta de distâncias ópticamente.

Segundo COMASTRI, 1992 (apud Loch e Cordini, 2000), “os principais componentes de um teodolito são os seguintes:

- Elementos de visada: Luneta que fornece a imagem, direta ou invertida, dependendo do tipo de equipamento.
- Elementos de leitura de ângulos: Nônio ou vernier que é um arco graduado adicional ao limbo com mesma curvatura, permitindo a leitura de frações do ângulo inteiro obtido pela leitura no limbo.
- Elementos de sustentação: Tripé telescópico, parafuso de fixação e plataforma do tripé, que possibilitam a instalação do aparelho em um ponto qualquer do terreno.
- Elementos de manobra: Parafusos calantes ou niveladores que permitem nivelar ou calar o teodolito; parafuso de movimento geral que fixa o limbo à base do teodolito e parafuso do limbo, que possibilita seu travamento.
- Elementos de ajuste: Parafusos de chamada do limbo horizontal e vertical, que são indispensáveis para que se faça a colimação do centro do aparelho com o objeto visado.
- Elementos acessórios: Níveis de bolha de ar destinados ao nivelamento do aparelho; fio de prumo ou prumo ótico ou laser; dispositivo de pontaria e bússola (em alguns teodolitos).”

A série de componentes listados é característica dos equipamentos óptico-mecânicos, porém outros equipamentos, como as estações totais e níveis, são similares aos teodolitos. Todos são capazes de fazer as diversas medidas necessárias ao levantamentos de campo. As diferenças residem na forma como isso se processa, mas os princípios básicos se mantem.

A NBR 13133 (1994) classifica os teodolitos segundo o desvio padrão de uma leitura angular observada em duas posições diferentes da luneta, conforme Tabela 1.

**Tabela 1 - Classificação dos teodolitos segundo a NBR13133.**

<b>Classe dos teodolitos</b>	<b>Precisão angular</b>
Precisão baixa	$\leq \pm 30''$
Precisão média	$\leq \pm 07''$
Precisão alta	$\leq \pm 02''$

Fonte: NBR 13133, 1994.

### 2.8.2 Estações Totais

As estações totais (Figura 9) são os equipamentos mais utilizados em levantamentos topográficos e locação de obras atualmente. Foram incorporadas ao meio da topografia a pouco menos de cinquenta anos, combinando, através dos avanços tecnológicos, as funcionalidades dos teodolitos com as da medição eletrônica de distância (MED).

Por meio delas é possível medir distâncias e ângulos de maneira rápida e confiável, restringindo em parte, a influência do operador no resultado das leituras, assim reduzindo os erros cometidos. As estações totais combinam as medidas angulares com as lineares, apresentando de maneira instantânea os valores desejados, como coordenadas, tornando desnecessário, ou muito reduzido, o uso de trena nos levantamentos.

**Figura 9 - Estação Total da marca Topcon - Modelo GPT-7500.**

Fonte: Empresa GPS SUL, 2015.



Loch e Cordini (2000) explicam de maneira simplificada o princípio de medição das estações totais. Estes, dizem que o mesmo se baseia na emissão de um sinal luminoso a partir da estação, que é refletido e retransmitido por parte de um refletor, comumente chamado de prisma (Figura 10). A distância entre ambos é determinada medindo-se a diferença de fase das ondas eletromagnéticas propagadas durante emissão e reflexão. O aparelho armazena o tempo decorrido nesse processo e estando programado com a velocidade de propagação do sinal que emite, calcula a distância entre os pontos em que estão a estação e o prisma.

Utiliza-se também um bastão telescópico, no qual está fixado o prisma, sendo este posicionado sobre os vários pontos a prumo, por meio de um nível de bolha circular acoplado ao bastão. Assim, é possível posicioná-lo sobre o ponto de maneira que os erros cometidos nesse procedimento sejam aceitáveis.

**Figura 10 - Prisma da marca Leica - Modelo GPR121.**



Fonte: Marca Leica, 2015.

Recentemente surgiram estações totais capazes de fazer as medições sem a presença de um prisma refletor. Esses equipamentos são utilizados geralmente para levantamentos cadastrais, aumentando a rapidez e facilitando a medição de pontos, por exemplo, em quinas de edificações. Também se aplicam a pontos em locais inacessíveis, para estimativa de volumes, altura de edificações, além de reduzir o número de pessoas trabalhando no levantamento.

As estações também são capazes de apresentar os resultados da medição em termos de coordenadas, ângulo e distância ou de outras maneiras que variam de acordo com o equipamento. Uma outra facilidade é a sua integração com os microcomputadores, onde se pode fazer duplo trânsito de dados (estação computador e vice-versa). Isso facilita muito o processamento de dados que podem ser transferidos diretamente para planilhas eletrônicas ou *softwares* de desenho arquitetônico e topográfico.

Para a locação, uma das grandes vantagens é poder fazê-la de forma rápida e já georreferenciada, onde se pode importar para o equipamento dados de coordenadas oriundas do projeto e implantá-las em obra. As estações totais possibilitam rapidez nas medições, facilidade de operação e são equipamentos precisos, encontrando-se, geralmente, dentro dos limites requeridos pelas aplicações de engenharia.

A NBR13133 classifica as estações totais de acordo com o desvio padrão relativo a precisão nas medidas angulares e lineares deste tipo de equipamento, de acordo com a Tabela 2.

**Tabela 2 - Classificação das estações totais segundo a NBR13133.**

<b>Classe de estações totais</b>	<b>Precisão angular</b>	<b>Precisão linear</b>
Precisão baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm 5\text{mm} + 10 \text{ ppm}$
Precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm 5\text{mm} + 5 \text{ ppm}$
Precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm 3\text{mm} + 3 \text{ ppm}$

Fonte: NBR 13133, 1994.

Apesar das vantagens, é consenso no meio técnico que apesar de serem equipamentos de alta qualidade e confiabilidade, devem ser tomadas as precauções necessárias para que os erros possivelmente propagados sejam de alguma forma mitigados ou evitados. É preciso que se conheça as condições de funcionamento do equipamento a fim de estabelecer meios de controlar qual a sua precisão de maneira periódica. No Brasil a NBR 13133, anteriormente comentada, estabelece padrões para o uso de estações totais, assim como para outros equipamentos.

### 2.8.3 Níveis

Os níveis são equipamentos também similares aos teodolitos, porém seu uso é restrito às operações de nivelamento, sendo ideais para esse fim. Em geral, não se tem níveis com eletrônica tão avançada como nas estações totais, porém tem se tornado frequente o uso de níveis eletrônicos. Isso se deve à maior velocidade de trabalho proporcionada por eles, que através de leituras em miras com códigos de barras, tornam o processo mais rápido.

Aqui também vale a consideração de que se deve prever qual a classe de precisão de equipamento necessária para o trabalho que se quer desenvolver. Tem-se níveis extremamente precisos, como o da Figura 11, até outros de menor precisão como os eletrônicos, anteriormente citados.

**Figura 11 - Nível geodésico da marca *Wild* – Modelo N3 96979.**



Fonte: Furtado Schmidt Sistemas e Equipamentos Topográficos, 2015.

Para os níveis também é feita classificação quanto à precisão, pela mesma NBR 13133, conforme Tabela 3. Ressalta-se que essa classificação se dá segundo o desvio-padrão ocorrido em 1 quilômetro de duplo nivelamento, ou como é dito no meio técnico, nivelamento e contranivelamento.

**Tabela 3 - Classificação dos níveis segundo a NBR 13133.**

<b>Classe dos níveis</b>	<b>Desvio-padrão</b>
Precisão baixa	$> \pm 10$ mm/km
Precisão média	$\leq \pm 10$ mm/km
Precisão alta	$\leq \pm 3$ mm/km
Precisão muito alta	$\leq \pm 1$ mm/km

Fonte: NBR 13133, 1994.

#### 2.8.4 Equipamentos GNSS

O Sistema Global de Navegação por Satélite, na sigla inglesa GNSS, tem ganhado muita notoriedade nos últimos anos. Estes equipamentos (Figura 12) possuem produtividade elevada, podendo atribuir coordenadas precisas ao ponto onde estão posicionados. O princípio fundamental de funcionamento é a navegação e processamento dos dados para determinação de coordenadas dos pontos sobre a superfície terrestre, ocorrendo isso por meio da troca de informações entre constelações de satélites específicas e os referidos equipamentos.

Para tanto a qualidade do sinal recebido pelos equipamentos, no ponto a levantar, deve receber a devida atenção. O IBGE recomenda que o horizonte em torno da antena esteja desobstruído acima de 15 graus. Também diz que a área situada a 50 metros da estação deve estar livre de estruturas artificiais, particularmente paredes metálicas, cercas ou superfícies naturais de vegetação. Ainda recomenda evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas, radares, antenas rádio-repetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem, por representarem fontes de interferência.

Zimmermann (2015) comenta que as coordenadas geradas são georreferenciadas globalmente, possibilitando que por toda a extensão do país ou do mundo os levantamentos sejam feitos a partir da mesma referência, por exemplo o sistema UTM.

Uma de suas grandes vantagens é o levantamento de um ponto isoladamente, por assim dizer. O fato é que o equipamento pode realizar a coleta de dados sobre um ponto sem a necessidade da visada em outro, que seja a referência, algo que é fundamental em outros equipamentos, como a estação total.

**Figura 12 - Equipamento GNSS da marca Leica.**



Fonte: Grupo Acre Topografia, 2015.

Para levantamentos e locação tem se tornado frequente o uso dos equipamentos que recebem sinal de múltiplas constelações de satélites, como a americana *GPS*; da europeia *GLONASS* e da russa *GALILEU*. Ambas foram implementadas com objetivos militares, mas atualmente são empregadas para fins civis, como as aplicações de engenharia.

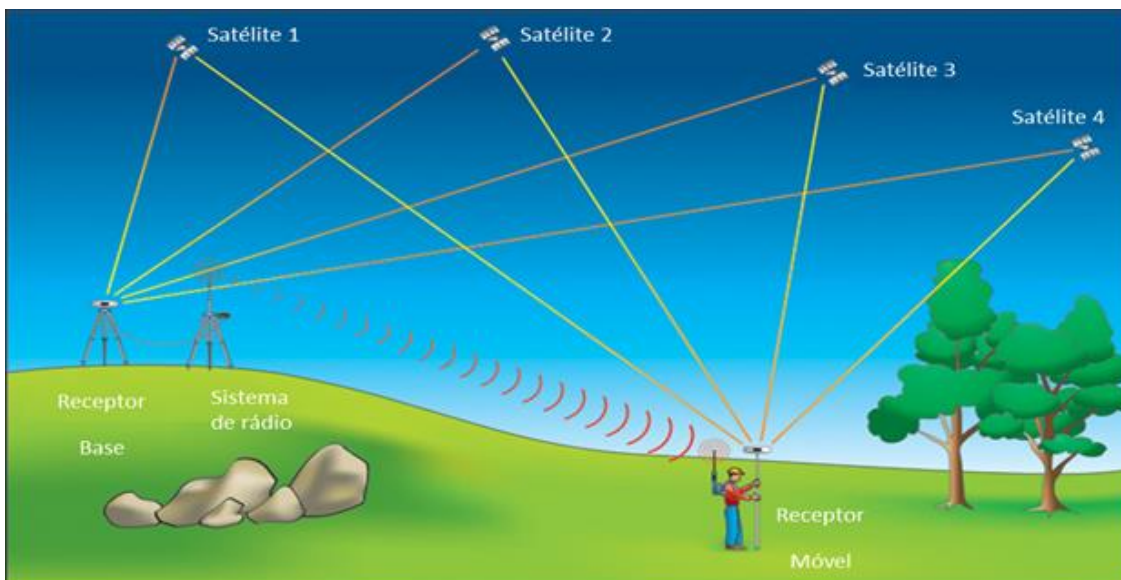
Também existem diferentes possibilidades para realização dos levantamentos e locações com *GNSS*. Para levantamentos um dos mais utilizados é o método estático, que necessariamente exige dois equipamentos rastreando simultaneamente. O primeiro deles, chamado comumente de estação Base, estará posicionado sobre um ponto com coordenadas conhecidas, e o segundo, estação Móvel, estará posicionado sobre o ponto cujas coordenadas se deseja determinar. Após os levantamentos será feito processamento dos dados através de *software* específico e determina-se a coordenada do ponto.

Atualmente, o IBGE vem implementando a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), onde equipamentos fazem rastreamento contínuo e se comunicam ou disponibilizam os dados para os usuários, fornecendo amplo suporte para os trabalhos com *GNSS* em geral. Nesse caso, o levantamento poderá ser feito com um só equipamento, o móvel, algo que facilita muito o trabalho dos profissionais da área. Os dados do rastreamento simultâneo na estação de base podem ser obtidos no *site* do IBGE, no momento do processamento.

Também está em crescente uso, principalmente na locação de obras, a técnica *Real Time Kinematic (RTK)*. Nesse caso, são empregados também dois equipamentos, o Base em ponto estacionário de coordenadas conhecidas e, o móvel que fará coleta ou locação dos pontos. Os equipamentos dessa classe (classe geodésica) são capazes de receber sinal de satélite de outras constelações, aumentando sua precisão, que em boas condições vai a menos de 1 centímetro.

Além disso, os dois receptores trocam dados via rádio, possibilitando correções em tempo real, sendo esse um dos pontos chave para seu ótimo grau de precisão. Na Figura 13 tem-se a ilustração do funcionamento dos GNSS em modo *RTK*.

**Figura 13 - Funcionamento dos equipamentos GNSS em modo *RTK*.**



Fonte: Agrimensor do Futuro, 2015.

Ainda vale considerar que por meio da mesma RBMC o IBGE disponibiliza o serviço de *RTK* em rede via *Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)*. Por meio dele os levantamentos no modo *RTK* podem ser feitos sem uma estação de base própria, utilizando-se aquelas da RBMC. Em Florianópolis existe uma estação da RBMC, tal qual foi anteriormente comentada. A SCFL (sigla para Santa Catarina - Florianópolis) está instalada na estação SAT91852, bairro Trindade, sobre o prédio da Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), podendo ser vista sua antena na Foto 1. Próximo a ela está construída a

estação SAT 91851 (Foto 2), também do IBGE, ficando essa disponível para a realização de trabalhos por parte dos profissionais da área.

**Foto 1 - Estação SAT 91852 do IBGE.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Foto 2 - Estação SAT 91851 do IBGE.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 2.8.5 Acessórios

Além dos equipamentos já citados existem alguns outros que também são comumente utilizados. De maneira geral, funcionam como acessórios durante os levantamentos ou locação, salvo casos específicos. Eles representam baixo custo, sendo barata sua aquisição e, é recomendado tê-los sempre disponíveis nas frentes de serviços, para eventuais necessidades.

Citam-se como exemplo as trenas, níveis de cantoneira, balizas, prumo para centragem, além daqueles que já são utilizados em conjunto com os equipamentos de topografia, como tripés, guarda-sol, entre outros. Seguem exemplos nas Figuras 14 e 15.

**Figura 14 - Trena.**



Fonte: Empresa Embratop, 2015.

**Figura 15 - Nível de Cantoneira.**



Fonte: Empresa Embratop, 2015.



## 2.9 Aferição e operação dos equipamentos

Assim como escolher os equipamentos adequadamente, é necessário que se tome uma série de precauções durante seu uso. Eles não devem ser submetidos às intempéries, como sol intenso ou chuvas, devem ser transportados adequadamente, não sendo submetidos a choques e ser operados com a devida sutileza, pois são relativamente sensíveis.

Como todo instrumento de medida, devem ser aferidos periodicamente, por profissional habilitado, que fará emissão de certificados de aferição, garantindo a operação do aparelho dentro da precisão que informou o fabricante, pelo tempo determinado. É também recomendado que o operador proceda, diariamente antes de iniciar seu expediente, medidas de distâncias e ângulos conhecidos, para que tenha noção da situação atual de seu aparelho e o encaminhe para aferição ao sinal de qualquer discrepância mais significativa. Essa prática pode soar irrelevante, porém acaba prevenindo eventuais equívocos, que podem representar grandes custos e atrasos na obra ou serviço.

As condições do ambiente na obra durante a execução do trabalho também devem receber grande atenção. O vento, atrapalha em muito e chega a inviabilizar muitos trabalhos, especialmente quando os equipamentos são de precisão mais refinada, como níveis e teodolitos geodésicos. Fica claro para o operador que quando ele está soprando demasiadamente forte, o aparelho não estabiliza e por isso não é possível fazer os ajustes finos para proceder as leituras de forma confiável, sendo o mesmo válido para miras e prismas.

Loch e Cordini (2000) ressaltam que “os fabricantes adotam condições padrão para as variáveis do ambiente, dentre elas: temperatura do ar seco, pressão atmosférica, percentagem de gases misturados na atmosfera. Essas são praticamente impossíveis de repetir em campo”.

Assim cabe ao profissional o bom senso para proceder as correções desses parâmetros, alterando seus valores no equipamento ou nos cálculos que vier a fazer. Caso necessário, deve-se optar por não realizar o levantamento ou locação naquela condição.

## 2.10 Normas técnicas aplicáveis

A engenharia civil possui uma gama muito grande de normas técnicas e manuais que apontam recomendações para projetos e obras nas suas diversas áreas. No âmbito dos assuntos discutidos no presente trabalho, a consulta a esses materiais deve ser feita com o intuito de buscar recomendações quanto às boas práticas de elaboração dos projetos, quais as diretrizes, as tolerâncias ou erros admissíveis e quais os métodos recomendados ou exigidos.

Na busca por estas recomendações podem ser consultados:

- Manuais de Projeto, Construção e Manutenção de obras dos órgãos públicos Federais, Estaduais e Municipais;
- Normas de concessionárias de serviços públicos ou da iniciativa privada;
- Normas da ABNT, IBGE, outros;
- Códigos, Leis, Decretos, Portarias governamentais;

Como exemplo cita-se o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que elabora manuais técnicos visando orientar os projetistas e empresas. No caso do DNIT dispõe-se desses em sua página na *internet*, podendo ser consultados para projetos de infraestrutura de transporte, quando da elaboração dos projetos geométrico, de terraplenagem, pavimentação e demais.

Durante a elaboração do presente trabalho consultaram-se as normas técnicas da ABNT que são brevemente descritas a seguir.

### 2.10.1 ABNT NBR 13133

A já citada ABNT NBR 13133 - Execução de Levantamentos Topográficos é a norma técnica que rege os trabalhos de topografia em geral, sendo que algumas das definições contidas na mesma já foram citadas. A versão consultada nesta pesquisa foi a de 1994. Em relação ao seu objetivo central, é descrito em seu item 1 que ela busca o seguinte:

Fixar as condições exigíveis para a execução de levantamento topográfico destinado a obter: a) conhecimento geral do terreno: relevo, limites, confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento; b) informações sobre o terreno destinadas a estudos preliminares de projetos; c) informações sobre o terreno destinadas a anteprojetos ou projetos básicos; d) informações sobre o terreno destinadas a projetos executivos.

Além disso, considera também o seguinte:

As condições exigíveis para a execução de um levantamento topográfico devem 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.

Essa norma surgiu das necessidades da área, que passou por grande crescimento e que até o ano de sua publicação, em 1994, ainda não possuía normatização técnica. Visa claramente as boas práticas relativas à execução propriamente dita dos levantamentos. No presente ano de 2015, encontra-se em processo de revisão, para publicação de versão atualizada em um futuro próximo.

#### *2.10.2 ABNT NBR 14166*

A NBR 14166 - Rede de Referência Cadastral Municipal, versão 1998, traz algumas definições já contidas na NBR13133, além de incorporar outras novas de modo que as duas se complementam. Diferentemente da norma anterior, essa norma concentra-se naquilo que é relativo ao planejamento e suporte aos levantamentos, através da implantação da rede de pontos de apoio, que irá servir para os diversos trabalhos de engenharia.

Assim, a mesma traz em seu item 1, a descrição do objetivo principal, como sendo:

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, de um modo geral, todos os serviços de topografia, visando as incorporações às plantas cadastrais do município; c) referenciar todos os serviços topográficos de demarcação, de anteprojetos, de projetos, de implantação e acompanhamento de obras de engenharia em geral, de urbanização, de levantamentos de obras como construídas e de cadastros imobiliários para registros públicos e multifinalitários.

#### *2.10.3 ABNT NBR 15309*

A NBR 15309 - Locação Topográfica e Acompanhamento Dimensional de obra Metroviária e Assemelhada, versão 2005, é uma norma diretamente voltada para

locação. Está diretamente relacionada a NBR 13133 e a NBR 14166, porém concentra-se nas obras metroviárias. Seu objetivo é descrito no item 1:

Fixar os requisitos exigíveis para a locação topográfica e acompanhamento dimensional de obra metroviária e assemelhada em vala a céu aberto, túnel, estação, superfície e elevador, destinada a: a) apoiar a construção e atualizar o cadastro de obras metroviárias e assemelhadas; b) controlar os serviços topográficos de cadastramento, anteprojeto, projeto, implantação, acompanhamento e levantamento de obras como construídas (*as built*) no sistema metroviário e assemelhadas; c) servir de parâmetro para todos os serviços de topografia, os quais envolvem obras referentes ao sistema metroviário e assemelhadas.

Essa norma é uma das poucas especificamente voltadas à locação de obras. Apesar de ficar restrita às obras metroviárias, aquilo que apresenta pode ser aproveitado para obras e situações similares. A locação de túneis, por exemplo, pode ser encarada como uma das mais complexas operações entre as obras de engenharia, pois se trabalha com poligonais abertas, sem fácil visibilidade para marcos ou quaisquer referências externas. Sendo assim, é compreensível que tenham sido o primeiro tipo de obra a receber uma norma técnica específica.

#### 2.10.4 ABNT NBR 14931

Conforme exposto em seu item 1.1, a NBR 14391 - Execução de Estruturas de Concreto:

Estabelece os requisitos gerais para a execução de estruturas de concreto. Em particular, esta Norma define requisitos detalhados para a execução de obras de concreto, cujos projetos foram elaborados de acordo com a ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.

A versão consultada foi a de 2004, sendo que em relação à locação, nesta norma são encontradas algumas recomendações a respeito de cuidados que devem ser tomados quando da execução da estrutura, para que não haja prejuízo ao seu bom funcionamento estrutural e seja garantida a segurança de acordo com os critérios adotados no projeto.

No item 9.2, cuidados preliminares, são feitas algumas considerações, como as de 9.2.1, relativas a execução das fôrmas:

Antes do lançamento do concreto devem ser devidamente conferidas as dimensões e a posição (nivelamento e prumo) das fôrmas, a fim de assegurar que a geometria dos elementos estruturais e da estrutura como um todo estejam conforme o estabelecido no projeto, com as tolerâncias previstas nesta norma.

A respeito das tolerâncias é especificado em 9.2.4 que:

A execução das estruturas de concreto deve ser a mais cuidadosa, a fim de que as dimensões, a forma e a posição das peças e as dimensões e posição da armadura obedeam às indicações do projeto com a maior precisão possível. Devem ser respeitadas as tolerâncias estabelecidas nesta norma, caso o plano da obra, em virtude de circunstâncias especiais, não as exija mais rigorosas.

Vale ressaltar que o correto posicionamento dos elementos estruturais quando da execução é extremamente importante, pois o dimensionamento da estrutura considerou valores limites para os desvios de posição desses elementos, que devem ser respeitados na execução. A norma estabelece que para os elementos estruturais, a tolerância na posição dos eixos é de  $\pm 5$  mm. A tolerância individual de desaprumo e desalinhamento de elementos estruturais lineares deve ser menor ou igual a  $L / 500$  ou 5 mm, adotando-se o maior valor, sendo L o comprimento da peça.

#### *2.10.5 ABNT NBR 8798*

O objetivo especificado pela NBR 8798 - Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto, versão 1985, em seu item 1 é o seguinte:

Fixar as condições exigíveis que devem ser obedecidas na execução e no controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, não armada, parcialmente armada e armada. Além das condições desta Norma, devem ser obedecidas as de outras normas especiais citadas e as exigências peculiares a cada caso. A tecnologia de que trata esta Norma, bem como suas restrições, devem ser mencionadas nos memoriais das incorporações.

Naquilo que concerne a locação, em 4.2.5 são especificadas as condições para assentamento dos blocos, fazendo considerações a respeito de nivelamento, alinhamento e prumo. Entre outros pontos é dito que a base para assentamento da alvenaria deve ser executada plana e em nível, exigindo-se que a discrepância do plano horizontal seja inferior a 0,5 cm em 2 m. Deve-se fazer fixação de fios em guias perfeitamente aprumadas nas extremidades das paredes para alinhamento das mesmas e, estas guias devem ser niveladas por processo satisfatório.

As tolerâncias máximas de nivelamento, alinhamento e prumo são as especificadas em 5.1.3, conforme Tabela 4.

**Tabela 4 - Tolerâncias dimensionais especificadas pela NBR 8798.**

<b>Fator</b>		<b>Tolerância</b>
Junta horizontal	Espessura	$\pm 3$ mm
	Nível	$\pm 2$ mm/m $\pm 10$ mm no máximo
Junta vertical	Espessura	$\pm 3$ mm
	Alinhamento vertical	$\pm 2$ mm/m $\pm 10$ mm no máximo
Alinhamento da parede	Vertical	$\pm 2$ mm/m $\pm 10$ mm no máximo por piso $\pm 25$ mm na altura total
	Horizontal	$\pm 2$ mm/m $\pm 10$ mm no máximo
Superfície superior das paredes portantes	Variação no nível entre Elementos de piso adjacentes	$\pm 1$ mm/m
	Variação no nível dentro da largura de cada bloco isoladamente	$\pm 1,5$ mm

Fonte: NBR 8798, 1985.

### 2.10.6 Outras normas técnicas

Além das normas anteriormente discutidas tem-se algumas outras que sempre devem ser consultadas em busca das tolerâncias que estabelecem e aquilo que especificam. Pode-se citar a ABNT NBR 6122 - Projeto e Execução de Fundações; ABNT NBR 8800 – Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios; ABNT NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira;

### **3 LOCAÇÃO DE OBRAS**

#### **3.1 Diretrizes para locação de obras**

Baseando-se naquilo que é apresentado pela bibliografia e no acompanhamento de obra foram listadas algumas diretrizes relacionadas com as boas práticas da locação de obras. Para orientação podem ser consultadas às normas vigentes, entre elas, as anteriormente discutidas, que trazem uma boa orientação. Os manuais disponibilizados pelos órgãos competentes podem ser interpretados da mesma maneira. O IBGE também aparece como uma fonte de consulta muito importante para apoio, tanto teórico quanto prático.

As empresas executoras de obras e os profissionais que nelas atuam, pela experiência que possuem, também são muito importantes na tomada de decisão, pois com o conhecimento adquirido nas obras executadas conseguem identificar situações potencialmente problemáticas e tomar as devidas precauções.

A seguir segue uma série de diretrizes que foram elaboradas com base nas considerações feitas pelos profissionais consultados, naquilo que foi visto no acompanhamento das obras e na consulta a bibliografia disponível.

##### *3.1.1 Georreferenciamento*

Trabalhar com plantas topográficas georreferenciadas é essencial, sendo que atualmente é algo comum para quaisquer projetos. Em termos de cadastro de imóveis é inclusive uma exigência de lei, a 10.267, de 28 de agosto de 2001. Nos tempos atuais tem se tornado mais fácil o georreferenciamento dos trabalhos de topografia, pois tem-se disponíveis as tecnologias GNSS, o SGB, e grande disponibilidade de dados que podem ser facilmente consultados via *internet*, nos sites do próprio IBGE, ou de empresas que prestam serviços na área. Também, a facilidade de acesso aos equipamentos e relativa redução de seu preço, fazendo com que muitos profissionais possam adquirir ou alugar equipamentos para prestar seus serviços.

### 3.1.2 Documentação de projeto

A documentação é de suma importância para qualquer projeto, não somente em topografia mas em qualquer trabalho aplicável à engenharia. Quanto mais detalhamento e clareza tiverem as plantas e relatórios, menores serão as chances de erros e maior a qualidade contida. Os relatórios devem especificar todas as premissas que foram adotadas na execução dos levantamentos, uma vez que serão consultados pelos projetistas, que por sua vez não realizaram o levantamento. Assim devem ser de fácil interpretação e compreensão.

O mesmo raciocínio estende-se para as plantas, que devem ser elaboradas detalhadamente, adotando convenções topográficas adequadas. Segundo Loch e Cordini (2000), “os seguintes elementos são indispensáveis em uma planta topográfica:

- Linhas indicativas dos limites políticos e particulares.
- Posição relativa dos acidentes naturais e artificiais.
- Direção e comprimento dos alinhamentos levantados.
- Localização de marcos topográficos existentes ou implantados.
- Identificação dos proprietários limítrofes.
- Representação do relevo indicando elevações e depressões.
- Representação da hidrografia e vegetação existente.
- Legenda completa indicando: nome do proprietário, localização da área, data de elaboração, sistema de unidades e escala do desenho, nome do responsável técnico com respectivo registro profissional.
- Legenda contemplando a simbologia adotada.
- Orientação topográfica completa, com indicação das posições relativas dos meridianos magnético e verdadeiro, e
- Croquis de campo, memórias de cálculo e demais anexos que tenham sido gerados”.

No caso específico da locação, por ser de extrema importância para a obra, como um serviço inicial e que dá subsídio para execução de outros, é ideal que sejam elaboradas plantas específicas, de fácil leitura, mostrando tudo aquilo que o projetista deseja que se execute na obra. É extremamente importante elaborar tabelas de coordenadas, ou outras formas de orientação em campo, para fácil locação das



estruturas projetadas. Assim, o projetista também apresenta de forma explícita os pontos que considera como chaves para ser locados, deixando pouco espaço para possíveis improvisações.

Citam-se como exemplo os casos de rodovias, onde se tem as diversas estacas do projeto, pontos de curva, inflexão e tangente, entre outros. No caso dos túneis, tem-se os pontos que materializam o eixo do túnel, podendo descrever uma linha reta ou uma curva, possuir inclinação ou não. Nas obras de usinas hidrelétricas é comum identificar todos os pontos onde haja cruzamento de eixos, dos canais, barragem e demais estruturas.

### 3.1.3 Marcos topográficos de apoio

Implantar marcos topográficos de apoio na obra é fundamental para desenvolvimento dos trabalhos. Estes devem estar referenciados ao SGB, o que garante uma orientação de qualidade para os trabalhos. A implantação destes marcos varia muito de obra para obra, sendo o seu tipo escolhido de acordo com as necessidades que se tenha.

A ABNT, através da Norma Brasileira NBR13133, define o SGB como:

Conjunto de pontos geodésicos descritores da superfície física da Terra, implantados e materializados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país, com vistas às finalidades de sua utilização, que vão desde o atendimento a projetos internacionais de cunho científico, passando pelas amarrações e controles de trabalhos geodésicos e cartográficos, até o apoio aos levantamentos no horizonte topográfico, onde prevalecem os critérios de exatidão sobre as simplificações para a figura da Terra.

A norma também define, em seu item 3.4, o que é apoio topográfico: “Conjunto de pontos planimétrico, altimétrico, ou planialtimétrico, que dão suporte ao levantamento topográfico.”

O IBGE, através da Diretoria de Geociências (DGC) e da Coordenação de Geodésia (CGED), disponibiliza a Norma de Padronização de Marcos Geodésicos, que tem por objetivo apontar instruções para construção dos marcos e pilares das estações geodésicas, principalmente aquelas que vierem a compor o SGB.

Tudo que é descrito aqui foi baseado nas especificações da referida norma, que a respeito das condições que devem ser procuradas para o local onde serão implantados os marcos, diz o seguinte:

- Horizonte desobstruído acima de 15 graus em relação ao ponto de referência que materializa a estação.
- Evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas, radares, antenas de rádio, repetidoras e linhas de transmissão de alta voltagem, por representarem fontes de interferência para os sinais de satélite.
- A área situada a 100 m da estação deve estar livre de estruturas artificiais, particularmente 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.
- Evitar localidades próximas a árvores e vegetação densa.

Conseguir cumprir todas essas exigências é relativamente complexo, porém garante confiabilidade durante o uso dos marcos nas obras e levantamentos. Também segundo a norma, “a identificação das estações geodésicas pode ser feita de três maneiras:

- Chapa cravada em superfície estável já existente no local.
- Marco ou pilar de concreto com chapa incrustada no seu topo;
- Pilar de concreto com dispositivo de centragem forçada incrustado no topo e chapa cravada na lateral. “

Ela também prevê que nos três casos, a estação geodésica deve ser identificada pelas inscrições padronizadas estampadas em chapas, conforme Figura 16.

**Figura 16 - Modelo de chapa metálica para identificação de marcos topográficos e geodésicos.**



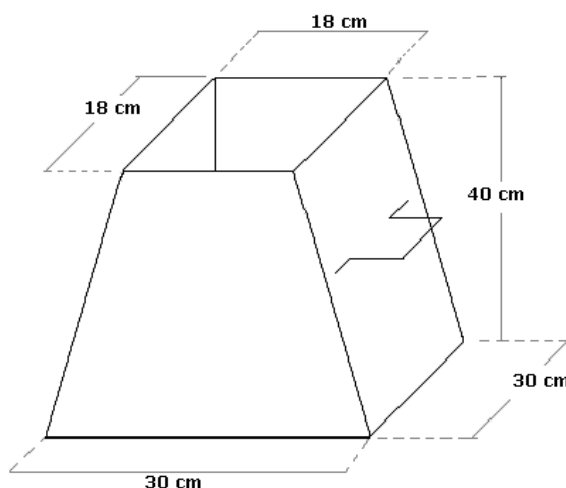
Fonte: IBGE, 2008.

No âmbito das obras é mais comum a utilização dos marcos em formato tronco piramidal, que de acordo com a mesma norma devem obedecer o seguinte padrão:

- Formato de tronco de pirâmide.
- Base quadrangular de 30 cm de lado.
- Topo quadrangular de 18 cm de lado.
- Altura de 40 cm.

As mesmas chapas que fazem a identificação nesse tipo de marco servem para materialização daquela que é a posição exata do ponto, assim como sua cota (E,N,Z). Este ponto está no centro da chapa, no centro do triângulo gravado na mesma. A Figura 17 mostra o esquema padrão para os marcos comentados:

**Figura 17 - Dimensões padronizadas para marcos topográficos e geodésicos.**



Fonte: IBGE, 2008.

Quanto à implantação propriamente dita, a norma especifica a fabricação prévia do marco, em concreto de resistência adequada, com fôrmas de madeira ou metálicas, nas dimensões já listadas. A chapa deve ser preferencialmente fixada no topo do marco após a concretagem do molde, assim que o concreto adquirir consistência adequada. Para implantação no terreno orienta para que seja feito o seguinte:

- Abertura de uma cava com 50 cm de lado até uma profundidade de 20 cm.
- Reduzir a dimensão do lado da cava para 40 cm, acrescentando à profundidade inicial 80 cm.
- Introduzir concreto até uma altura que diste 7 cm da borda da cava.

- Assentar o marco e preencher o restante da cava com concreto.

Para devida proteção do marco é recomendada a criação de algum tipo de barreira física, que impeça choques indesejados. Isso pode ser feito através da implantação de tubos de *PVC* preenchidos com concreto, tendo estes aproximadamente 1,0 a 1,2 metros acima do nível do solo e estando afastados em 1,5 metros do marco.

Também podem ser utilizados os dispositivos de centragem forçada, que conferem maior estabilidade aos aparelhos quando neles instalados, por dispensarem o uso de tripé. Ainda possuem a vantagem de a instalação ser feita sempre na mesma posição, quando em levantamentos que necessitam de várias campanhas de medição ou rastreio.

Geralmente os dispositivos são instalados sobre pilares de concreto, especialmente construídos para este fim. Seu emprego mais comum é na materialização dos vértices do SGB ou da RBMC. Ainda podem ser utilizados em obras onde ocorra o uso constante do marco, como hidrelétricas, rodovias, pontes, etc.

A construção propriamente dita também possui algumas recomendações por parte do IBGE, que irá exigir a padronização quando o marco se destinar a RBMC ou ao SGB. Nos casos de aplicação a obras, as dimensões e processo construtivo geralmente são menos conservadoras.

O que diz a Norma de Padronização de Marcos Geodésicos sobre a construção, é algo similar aos marcos em formato tronco piramidal. São constituídos por concreto, que deve ter o mesmo traço do caso anterior e ser manuseado da mesma forma.

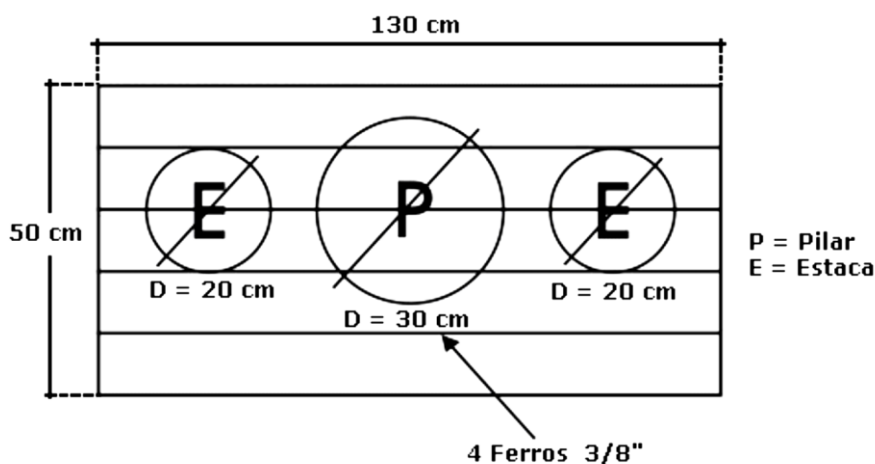
Com relação as dimensões, a norma especifica o seguinte:

- Formato cilíndrico;
- Diâmetro de 30 cm;
- Altura de 1,30 m;
- Base retangular com 1,30 m x 1,00 m;
- Base superior de alumínio ou similar com dispositivo de centragem forçada (disco) ou com pino ou parafuso de centragem forçada;

A forma para a construção do pilar deverá ser de *PVC*, de formato cilíndrico, com 0,30 m de diâmetro e 1,30 m de altura. A construção é feita integralmente *in loco*,

começando pela escavação de uma cava de aproximadamente 1,30 m x 50 cm de lado, com profundidade de 60 cm, que constituirá uma espécie de *radier*. A aproximadamente 20 cm da ponta da cava retangular deve-se abrir com trado de 20 cm de diâmetro uma nova cava até encontrar solo resistente ao mesmo, conforme Figura 18.

Figura 18 - Vista da escavação em planta.



Fonte: IBGE, 2008.

Todo o conjunto, estacas, *radier* e pilar, deve ser armado com barras de aço de 10mm (3/8 de polegada), convenientemente amarradas com arame recozido umas nas outras. A concretagem se dá em duas etapas, sendo primeiro a das estacas e do *radier* e, a segunda após o posicionamento da forma do pilar, seu nivelamento e conferência de prumo.

Após a concretagem, deve ser colocado no topo do marco um disco de imbuia das mesmas dimensões do disco definitivo de alumínio, com os parafusos necessários para posterior fixação do disco definitivo ou, forma de PVC de 1/2 polegada para posterior fixação do pino ou parafuso de centragem forçada. Todas as formas devem ser retiradas assim que for possível, geralmente 7 dias após a concretagem.

Após a retirada da forma será colocado o disco de alumínio definitivo, o qual será fixado pelos parafusos com rosca ou o pino / parafuso de centragem forçada, que será nivelado por equipamento específico e fixado com epóxi especial para aço/concreto. Ainda recomenda-se a execução de pintura, sendo a cor padrão o laranja e, fixação de chapa, com a mesma configuração já citada, na face lateral do marco, a aproximadamente 1 metro de altura. Assim o mesmo estará com sua parte construtiva

finalizada e poderá ser feita a determinação de suas coordenadas e iniciado seu uso. O marco da Foto 2, anteriormente mostrada, é um exemplo.

Todas as considerações a respeito dos marcos levam ao objetivo maior da implantação desses, que é fornecer apoio topográfico de qualidade para quaisquer trabalhos de topografia e locação, em quaisquer obras. Existem ainda algumas variações em relação aos dois tipos principais de marcos que foram descritos, podendo ser utilizados quando a equipe julgar adequados. Para os casos estudados verificou-se a predominância dos marcos de centragem forçada, por serem o tipo os mais confiáveis entre todos.

Com relação a quantidade de marcos, é uma decisão que depende muito da obra, sendo geralmente limitada pelo comprimento das visadas e também pela possibilidade da propagação de erros. A respeito da sua utilização considera-se que são empregados na instalação de equipamentos e paralelamente a orientação dos mesmos. Também para levantamentos topográficos da área, destinados a qualquer tipo de estudo ou projeto. A aparecem em todas as plantas da área que vierem a ser elaboradas, fazendo a conexão entre o projetado em planta e o realidade encontrada no terreno.

#### *3.1.4 Escolha dos equipamentos*

Conforme visto anteriormente, mostra-se de suma importância a escolha dos equipamentos que serão utilizados nos levantamentos ou na locação. Essa escolha irá depender do porte da obra, do serviço a executar, da precisão requerida, da empresa executora, entre outros. Atualmente, com a evolução tecnológica constante, muitas são as novidades apresentadas no mercado de equipamentos, restando aos executores de obras tomar a decisão que se mostre melhor para o seu caso.

Baseando-se no que foi visto nas obras, durante a pesquisa de campo, sugere-se, no mínimo, que se faça o uso de equipamentos como as estações totais para locação. Os equipamentos GNSS também se mostram como uma alternativa viável, não havendo mais motivos para que não sejam utilizados, salvo casos onde não for possível devido a limitações dos equipamentos.

Na maioria dos casos, os novos equipamentos possuem custos maiores do que aqueles já consolidados no mercado e no meio técnico, cabendo análise da real

eficácia do investimento a fazer em determinada inovação e o retorno proporcionado. As decisões devem sempre estar pautadas no conhecimento técnico e na manutenção da qualidade dos serviços que sejam feitos.

Existem serviços que necessitam de equipamentos com precisão mais apurada, como é o caso dos controles de recalque. Para outros, pode-se admitir menos rigor nesse quesito. Sendo assim, comparando teodolitos, níveis e estações totais, não há motivos para que se use um teodolito de alta precisão em determinados serviços. Quando se estiver locando pontos para uma escavação por exemplo, sua precisão milimétrica acaba sendo desnecessária, podendo ser usada uma estação total, que atende às necessidades desta aplicação.

De uma forma geral, as estações totais, por exemplo, são equipamentos de alta praticidade no manuseio, produzem resultados confiáveis e de maneira rápida. As informações retiradas de uma planta, durante um trabalho de locação, podem ser rapidamente informadas ao equipamento, facilitando em muito qualquer trabalho.

Também cabe fazer a consideração de que as maneiras pelas quais se vai locar uma pequena edificação são diferentes daquelas de uma barragem, por exemplo. Assim, fazer essa distinção impacta diretamente no tipo de equipamento que se vai utilizar, assim como no nível de precisão necessário.

### *3.1.5 Materialização dos pontos de projeto no campo*

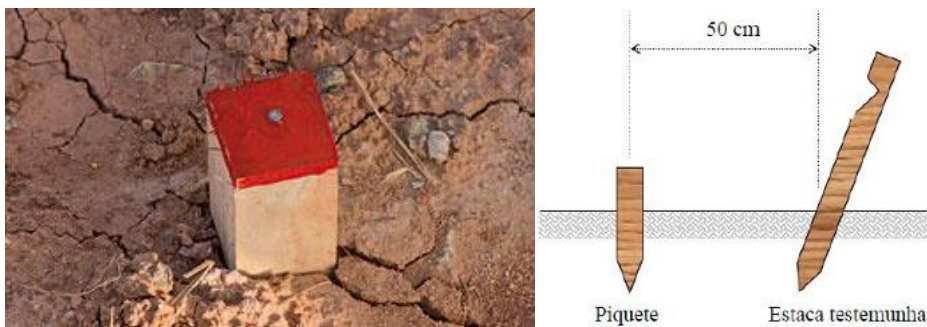
Para todos os trabalhos feitos com o intuito de locação, são feitas marcações buscando representar e materializar as posições dos pontos e as cotas de projeto. Para isso é importante que seja feita de forma visível, para que possa ser interpretada com facilidade e seja realmente útil.

Para marcação de pontos diretamente no terreno, utiliza-se com frequência piquetes de madeira, de seção da ordem de 2,5 cm X 2,5 cm e, com um pequeno prego ou parafuso cravado em seu centro. Eles são cravados pela equipe de topografia materializando a posição do ponto de interesse. Recomenda-se que seja feita a pintura dos piquetes em cores berrantes, para que eles se destaquem e possam ser facilmente vistos.

Diferentemente dos marcos, os piquetes geralmente permanecem temporariamente no canteiro de obras, onde a circulação de equipamentos e pessoas

pode danificar sua posição e até arrancá-los, obrigando nova locação se necessário for. Nos casos de locação para escavações e terraplenagem são frequentemente utilizados, assim como para obras de estaqueamento de qualquer tipo. Também é importante fazer o uso de estacas de madeira, com comprimentos maiores, cravando essas a aproximadamente 50 cm dos piquetes para sinalização da sua posição, conforme mostrado na Figura 19. Nesse caso, é possível já aproveitá-las para fazer a identificação do piquete, através de pintura na estaca.

**Figura 19 - Ilustração da cravação de piquetes.**



Fonte: Revista Equipe de Obra, 2011.

Nas Fotos 3 e 4 tem-se exemplos de marcações feitas em obra. Neste caso, as chamadas bandeirolas foram pintadas pelo auxiliar do topógrafo, marcando o nível de referência na estrutura a ser locada. Esse recebe as informações à distância e procede a marcação e pintura na cota desejada.



**Foto 3- Marcação em obra por meio da pintura de bandeirolas.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Foto 4- Marcação em obra por meio da pintura de bandeirolas.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

### **3.1.6 Qualificação da mão de obra**

Deve receber especial atenção a qualidade da mão de obra que se tem à disposição ou se está contratando para executar a obra. Em geral, o profissional que atua em topografia, o topógrafo, possui formação técnica com ênfase prática, tendo

instrução suficiente para atuação nos trabalhos de locação. Obviamente, se faz necessário um período de trabalho em obras, para maior aprendizado dos procedimentos práticos e troca de conhecimento com os profissionais mais experientes.

A qualidade de muitos serviços subsequentes depende de uma boa locação e por isso deve-se prestar muita atenção nas equipes e sempre fiscalizar os serviços que estão sendo feitos. Se necessário, treinamentos devem ser promovidos.

Para o caso de pequenas obras, muitas vezes não haverá uma equipe de topografia à disposição, sendo a locação da obra feita pelos próprios pedreiros ou carpinteiros. Nesse caso, deve receber especial atenção a qualidade do serviço que está sendo feito, para que o resultado esperado seja alcançado.

### 3.1.7 Controle de qualidade

Também possuem significativa importância práticas que visem o controle de qualidade dos serviços que estiverem sendo feitos. Podem ser utilizadas as fichas de verificação de serviço, para que se faça uma espécie de *check list* do trabalho, assim como ter disponíveis especificações técnicas, notas de serviço e similares, apontando o procedimento correto e a forma ideal para execução de determinado serviço.

Todas são formas à disposição para controlar a execução da obra, assim como estabelecer padrões que acrescentem velocidade e padronização aos serviços. Isso também facilita o trabalho das equipes, pois seguir um procedimento consolidado evita improvisações na frente de serviço, além de favorecer outras vertentes, como o cumprimento de cronogramas.

Considera-se ainda que defeitos construtivos provocados por erros na locação são muito prejudiciais à obra. Estes implicam em retrabalho, ou seja, custos adicionais com mão de obra, materiais, equipamentos, perda de tempo, e muitas vezes fazem com que a finalidade de determinada obra fique comprometida e ela não alcance o nível de desempenho esperado.

### 3.2 Procedimentos de locação de obras

Como procedimento, a locação segue uma série de diretrizes que variam de obra para obra. Como determinada obra será locada é uma decisão que depende do tamanho da mesma, volume dos serviços e da precisão e exatidão requeridas, algo já comentado. Em grandes obras tem-se especificidades e necessidades que obrigam estudos detalhados e rigor na definição de como se vai fazer sua locação.

Por isso, geralmente são empregadas equipes de topografia, pois assim é uniformizada a maneira pela qual os trabalhos são feitos, tanto nos métodos quanto nos equipamentos. É fácil constatar que a locação é um processo inverso ao dos levantamentos topográficos. Assim sendo, cria-se um vínculo entre os levantamentos, que tem o intuito de conhecer o terreno e representá-lo em planta, com a locação, que tem o intuito de implantar a obra prevista na planta.

Quanto ao volume de trabalho refere-se à quantidade de tarefas a fazer, que viabiliza a contratação de uma equipe de topografia ou não. Quando em uma locação de estacas, por exemplo, se forem em pequeno número, podem ser locados os seus centros a partir de um simples gabarito, marcado por trena. Mas se a quantidade for grande, torna-se viável a contratação de uma equipe de topografia pela maior rapidez e confiabilidade que se faz necessária.

A respeito da precisão e exatidão, refere-se ao fato de que medidas de pequenas distâncias, em geral até trinta metros, podem ser feitas com trena sem que ocorra acúmulo significativo de erros. Para distâncias maiores é prudente que se use equipamentos de medição, pois são específicos para esse fim, produzindo resultados adequados.

A respeito dos sistemas de coordenadas, a locação de obras geralmente é feita por meio de dois sistemas distintos: os retangulares e os polares. Em geral, admite-se que as coordenadas retangulares são melhores para locação de alinhamentos e que as polares sejam mais adequadas à locação de pontos. Também é possível locar a partir de coordenadas UTM, atreladas diretamente ao referencial geodésico, sendo isso feito em alguns projetos.

### 3.2.1 *Serviços preliminares à locação*

Para início dos trabalhos de locação da obra é importante que tenham sido tomadas algumas providências, tanto com relação aos projetos, quanto às condições da área do canteiro de obras onde será feita a locação. Citam-se algumas delas:

- Área do canteiro predominantemente limpa, sem presença de restos de vegetação, entulhos ou similares, com os serviços iniciais de terraplenagem ou escavação também concluídos.
- Referências a serem utilizadas, por exemplo os marcos implantados, devem estar disponíveis para que sejam utilizados durante os trabalhos.
- Os levantamentos topográficos, assim como as devidas conferências já devem ter sido feitos.
- Os projetos devem ter sido previamente estudados, com todas as incompatibilidades resolvidas, encontrando-se liberados por seu respectivo projetista para implantação no terreno.
- Se houverem procedimentos ou especificações, devem estar disponíveis para a equipe que vai executar o serviço.
- Os equipamentos e ferramentas que serão utilizados devem estar disponíveis e em condições adequadas de uso, para que sejam evitadas improvisações prejudiciais ao bom andamento do trabalho.

### 3.2.2 *O uso do gabarito*

Também conhecido por tabeira ou tábua corrida, é um meio auxiliar que facilita em muito a locação das obras. Muitos chegam a se referir ao gabarito até como uma “ferramenta”. Quando utilizado, é pela sua montagem que se iniciam os procedimentos de locação propriamente ditos. É comum empregá-lo em obras residenciais de pequeno a médio porte, como sobrados e edifícios. Para obras de grande porte pode-se dizer que seu uso é inadequado ou inviável, pois os serviços executados possuem especificidades que tornam necessário o emprego de procedimentos mais avançados.

Sua versatilidade e fácil execução são determinantes para que tenha se tornado tão tradicional e isso se verifica nos resultados que são possíveis de obter

quando ele é bem executado. Geralmente, o gabarito é feito pelo mestres de obras, carpinteiros ou pedreiros, sendo que os bons profissionais dominam a execução de um bom gabarito e da locação a partir dele. Além disso é necessário o acompanhamento e conferência por parte do engenheiro civil responsável pela obra. Na Foto 5 apresenta-se um gabarito para locação de um edifício.

**Foto 5- Vista geral de um gabarito.**



Fonte: Construtora Tecnisa, 2012.

Na mais simples das hipóteses, uma edificação pode ser locada a partir de uma referência existente no terreno ou seu entorno, que pode ser oriunda do levantamento topográfico da área ou um marco pré-existente no local. Esta referência será a base para a determinação dos níveis, posições e orientações. Também podem ser utilizadas referências tomadas no local, como limites do terreno, alinhamento de meio fio ou similares.

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.

Consultando a bibliografia e visitando obras foi possível perceber que autores, engenheiros e executores de obras seguem aproximadamente as mesmas diretrizes quanto ao que seja um bom gabarito. Sendo assim sugere-se a seguir, através de uma síntese, um processo geral de montagem de um gabarito, assim como dos materiais recomendados para sua construção.

- Materiais que são empregados

É costumeiro se fazer o gabarito em madeira, pois ele é temporário e a madeira é um material de qualidade suficiente para as necessidades do caso. Deve possuir dimensões compatíveis, para resistir bem pelo tempo necessário e conferir rigidez ao gabarito. Utilizam-se pontaltes cravados no solo na posição vertical e régua pregadas nos mesmos na posição horizontal.

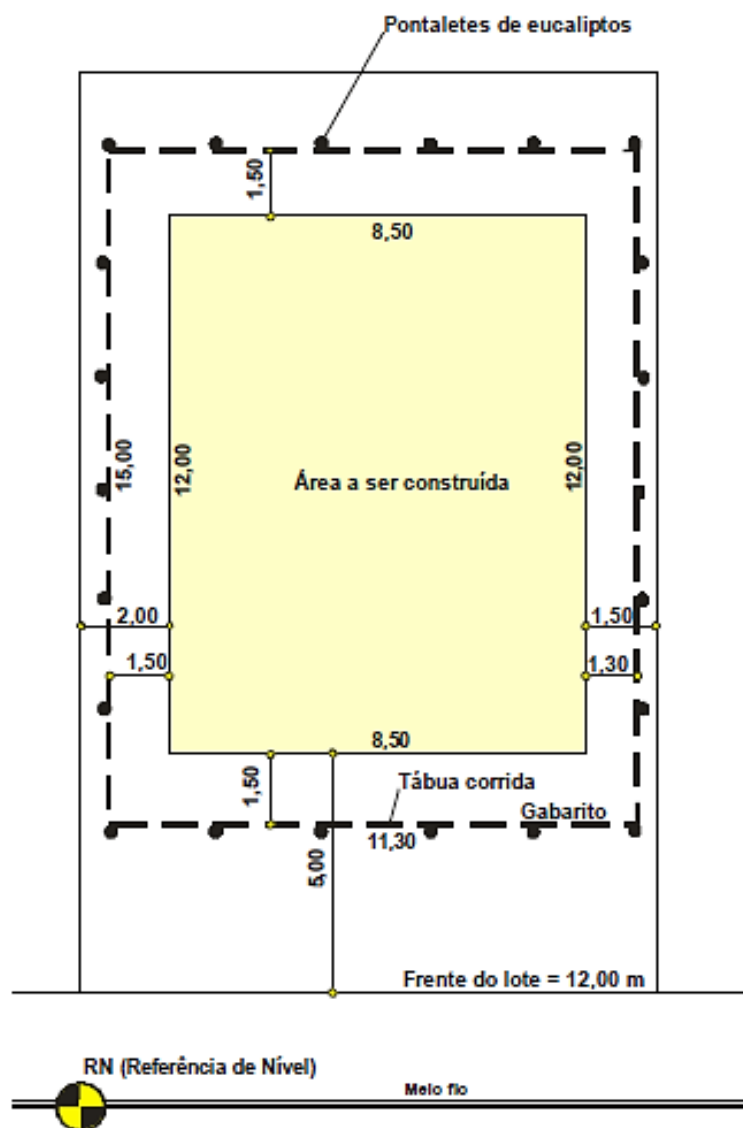
As régua devem possuir uma seção da ordem de 15 cm X 2,5 cm, já os pontaltes de 10 cm X 5 cm, quando serrados e retangulares, ou de 8 cm a 10 cm de diâmetro quando em madeira roliça. Muitas vezes se utiliza ainda um terceiro sarrafo, com seção da ordem de 7,5 cm X 2,5 cm, que é fixado sobre a régua maior formando com ela uma cantoneira. Isso facilita a cravação dos pregos e confere maior rigidez a superfície onde serão cravados. Na região de Florianópolis, costuma-se empregar à madeira serrada de uso habitual na construção civil, as variadas espécies de *pinus* e *eucalipto* comercializadas.

São utilizados ainda pregos para fixação de fios de náilon ou arame e orientação das posições de vigas e paredes, tendo os mesmos tamanho adequado para que sejam cravados no gabarito de forma segura e fiquem visíveis. Normalmente trabalha-se com pelo menos dois tamanhos de pregos, um maior para marcação dos eixos e um menor para marcação de cada uma das faces da parede ou viga.

- Dimensões do gabarito.

O gabarito deve contornar toda a área da futura edificação, sendo recomendado que ele esteja entre 1,20 m e 1,5 m afastado de vigas, estacas ou sapatas, por exemplo. Isso facilita o trabalho e confere maior proteção ao gabarito quando das escavações no terreno ou circulação de pessoas e equipamentos. Na Figura 20 tem-se uma representação esquemática de um gabarito, onde podem ser vistos seu posicionamento em relação à área a ser construída e também o posicionamento da referência em relação à obra e ao terreno.

Figura 20 - Posicionamento do gabarito em relação à área a ser construída.



Fonte: Pastana, 2010.

Sua altura em relação ao nível do terreno deve ficar em média a 60 cm quando em terreno plano. Nos casos de o terreno possuir desnível acentuado, o gabarito deve ser rebaixado para os 60 cm toda vez que se chegue 1,50 m em relação ao terreno. Uma prática importante, por parte de muitos projetistas, é que a disposição do gabarito ao redor da obra venha desenhada em planta, facilitando os trabalhos quando da sua montagem, já estando indicadas as referências de nível e posição.

- Montagem do gabarito

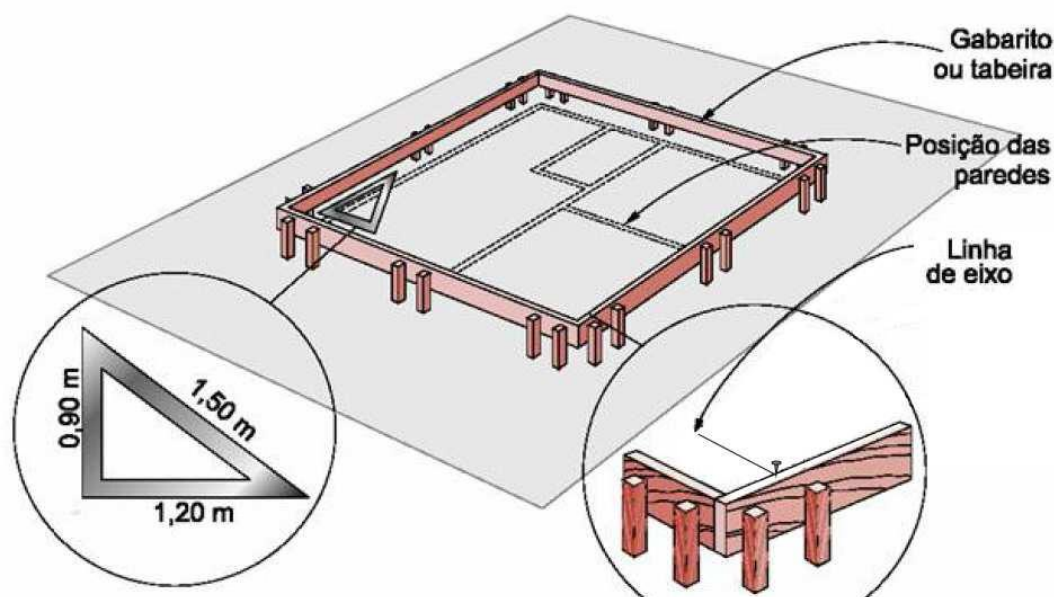
Para a montagem, parte-se de uma predefinição de onde ficará a obra, que se faz de maneira aproximada, por medidas rápidas à trena por exemplo, visando o melhor local onde o gabarito deve ficar. A isso é acrescentado o afastamento anteriormente citado, podendo-se estabelecer os alinhamentos para cravação dos pontaletes ou estacas. Faz-se isso através da simples fixação de uma linha em duas estacas, materializando o alinhamento.

Os pontaletes poderão ser cravados, por golpes de marreta, ou podem ser abertas cavas e feito chumbamento desses, concretando-os dentro das cavas. O espaçamento entre os pontaletes em linha deve ser da ordem de 1,0 m a 1,5 m. Independentemente da maneira adotada, é primordial que a movimentação do gabarito seja ao máximo evitada e ele se constitua estável.

A ortogonalidade do gabarito ou seu esquadro, é muito importante pois será a partir dele que serão marcadas as dimensões especificadas pela planta. Para que seja montado nos ângulos desejados, que geralmente são de noventa graus, pode ser novamente utilizado um teodolito ou estação total, que orientado na direção inicial (alguma direção de referência) possibilita a marcação desejada com precisão. Quando não se dispõe de equipamentos para determinar o esquadro, pode-se usar o triângulo Pitagórico 3,4,5, ou múltiplos (esquema da Figura 21), que dará a orientação do alinhamento subsequente a noventa graus com o alinhamento de base. Os esquadros de mão não são recomendados para tal, pois erros angulares são facilmente propagados dessa forma.



Figura 21 - Perpendicularidade do gabarito.



Fonte: Veiga, 2012.

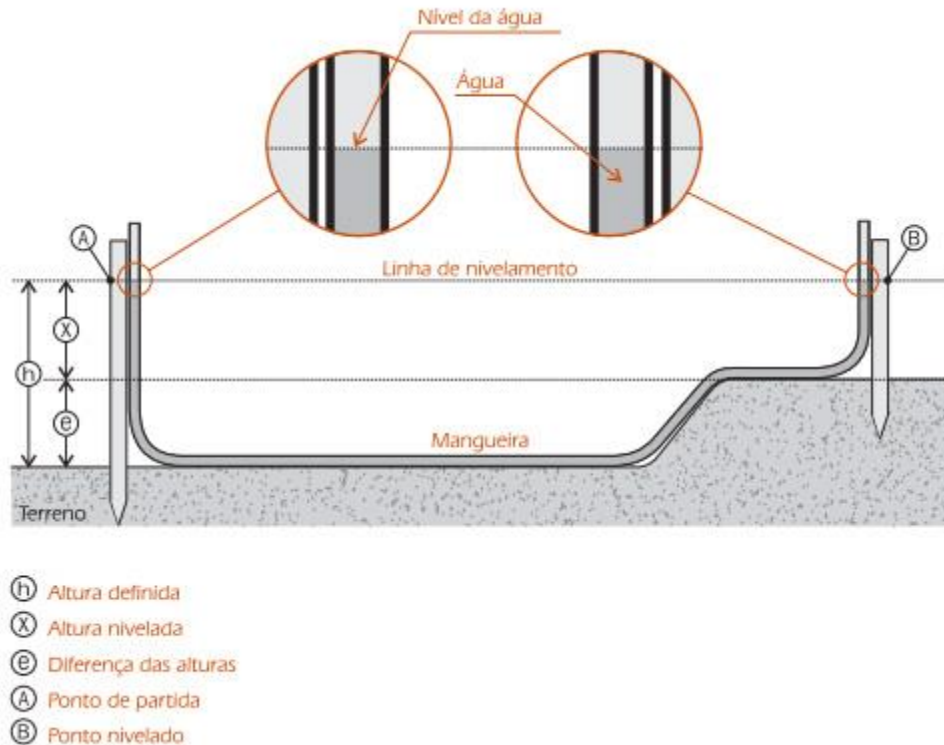
Devem ser estabelecidos um ou mais níveis de referência, que serão marcados no gabarito para que sejam pregados os sarrafos na posição horizontal, criando uma “superfície” nivelada de base. Este nível de referência pode ser demarcado nas estacas por uma série de maneiras. Uma delas, talvez a mais simples, seja através do nivelamento de mangueira. O nivelamento de mangueira (Figura 22) funciona pelo princípio dos vasos comunicantes, sendo usada uma mangueira transparente adequadamente cheia com água, de modo a sair todo o ar, possibilitando transferir o nível do ponto de referência para os demais.

Também podem ser utilizados os níveis *laser*, que uma vez posicionados em um ponto estratégico da área, projetam seu *laser* nas estacas e o nível pode ser marcado nas mesmas. Ainda se tem a opção dos equipamentos topográficos, podendo ser um teodolito, nível óptico ou uma estação total, que são específicos para esse tipo de serviço.

Marcado o nível de referência nas estacas, procede-se a fixação das réguas horizontais, materializando uma superfície estável e nivelada. A fixação é feita pregando-se as réguas nos pontalotes verticais de maneira que fiquem bem firmes. Concluída essa montagem inicial, é importante que se proceda uma conferência do nível em algumas partes do gabarito, por exemplo suas arestas, e então faça-se um

contraventamento, para garantir a posição final durante todo o período de locação da obra.

Figura 22 - Nivelamento por meio de mangueira.



Fonte: Construfácil, 2015.

A partir deste momento a referência para a locação passa a ser o gabarito, então é fundamental que dele possam ser extraídas medidas confiáveis. Também é interessante fazer a pintura do mesmo, preferencialmente na cor branca, para que receba destaque no canteiro de obras. Isso auxilia os operadores de máquinas e operários na visualização do gabarito e sua proteção.

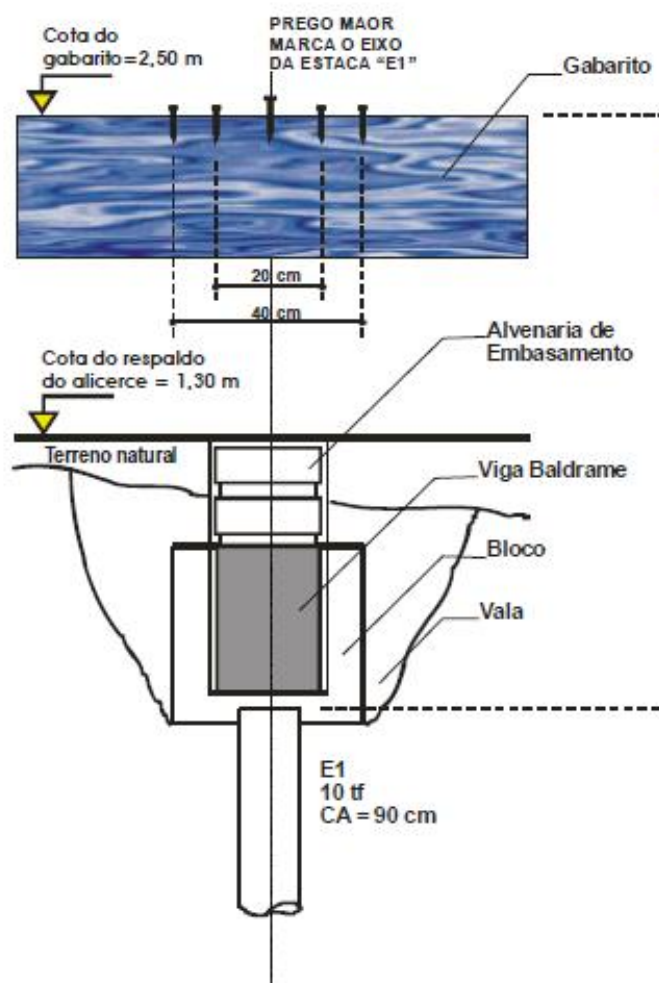
- Locação dos alinhamentos

A marcação dos alinhamentos das vigas e futuras paredes se dá pelo posicionamento de linhas, partindo de uma direção inicial prevista no projeto, para orientação de, por exemplo, uma fachada da edificação. A posição pode ser determinada através de medidas feitas à trena, partindo-se dos limites do terreno ou outra referência, exatamente como prevê a planta de locação e cobertura. Para

distâncias maiores do que 25 metros é recomendada medição por equipamentos topográficos, estações totais por exemplo.

A partir da marcação do alinhamento da primeira fachada começa-se a ter a posição real da edificação no terreno. Pregos devem ser cravados em lados opostos do gabarito e o fio de náilon ou arame será esticado entre eles, semelhante a esquema da Figura 23. É importante que se faça a marcação inicial sempre pelos eixos, diminuindo a chance de equívocos no posicionamento real. Isso fica claro no exemplo de locação de uma viga, que se for locada a partir de uma de suas faces poderá gerar dúvidas em um momento posterior à respeito de qual das faces corresponde à posição marcada.

Figura 23 - Marcação no gabarito por meio de pregos.



Fonte: Pastana, 2010.

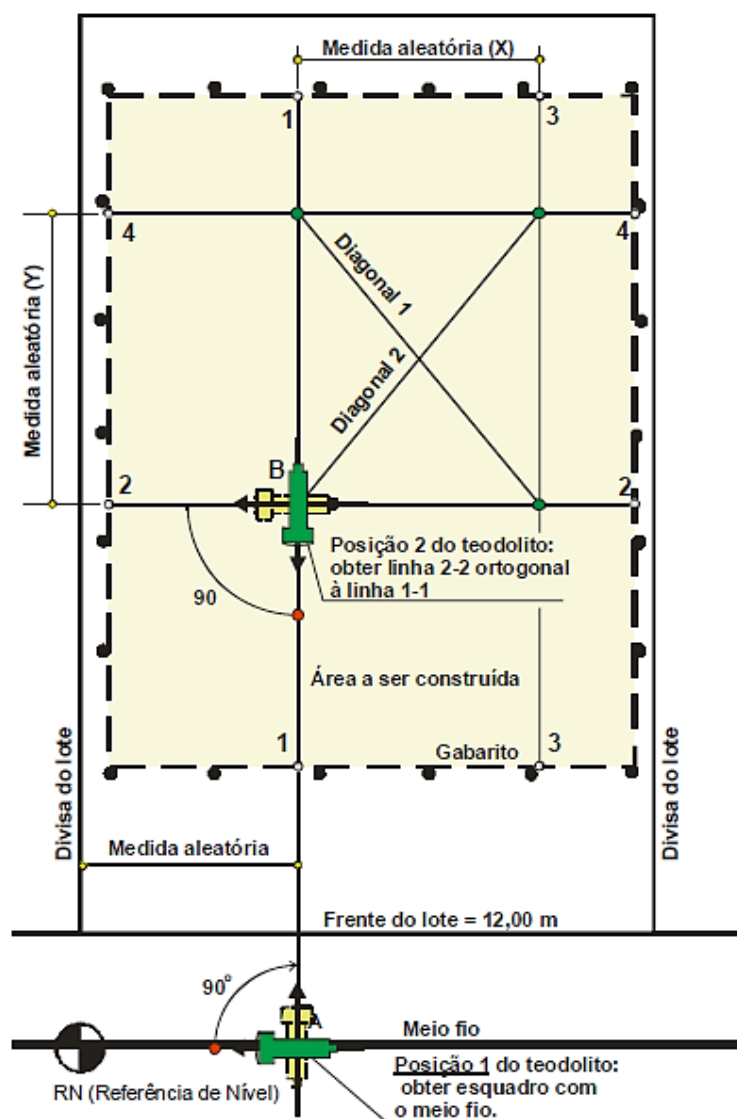
Uma vez marcado um alinhamento, procede-se de maneira semelhante com os demais. As medidas de projeto vão sendo distribuídas sobre o gabarito, funcionando esse como um sistema de eixos de coordenadas retangulares. Para que os erros sejam reduzidos deve-se tomar as distâncias sempre a partir de um mesmo ponto em cada uma das direções, trabalhando-se com seus valores acumulados. Também é importante fazer marcações com tinta no gabarito, identificando os pilares, vigas e estacas que serão locados a partir daquele alinhamento, facilitando conferências com a planta.

Quando for utilizado teodolito ou estação total para marcação dos alinhamentos, o processo se desenvolve conforme a representação da Figura 24. Para o mesmo gabarito montado para os outros casos, é transferida a referência obtida na RN, posição 1 do teodolito, para a posição 2. Girando-se noventa graus em direção à área da obra crava-se um piquete em uma posição qualquer neste alinhamento. Sobre o mesmo, na posição 2, é instalado o aparelho que é orientado na posição onde estava instalado anteriormente.

Agora tem-se a liberdade de locar os alinhamentos no ângulo desejado, que geralmente é de noventa graus entre paredes, vigas e demais. As distâncias são medidas com trena. É importante locar todos os elementos que seja possível a partir de uma mesma posição, visando diminuir o número de mudanças e a propagação de erros que é assim causada. Algo muito importante é proceder-se conferências nos valores das diagonais formadas entre as linhas, diagonais 1 e 2 da Figura 24.

Quando se garante esse fechamento, (geralmente menor do que 1cm, segundo os profissionais consultados), as vigas e futuras paredes estarão locadas em esquadro. Isso se traduz em qualidade no resultado final, pois revestimentos de parede poderão ser executados com as espessuras adequadas e bom acabamento será possível quando do assentamento de piso cerâmico, por exemplo, que apresentará bom paralelismo com as paredes.

Figura 24 - Locação com auxílio de teodolito.



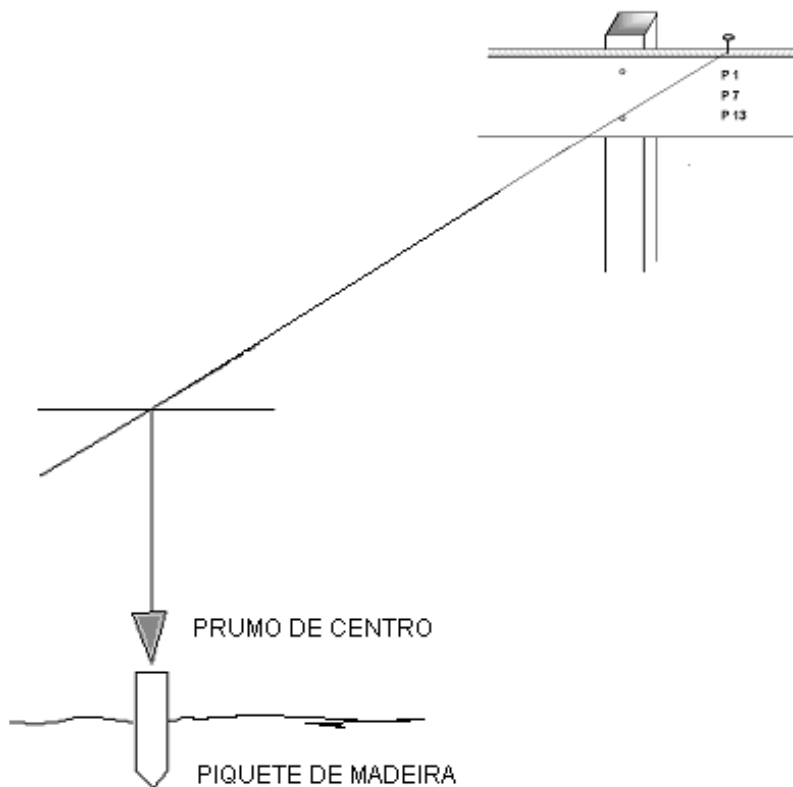
Fonte: Pastana, 2010.

Se a locação da Figura 24 for feita com estação total não seria necessário o uso de trena, pois o próprio aparelho já faria também a medição linear. As mudanças de posição também seriam reduzidas, pois a locação se daria por pontos. Seria recomendada a instalação em um ponto diferente apenas para conferência daqueles anteriormente locados.

- Locação de pontos

Para a marcação de pontos a partir do gabarito o processo é semelhante à marcação dos alinhamentos. Geralmente a marcação de pontos é feita para locação de estacas, consistindo no simples posicionamento de duas linhas ortogonais sobre o gabarito. O ponto de interesse é aquele onde as linhas se cruzam, sendo transferida sua posição para o terreno através de um prumo de centro e usando um piquete para identificar o ponto, como na Figura 25.

**Figura 25 - Ilustração da locação de um ponto com auxílio do prumo de centro.**



Fonte: Pastana, 2010.

As medidas a lançar no gabarito para o posicionamento das linhas, são retiradas da planta de locação das estacas. Essa é elaborada especificamente para esse fim, sendo extremamente importante sua correta locação, para que não se tenha desvios excessivos na posição das estacas, sendo as cargas da estrutura adequadamente transferidas para a fundação. As cotas de arrasamento da fundação

também deverão ser marcadas após o término de sua execução, seja ela cravação, moldagem *in loco* ou outra técnica, sendo determinadas também a partir do gabarito.

Também pode-se fazer a locação dos centros de estacas por meio de estação total ou até equipamentos *GNSS* em modo *RTK*, consistindo na simples marcação de pontos na obra.

### 3.2.3 O uso da estação total

Como já foi discutido na seção referente ao gabarito, o uso da estação total é muito comum em toda e qualquer locação, sendo certamente o equipamento mais utilizado para tal finalidade. Nas obras de edifícios é montado o gabarito e marcada uma série de pontos sobre ele. Os pontos correspondentes ao centro de estacas ou arestas de blocos e sapatas são os primeiros a serem locados na obra, até pela ordem executiva da mesma, sendo um processo rápido quando feito por topografia.

Para própria montagem do gabarito, como foi dito anteriormente, se faz a determinação dos níveis e posição de pontos também por meio da estação, algo que é muito mais rápido e confiável. A quantidade de serviço a fazer também será determinante na decisão de manter a equipe de topografia na obra ou apenas para os trabalhos iniciais. Isso referente a pequenas e médias obras, pois em grandes obras, equipes de topografia estarão presentes todo o tempo.

Acompanhou-se a execução de alguns serviços de locação na obra do Programa de Desenvolvimento de Submarinos (PROSUB), no estado do Rio de Janeiro, município de Itaguaí. O complexo como um todo possui várias frentes de serviços e seu canteiro abrange uma grande área. De acordo com a equipe da obra, no dia da visita, haviam 12 equipes de topografia trabalhando simultaneamente, com dois ou três integrantes por equipe.

Os trabalhos sendo feitos eram os mais variados, dentre eles locação de estacas metálicas, de blocos de fundação e medições variadas para terraplenagem. Um dos serviços também vistos foi a locação de barras roscadas, que estavam sendo fixadas na armadura de blocos de coroamento, para posterior concretagem. Na sequência da obra seriam fixados a elas pilares metálicos da estrutura de um galpão. Essa locação era feita por estação total, nos mesmos moldes já comentados.

### 3.2.4 *Locação por GNSS*

Para uso dos equipamentos *GNSS* em locação é necessário que os elementos a locar sejam detalhados em planta de forma georreferenciada, para que possam ser obtidas as suas coordenadas, geralmente UTM. Assim, deve constar na planta uma tabela que as contenha. Atualmente, com a facilidade proporcionada pelos *softwares* de desenho e pela evolução dos equipamentos, pode-se fazer a transferência destes arquivos de coordenadas para os equipamentos por simples conexão a um microcomputador.

Os equipamentos *GNSS* atuais, também possuem um computador portátil, chamado de coletora ou controladora, funcionando juntamente ao receptor de sinal, onde pode-se visualizar diversas informações. Tem-se o *layout* dos pontos que estão sendo locados, suas coordenadas, informações sobre qualidade do sinal, precisão instantânea, além de ser possível o manuseio dos arquivos de pontos em diversos formatos.

Foi possível acompanhar a execução de um estaqueamento, em um dos cais do Porto da cidade de Santos, litoral do estado de São Paulo. Estava sendo utilizado equipamento *GNSS* para locação das referidas estacas. As dificuldades percebidas neste caso foram notadamente grandes, por estar o bate-estacas posicionado sobre uma balsa, o que prejudica sua estabilidade e dificulta o posicionamento final.

Assim, a solução adotada foi o uso de equipamento *GNSS*, operando em modo *RTK*. O mesmo ficava posicionado sobre a balsa, que se movimentava até a posição final de acordo com as correções passadas pelo aparelho, até que se chegasse aos valores de tolerância pré-estabelecidos para liberação da cravação.

Devido às correções contínuas, que chegavam a valores pequenos, abaixo de 1cm, o método se mostrou uma solução muito interessante e que acrescentou praticidade e rapidez à execução do estaqueamento. Na Foto 6 pode ser vista a área da obra onde era feita a referida locação.



**Foto 6- Execução de estaqueamento em Santos/SP.**



Fonte: Elaborada pela autor.

### *3.2.5 Exemplo: Método para locação de alvenaria estrutural*

Os Professores Cláudio Cesar Zimmermann e Luiz Roberto Prudêncio Júnior, ambos do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Catarina, propuseram um método para locação das paredes portantes nas obras executadas em alvenaria estrutural. O referido método foi publicado em forma de artigo científico no Terceiro Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário (COBRAC), ocorrido no ano 2000, em Florianópolis, com o seguinte título: Metodologia para Locação de Obras em Alvenaria Estrutural.

O método originou-se da experiência dos professores na realização dos referidos trabalhos de locação e do objetivo de propor algo que fosse eficaz na solução dos problemas encontrados com a locação em tais obras. Desenvolver uma metodologia rápida, confiável e precisa foi o foco da elaboração do método.

A precisão obtida é da ordem de milímetros, sendo compatível com as estruturas de alvenaria portante, onde os desvios tolerados são pequenos, para que

as excentricidades de carregamento geradas, não provoquem instabilidade estrutural. O longo tempo empregado na locação por métodos convencionais também é determinante para validação do método, que é significativamente mais veloz.

O mesmo consiste em se fazer a locação de pontos chave (encontro de faces de parede ou seus eixos), que por sua vez demarcam os alinhamentos das paredes do edifício, por meio de estação total, a partir de referências implantadas adequadamente na obra. A base para locação é a planta de primeira fiada, comumente elaborada em obras de alvenaria estrutural, que mostra a disposição da primeira fiada das unidades, sejam elas blocos de concreto, cerâmicos, etc.

Dessa planta são retiradas as informações necessárias para locação, elaborando-se um arquivo com as coordenadas dos pontos de interesse, podendo ser polares ou propriamente retangulares. Na obra, já com os dados transferidos para o aparelho, são instalados dois pontos, preferencialmente pinos cravados na laje, que servirão para o posicionamento do aparelho e sua orientação. Estes devem estar em local estratégico, aproximadamente no centro da área, para que as visadas sejam facilitadas. Quando possível, também é interessante instalar um ponto no entorno da obra, por exemplo um prédio vizinho.

A partir daí o trabalho consiste na operação cuidadosa por parte do operador e seu ajudante, locando os pontos arquivados no aparelho e fazendo a sua marcação. O aparelho orienta o operador em coordenadas polares, locando inicialmente um alinhamento através de um ângulo, e posteriormente uma distância no mesmo alinhamento, processo que se repete para todos os pontos. O controle do nível pode ser feito pela própria estação total sendo um processo que ocorre paralelamente ao assentamento dos blocos. Também pode ser empregado nível *laser* ou nivelamento por mangueira.

Uma das grandes vantagens do método é a forma utilizada para transferência dos pontos de referência a medida que vão sendo executadas as sucessivas lajes. São utilizados tubos convencionais de PVC, com diâmetro de 50 mm, que são embutidos no concreto das mesmas. Assim, o aparelho pode ser posicionado no pavimento seguinte e ser orientado na mesma referência anterior. Para demarcação do novo ponto é utilizado um simples tampão também de PVC, encaixando-se este no tubo e fazendo a marcação nele. Para marcação de onde deve ficar posicionado o tubo na forma, antes da concretagem, faz-se a transferência de posição com prumo

ou com nível *laser*, colocando-se um prego de baixo para cima na forma. Ele irá mostrar a posição aproximada que o tudo deverá ser colocado, procedimento que não exige extremo rigor, pois a posição definitiva do ponto só será marcada com a estação total.

A metodologia proposta constitui-se de grande relevância, pois apresenta uma solução eficaz para o problema da locação das estruturas em alvenaria. Em muitas obras, ainda hoje, se faz a locação por meio de simples trenadas ou similares, propagando erros pelos sucessivos pavimentos, o que pode prejudicar muito a qualidade. Problemas como desaprumo, tanto de paredes isoladas, quanto do prédio como um todo, são, através do método, evitados ou é dificultado seu aparecimento. O desnível das respectivas fiadas também é levado a valores baixos, dentro do aceitável. O desperdício de material também fica reduzido, por não serem necessárias grandes correções para execução de revestimentos em pisos e paredes.

### **3.3 A topografia e as fases da obra**

Durante as diversas fases da obra a topografia fornece um grande suporte para diversos serviços que precisam ser realizados. Praticamente tudo aquilo que for referente a medições em uma obra será competência da topografia, principalmente em obras de maior vulto. Então, erros excessivos, metodologias inadequadas ou pessoal mal treinado ou inexperiente, impactam diretamente nos resultados.

Com base na pesquisa realizada e nos casos discutidos foi elaborada a discussão a seguir, apresentando de forma breve qual seria a atuação da topografia durante as fases de uma obra. Assim, a título desse trabalho, dividiu-se essa atuação em três principais fases: Estudos e Projetos, Execução da obra, e Topografia no Pós-obra.

#### *3.3.1 Fase de estudos e projetos*

Na fase de Estudos e Projetos se faz necessário o conhecimento do terreno que se tem à disposição para estudar as alternativas e elaborar os projetos propriamente ditos. É necessário que seja feita a implantação de marcos de referência na área de estudo, podendo implantá-los com base naqueles já existentes, ou ser feito o transporte de coordenadas para os marcos da área. Por meio de levantamentos

planialtimétricos são geradas as plantas, que deverão conter os detalhes necessários para elaboração dos projetos.

A posse dessas informações é importante para qualquer tipo de projeto, de qualquer natureza, pois são elas que impõem as limitações as quais os projetistas devem respeitar, sejam elas ambientais, econômicas ou mesmo técnicas. Vale ressaltar que nas fases iniciais, de projeto básico ou até executivo por exemplo, costuma-se trabalhar com levantamentos oriundos de fotogrametria, principalmente quando a obra abrange grandes áreas, através das restituições aerofotogramétricas, que possuem detalhamento suficiente para os estudos nesta etapa.

Para estudos de inventário e viabilidade os resultados dos levantamentos topográficos também são amplamente empregados. E nessa etapa que a futura começa a nascer, sendo fundamental que os plantas produzidas possuam o grau de detalhamento e confiabilidade requerido.

Como exemplo, tem-se o caso das usinas hidrelétricas, onde é necessário conhecer com precisão o relevo da área de estudo. Determinar a diferença de nível entre as estruturas é extremamente importante, pois influencia diretamente no *layout* da usina e seu arranjo como um todo. Também muito importante é a demarcação da área a ser alagada pelo reservatório, algo que impacta diretamente em áreas a adquirir, desapropriar, indenizações, áreas de preservação permanente e consequentemente custos significativos no empreendimento.

Também como exemplo, em projetos de rodovias, pode-se citar o lançamento inicial do traçado, quando da elaboração do projeto geométrico. A planta de curvas de nível vai ser o subsídio para tomada de decisão quanto ao lançamento dos possíveis traçados da futura via. Uma planta que retrate com precisão a topografia do terreno possibilita um projeto otimizado e que seja possível executar, uma vez que as estimativas de movimentação de terra, inclinações máximas, raios máximos e mínimos para as curvas, são determinados todos com base na topografia local.

No casos estudados foi dedicada especial atenção por parte das equipes aos levantamentos iniciais. Por se tratarem de obras de grande porte, como a Ponte Anita Garibaldi, os projetos precisam ser de extrema confiança e para isso necessitam de dados igualmente confiáveis.

### 3.3.2 Fase de execução da obra

Adentrando na fase de execução da obra, a topografia é largamente aplicada, desde a locação até as medições. A locação é o meio pelo qual a obra é implantada no terreno, sendo o foco deste trabalho. A discussão aqui feita mostra o quão importante é uma boa locação e a correspondência mais perfeita possível entre o projetado em planta e o executado em obra.

A respeito das medições, constituem uma parte muito importante nas obras de engenharia civil. Para Bruck (1985) as medições podem ser entendidas como: “Ato de determinar, pelo projeto, as metragens dos serviços a realizar para obtenção dos quantitativos e orçamentos, ou nas obras em execução, as quantidades efetivamente executadas, para possibilitar o seu pagamento”.

A medição de serviços a realizar se enquadra na etapa de estudos e projetos, mais relacionada a orçamentação e planejamento, ficando na etapa de execução, a medição dos avanços físicos da obra. Cita-se o exemplo da execução de túneis, onde a produção é medida pela topografia, contabilizando a metragem cúbica de material escavado e movimentado. Em um mesmo momento que é feita a marcação da furação para detonação posterior, já se pode contabilizar o avanço da detonação anterior.

Nos mesmos túneis é comum que seja feita instrumentação, ainda durante a obra, para controle de deformações, por exemplo, logo após a escavação. O mesmo ocorre em barragens onde a instrumentação inicia ainda durante a obra. No caso dos serviços de terraplenagem, também se usa muito de topografia para contabilização das quantidades movimentadas. Os serviços de medição são de suma importância pois impactam diretamente nos cronogramas e custos da obra, devendo ser executados com extremo rigor.

### 3.3.3 Fase de pós-obra

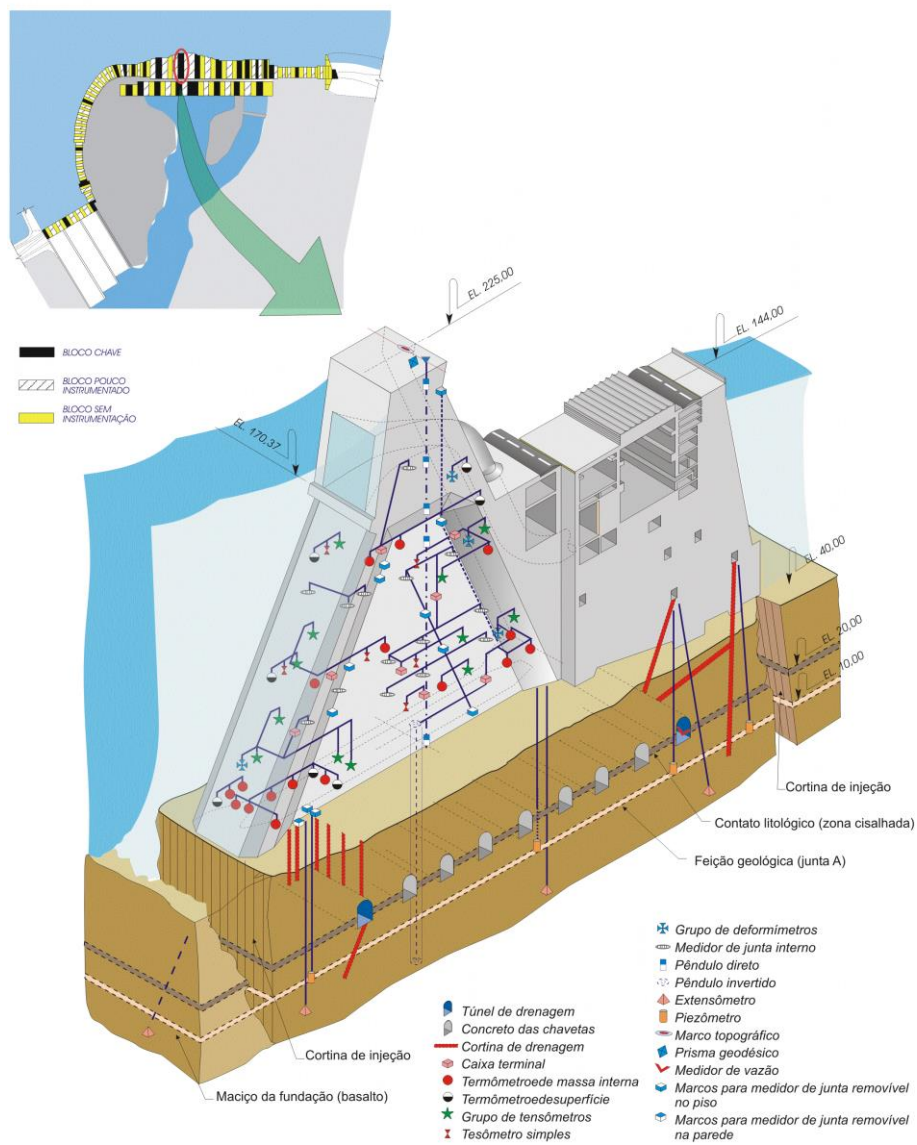
As aplicações da topografia no pós-obra irão depender do tipo e uso da obra. Um bom exemplo disso são as estruturas de usinas hidrelétricas, que precisam de constante acompanhamento, possuindo vasta instrumentação. No *website* da Hidrelétrica Itaipu Binacional, é informado que as estruturas do complexo possuem um total de 2.400 instrumentos para acompanhamento do desempenho das mesmas. Destes 1.358 no concreto, 881 nas fundações e 161 para geodesia.

Alguns dos instrumentos são o pêndulo direto, que mede os deslocamentos horizontais de pontos nos blocos de concreto da barragem, em relação à fundação da estrutura; o alongâmetro, que mede abertura, fechamento, recalque e deslizamento entre blocos ou juntas; o medidor de assentamento (medidor de recalque), que mede deformações verticais ocorridas nas barragens de terra. Além disso existem marcos topográficos no entorno e sobre as estruturas para execução dos levantamentos topográficos de controle ao longo do tempo, nivelamento geométrico é um exemplo. Na Figura 26 pode ser vista uma representação esquemática da instrumentação das estruturas em uma das seções da barragem.

Não só em usinas hidrelétricas é feito o controle de movimentação. Também em edificações se faz esse controle quando do aparecimento de problemas referentes a recalques. Eles podem ter diversas origens, entre elas escavações em terrenos vizinhos, rebaixamento do lençol freático, adensamento secundário do solo, quando em obras executadas sobre aterro, entre outros motivos. Para acompanhamento da movimentação, são feitas medições através de nivelamento geométrico, o chamado controle de recalque, para que possam ser determinadas as diferenças de nível entre os pontos de interesse, e tomada de decisão quanto às intervenções necessárias. Podem ser implantados os chamados *benchmarks*, que consistem em uma referência de nível (RN), considerada indeslocável, geralmente utilizada quando não existe na área nenhuma referência adequada (que possa ser considerada indeslocável) para auxílio nos levantamentos de controle.

Com um histórico de medições ao longo do tempo é possível constatar a evolução da movimentação ou não. Quando se constata estabilidade, a recuperação é mais facilitada, geralmente resolvendo-se os problemas através da recuperação das fissuras geradas. Porém, se a movimentação não estabiliza se faz necessária uma intervenção mais séria, seja recuperando a obra por meio de reforços estruturais ou em casos extremos pode haver interdição ou demolição.

Figura 26 - Ilustração da instrumentação em uma seção da usina Hidrelétrica Itaipu Binacional.



Fonte: Itaipu Binacional, 2015.

## 4 ESTUDO DE CASO - PONTE ANITA GARIBALDI

Como estudo de caso principal apresenta-se uma discussão de alguns serviços de locação que foram realizados na obra da Ponte Anita Garibaldi. Buscou-se entender de uma maneira geral tudo aquilo que foi feito na obra para que se obtivesse êxito nos trabalhos de locação, desde as atividades iniciais, paralelas aos projetos, até a locação propriamente dita, durante a execução da obra.

### 4.1 Descrição da obra

A Ponte Anita Garibaldi está localizada na região Sul do Brasil, em Santa Catarina, na Rodovia BR-101, entre os bairros de Cabeçuda, município de Laguna e Bananal, pertencente ao município de Pescaria Brava. Na Foto 7 tem-se um aspecto geral da obra.

**Foto 7 - Aspecto geral da Ponte Anita Garibaldi.**



Fonte: Elaborada pelo autor.



É uma das obras de arte especial que faz parte da duplicação do trecho sul da BR-101, tendo sua construção iniciada em 2012 e concluída em julho de 2015, com um investimento de pouco mais de 650 milhões de reais. É uma obra singular no país, carregando características peculiares e inovações nas técnicas construtivas empregadas. Foi idealizada com o intuito de resolver um gargalo do tráfego na região, por onde circulam cerca de 28 mil veículos por dia.

A obra é a terceira maior ponte do país em extensão e a maior travessia elevada da BR-101 Sul, com 2.830 metros de comprimento. Seguem alguns dos seus dados técnicos:

- Largura total de 24,1 metros no trecho corrente e 26,3 metros no trecho estaiado, com duas faixas de tráfego de 3,60 metros para cada sentido e acostamentos de 3,0 metros de largura.
- No trecho corrente são 47 vãos de 50 metros e 2 vãos de 40 metros simplesmente apoiados. No trecho estaiado são 2 vãos de 100 metros e 1 vão entre mastros de 200 metros.
- As fundações contém um total de 134 estacas escavadas com diâmetro de 2,50 metros, concretadas *in loco*, com profundidades variáveis entre 40 e 70 metros. No trecho corrente são 102 estacas, 2 por apoio. No trecho estaiado são 32 estacas, 16 para cada mastro.
- Cada um dos dois mastros possui altura de 63 metros, onde estão suspensos os 60 estais.
- Estrutura do tabuleiro em aduelas pré-moldadas, num total de 720 unidades, 616 no trecho corrente e 104 no trecho estaiado, todas fabricadas na obra.
- Pavimento em concreto asfáltico.
- Consumo aproximado de 97 mil metros cúbicos de concreto e 13 mil toneladas de aço.
- Aproximadamente 1.600 pessoas trabalharam na obra, direta ou indiretamente.

#### **4.2 Visitas à obra**

A obra foi visitada em três oportunidades durante sua construção, duas delas nas fases iniciais e outra já em estágio final de execução, quando da pavimentação e demais acabamentos. Na primeira visita foi possível entender brevemente como se

fazia a locação das obras civis e qual o suporte ela oferecia aos diversos serviços. Através de uma breve explicação de um dos engenheiros responsáveis pela produção, foi possível entender a finalidade da nova ponte e suas principais características técnicas, também como funcionava a logística da obra, entre outros temas.

Nas visitas posteriores, a equipe de fiscalização de obra, que também realizava os trabalhos de topografia foi quem acompanhou, mostrando em detalhes como se desenvolviam os diversos serviços em que atuava.

### **4.3 Planejamento e implantação da rede de marcos topográficos de apoio**

Os responsáveis pelo projeto adotaram as diretrizes tradicionais nas obras deste porte para implantar a rede topográfica de apoio, baseando-se também nos conhecimentos adquiridos anteriormente.

O estudo inicial para os projetos de engenharia foi feito com base em uma restituição aerofotogramétrica planialtimétrica, que possibilitou as primeiras análises, assim como posicionamento das estruturas de apoio, canteiro central, acessos, marcos topográficos de locação, entre outros. Para tal finalidade, os resultados de levantamentos aerofotogramétricos se mostraram adequados, com nível de detalhamento e precisão suficientes.

Quando se partiu para as etapas mais avançadas do projeto, se fez necessário um grau maior de detalhamento nos dados de base. Recorreu-se então a levantamentos topográficos, que produziram plantas com a precisão necessária para o momento. Levantamentos topobatimétricos e sondagens também foram realizados para estudo do trecho a ser implantado na travessia da lagoa, a maior parte da obra.

A implantação de marcos topográficos, que viriam a servir de apoio às locações, também se deu nesse momento. Optou-se pelos marcos de centragem forçada, tendo em vista a sua confiabilidade. Conforme discussão anterior, sua qualidade é notável no que diz respeito à estabilidade e, principalmente, pela garantia da instalação dos equipamentos na mesma posição por várias vezes ao longo da obra.

A distribuição dos mesmos foi feita de acordo com o que a equipe julgou necessário para realização dos trabalhos sem necessidade de visadas excessivamente longas (croqui da Figura 27), ficando dentro dos padrões para as

estações totais e níveis. Foram construídos ao todo 7 marcos, sendo um deles no canteiro central, próximo aos escritórios da obra e, os demais distribuídos em posições de terra ao redor da estrutura da ponte, formando uma poligonal fechada com todos os vértices conhecidos. Também haviam mais 2 chapas metálicas, uma em cada margem, afixadas em calçadas das vias do bairro, que foram implantadas para os levantamentos iniciais, sendo pouco utilizadas posteriormente.

**Figura 27 - Croqui do posicionamento dos marcos topográficos de apoio.**



Fonte: Adaptado, Google Earth, 2015.

O marco posicionado no canteiro central, denominado Marco Base foi construído integralmente em concreto, sobre um bloco quadrado de 1,20 metros e um pilar também quadrado de 30 centímetros de lado, com 1,70 metros de altura. No topo encontra-se o disco metálico e o parafuso de centragem forçada engastados no concreto. Uma cerca de proteção também foi construída para seu isolamento, deixando o espaço necessário para acesso ao marco.

Suas coordenadas e cota foram determinadas a partir de um dos vértices do SGB. Estas ficavam visíveis a todo tempo através de placas de identificação. Um dos principais usos era como estação de base para levantamentos e locações com equipamentos GNSS, em modo RTK e Estático. Os detalhes comentados podem ser vistos nas Fotos 8 e 9.

**Foto 8 - Equipamento GNSS instalado no Marco Base e conectado ao rádio UHF.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Foto 9 - Identificação do marco Base.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Esse marco se encontrava relativamente distante da obra, em um raio médio de aproximadamente 3,5 quilômetros, porém a opção por posicioná-lo dessa forma levou em conta algumas vantagens assim obtidas. Primeiro a questão do local onde se encontrava o marco, que para qualidade de rastreamento com GNSS, precisa ser livre de obstruções. Isso possibilita uma boa recepção do sinal de satélite, algo que é

impreterível para uso deste tipo de equipamento. Além disso, por fazer o uso de rádio de alta potência para transmissão de dados, o equipamento precisa de uma fonte de energia para o mesmo rádio, algo muito mais simples de se fazer no canteiro central.

Também tinha-se a vantagem da segurança no local, pois o acesso ao canteiro era controlado e estando equipamento ali posicionado, ficava seguro, eliminando a necessidade de mais uma pessoa para tomar conta do mesmo. Ainda se tinha a facilidade de mobilização, não sendo necessário transporte até o canteiro de obras e instalação em um ponto da área.

Para o caso dos marcos posicionados no entorno do canteiro de obras, utilizados diretamente na locação, a implantação seguiu diretrizes semelhantes àquele do canteiro central. A única diferença foi o pilar do marco, que para facilitar a execução foi construído também em concreto, porém com um tubo de *PVC* de 200 milímetros e com altura de cerca de 1,30 metros. Na Foto 10 tem-se detalhes do Marco de Centragem Forçada 01, denominado MCF01, estando posicionado às margens da rodovia BR101.

**Foto 10 - Posicionamento do marco MCF01 em relação à obra.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após a implantação propriamente dita dos marcos foi feito levantamento com equipamento *GNSS* em modo estático para determinação de suas coordenadas, já tomando como referência o Marco Base. As coordenadas utilizadas mais frequentemente foram as *LTM*, consideradas pela equipe como mais adequadas para o caso, por gerarem as menores deformações perante aquelas puramente *UTM*.

Na Foto 11 é novamente mostrado o marco MCF01, próximo à margem norte, e sua visada aproximada da obra, distante 50 metros da estrutura da ponte, em média. Nele podia ser feita a instalação de estação total ou fixação de prisma refletor, durante quaisquer trabalhos. Foi colocado também um guarda corpo provisório para maior segurança de quem estivesse trabalhando e também para proteção do próprio marco.

**Foto 11 - Visada obtida a partir do marco MCF01.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Durante o pico da obra chegaram a atuar simultaneamente 8 equipes de topografia, compostas por 2 ou 3 pessoas, dependendo do serviço, num total de aproximadamente 20 pessoas envolvidas. O número é significativo, apresentando uma ordem de grandeza do volume de trabalho que foi desempenhado.

Na Foto 12 é mostrado o marco MCF08, na margem sul da ponte, que foi um dos utilizados para locação do trecho estaiado. Era um dos marcos mais distantes da estrutura, estando a 200 metros da mesma, em média.

**Foto 12 - Posicionamento do marco MCF08 em relação à obra.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **4.4 Locação das estruturas da fundação**

As fundações da ponte são constituídas por estacas escavadas com diâmetro de 2,5 metros. No trecho corrente são duas estacas por apoio, que se integram ao restante da estrutura, constituindo os pilares. No trecho estaiado, para os dois mastros se tem 16 estacas, seguidas por um bloco de coroamento e a estrutura do mastro propriamente dita.

Para a execução foram adotadas camisas metálicas também com 2,5 metros de diâmetro, que foram inicialmente cravadas até profundidades previstas no projeto e posteriormente escavadas e concretadas. Todo o procedimento de execução das fundações foi apoiado por balsas que transitavam do canteiro central até o canteiro de obras, fazendo todo o transporte de materiais e equipamentos.

As camisas metálicas eram levadas ao local da cravação por balsas de transporte rebocadas. No canteiro de obras haviam também balsas de apoio, sendo que estas ficavam estacionadas no local pelo tempo necessário para execução daquele grupo de estacas, de 2 ou de 16.

Nas balsas de apoio havia um “gabarito” que servia especificamente para locação das camisas metálicas. O equipamento utilizado para locação foi o GNSS operando em modo *RTK*. Na Foto 13 é possível ver o operador com o equipamento GNSS sobre a estrutura metálica do gabarito, fazendo a locação. Quando o aparelho apresentava um valor de erro aproximado entre 30 e 50 milímetros em torno do ponto previsto em projeto para o centro da estaca, a cravação era liberada. Então, um guindaste posicionado sobre a balsa de apoio içava a camisa, deixando-a em posição vertical e a encaixava no gabarito. Por meio dele a camisa ganhava certa estabilidade, podendo ser mais facilmente posicionada.

Esses valores admitidos para os desvios chamam a atenção, pois a princípio podem parecer elevados. Segundo a equipe de obra, os limites foram estabelecidos levando-se em conta a ovalização apresentada pela camisas metálicas, que por possuírem grande diâmetro, de 2,5 metros e paredes delgadas para seu tamanho, não se mostravam perfeitamente circulares. O grande diâmetro também possibilita que esses desvios não gerem excentricidades significativas nas cargas aplicadas sobre as estacas.

**Foto 13 - Operação com GNSS para locação das estacas.**



Fonte: Elaborada pelo autor.



Obviamente, o posicionamento perfeito, para esse tipo de estaca e nessa condição é praticamente impossível. Primeiro se tem a dificuldade do trabalho sobre balsas, onde a estabilidade é naturalmente complicada. Também havia a questão do vento, que soprava de forma intensa na região em alguns dias, impedindo que a camisa ficasse parada no momento da conferência de posição.

#### 4.5 Locação das aduelas de concreto

Para as aduelas de concreto geralmente a locação era feita com o uso de estação total, devendo-se isso à má condição para uso do equipamento *GNSS*, para este caso especificamente. As aduelas trazidas ao canteiro de obras por balsas rebocadas, eram suspensas e agrupadas por uma treliça lançadora, equipamento com sistema de içamento especialmente desenvolvido para tal fim. O sistema mantinha as aduelas suspensas e as movimentava conforme evolução dos trabalhos, até que as posicionava de forma definitiva sobre os apoios, já com a colagem e protensão executadas, como pode ser visto na Foto 14.

**Foto 14 - Treliça lançadora durante montagem das aduelas de concreto.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Devido a ser composta basicamente por uma estrutura metálica, a referida treliça causava interferência na recepção do sinal de satélite por parte do *GNSS*. Nas

locações iniciais, foram feitas tentativas de uso desse equipamento, mas a partir do momento que se constataram desvios de posição acima dos limites admissíveis o processo foi modificado.

Continuou-se a fazer as locações com o equipamento *GNSS*, porém foi adotada também uma estação total, para conferência dos resultados e comparação entre eles. O que se verificou foi uma diferença média de 50 milímetros entre as posições determinadas pelo *GNSS* e pela Estação Total. A equipe de obra decidiu optar pela locação por estação total dali por diante, assumindo que o problema era devido às interferências já citadas.

Assim, a poligonal anteriormente discutida passou a ser diretamente utilizada, sendo a estação total orientada sempre a partir de seus marcos. Na fabricação das aduelas eram colocados pinos metálicos no concreto, em posições pré-determinadas (Foto 15), que no momento da locação eram o ponto de referência para o posicionamento.

**Foto 15 - Pino metálico utilizado na locação das aduelas de concreto.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Outra solução adotada foi a fabricação das aduelas “face à face”, conforme Foto 16. Esta prática visava um encaixe o mais perfeito possível entre aduelas, algo

que seria muito difícil se fossem montadas formas para moldagem dos encaixes de maneira independente. Assim, como foi dito pela equipe da obra: “Cada aduela seria uma fotografia de sua vizinha “. O bom encaixe e alinhamento das aduelas quando da sua montagem constituiu-se fundamental para locação e bom acabamento da estrutura.

**Foto 16 - Construção das aduelas "face a face".**



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **4.6 Locação das mãos francesas laterais**

As mãos francesas laterais foram instaladas nos dois lados da estrutura, posteriormente suportando uma laje de concreto e constituindo, juntamente com as aduelas, a largura final da ponte. As mesmas eram içadas por guindastes e posicionadas previamente na estrutura, apoiadas e fixadas nas aduelas. Sua locação definitiva era feita com auxílio de nivelamento geométrico. A referida atividade era relativamente dificultada pelo vento constante na região, que por vezes, impedia a realização dos trabalhos. Nas Fotos 17 e 18 podem ser vistos os referidos serviços.

**Foto 17 - Içamento e instalação das mãos francesas.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Foto 18 - Posicionamento final por nivelamento geométrico.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.7 Apoio topográfico para pavimentação

Para as obras de pavimentação da ponte o apoio topográfico constituiu-se basicamente na marcação de níveis para aplicação das camadas de revestimento. Neste caso pode ser feito o uso do GNSS, também em modo *RTK*. Diferentemente da locação das aduelas, não se teve problemas como aquele de recepção de sinal, devido à estrutura metálica da treliça lançadora. Assim, nesta etapa da obra, o uso do GNSS proporcionou bons resultados e boa produtividade.

Pode ser visto na Foto 19 que a marcação era feita nas laterais na mureta *New Jersey*, onde bandeirolas eram pintadas no nível determinado pelo projeto. Esse definiu que após a imprimação (da laje de concreto), seria aplicada uma primeira camada de concreto asfáltico para regularização, com o intuito de nivelar a superfície que viria receber a camada final de revestimento, para que a mesma tivesse espessura aproximadamente uniforme, em torno de 9 centímetros.

**Foto 19 - Marcação dos níveis e fixação dos cabos na mureta *New Jersey*.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

O procedimento empregado para marcação dos níveis das camadas, também visto na Foto 19, era extremamente simples, consistindo em tomar do projeto as espessuras de revestimento desejadas e marcá-las com o auxílio do equipamento GNSS, como já foi mencionado. Obviamente, para uso deste equipamento se fez necessária a determinação da cota propriamente dita, pois é com ela que o mesmo trabalha.

Então, era posicionado o bastão do equipamento encostando-o na lateral da mureta e o operador, com as cotas para aquele trecho arquivadas no equipamento, controlava o mesmo, movimentando-o para baixo ou para cima até obter o valor desejado. Seu auxiliar posicionava uma pequena régua de madeira na ponta inferior do bastão e traçava uma linha na posição, marcando o nível desejado. Posteriormente era feita a pintura das bandeirolas, também vistas na Foto 18. O equipamento podia simplesmente ser posicionado sobre a laje, ser feita a leitura da cota e no mesmo ponto marcada nova cota somando-se espessura desejada.

Partindo dessa marcação deixada pela equipe de topografia, era instalado junto à mureta *New Jersey* um cabo de aço de forma provisória, sendo fixado em grandes parafusos nas suas extremidades. O cabo era ainda esticado com o auxílio de uma talha manual, para que a catenária provocada pelo seu peso fosse mínima e ele pudesse materializar uma linha suficientemente nivelada (Foto 20). Esta linha veio a servir como orientação para a vibro acabadora eletrônica durante o espalhamento das camadas de concreto asfáltico, funcionando como uma espécie de guia.

Considerando que se tinha dois sistemas de cabos para referência, um de cada lado da pista e, que o revestimento era aplicado em três panos, se fez necessária ainda a instalação de mais duas linhas de cabos, tomado como referência aqueles das laterais. Com um simples fio de náilon era feita transferência do nível para estes dois cabos, que eram fixados nas extremidades da mesma forma que os das laterais. Ao longo do seu comprimento eram suspensos por “cadeirinhas”. Essas possuíam uma barra roscada que podia ser regulada no nível necessário, conforme Foto 21.

**Foto 20 - Fixação e tensionamento dos cabos com auxílio de talha.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Foto 21 - Posicionamento dos cabos com auxílio de "cadeirinha".**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Foto 22 é possível visualizar a praça de trabalho, com os cabos já instalados e uma das camadas de regularização já aplicada.

**Foto 22 - Vista geral da praça de trabalho.**



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **4.8 Outros serviços**

Além dos serviços já citados até aqui existiram vários outros em que o apoio topográfico se fez necessário. Para todos foi utilizada a rede de pontos principal como referência. Entre eles citam-se locação dos aparelhos de apoio e controle da verticalidade dos mastros. Ainda se tinha serviços com menores volumes de trabalho, até por serem mais simples e em menor quantidade. Citam-se as obras nos dois acessos, que envolveram desvio de redes elétricas, esgoto e adaptação das rampas de acesso à ponte, obras de arte, como solo armado, entre outras.

Também no canteiro central foi necessária preparação das áreas para fabricação de aduelas, instalação da usina de concreto e áreas de apoio náutico, envolvendo montagem de pórticos rolantes, gruas e área para estoque, onde se empregou considerável volume de trabalho.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aprendizado obtido durante a elaboração desta pesquisa foi de grande importância para complementação da formação do autor. A oportunidade de poder acompanhar a execução de alguns serviços em campo foi extremamente interessante, pois mostrou de forma clara a problemática encontrada para que os projetos “saiam do papel”, dentro de prazos e custos pré-estabelecidos.

Poder fazer a comparação do que se encontra nos livros e normas com aquilo que acontece na prática, também foi muito importante e necessário. Nas obras acompanhadas ficou evidente a preocupação dos executores com a qualidade dos trabalhos de locação. Apesar disso, sabe-se que em muitas obras, principalmente as pequenas, ainda não é dada a devida atenção, o que acaba sendo muito prejudicial para sua qualidade.

No início do trabalho a expectativa era encontrar problemas relativamente mais sérios a respeito da locação. Porém, o que se viu, ao menos nas obras visitadas, foi um panorama nem tanto negativo quanto esperado. Obviamente, diversos problemas existem, mas sua solução, aparentemente não está tão distante. Com tudo que foi visto e discutido aqui, fica evidente que se tem à disposição equipamentos, técnicas e profissionais que possibilitam trabalhos de locação com boa qualidade, que atendem as exigências dos atuais padrões, não havendo justificativas para que não sejam utilizados.

No âmbito das grandes obras, como a ponte Anita Garibaldi, isso já é tradicional, devido ao volume de trabalho e suas peculiaridades. Dentre os profissionais consultados, todos enfatizaram a importância da topografia para o bom andamento das obras, dizendo que para o nível de exigência requerido, ela é fundamental e insubstituível. De fato, constatou-se em várias obras a existência de equipes de topografia em tempo integral, trabalhando constantemente nas frentes de serviço.

Falando das pequenas obras, como as residenciais, a breve experiência do autor em algumas dessas, mostrou uma significativa quantidade de problemas. Boa parte deles, como pequenos erros de posicionamento de pilares ou colarinhos, desaprumo de pilares e paredes, desnível de lajes e pisos, entre outros, podem ser

facilmente evitadas se seguidas algumas das diretrizes básicas aqui descritas. Esse foi o ponto que, durante a pesquisa, mais se mostrou problemático.

De uma maneira geral, aquilo que se esperava agregar de conhecimento por meio da elaboração deste trabalho foi atingido. Dentre os objetivos propostos, os resultados foram alcançados. O objetivo do autor era que os aspectos práticos do tema prevalecessem perante a teoria, dando ênfase aos procedimentos como são na prática. Foi aí que as maiores dificuldades se encontraram, pois de todos os contatos feitos para obtenção de informações ou realização de visitas, menos da metade rendeu êxito. Assim, trabalhou-se com aquilo que esteve disponível, buscando explorar o máximo disso.

Acredita-se que uma maior quantidade de exemplos ou discussões, como os realizados, enriqueceria muito o trabalho, trazendo à tona outras situações com problemática complexa. As obras de túneis, pelas quais se buscou, são das situações mais complexas relativas ao tema, porém não se conseguiu informações suficientes em tempo hábil para explorá-las. Fica a proposta para que trabalhos futuros possam contemplar esse tema em particular.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

**Agrimensor do Futuro, Técnicas de Locação.** Disponível em: <<http://www.agrimensordofuturo.com/locação>> Acesso em 27 de outubro de 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931: Execução de Estruturas de Concreto.** Rio de Janeiro, 2004. 53p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8798: Execução e Controle de Obras em Alvenaria Estrutural de Blocos Vazados de Concreto.** Rio de Janeiro, 1984. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133: Execução de Levantamentos Topográficos.** Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15309: Locação Topográfica e Acompanhamento Dimensional de Obra Metroviária e Assemelhada.** Rio de Janeiro, 2005. 24 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14931: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado.** Rio de Janeiro, 2004. 36p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto Armado - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014. 221 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações.** Rio de Janeiro, 2010. 91p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1998. 23p.

BARBOSA, Eduardo de Magalhães et al. **Integridade no Posicionamento RTK e RTK em rede.** Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, 2010.

BORGES, Alberto C. **Topografia aplicada à Engenharia Civil.** São Paulo. Ed. Edgar Blucher. SP, 1992.

BOSCATTO, Flávio. **Diretrizes para o levantamento topográfico e geodésico do Patrimônio Cultural Material.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. de Engenharia Civil. SC, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/129450/329074.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 25 de maio de 2015.

BRUCK, Nelson L. M. **As dicas na edificação.** Porto Alegre, Ed. D. C. Luzzato Ltda. RS, 1985.

**CalibraEnd, Confiabilidade Metrológica, Erros.** Disponível em: <<http://calibraend.blogspot.com.br/2013/02/voce-conhece-diferenca-entre-precisao-e-exatidao.htm>>. Acesso em 25 de setembro de 2015.

CASACA, João; MATOS, João; BAILO, Miguel. **Topografia Geral**. Rio de Janeiro, Ed. LTC. RJ, 2014.

**ConstrufácilRJ, Profissão Pedreiro.** Disponível em: <<http://construfacilrj.com.br/profissao-pedreiro-nocoes-basicas/>>. Acesso em 10 de outubro de 2015.

**Construnormas, NBR 13133.** Disponível em: <<http://construnormas.pini.com.br/engenharia-instalacoes/noticias/abnt-abre-para-consulta-nacional-projeto-de-revisao-da-norma-364109-1.aspx>>. Acesso em 5 de agosto de 2015.

**Construtora Tecnisa, Estágio de obra.** Disponível em: <<http://www.tecnisa.com.br/imoveis/am/manaus/apartamentos/flex-tapajos/estagio-da-obra/189/2012/6>>. Acesso em 17 de setembro de 2015.

**Dehilster, Instruments.** Disponível em: <<http://www.dehilster.info/geodetic/instruments>>. Acesso em 08 de agosto de 2015.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**. Rio de Janeiro, 2010.

**Embratop, Produtos.** Disponível em: <<http://www.embratop.com.br/produtos>>. Acesso em 17 de julho de 2015.

**Equipe de Obra, Levantamento Topográfico.** Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/38/levantamento-topografico-225281-1.aspx>>. Acesso em 15 abril de 2015.

ESPARTEL, Lélis. **Curso de Topografia**. Rio Grande do Sul. 5ª ed. Ed. Globo. RS, 1978.

**Furtado Schmidt Sistemas e Equipamentos Topográficos, Produtos.** Disponível em: <<http://furtadonet.com.br/lojavirtual/index.php/locacao/niveis/n3loc.html>>. Acesso em 20 de julho de 2015.

**Grupo Acre Topografia, GPS Leica.** Disponível em: <<http://www.grupoacre.com.pt/loja/gps-leica>>. Acesso em 30 de outubro de 2015.

**GpsSul, Estações Totais.** Disponível em: <<http://www.gpsul.com.br/docs/catalogos/GPT-7500GTS.pdf>>. Acesso em 18 de agosto de 2015.

HACHICH, Waldemar et al. **Fundações Teoria e Prática**. São Paulo. Ed. Pini. SP, 1998.

HASENACK, Marcos. **A Cartografia Cadastral no Brasil**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. Engenharia Civil. Florianópolis,

SC,2013. Disponível em:  
<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/107431/319095.pdf?sequence=1>>. Acesso em 16 maio de 2015.

**InfoEscola. Coordenadas Polares.** Disponível em:  
<<http://www.infoescola.com/topografia/coordenadas-polares>>. Acesso em 30 de outubro de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Padronização de Marcos Geodésicos.** Versão: Agosto de 2008. Disponível em:  
<[http://www.inde.gov.br/images/inde/padronizacao\\_marcos\\_geodesicos.pdf](http://www.inde.gov.br/images/inde/padronizacao_marcos_geodesicos.pdf)>. Consulta em 20 de setembro de 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Relatório de Estação Geodésica.** Versão: Agosto de 2013. Disponível em:<  
<http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=91852>>. Consulta em 28 de setembro de 2015.

**Itaipu Binacional, Instrumentação.** Disponível em:  
<<https://www.itaipu.gov.br/energia/instrumentacao>>. Acesso em 16 de Setembro de 2015.

**Leica Geosystems, Products.** Disponível em: <[http://www.leica-geosystems.com/en/Products\\_885.htm](http://www.leica-geosystems.com/en/Products_885.htm)>. Acesso em: 25 de agosto de 2015.

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

**MundoGeo, Coordenadas UTM.** Disponível em:  
<<http://mundogeo.com/blog/2009/01/06/alem-das-coordenadas-utm/>>. Acesso em 17 de setembro de 2015.

**MundoGeo, Medição sem prisma.** Disponível em:  
<<http://mundogeo.com/blog/2014/05/21/artigo-como-fazer-medicao-sem-prisma>>. Acesso em 5 de outubro de 2015.

ORTH, Dora Maria; VIEIRA, Sálvio José. **Topologia aplicada ao Ensino de Engenharia.** (Apostila didática Universidade Federal de Santa Catarina). Florianópolis, SC, 2010.

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

ROCCO, Jefferson. **Método para posicionamento de poligonais em obras metroviárias.** Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Dep. de Engenharia de Transportes. SP, 2013. Disponível em:<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-11062013-145122/fr.php>>. Acesso em 25 de maio de 2015.

VEIGA, Luis A. K.; ZANETTI, Maria A. Z.; FAGGION, Pedro L. **Fundamentos de Topografia**. Universidade Federal do Paraná, Dep. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura. PR, 2012.

ZIMMERMANN, Cláudio C. **Apostila de Topografia**. Apostila (didática) - Universidade Federal de Santa Catarina, Dep. de Engenharia Civil. Florianópolis, SC, 2015.

ZIMMERMANN, Cláudio C.; PRUDENCIO JUNIOR, Luiz. R. *et al.* **Metodologia para Locação de Obras em Alvenaria Estrutural**. 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO, Florianópolis, SC, 2000.

ZIMMERMANN, Claudio C.; HOLLERWEGER, Fernando R. **Geração de caderneta de locação de obra utilizando os softwares Autocad R12 e Excel 5.0**. (Artigo Técnico-Científico) - Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, Florianópolis, SC, 1996.