

FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL

TRABALHO DE GRADUAÇÃO II

Relatório Final

"Locação de estacas de alinhamento para construção de meio-fio e guia"

Nome: Lucas Oliveira Fernandes

RA: 181012588

Orientador: Prof.^a Dr.^a Barbara Stolte Bezerra

Bauru (SP), 11/01/2023

F363I

Fernandes, Lucas Oliveira

Locação de estacas de alinhamento para construção de meio-fio e guia / Lucas Oliveira Fernandes. -- Bauru, 2023

65 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia, Bauru

Orientadora: Barbara Stolte Bezerra

1. Estação Total. 2. Locação Topográfica. 3. Topografia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

SUMÁRIO

Item	Pág
RESUMO	i
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
5. RESULTADOS E ANÁLISES	47
6. CONCLUSÕES	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	58
8. ASSINATURAS	59

RESUMO

Este trabalho apresenta as etapas e procedimentos necessários para a realização de uma locação de estacas de alinhamento para locar uma guia, isto é, a transferência de pontos do projeto para o terreno, de modo a determinar todas as referências e pontos de interesse necessários à construção na obra. Para a realização deste trabalho fora feita uma revisão bibliográfica pertinente ao tema, seguido de um estudo de caso, aprofundando neste estudo, através de dados e imagens coletadas tanto em softwares quanto em uma obra de loteamento realizada no município de Bauru - SP. O método empregue foi o de técnicas de coordenadas topográficas local para a locação das estacas. O resultado desse estudo foi acompanhado pelo engenheiro responsável pelo manuseio da Estação Total e pode ser considerado um exímio exemplo de locação de estacas de guia. Concluindo-se então que devido a precisão requerida para esse tipo de serviço, assim como os equipamentos e softwares utilizados para essa locação, o trabalho pode ser realizado da forma mais adequada.

Palavras-chave: Estação Total, Locação Topográfica, Topografia

ABSTRACT

This academic work seeks to introduce the phases and necessary procedures to place surveying pegs to align the construction of curb and gutter, in other words, transfer the points from the project to the construction site, in order to determine all points and references necessary to the construction of the curb and gutter. For the realization of the academic work was necessary a bibliographic review relevant to the topic, followed by a case study complementing the study, with data and images collected from computer software and in a construction site in the city of Bauru - São Paulo. It was employed the local topographic coordinate system to place the alignment for the surveying pegs. The execution of this study was supervised by an engineer that was responsible for handling the Total Station, and can be considered a great example of placing surveying pegs in alignment. The analysis results indicates that with the precision and the equipment and computer software used, this study was performed in the adequate way.

Palavras-chave: Total Station, Surveying, Topography

1. INTRODUÇÃO

A topografia é uma área da engenharia que vem sendo estudada e aperfeiçoada a séculos e pode ser definida como “a ciência que trata da determinação das dimensões e contornos da superfície física da Terra, por meio de medição de distâncias, direções e altitudes.” (McCormac, 2019).

Entretanto, em consequência do grande avanço de tecnologias que contribuem para um maior processamento de dados e acesso a informações geográficas precisas, como o Sistema de Posicionamento Global (GPS) e o Sistema de Informações Geográficas (SIG), foi necessário alterar o termo utilizado de topografia para geomática. Visto que, com a introdução dessas novas tecnologias, técnicas de medição, modelagem matemática e georreferenciamento, foi necessário substituir o termo. Como descrito por McCormac, no ano de 1988, a Canadian Association of Aerial Surveyors introduziu o termo “geomática” para englobar as áreas de topografia, mapeamento, sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas.

Entre todas as áreas existentes, tanto na geomática quanto na topografia, será tratado neste trabalho a parte da locação de obra, que de acordo com o Manual de Implantação Básica de Rodovia, disponibilizado pelo DNIT “é a primeira etapa destes serviços topográficos, a executar. Locar quer dizer fazer marcas no terreno que orientam a operação.”. Ou seja, é a primeira parte da execução da obra, que se feita de forma correta, garante que todas as partes subsequentes da obra sejam construídas devidamente no local projetado, evitando erros que possam causar danos a estrutura ou atrasos na obra em geral.

A locação da obra pode ser feita de diversas maneiras, utilizando técnicas e equipamentos distintos e, na obra analisada para esse trabalho, foi utilizado uma Estação Total para locar os pontos.

De forma resumida, para locar as estacas no campo é necessário seguir procedimentos. Estacionar a estação total sobre um ponto que tenha uma boa visibilidade para o local que se deseja locar, nivelar a estação e visá-la para um ponto de ré, previamente conhecido e com as coordenadas já cadastradas na estação. Após essa primeira etapa, a estação está pronta para proceder com a locação, caso a estação total já esteja carregada com os pontos da obra, é só digitar o ponto que deseja locar que o próprio equipamento indica a direção e a distância que se deve seguir a partir do ponto estacionado.

No caso da locação analisada, que foi da construção de uma guia, é necessário realizar o alinhamento em greide, que consiste em colocar os piquetes no alinhamento e com cota para auxiliar o executor. A partir do ponto selecionado na estação total, a mesma informa o operador o local do alinhamento para realizar a locação do piquete. Após o auxiliar de topografia realizar a locação do piquete é feita uma nova leitura colocando-se o prisma sobre o piquete locado, para se obter a cota daquele ponto e, na sequência é anotado a cota e segue-se para o próximo ponto do alinhamento.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é demonstrar os procedimentos necessários para realizar uma locação de estacas de alinhamento para a construção de guia, utilizando equipamentos, softwares e técnicas mais utilizadas no campo, com o intuito de mostrar as etapas fundamentais para a execução desse tipo de atividade topográfica. No caso deste trabalho, será apresentado as técnicas de locação utilizando uma Estação Total e o processo de transferência dos pontos do projeto do Civil3D para a Estação Total.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A locação de obras na engenharia civil é um trabalho de extrema importância para que as estruturas sejam construídas corretamente, conforme o planejamento em projeto. Será feito a seguir uma revisão bibliográfica, técnica e em dissertações que anteriormente trataram deste assunto.

3.1. Normas Brasileiras

Referências bibliográficas mais antigas, citam as normas NBR 14.645, NBR 13.133 e NBR 14.166 como as principais normas que tratam de trabalhos topográficos, sendo que a NBR 14.645 era dividida em três partes, sobre o mesmo título geral "Elaboração do "como construído" ("as built") para edificações". Contudo, atualmente as três partes estão divididas em normas diferentes:

A primeira parte, continua sendo a NBR 14.645 - Levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área de até 25.000 m², para fins de estudo, projetos e edificação. Já a segunda parte, denominada anteriormente NBR 14.645-2, foi cancelada e substituída pela NBR 17.047:2022 – Levantamento cadastral territorial para registro público. Já a terceira parte, intitulada como NBR 14.645-3 fora substituída pela NBR 17.058:2022 - Locação topográfica e controle dimensional de edificação. Além das supracitadas, tem-se a NBR 13.133:2021 – Execução de levantamento topográfico e, por fim, a 14.166:2022 – Rede de referência cadastral municipal: Requisitos e procedimentos.

Todas as normas citadas são de extrema importância para os serviços de topografia, pois apresentam fundamentos teóricos, procedimentos práticos e possibilitam a análise dos dados coletados em campo. Porém, para o estudo analisado neste trabalho será mais utilizado os conceitos da NBR 17.058 de locação topográfica.

A norma em questão define locação como "processo de demarcação de pontos em campo para orientar o posicionamento dos elementos construtivos, conforme um projeto". Além disso, é definido que para iniciar a locação ou o controle dimensional de uma obra é necessário ter realizado algumas etapas anteriores como: levantamento topográfico planialtimétrico; projeto executivo arquitetônico; projeto executivo de terraplenagem; projeto

executivo estrutural; aferição e calibração de equipamentos a serem utilizados na locação e controle dimensional.

No estudo de caso em questão o levantamento topográfico planialtimétrico já havia sido feito anteriormente, assim como o projeto executivo de terraplanagem e juntamente com os projetos da rua, guia e calçada, foram utilizados para definir os pontos que seriam locados na obra. O restante da norma trata do controle dimensional dos elementos da construção como fundações, pilares, vigas e lajes que não serão avaliados neste trabalho.

3.2. Sistema de Referência

Em todo trabalho de locação é necessário utilizar-se de um sistema de referência para garantir que os pontos definidos no projeto sejam locados no local correto na obra. Portanto, para as obras, são adotados sistemas geocêntricos e topocêntricos, com o intuito de se garantir uma melhor precisão nos pontos locados.

3.2.1. Sistemas Geodésicos de Referência (SGR)

O sistema geodésico de referência é utilizado para localizar um ponto na superfície terrestre, com a utilização de referências é possível chegar a coordenadas (x, y, z) para qualquer ponto na terra. Segundo Monico (2008), um Sistema Geodésico de Referência é estabelecido em um conjunto de parâmetros referentes a uma adequação do formato geoide da Terra para uma elipsóide, fazendo assim um melhor referencial para as posições na superfície terrestre.

O sistema SAD69 anteriormente adotado no Brasil é um sistema de referência topocêntrico, no qual a origem dos eixos está localizada em um ponto de origem escolhido, como pode ser observado na Figura 1 abaixo:

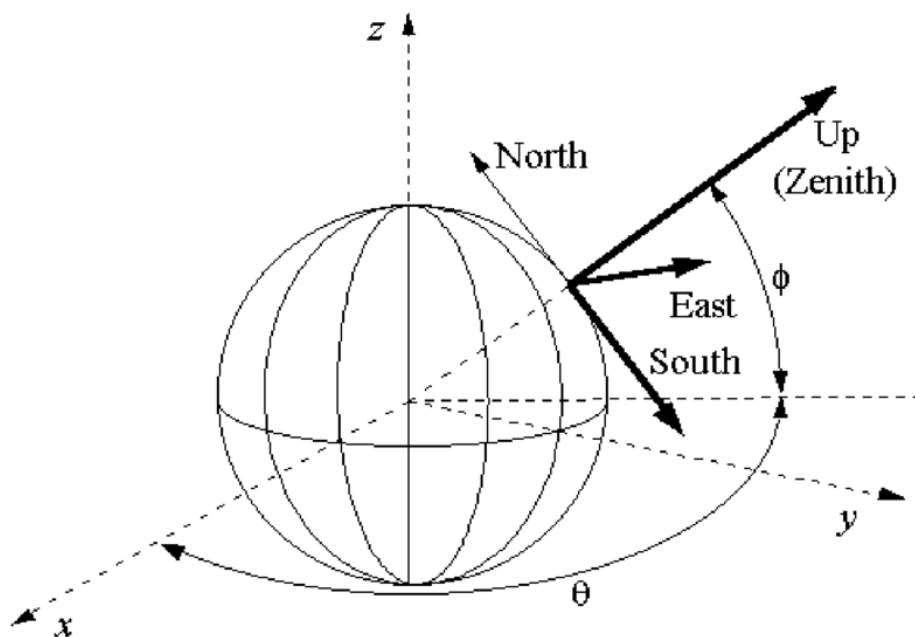


Figura 1 – Esquema do sistema topocêntrico. Fonte: RAHAL (2012)

Pelo fato de o ponto de referência ser escolhida “arbitrariamente”, pode variar muito as medidas principalmente entre países, portanto, atualmente a maioria dos países adotam um sistema geocêntrico, no qual a referência é o centro de massa da terra, como pode ser observado na Figura 2 abaixo:

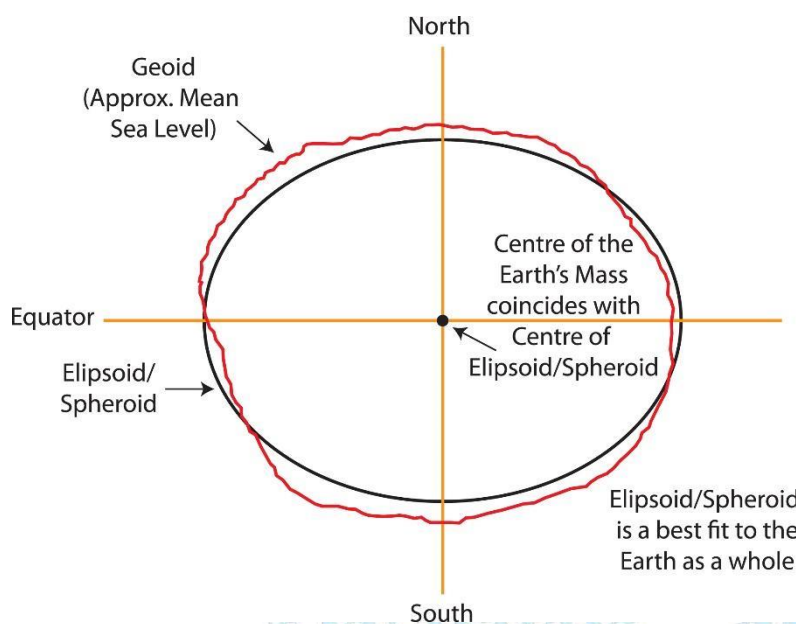


Figura 2 – Esquema do sistema geocêntrico. Fonte: ICSM

3.2.2. Alteração do Sistema Geodésico Brasileiro

Através da Resolução RPR nº 01 (2005) feita pelo IBGE, foi alterada a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Substituindo o SAD69 (South American Datum), adotado em 1979 pelo SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Essa alteração foi justificada devido ao aumento na precisão dos equipamentos utilizados, como descrito pelo IBGE:

A definição do sistema geodésico de referência acompanha, em cada fase da história, o estado da arte dos métodos e técnicas então disponíveis. Com o advento dos sistemas globais de navegação por satélite, tornou-se mandatória a adoção de um novo sistema de referência, geocêntrico, compatível com a precisão dos métodos de posicionamento correspondentes e também com os sistemas adotados no restante do globo terrestre. (IBGE, 2005)

3.2.3. Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)

O IBGE define o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) como “o conjunto de pontos geodésicos implantados na porção da superfície terrestre delimitada pela fronteira do país”. Segundo Dompieri (2015), o Sistema Geodésico Brasileiro é definido como um conjunto de pontos geodésicos implantados na superfície terrestre, tais sistemas foram mudando ao longo do tempo, começando pelo Córrego Alegre e Astro Chuá, partido para o SAD69 e, finalizando com o sistema usado atualmente o SIRGAS2000.

Com o avanço da tecnologia e dos métodos de posicionamento por satélites, foi possível determinar simultaneamente três coordenadas de um ponto na Terra com alta precisão. Portanto, foi adotado o SIRGAS 2000 que segue o ITRF (Sistema de Referência Terrestre Internacional) e utiliza as mesmas técnicas do WGS84 (Sistema Geodésico Mundial).

Os parâmetros citados anteriormente adotados pelo SIRGAS2000 e pelo WGS84 podem ser observados na tabela abaixo:

Tabela 1 – Comparação entre o SIRGAS2000 e do WGS84.

Datum	SIRGAS2000	WGS84
Origem	Geocêntrico	Geocêntrico
Elipsóide	GRS 80	WGS84
Semi-eixo maior (a)	6.378.137 m	6.378.137 m
Semi-eixo menor (b)	6.356.752 m	6.356.752 m
Excentricidade $e^2 = (a^2 - b^2) / a^2$	0,0066943800229	0,00669437999013
Achatamento $f = (a - b) / a$	1/298,25722101	1/298,257223563

Fonte: IBGE (2000)

3.2.4. Sistema Geodésico Local

A Norma Técnica para georreferenciamento de imóveis rurais define o Sistema Geodésico Local (SGL) como:

O Sistema Geodésico Local (SGL) é um sistema cartesiano composto de três eixos mutuamente ortogonais (e, n, u), onde o eixo "n" aponta em direção ao norte geodésico, o eixo "e" aponta para a direção leste e é perpendicular ao eixo "n", ambos contidos no plano topográfico, e o eixo "u" coincide com a normal ao elipsóide que passa pelo vértice escolhido como a origem do sistema. (NTGIR -3ª edição, 2013)

Esse sistema cartesiano pode ser melhor observado pela imagem abaixo, que mostra um ponto P sendo descrito tanto pelo Sistema Geocêntrico quanto pelo SGL:



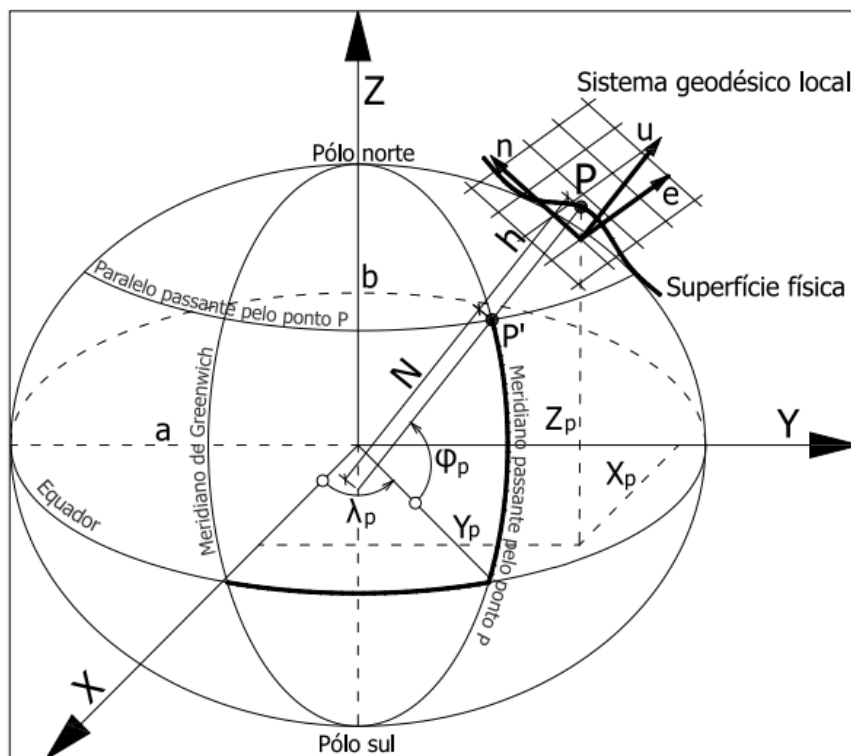


Figura 3 – Sistema Geodésico Local. Fonte: INCRA (2013)

As coordenadas cartesianas geocêntricas, são referenciadas a três eixos ortogonais com origem no centro de massa da terra, sendo o eixo “Z” orientado no sentido dos polos terrestres, o eixo “X” na direção do meridiano de Greenwich e o eixo “Y” altera dependendo no local na superfície a ser analisado, tornando o sistema dextrogiro.

3.2.5. Sistema Topográfico Local (STL)

O Sistema Topográfico Local (STL), de acordo com a NBR 13.133, é o sistema de projeção utilizado para levantamentos topográficos, no qual é representado posições relativas dos pontos levantados empregado as medições de ângulos e distâncias, verticais e horizontais.

Como pode ser observado na Figura 4, retirada da NBR 14.166/1998, o STL pode ser representado por um Plano Topográfico Local, sendo esse plano composto por origem, eixos e orientação dos pontos. Os eixos são representados por um sistema cartesiano ortogonal, no qual o eixo X, é positivo no sentido Leste e o Eixo Y coincide com a linha meridiana geográfica. Esse plano horizontal é localizado na altura H, que representa a altitude média do terreno a ser executado o levantamento.

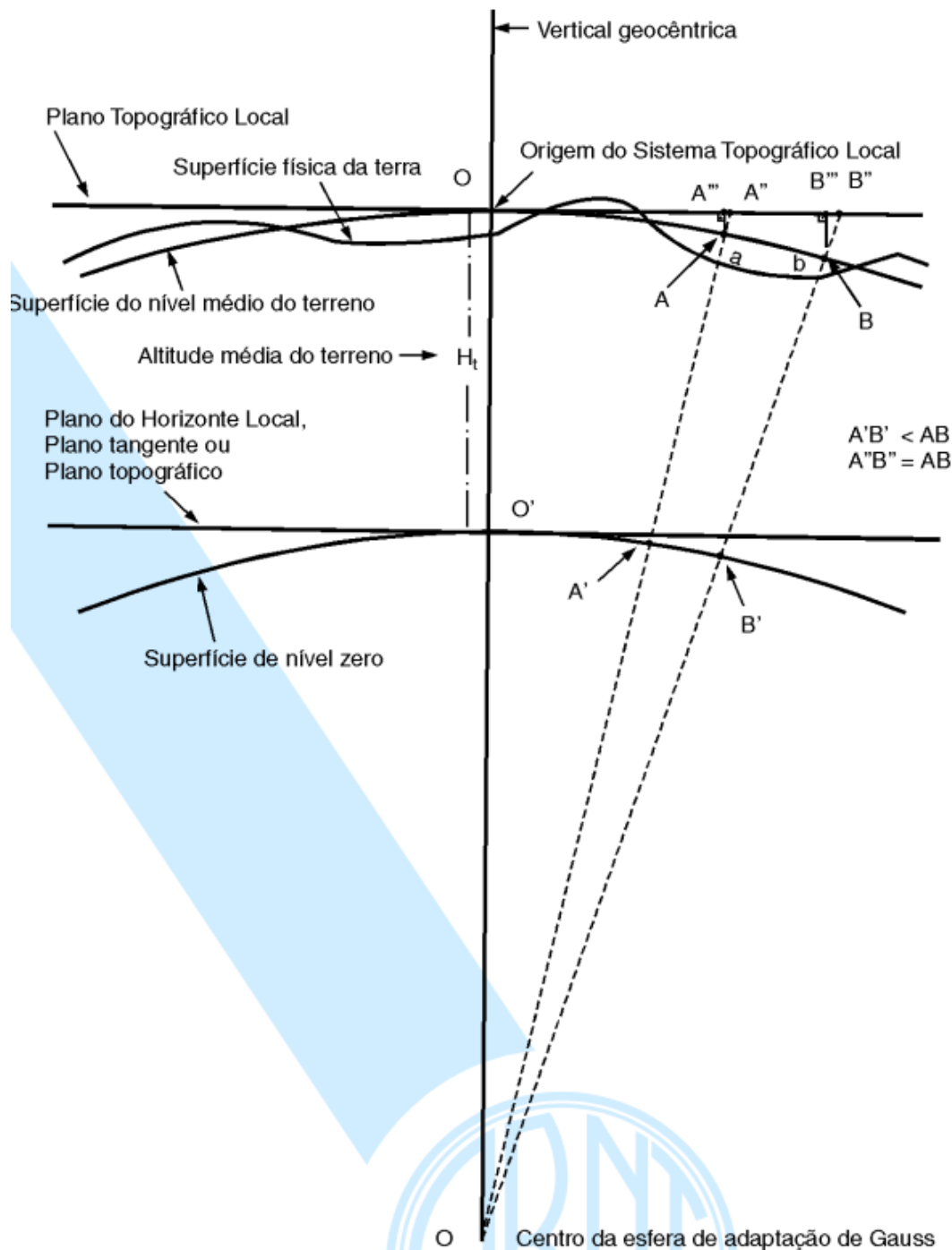


Figura 4 – Elementos do Sistema Topográfico Local. Fonte: ABNT (1998)

Os pontos medidos no campo são dados em forma de coordenadas plano-retangulares (X,Y) referenciadas no marco geodésico de apoio do Sistema topográfico local. Com essas informações é possível fazer a transformação para coordenadas geodésicas (ϕ, λ). Contudo, devido a utilização de estações totais e dados de GPS, essa transformação é feita pelo próprio software desses equipamentos.

3.3. Locação de estruturas da Construção Civil

De acordo com Borges (1992), a locação é o processo oposto ao do levantamento topográfico, pois no levantamento é coletado os dados do campo como ângulos e distâncias, sendo utilizados para a elaboração de um desenho. Enquanto na locação, os dados são definidos no projeto e esses devem ser locados no terreno.

Botelho (2003), disserta sobre o controle dimensional de edificações, no qual deve ter início no levantamento topográfico do terreno, seguido pelo posicionamento geodésico usando referências para "encaixar" o mesmo nas redes cadastrais oficiais. Esse controle deve-se manter durante a compatibilização do projeto arquitetônico, estrutural e durante a locação das devidas partes.

3.3.1. Métodos com Estação Total

Os dados obtidos pela estação total são medidas de distância e ângulos, com esses dados é possível a determinação de coordenadas e pontos específicos de interesse para a locação ou o levantamento topográfico. As medidas de distâncias que podem ser obtidas são as distâncias horizontais, verticais e inclinadas, sendo na maioria dos casos utilizado o metro como unidade. Enquanto as medidas angulares são os ângulos horizontais, verticais e os azimutais, sendo comumente utilizado a unidade de graus sexagesimal.

Essas informações coletadas pela estação total são de extrema utilidade para o levantamento topográfico, entretanto, como dito anteriormente por Borges, a locação é o processo oposto do levantamento. Portanto, será utilizado a capacidade da estação total de adotar ângulos e medir distâncias para transferir os pontos do projeto para o local da obra, através de sistemas de referência e de métodos de locação.

A locação é o primeiro passo para as obras de construção civil, onde primeiramente é definido os limites do terreno seguido pela locação do edifício, ou qualquer outro elemento construtivo, nesse terreno. Segundo Silva (2014) os métodos de locação estão divididos em três tipos: o método polar, método ortogonal e o método de interseção a vante. Esses métodos citados serão descritos a seguir:

a) Método Polar

O método polar é muito utilizado em locação segundo Kahmen e Faig (1988), pois é o método baseado nas medições de direções a partir de uma direção fixada adicionando a distância da estação até o ponto-objeto. Basicamente, esse método define um ponto conhecido e a partir dele é medido o ângulo e a distância para chegar no ponto desejado.

Esse método é bem ilustrado pela Figura 5, onde inicialmente a estação total é estacionada no ponto E1 de modo a ter campo de visão livre para todos os pontos que devem ser locados. Caso não seja possível ter a visão de todos os pontos com o E1, deve-se tomar uma decisão. Procurar outro ponto no qual seja possível a visualização de todos os pontos a serem locados ou locar os pontos possíveis utilizando o E1 e criar um E2 para finalizar os pontos restantes. Levando em consideração que a criação de um novo E2 e a movimentação e nivelamento da estação total são processos demorados, é recomendado tentar locar todos os pontos possíveis com apenas uma estação.

Com a estação total já estacionada e nivelada no ponto E1 é feito uma visada ré para o ponto D1 que será utilizado como o ponto de referência. Do projeto são coletados os ângulos (α_i) e distâncias (S_i) dos pontos a serem locados utilizando o D1 como referência.

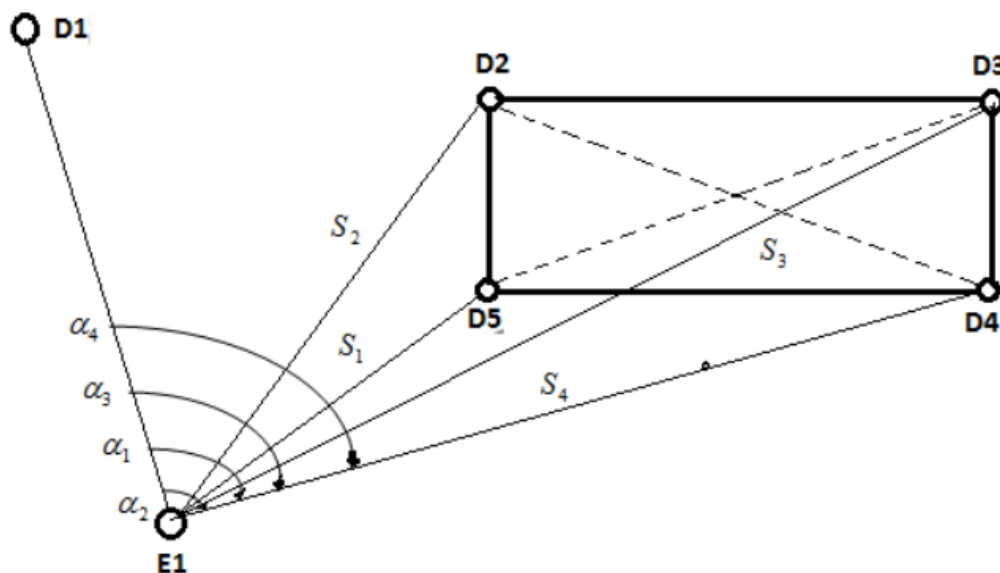


Figura 5 – Método Polar. Fonte: MOESER (2000)

b) Método Ortogonal

No Método Ortogonal, a locação é feita utilizando uma linha ortogonal no levantamento, como pode ser observado na Figura 6. É utilizado o eixo "x" que vai de A até B para o primeiro alinhamento, posteriormente é utilizado um eixo perpendicular "y" juntamente com a distância entre o eixo ortogonal e o ponto a ser locado. Utilizando o eixo "x" para um alinhamento e o eixo "y" juntamente com as distâncias é possível locar os pontos utilizando esse método.

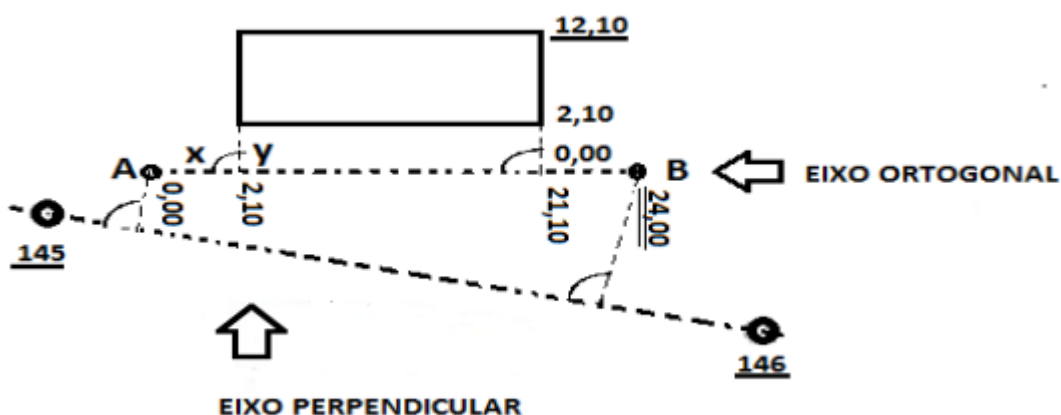


Figura 6 – Método Ortogonal. Fonte: MOESER (2000)

c) Método da Interseção a Vante

O Método de interseção a vante é utilizado quando se tem dois pontos com coordenadas conhecidas e busca-se determinar um ponto N desconhecido. Inicialmente é estacionado o equipamento em um ponto A conhecido, utilizando o equipamento topográfico para pegar as medidas do ponto A ao ponto N. A mesma coisa é feita estacionando o equipamento no ponto B, como é ilustrado pela Figura 7, nesse caso é conhecido as coordenadas dos pontos A (X_A ; Y_A) e B (X_B ; Y_B), assim como os respectivos ângulos α e β . Utilizando comitaneamente essas informações com as equações abaixo, é possível calcular as coordenadas do ponto N.

$$X_N = \frac{X_B \cdot \tan \beta + X_A \cdot \tan \alpha - \Delta X \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} \quad (1)$$

$$Y_N = \frac{Y_B \cdot \tan \beta + Y_A \cdot \tan \alpha - \Delta Y \cdot \tan \alpha \cdot \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} \quad (2)$$

No qual:

ΔX e ΔY são as diferenças entre as coordenadas conhecidas;

α e β são os ângulos internos medidos.

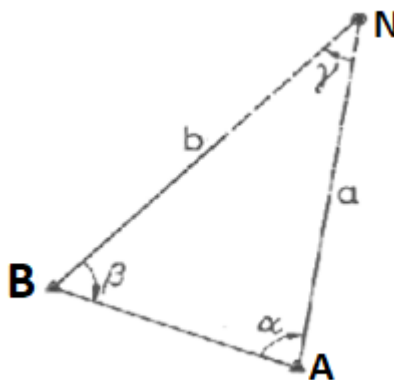


Figura 7 – Método da Interseção a Vante. Fonte: Kahmen e Faig (1988)

3.4. Equipamentos utilizados para a locação

3.4.1. Estação Total

A estação total reúne as funções de um teodolito eletrônico, de um medidor eletrônico de distância (MED) e um computador em um instrumento. (GHILANI e WOLF, 2012).

Com a estação total, o topografo pode fazer medições de ângulos horizontais, verticais e distâncias inclinadas, e é calculado às componentes verticais e horizontais da distância juntamente com a sua respectiva coordenada. Todos os dados obtidos e calculados são armazenados e podem ser transferidos para softwares de desenho e de mapeamento.

A estação total é composta dos mesmos eixos e componentes de um teodolito, com a adição de um distanciômetro, para a medição das distâncias de forma eletrônica e transdutores angulares ao invés dos discos graduados.

3.4.1.1. Classificação de Estações Totais

A NBR 13.133/2021, classifica as estações totais com relação a precisão do equipamento e os desvios padrões dos ângulos e medidas de distâncias linear, como pode ser observado na Tabela 2

Tabela 2 – Classificação de estações totais.

Classe	Desvio-padrão da direção	Desvio-padrão linear
1	$\sigma \leq 02''$	$\leq \pm(1\text{mm} + 1 \times 10^{-6})$
2	$02'' < \sigma \leq 05''$	$\leq \pm(2\text{mm} + 2 \times 10^{-6})$
3	$05'' < \sigma \leq 10''$	$\leq \pm(3\text{mm} + 3 \times 10^{-6})$

NOTA Nas fichas técnicas dos instrumentos, o desvio-padrão corresponde a $1 \times 10^{-6} = 1 \text{ ppm} = 1\text{mm/km}$.

Fonte: ABNT (2021)

3.4.1.2. Partes da Estação Total

A parte superior da estação total é composta dos sistemas de eixos, luneta, círculos graduados e as partes eletrônicas utilizadas para fazer as medições tanto de distâncias quanto de ângulos.

a) Sistema de Eixos

Os movimentos realizados pela estação total são graças a rotações em três eixos como pode ser visto na Figura 8.

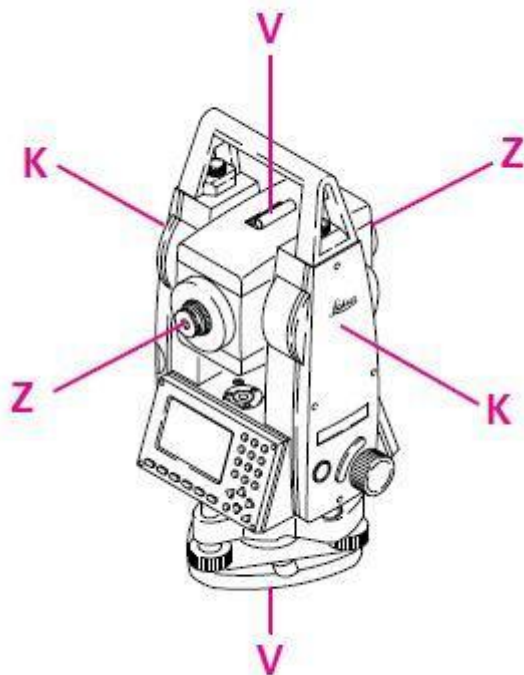


Figura 8 – Sistema de eixos de uma Estação Total. Fonte: Leica (2003)

Sendo que:

Eixo VV: Eixo vertical, é o principal responsável pela rotação horizontal da luneta.

Eixo ZZ: Eixo de Colimação ou Linha de Visada

Eixo KK: Eixo secundário, é o eixo que rotaciona verticalmente a luneta.

Esses três eixos são os responsáveis por toda a movimentação da luneta, que permite assim a localização do ponto a ser levantado ou locado. Esses eixos apresentam ajustes grosseiros, ajustes finos e travas.

b) Telescópio

Os telescópios são os responsáveis por localizar o ponto a ser medido. São geralmente curtos e apresentam retículas com mira gravada no vidro e dois controles para alterar o foco, sendo o controle da lente objetiva para focar no ponto desejado e controle da lente ocular utilizado para focar o retículo.

c) Nível de bolha e nível digital

O nivelamento é processo fundamental para qualquer trabalho com a Estação Total. Ele é executado em duas partes, primeiro o nivelamento grosseiro utilizando os níveis de bolhas, e quando próximo do nivelamento final, é feito o ajuste fino usando o nível digital, para ter maior precisão.

d) Base Niveladora

A Base Niveladora constitui-se de uma base circular com três parafusos calantes que fazem ajustes na inclinação da Estação Total, podendo assim realizar o nivelamento.



Figura 9 – Base Niveladora Fonte: Leica

e) Medidor Eletrônico de Distância (MED)

Os medidores eletrônicos de distância são instrumentos que funcionam no princípio da reflexão de ondas, baseando-se na emissão e recepção de um sinal. Onde a distância é calculada considerando os parâmetros de comprimento de onda, frequência e velocidade de propagação do sinal. O equipamento transmite um sinal até um receptor, no qual esse sinal é refletido fazendo com que a distância entre o receptor e o transmissor seja medida duas vezes.

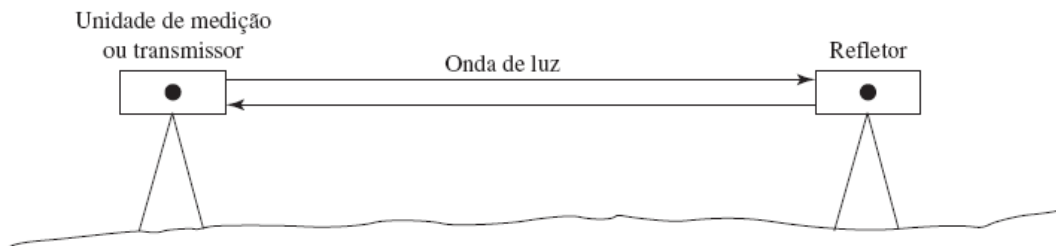


Figura 10 – Esquema de funcionamento do MED. Fonte: McCormac

3.4.2. Prismas Refletores

Os prismas refletores são os instrumentos mais eficientes para se utilizar como refletores juntamente com os medidores eletrônicos de distância, pois são formados por três faces refletoras que se divergem em um ângulo de 90° entre si.

Na medição, utilizando-se um Medidor Eletrônico de Distância e um prisma, ocorre a reflexão total das ondas, ou seja, os feixes de luz são refletidos 180° . O sinal emitido pelo MED incide na face do prisma e é refletido de volta de forma paralela ao sinal incidente, sendo essa a principal característica dos prismas, qualquer onda que incidir na sua face retornará na mesma direção, vide a Figura 11.

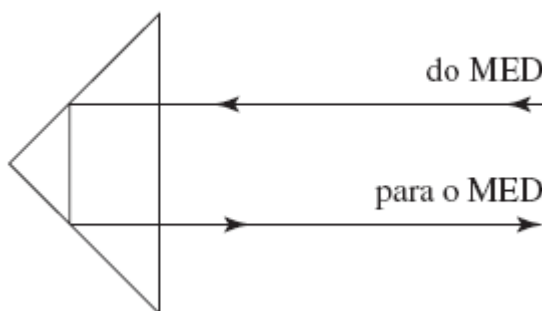


Figura 11 – Esquema do funcionamento de um prisma Fonte: McCormac



Figura 12 – Prisma Refletor Fonte: Leica

3.4.2.1. Constante do Prisma

Quando se utiliza um MED e um prisma para fazer uma medição, é necessário adotar uma constante para o prisma, que será acrescida no valor final da distância. Segundo Wolf e Ghilani (2002) essa constante é considerada pois a luz viaja em velocidades diferentes no ar e no vidro, o “centro efetivo” do refletor está atrás do prisma, portanto não coincide com o centro mecânico. Essa diferença entre os “centros” do prisma causa um erro sistemático na medição das distâncias, em Estações Totais é inserido a informação da constante do prisma e o próprio software da Estação faz o ajuste desse erro sistemático.

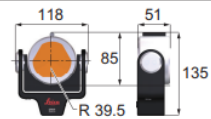
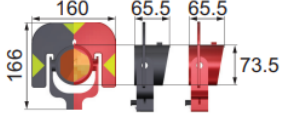
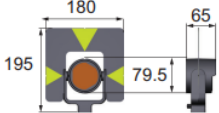
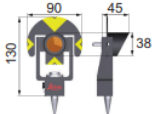
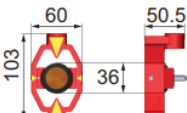
Prism	Constant [mm]	Dimensions [mm]
GPH1P Circular Prism	0.0	
GPR121 GPR111 Circular Prism with Holder	0.0 0.0	
GPH1 + GPR1 + GZT4	0.0	
GMP101 MiniPrism	+17.5	
GMP111 GMP111-0 MiniPrism	+17.5 0.0	

Figura 13 – Constante de Prismas Fonte: Leica

3.5. Erros que afetam as medições

Os métodos de medição, tanto de forma manual quanto de forma eletrônica, não são perfeitos, portanto todos os resultados de medidas não são 100% precisos. Cabe ao responsável de fazer as medições de cuidar da precisão dos dados obtidos, uma maneira de fazer isso é tomando os devidos cuidados para evitar erros durante o processo.

Neste item serão descritos os erros que afetam tanto o levantamento quanto a locação geodésica utilizando a estação total e outros equipamentos. Esses erros podem ter três fontes diferentes, o operador, os instrumentos e a natureza, portanto são divididos em erros pessoais, naturais e instrumentais.

3.5.1. Classificação dos tipos de erros

3.5.1.1. Erros Pessoais

Erros podem acontecer de diversas maneiras durante uma medição ou locação utilizando equipamentos geodésicos. Quando o responsável por esse erro é o operador ou a equipe, devido a limitações físicas do corpo, esse erro é classificado como Erro Pessoal. A utilização de pessoas

capacitadas e com experiência no uso dos equipamentos resulta numa diminuição desse tipo de erro, considerando esses fatores, existem três tipos de classificações.

a) Erros Grosseiros

São erros geralmente associados ao descuido, cansaço, falta de bom senso ou mal-entendido entre o operador e a equipe. São comumente enganos na medição, leitura errada do equipamento ou leitura considerando o alvo errado. Esse erro é geralmente percebido pela experiência das pessoas envolvidas e por um processo de verificação dos dados obtidos e anotados, sendo que, se sempre houver uma checagem dos valores retirados do equipamento e os valores registrados, é um erro que pode ser evitado na maioria dos casos.

b) Erros Sistemáticos

São erros gerados por fatores que compõem o sistema de medição como o observador, o instrumento e o meio ambiente. É um erro que se não for tomado o devido cuidado vai se acumulando durante todo o trabalho realizado, se tornando um erro significativo no final do processo. Considerando que as condições do sistema de medição mantêm-se constantes, esse erro sistemático também se manterá, caso ocorra uma mudança de equipamento, substituição para um operador de menor experiência e até uma mudança drástica climática pode acarretar uma mudança de magnitude do erro sistemático. Para evitar o maior acúmulo desse erro é importante a adoção de um padrão de referências para todas as medidas tomadas, fazendo assim com que esse erro não se acumule, e evitando problemas no resultado.

c) Erros Aleatórios ou Acidentais

Quando são eliminados os erros grosseiros e sistemáticos, ainda existe um erro no final do processo, sendo ele o erro aleatório. Originado por fatores que estão fora do alcance do operador e trabalha dentro das leis da probabilidade, portanto não existe método para eliminar esse erro, porém podem ser estimados com métodos estáticos. Quando os outros dois erros são eliminados do resultado, resta apenas o fator da aleatoriedade que é inerente ao a qualquer medição e normalmente resulta em um desvio dentro do aceitável para o levantamento ou a locação.

3.5.1.2. Erros Naturais

Erros naturais são aqueles ocasionados por variações no ambiente como por exemplo vento, temperatura, umidade, pressão atmosférica, gravidade e declinação magnética. As estações totais utilizadas atualmente possuem sensores que fazem a leitura das possíveis variações atmosféricas e aplicam automaticamente uma correção ao valor medido.

3.5.1.3. Erros Instrumentais

Erros instrumentais são aqueles que resultam de certa imprecisão ou imperfeição associada ao equipamento utilizado durante a medição, pode ser ocasionado pelo ajuste do equipamento, movimentação de alguma peça ou alguma imperfeição durante a construção do equipamento. Esse erro pode ser drasticamente reduzido através de calibrações periódicas no equipamento e adoção de procedimentos adequados para a utilização do mesmo.

Dentre os erros instrumentais pode-se destacar os erros relacionados à leitura de ângulos e da distância feitos pela estação total.

3.5.1.4. Erros na medição de distância

a) Erro do índice

O erro do índice é também conhecido como constante do prisma, retratando a diferença entre a distância medida pela estação total e a distância real entre dois pontos. Esse pequeno erro se dá devido a uma pequena diferença entre o centro geométrico, considerado o eixo principal da estação, e o centro óptico do prisma. Essa constante é definida para cada tipo de prisma e é fornecida pelo fabricante, sendo esse erro definido como um erro sistemático constante, portanto, não se altera com a distância medida. As estações totais atuais permitem a inserção da constante do prisma e ela mesma já faz as correções necessárias.

b) Erro Cíclico

O erro cíclico está ligado à força de retorno do sinal dos Medidores Eletrônicos de Distância (MED), portanto, quanto maior for a distância a ser medida maior é o efeito desse erro. Ele é proveniente de falhas na determinação da diferença de fase da onda, ele surge em consequência de variações bruscas da fase entre a emissão e recepção do sinal. Este erro é fornecido pelo fabricante e é aceito como insignificante quando se trata da precisão dos instrumentos de medida, porém ao decorrer do uso constante e envelhecimento do equipamento ele pode se tornar significativo para as medições, portanto é necessário manter as calibrações periódicas do equipamento.

c) Erro de Escala

O erro de escala são influências linearmente proporcionais à distância medida é adotada em partes por milhão (PPM), sendo geralmente menor que uma PPM sendo assim desprezível. Podendo ser causados pela temperatura externa do equipamento de medida e mudanças atmosféricas que possam alterar a velocidade de propagação da onda.

3.6. Construção de Meio-Fio e Guia

3.6.1. Definições

Segundo o DNIT, existe uma diferença entre meio fio e guia, apesar de ambos serem dispositivos posicionados lateralmente ao pavimento, eles executam funções diferentes.

Os meios fios são limitadores físicos do pavimento rodoviário, com a principal função de proteger a borda da pista dos efeitos da erosão do escoamento da água precipitada sobre a plataforma. Portanto, ele tem a função de interceptar o fluxo decorrente da declividade transversal da via e conduzi-lo para pontos previamente definidos para lançamento.

Continuando segundo o DNIT, as guias são "dispositivos com a função de limitar a área da plataforma dos terrenos marginais, principalmente em segmentos onde se torna necessária a orientação de tráfego." Essa orientação de tráfego pode ser em canteiros centrais, interseções, obras de arte, assim realizando a função de segurança e orientação da drenagem superficial.

3.6.2. Processo Construtivo

Para a construção dos meios-fios e guias, podem ser adotados três métodos de execução, primeiramente utilizando formas convencionais e moldado "in loco", podendo também ser feitas de concreto pré-moldado e por fim podem ser moldadas "in loco" com a utilização de formas deslizantes.

a) Moldado "in loco"

Preliminarmente é escavado o local adjacente onde será construído a guia, obedecendo o alinhamento, cotas e dimensões do projeto, seguido pela execução de um base de brita para regularizar o terreno. Na sequência são instaladas as formas, com espaçamento de 3 metros em linhas retas e de 1 metro nas curvas, para obter uma melhor concordância. Com as formas instaladas, é realizado o lançamento, vibração e posteriormente a conformação utilizando ferramentas manuais, em especial uma régua apoiada nas formas.

Com o início da cura do concreto são retiradas as formas e executada as juntas de dilatação em intervalos de 12 metros preenchidas com argamassa asfáltica.

b) Pré- Moldado

O início da execução é igual ao do moldado "in loco" no qual é realizado a escavação e a execução da base de brita. Logo após é feita a instalação e assentamento dos meios-fios pré-moldados, realizando um rejuntamento com argamassa cimento-areia traço 1:3.

Tratando das peças pré-moldadas, elas devem ser moldadas em fôrmas metálicas ou de madeira revestida e serem submetidas a adensamento por vibração. As peças devem ter no máximo 1,0 metro e para os segmentos de curva ter uma dimensão reduzida.

c) Moldado "in loco" com fôrmas deslizantes

Nesse método os meios-fios e guias são moldados "in loco", só que ao invés de fôrmas fixas é utilizado formas metálicas deslizantes, acopladas a máquinas automotrizes.

Assim como nos métodos anteriores, é primeiro feito a preparação do terreno com a escavação e a base de brita e na sequência é feito o lançamento do concreto e moldagem por extrusão utilizando a forma deslizante. Após a execução do trecho é feita a junta de dilatação em intervalos de 12 metros, preenchidas com asfalto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

A área onde foi realizada a locação trata-se de uma obra de loteamento e fica localizado no município de Bauru/SP, como pode ser observado na Figura 14.



Figura 14 – Localização do Loteamento. Fonte: Google Earth

O local onde foi estudado a locação dos pontos e a construção da guia é o indicado na figura anterior, que consiste na rua próxima a avenida e que apresenta culs-de-sac nas suas extremidades.

4.2. Equipamentos

Para a locação dos pontos foi utilizado a Estação Total Ruide RCS, ilustrado na Figura abaixo.



Figura 15 – Estação Total Ruide RCS Fonte: O autor

Auxiliando a Estação Total foi utilizado o suporte com Prisma AK 23 da XPEX, apresentando constante (offset) de 0mm para o miniprisma e 30mm para o prisma, segundo o fabricante.



Figura 16 – Prisma XPEX. Fonte: O autor

Juntamente com os equipamentos foi utilizado o software Civil3D da Autodesk, para criar os pontos que deveriam ser locados na obra e transferi-los para a Estação Total.

4.3. Metodologia

O procedimento para a realização desse estudo pode ser dividido em duas etapas, a primeira sendo a criação dos pontos a serem locados e sua posterior transferência para a Estação Total e a segunda tratando dos procedimentos em campo para a locação dos pontos. A Figura 17 ilustra o projeto do loteamento:

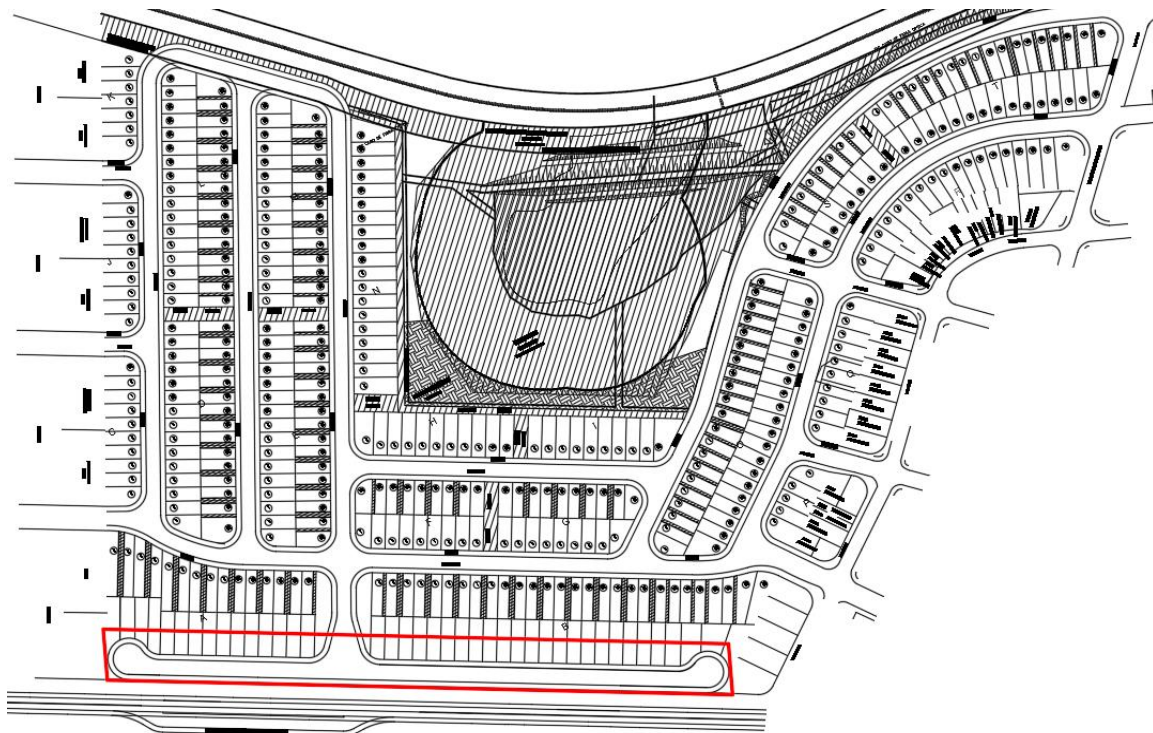


Figura 17 – Projeto do loteamento. Fonte: Civil3D

4.3.1. Definições para criação dos pontos

Com o projeto das ruas e guias prontos, pode-se partir para a criação dos pontos para a locação. Tratando-se da locação do meio-fio e da guia, são utilizados dois tipos de pontos para a locação e um terceiro utilizado para a locação no cul-de-sac.

a) Pontos para alinhamento

Como o próprio nome diz, são os pontos utilizados para manter o alinhamento da guia ao longo do comprimento da rua, facilitando o processo construtivo e diminuindo possíveis erros por falta de alinhamento na execução.

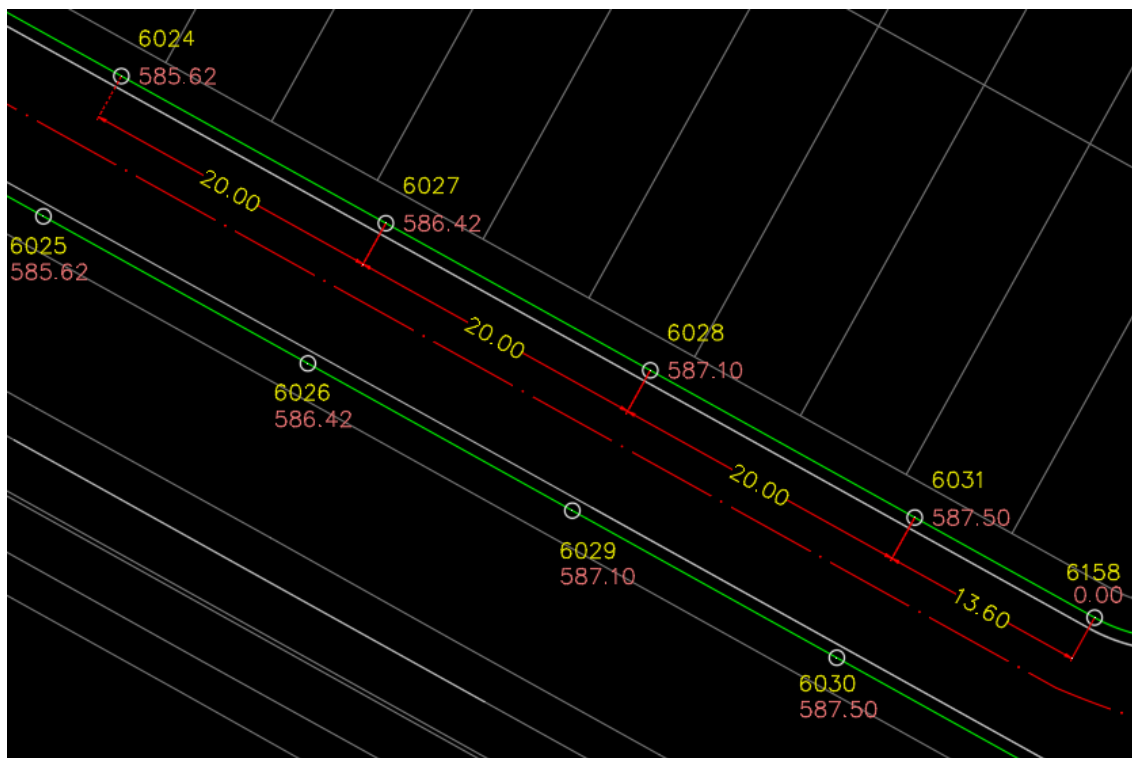


Figura 18 – Ponto de locação para alinhamento. Fonte: Civil3D

Tal como pode ser visto na Figura 18, os pontos são alinhados com uma distância de 20 metros entre si, que é um valor frequentemente utilizado, pois é possível fazer a marcação da cota do greide entre as estacas sem apresentar um número excessivo das mesmas.

Pode-se observar também que a distância entre os pontos 6031 e 6158 é menor que 20 metros, pois o ponto 6158 é um ponto da curva, tendo assim uma distância menor entre esses dois pontos, para facilitar a construção da transição entre a curva e o alinhamento.

b) Pontos para curvas

Para a locação das curvas são utilizados três pontos principais, o “PC” que é o ponto do começo da curva, o “PM” que demarca o meio da curva e finalmente o “PT” que indica o fim da curva. Sendo que normalmente o PC é antecedido e o PT é sucedido pelos pontos de alinhamento.

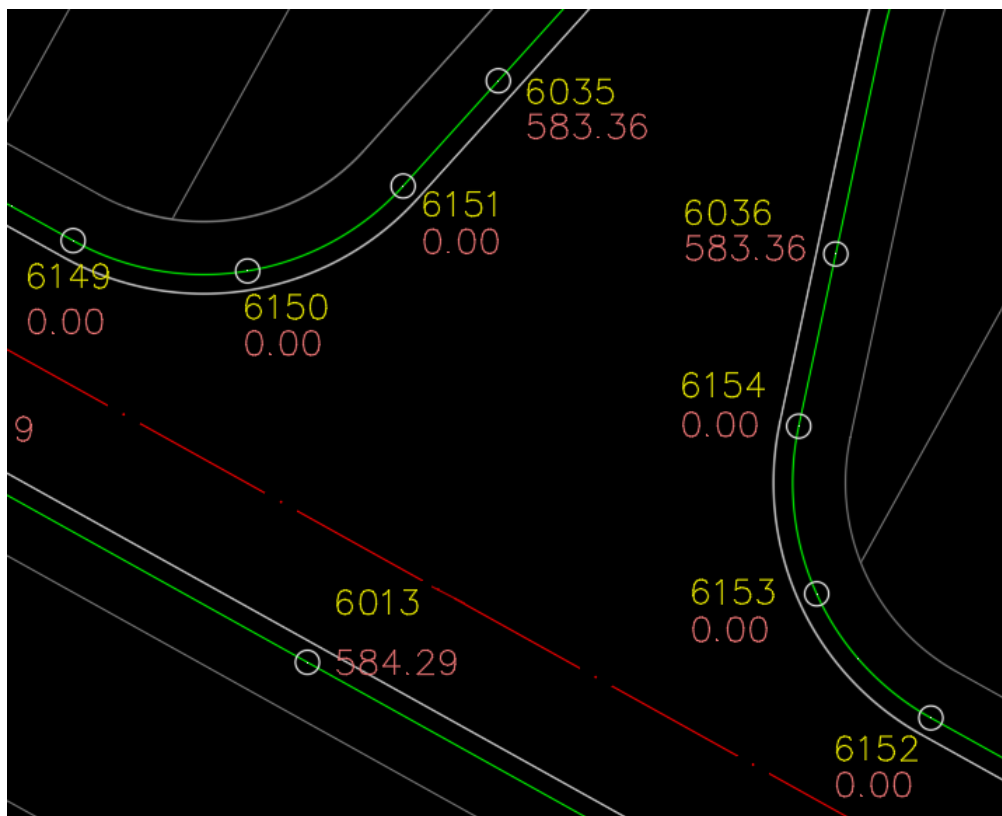


Figura 19 – Ponto de locação de curvas. Fonte: Civil3D

Como pode ser observado na Figura 19, são utilizados três pontos para locar as curvas sendo eles os trios 6149, 6150, 6151 e 6152, 6153 e 6154. Já os pontos 6035 e 6036 são os pontos de alinhamento da rua que se segue, o mesmo ocorre com os pontos de alinhamento que antecedem as estacas 6149 e 6152.

c) Pontos para o cul-de-sac

A realização da locação do Cul-de-sac necessita de mais pontos que as duas anteriores. Primeiramente que por se tratar de uma estrutura circular são adotados os mesmos pontos das curvas, que são os PC, PM e PT, contudo além desses pontos são adicionados também pontos intermediários entre PC-PM e PM-PT, como pode ser observado na Figura 20.

Além desses pontos é criado um ponto no centro do cul-de-sac e é informado o raio do mesmo, para facilitar o processo de construtivo.

Finalmente, no caso dos culs-de-sac analisados nesse estudo, foi necessário criar uma curva entre o fim do cul-de-sac e o alinhamento da rua, sendo assim necessário mais três pontos, como visto anteriormente.

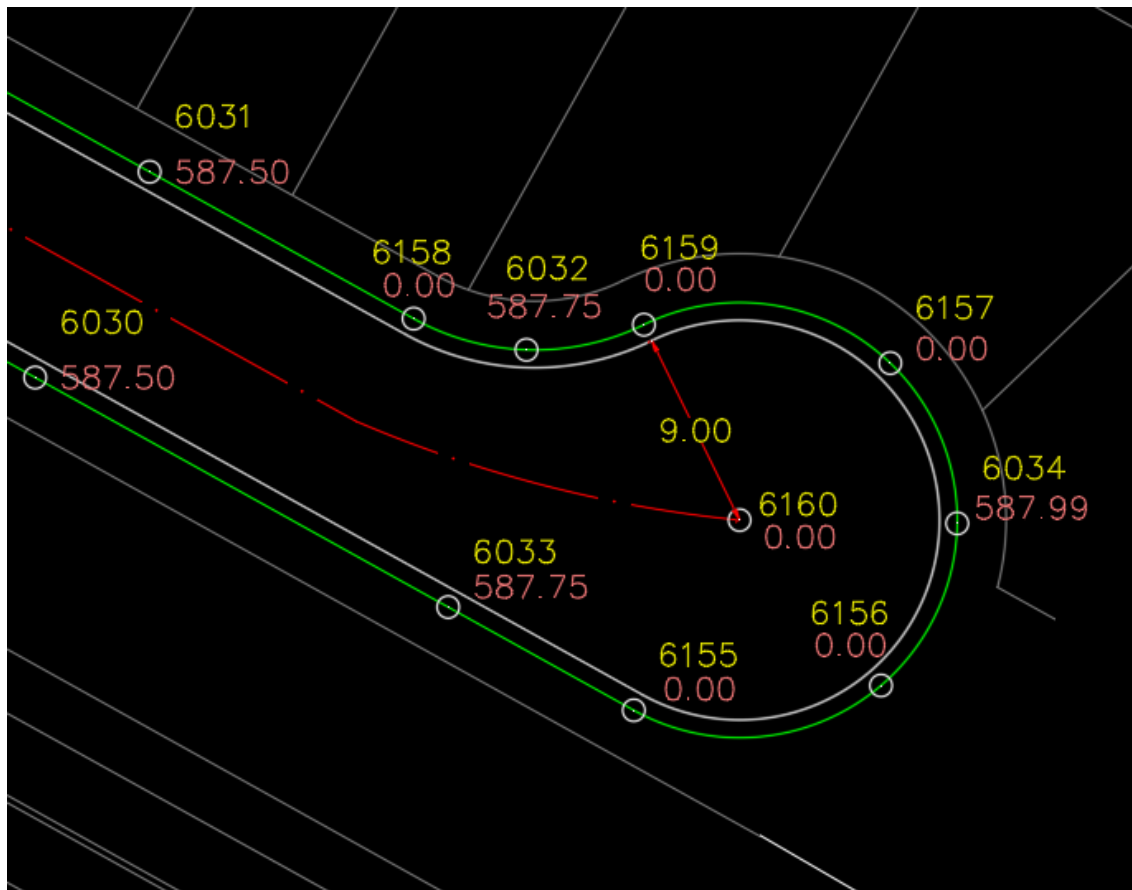


Figura 20 – Ponto de locação do cul-de-sac. Fonte: Civil3D

Como pode ser observado na Figura 20, os pontos 6031 e 6030 são os pontos de alinhamento da guia da rua que segue. Os 6158, 6032 e 6159 são para auxiliar a locação da curva de transição entre o cul-de-sac e o alinhamento, sendo que esse último é utilizado tanto como PC do cul-de-sac como PT da curva. Finalmente os pontos restantes, 6157, 6034, 6156, 6155, 6033 e 6160 são os necessários para locar o cul-de-sac na obra.

4.3.2. Descrição dos pontos

A descrição dos pontos utilizados pode variar de acordo com o projeto e com o engenheiro responsável. Nesse caso estudado foi adotado como “6000” o início na numeração dos pontos para a locação das guias nesse trecho do loteamento.

É necessário ter bastante cuidado na hora de numerar os pontos, pois caso tenham dois pontos com nomes iguais, um deles será deletado quando for passado os dados para a Estação Total, levando a erros que só serão percebidos posteriormente causando atraso na locação.

Usualmente são utilizados valores diferentes nas dezenas de milhar para diferenciar os diferentes tipos de locações que se tem numa obra grande como a de um loteamento.

Embaixo do número do ponto tem-se a cota do mesmo, essas cotas já foram definidas anteriormente no projeto de terraplanagem e após a locação da estaca é identificado na mesma a altura que falta para atingir a cota de projeto, esse processo será descrito em mais detalhes na locação das estacas na obra. Contudo, os pontos que apresentam cota 0.00 foram criados apenas para auxiliar na locação, principalmente nas curvas e no cul-de-sac, por isso não apresentam cotas especificadas no projeto.

Nesse projeto em específico foi definido a locação das estacas de alinhamento a 80 centímetros da guia em direção da calçada. Como pode ser visto nas figuras anteriores, sendo a linha branca a guia e a linha verde o alinhamento das estacas.

4.3.3. Criação dos pontos utilizando o Civil3D

Com os pontos já definidos nos itens anteriores, será utilizado o software da Autodesk Civil3D para criar os pontos no projeto. No decorrer do processo de levantamento topográfico do local da obra e durante os cálculos de terraplanagem, o projeto foi posicionado na sua coordenada geográfica, em relação ao SIRGAS 2000, do local da obra, que é referente ao 22S.

Portanto, a criação dos pontos no software irá fornecer as coordenadas de norte e leste para cada ponto referenciado no sistema SIRGAS. Essas informações de coordenadas serão transferidas para a estação total que fará o processo de locação.

Por essa etapa do trabalho será demonstrado alguns prints e comandos utilizados no Civil3D para melhor descrever as etapas e auxiliar na criação dos pontos. Os comandos serão descritos entre aspas com espaçamento entre as palavras, entretanto no software eles devem ser escritos sem espaço entre as palavras.

a) Referência de coordenadas

Inicialmente, é necessário certificar que o programa está considerando o projeto nas coordenadas corretas. Para acessar essas configurações, é utilizado o comando "EDIT DRAWING SETTINGS", que irá exibir a seguinte janela.

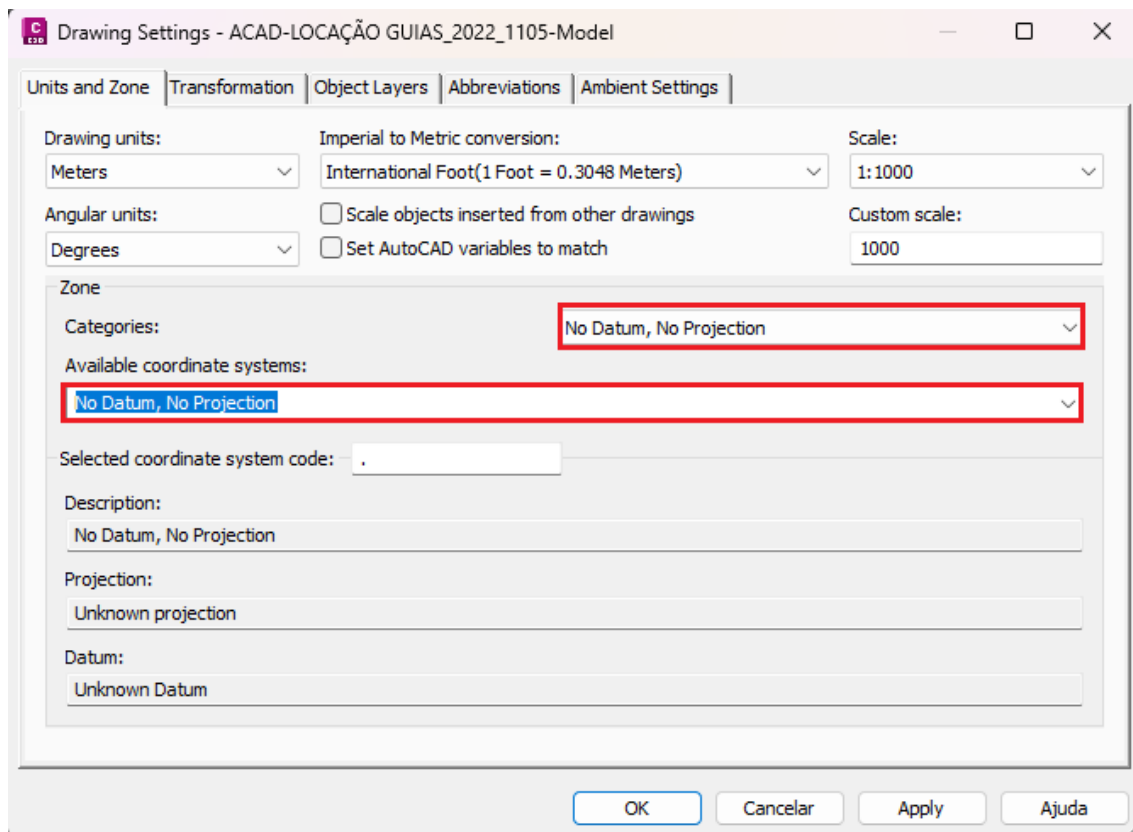


Figura 21 – Comando “Edit Drawings Settings”. Fonte: Civil3D

Essa janela mostra as opções de conversão e escala do desenho, mas para o caso estudado o importante são as opções indicadas, que são referentes ao sistema de coordenada adotado.

Na opção “Categories” é colocado o país onde está sendo feito o projeto, pois na próxima janela “Available coordinate systems”, é mostrado todas as opções de coordenada para tal localidade, vide Figura 22.

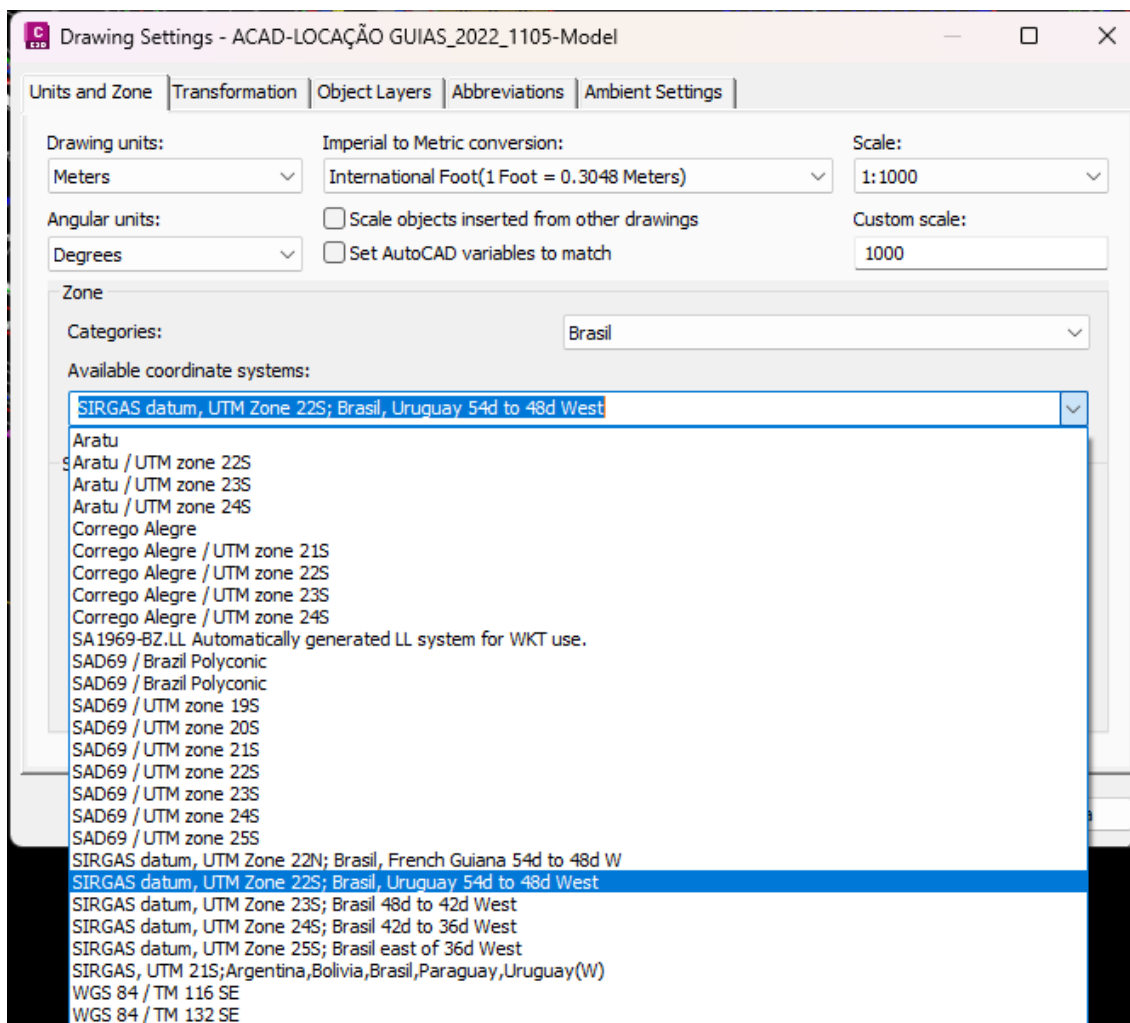


Figura 22 – Sistemas de coordenadas disponíveis. Fonte: Civil3D

Para o município de Bauru o Sistema de Referência de Coordenadas é o SIRGAS Datum 22S. Sendo assim é finalizado o processo de referenciamento geográfico. Portanto, todos os pontos criados terão suas coordenadas referenciadas dentro do projeto.

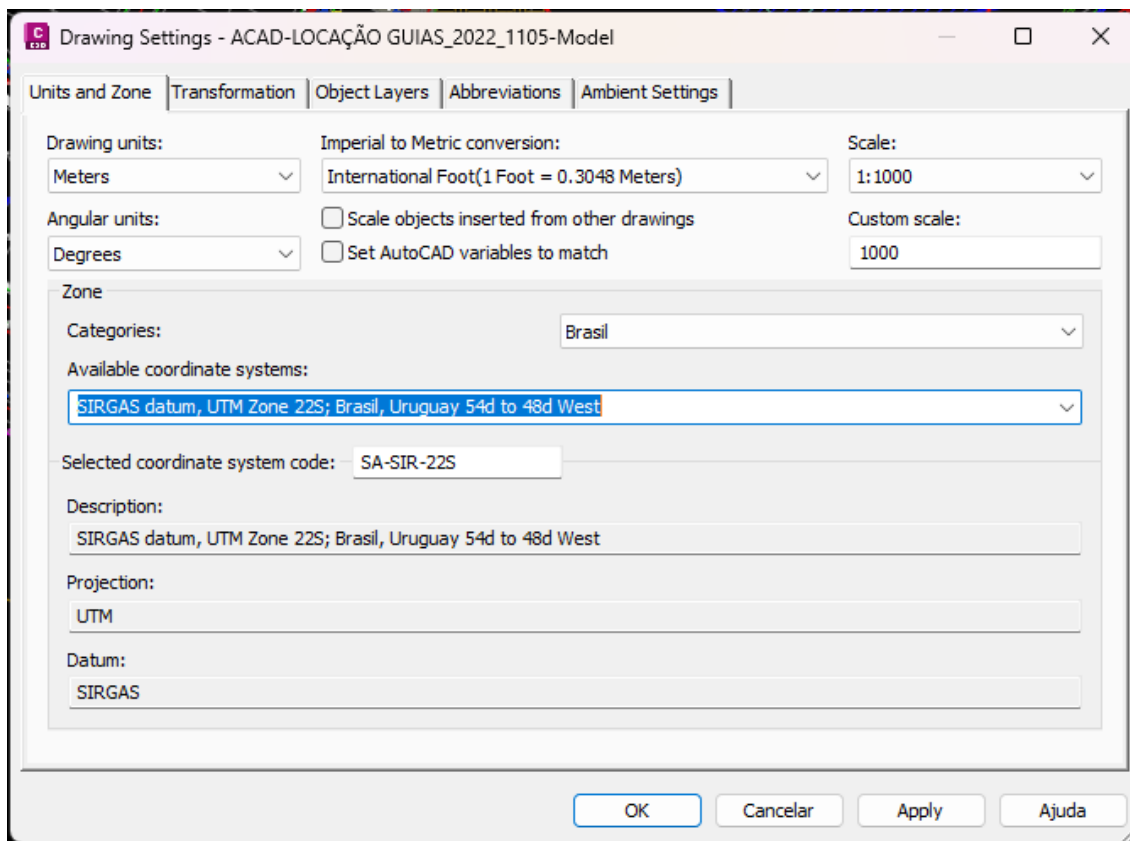


Figura 23 – Configuração final do sistema de coordenadas. Fonte: Civil3D

b) Criação dos pontos

Para abrir os comandos para configurar os pontos basta ir na aba “Modify” e clicar na opção “Points”. Feito isso, será possível selecionar a opção criar pontos.

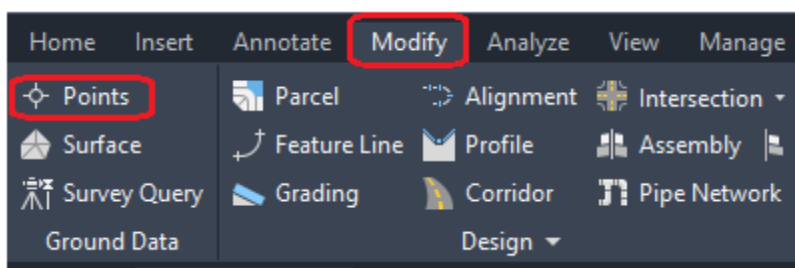


Figura 24 – Localização da opção para configurar os pontos. Fonte: Civil3D

Iniciando a criação dos pontos, é necessário entrar alguns dados na seguinte ordem. Primeiramente deve-se escolher o local no projeto onde quer colocar o ponto, seguido pela

descrição do ponto, como exemplificado em itens anteriores, para esse local será iniciado a contagem com o número 6000 e seguirá de forma crescente. Finalmente é requerido a entrada da altura do ponto, assim como explanado anteriormente, alguns pontos terão cota devido ao projeto de terraplanagem feito anteriormente, enquanto outros que só serão utilizados para auxiliar será inserido altura 0.00m.

Com os pontos criados, basta clicar no botão exportar ponto no qual exibirá a seguinte janela.

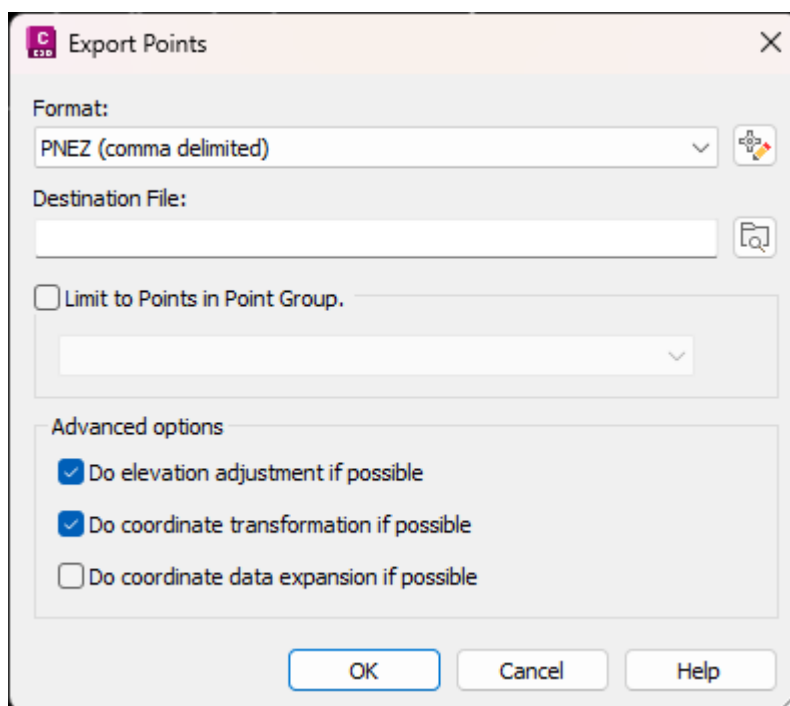


Figura 25 – Configurações para exportar os pontos. Fonte: Civil3D

O mais importante nesse momento é exportar em um formato compatível com o previamente programado na Estação Total, para que ela possa fazer a leitura sem qualquer problema. No caso estudado, a Estação primeiramente lê o nome do ponto, seguido pelas coordenadas do Norte e do Leste respectivamente e finalizando com a altura “Z” do ponto. Por esse motivo foi escolhido a opção “PNEZ”, pois o arquivo é exportado compatibilizado com o formato que será lido pela Estação.

Realizando esse procedimento, é fornecido um arquivo “.txt”, vide Figura 26. Esse arquivo pode ter transferido para a Estação Total por Bluetooth ou via pen drive.

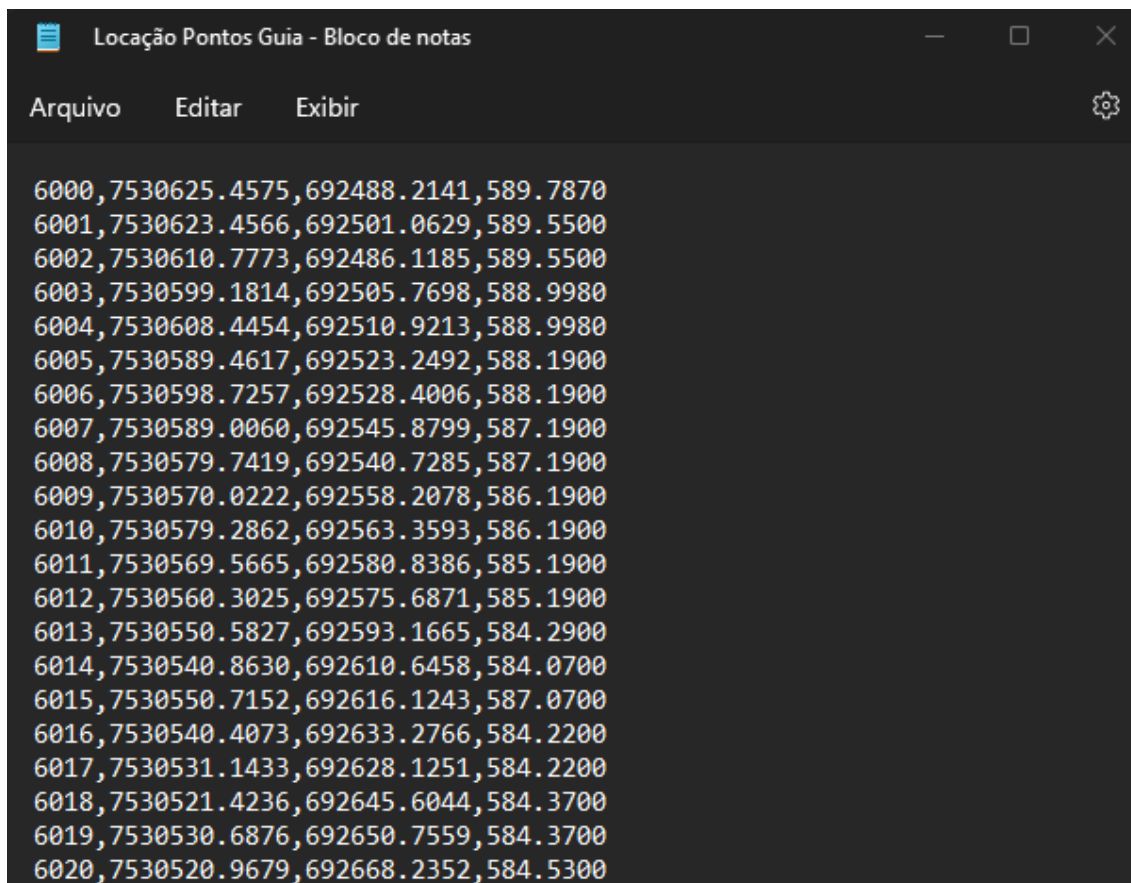


Figura 26 – Arquivo “.txt” com os pontos. Fonte: O autor

Existem várias vantagens do arquivo exportado pelo Civil3D e lido pela Estação Total ser em “.txt”, como por exemplo a possibilidade de criação manual de pontos, assim como alteração do nome ou algum outro dado inserido incorretamente.

4.3.4. Locação na obra

Com todos os procedimentos necessários na etapa do projeto feitos, é preciso transferir essas informações para o campo. Nessa parte é essencial a experiência do topógrafo, tanto para evitar erro grosseiros quanto para fazer o processo de forma mais eficiente, evitando assim atrasos na obra.

O processo de locação na obra pode ser dividido em duas partes, a preparação da Estação Total e a locação das estacas.

a) Preparação da Estação Total

Primeiramente, como procedimento padrão para todos os trabalhos utilizando a Estação Total, a estação é posicionada em um local com uma boa visibilidade tanto para os pontos a serem locados quanto para o ponto onde será feito a visada ré.

O local onde foi estacionado a estação já estava marcado, pois já era um ponto com as coordenadas conhecidas pela estação devido a outros procedimentos feitos anteriormente na obra. Esse ponto tem as coordenadas registradas na Estação e é demarcado por estacas em volta, para fazer a sua proteção e facilitar a localização dele na obra. A seguir as Figuras 27 e 28 demonstram respectivamente um local demarcado para estacionar o equipamento e o campo de visão do local onde foi estacionado a Estação Total.



Figura 27 – Indicação de um ponto para estacionar a Estação Total. Fonte: O Autor



Figura 28 – Campo de visão da Estação Total. Fonte: O Autor

Com o equipamento estacionado é feito o seu nivelamento utilizando o nível eletrônico e o de bolha presente na estação. Na sequência é feita uma primeira leitura chamada de “Visada ré”, que consiste em medir a distância para um outro ponto com coordenadas previamente conhecidas.

Com essa leitura a estação tem dois pontos conhecidos, o local no qual ela está estacionada e o ponto da visada ré, sendo assim possível fazer a triangulação das coordenadas dos próximos pontos serem medidos ou locados.



Figura 29 – Equipamento estacionado e nivelado. Fonte: O Autor

Com o equipamento pronto é feita a transferência dos pontos a serem locados para Estação Total, como descrito anteriormente. Na sequência é escolhido o ponto no qual se deseja locar e prosseguir com a locação. Essa etapa de seleção de ponto será ilustrada por imagens a seguir, disponibilizadas no “Manual de Operação Estação Total RTS – 820R3” feito pelo Alezi Teodolini.

As imagens a seguir ilustram o que está sendo exibido no painel da estação total, primeiramente é inserido o ponto a ser locado, identificado pelo seu número.

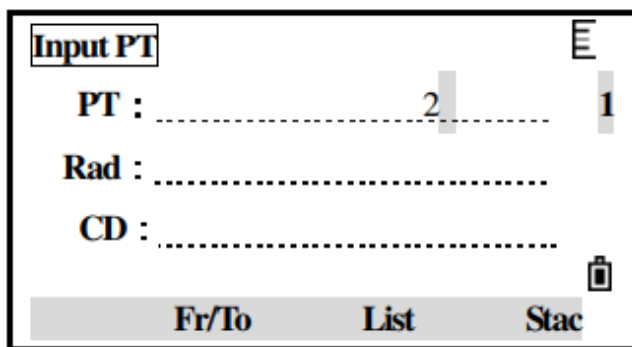


Figura 30 – Entrada do número do ponto. Fonte: Manual de Operação

A estação irá reconhecer o ponto indicado e informará a sua coordenada, partindo de um ponto de referência preestabelecido e indicará as coordenadas referente ao norte, ao leste e a altura respectivamente, como explicado previamente.

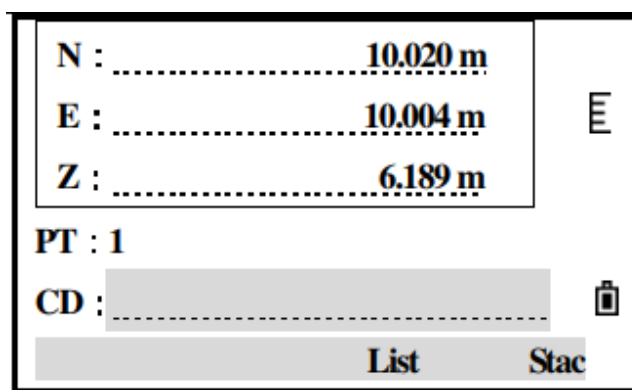


Figura 31 – Coordenada do ponto escolhido. Fonte: Manual de Operação

Na sequência é indicado o deslocamento angular que deve ser feito pelo equipamento para estar alinhada com o ponto. Sendo “dAZ” a diferença no ângulo horizontal até o alvo e “HD” a distância até o ponto.

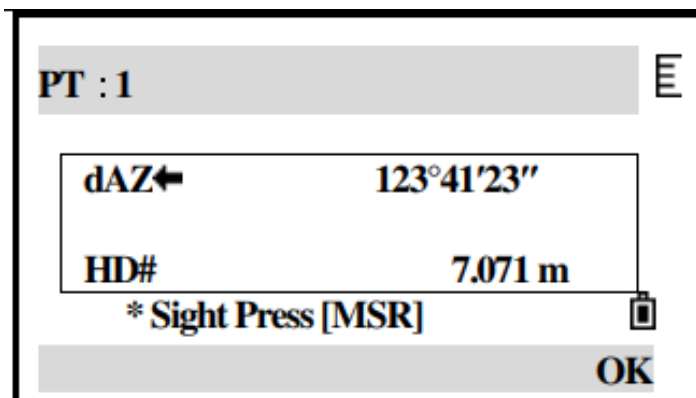


Figura 32 – Deslocamento angular até o ponto escolhido. Fonte: Manual de Operação

Com a estação próxima ao alinhamento do ponto é feita uma nova leitura no qual é indicado, outras informações para auxiliar a locação. A segunda linha indica o erro lateral informando se a correção deve ser feita para a direita (Right) representada pela letra “R” ou para a esquerda (Left) representada pela letra “L”.

Na terceira linha é indicado o erro longitudinal indicado pelos comandos “IN” e “OUT”, indicando para ir para dentro ou para fora, respectivamente. Finalmente a quarta linha é utilizada para a marcação de terraplanagem, quando o ponto a ser locado apresenta altura indicada no projeto a estação informa se deve ser feito corte ou aterro no local, sendo o corte representado por “CUT” e aterro por “FIL”.

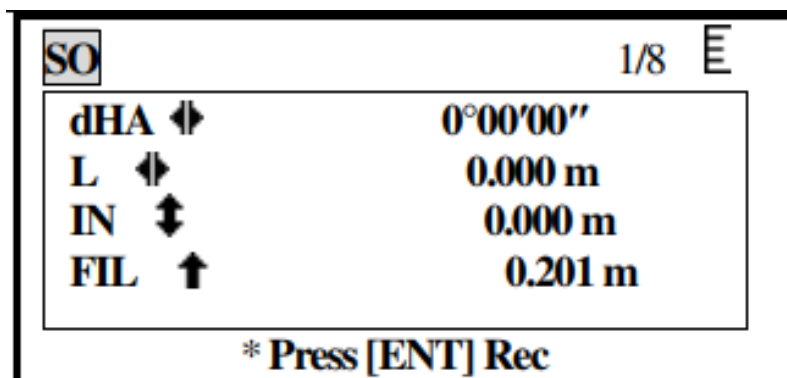


Figura 33 – Informações para locação do ponto escolhido. Fonte: Manual de Operação

Em relação a precisão exigida, depende do que será locado, locação e pilares e vigas exigem maior precisão do que alinhamento de guias ou ruas. Para a locação do alinhamento da guia foi adotado um erro máximo de 0,01 m (1,0 cm) para o alinhamento lateral e longitudinal.

Esse erro foi adotado pois, após a definição da localização do ponto é cravado naquele local uma estaca para indicar o alinhamento, o processo de cravar a estaca no chão pode ter diversas interferências como compactação do solo e pedras no caminho. Portanto, como o processo de marcar o ponto na obra apresenta uma certa variabilidade foi considerado como um erro máximo de 1,0 cm aceitável.

b) Locação das estacas

Encontrado o ponto a ser locado é necessário marcá-lo de uma maneira simples e que não sai do lugar facilmente. O método mais utilizado é através do cravamento de estacas no solo, estacas são feitas de madeira podendo ter tamanhos variados dependendo do local a ser marcado, em locais lamacentos é usualmente utilizados estacas de 1,0 metro enquanto em solos normais são normalmente de 50 a 60 cm.

Normalmente as estacas são enfiadas no solo até o momento no qual ela não perca a posição do seu centro com pancadas ou movimentos de terras leves ao seu redor, essa altura variando com a compactação do solo. As estacas apresentam uma ponta para facilitar o cravamento dela no solo e são pintadas no topo para facilitar a marcação e leitura de cotas e nomes. A Figura 34 mostra exemplo das estacas utilizadas na locação.



Figura 34 – Exemplo das estacas utilizadas. Fonte: O autor

Usualmente o serviço de locação é feito em duas ou mais pessoas, o topógrafo que fica responsável pelo manejo da Estação Total e o assistente encarregado da locação das estacas. A eficiência no processo de locação vai depender muito da experiência tanto do topógrafo no manejo do equipamento, quanto do assistente para localizar o ponto correto e locar à estaca.

Essa rapidez depende também da comunicação entre o topógrafo e o assistente, que é feita normalmente via rádio comunicador. Com a Estação Total mirando no ponto a ser locado cabe ao topógrafo informar onde que o assistente deve-se dirigir, normalmente é utilizado a Estação Total como referência para a correção lateral, por exemplo é pedido para o assistente se deslocar mais para a direita ou para esquerda visando o equipamento.

Quando próximo do alinhamento entre a estação e o ponto o topógrafo, faz-se uma leitura da distância até o prisma do assistente, sendo informado o quanto ele deve se deslocar longitudinalmente. Esse processo é feito algumas vezes até se chegar em um erro aceitável do ponto de locação.



Figura 35 – Materiais carregados pelo assistente do topógrafo. Fonte: O autor

Com o assistente posicionado no ponto, é feito a locação utilizando as estacas de madeira e uma marreta. Caso o ponto em questão não apresente cota no projeto, é anotado apenas um nome para indicar aquela estaca, vide Figura 36.

Caso o ponto apresente cota é colocado o prisma sobre o centro do topo da estaca e é feito uma nova leitura da Estação Total. Essa leitura indicará a necessidade de corte ou de aterro a partir do topo da estaca. Como pode ser visto na Figura 37 com o corte anotado na estaca, sendo o sinal negativo indicando corte e o positivo indicaria aterro no ponto.



Figura 36 – Estaca com nome indicado. Fonte: O autor



Figura 37 – Estaca com corte indicado. Fonte: O autor

É importante informar a equipe responsável pela construção da guia as considerações adotadas nas anotações, como a unidade das medidas anotadas e a partir de que ponto está sendo considerado o corte aterra. Sendo neste caso estudado as medidas de corte aterra foram anotadas em metros e a partir do topo da estaca. Essa informação é importante, pois o método de anotação pode variar de topógrafo para topógrafo.

5. RESULTADOS

Nesse item serão demonstradas algumas imagens referentes a locação das estacas e a construção da guia seguido pela tabela dos pontos localados.

5.1. Locação das estacas

Iniciando pela Figura 38, que trata dos pontos representados no projeto que foram localados para a execução da guia. Sendo que esses pontos só retratam esse pequeno trecho que foi analisado neste trabalho e todos os procedimentos e técnicas utilizados nesse pequeno trecho foram utilizados no restante do loteamento.

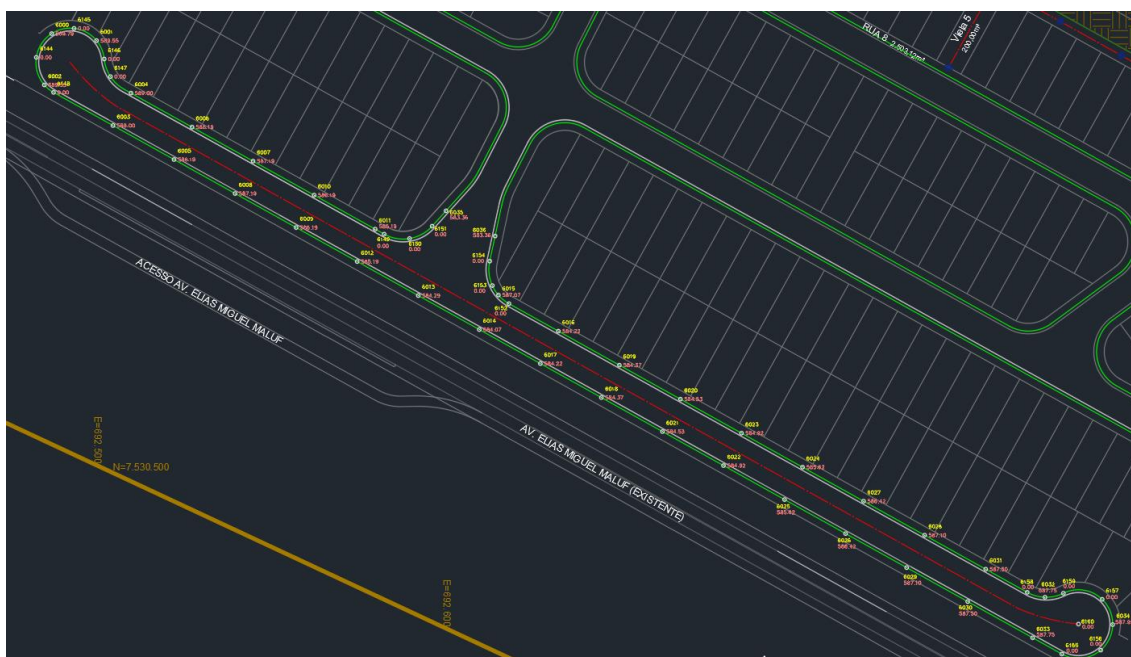


Figura 38 – Projeto da locação dos pontos. Fonte: Civil3D

Já a Figura 39 mostra a vista do cul-de-sac da direita no sentido da rua antes do início da construção da guia, com algumas estacas já localadas.



Figura 39 – Vista do trecho antes da construção da guia. Fonte: O autor

As duas imagens a seguir mostram os pontos do cul-de-sac projetado e eles locados na obra. Assim ilustrando tanto o projeto quanto a realidade dos pontos locados em campo, podendo assim observar alguns problemas que não são observados na etapa de projeto.

Como por exemplo um pequeno monte de terra que dificultou a locação das estacas 6000 e 6145, pois o topógrafo mira a Estação Total na base do bastão do prisma para pegar o ponto exato onde ele está apoiado e, quando não é possível observar a base do prisma, ocorre uma pequena perda de precisão, porém essa imprecisão não é o suficiente para ocorrerem problemas com a locação.

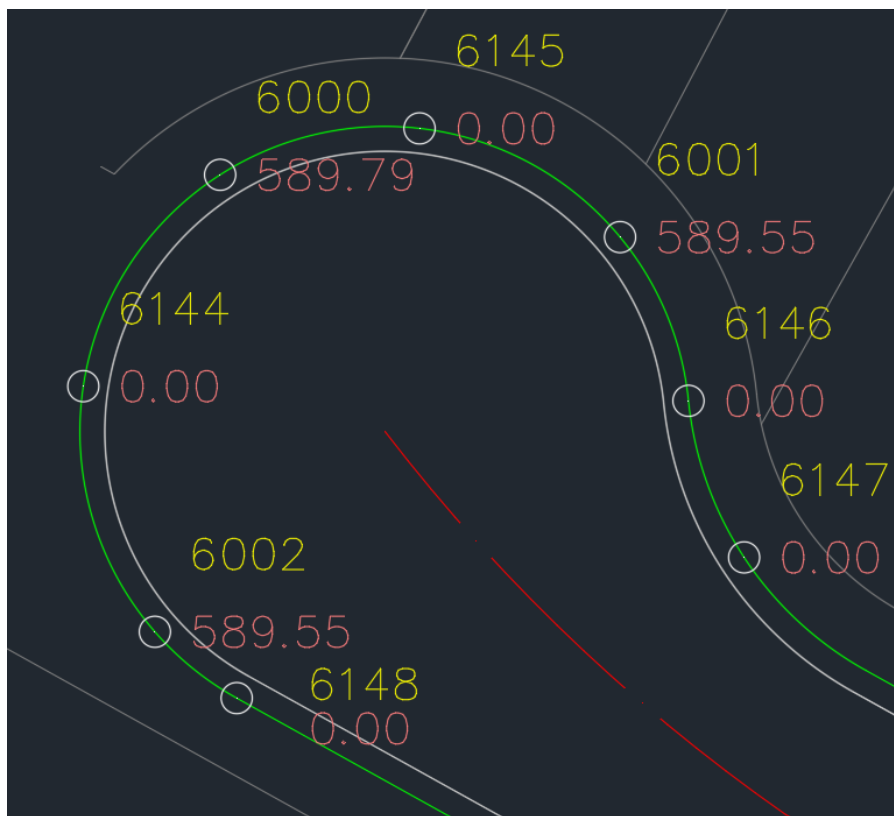


Figura 40 – Pontos para locação do cul-de-sac. Fonte: Civil3D



Figura 41 – Estacas locadas na obra com numeração indicada. Fonte: O autor

5.2. Construção da guia

A Figura 42 exibe a preparação do solo para se iniciar o processo de construção da guia, sendo demonstrado a compactação do solo seguindo o alinhamento feito pelas estacas.



Figura 42 – Processo de compactação do solo. Fonte: O autor

Após a compactação do solo, foi colocado pela equipe responsável pela construção da guia, barras de ferro no chão para fazer a amarração do alinhamento na altura correta do projeto, como pode ser observado na Figura 43. Esses ferros estão distantes das estacas, pois como foi descrito anteriormente, as estacas estão locadas a 80 centímetros da face interna da guia.



Figura 43 – Utilização de ferros para o alinhamento. Fonte: O autor

Com o solo compactado e o alinhamento pronto, é feita uma camada de brita para regularizar a superfície, para na sequência possa ser feita a concretagem da guia. Nessa obra foi feita a concretagem utilizando forma deslizante. Tanto o alinhamento quanto a camada de regularização podem ser observados na Figura 44.



Figura 44 – Camada de regularização de brita. Fonte: O autor

Finalmente as imagens a seguir demonstram o processo de finalização do pavimento com as guias do cul-de-sac já finalizadas. As três fotos a seguir mostram a finalização da guia e pavimentação da rua ao decorrer do tempo.



Figura 45 – Pavimentação do cul-de-sac no decorrer da obra. Fonte: O autor

5.3 Pontos locados

A tabela a seguir fornece as informações que foram transferidas do Civil3D para a Estação Total, informando o nome do ponto, assim como as coordenadas de Norte e Leste a partir do referencial previamente adotado e a altura do ponto caso ela esteja especificada no projeto.

Tabela 3 – Nome e coordenada dos pontos locados

Nome	Norte (N)	Leste (E)	Altura (Z)
6000	7530625.4575	692488.2141	589.7870
6001	7530623.4566	692501.0629	589.5500
6002	7530610.7773	692486.1185	589.5500
6003	7530599.1814	692505.7698	588.9980
6004	7530608.4454	692510.9213	588.9980
6005	7530589.4617	692523.2492	588.1900
6006	7530598.7257	692528.4006	588.1900
6007	7530589.0060	692545.8799	587.1900
6008	7530579.7419	692540.7285	587.1900
6009	7530570.0222	692558.2078	586.1900
6010	7530579.2862	692563.3593	586.1900
6011	7530569.5665	692580.8386	585.1900
6012	7530560.3025	692575.6871	585.1900
6013	7530550.5827	692593.1665	584.2900
6014	7530540.8630	692610.6458	584.0700
6015	7530550.7152	692616.1243	587.0700
6016	7530540.4073	692633.2766	584.2200
6017	7530531.1433	692628.1251	584.2200
6018	7530521.4236	692645.6044	584.3700
6019	7530530.6876	692650.7559	584.3700
6020	7530520.9679	692668.2352	584.5300
6021	7530511.7038	692663.0838	584.5300
6022	7530501.9841	692680.5631	584.9200
6023	7530511.2481	692685.7146	584.9200
6024	7530501.5284	692703.1939	585.6200
6025	7530492.2644	692698.0424	585.6200
6026	7530482.5446	692715.5218	586.4200
6027	7530491.8087	692720.6732	586.4200
6028	7530482.0890	692738.1525	587.1000
6029	7530472.8249	692733.0011	587.1000
6030	7530463.1052	692750.4804	587.5000
6031	7530472.3692	692755.6319	587.5000
6032	7530464.3527	692772.6009	587.7500
6033	7530452.7666	692769.0726	587.7500
6034	7530456.5357	692791.9922	587.9900

6035	7530574.7925	692601.1194	583.3600
6036	7530567.5832	692615.1766	583.3600
6144	7530618.6666	692483.8188	0.0000
6145	7530626.9486	692494.6213	0.0000
6146	7530618.1975	692503.2605	0.0000
6147	7530613.1672	692505.0478	0.0000
6148	7530608.6470	692488.7475	0.0000
6149	7530568.1385	692583.4066	0.0000
6150	7530566.8769	692590.6762	0.0000
6151	7530570.4108	692597.1531	0.0000
6152	7530548.2687	692619.1392	0.0000
6153	7530553.4329	692614.3814	0.0000
6154	7530560.4146	692613.6331	0.0000
6155	7530448.1189	692777.4307	0.0000
6156	7530449.2341	692788.5605	0.0000
6157	7530463.7540	692788.9795	0.0000
6158	7530465.7584	692767.5204	0.0000
6159	7530465.4866	692777.8860	0.0000
6160	7530456.6839	692782.1933	0.0000

Fonte: O autor

Totalizando assim 54 pontos que foram idealizados na etapa no projeto, para auxiliar a execução da guia, que foram transferidos para a Estação Total e locados na obra.

6. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi apresentar os procedimentos necessários para a realização de uma locação de estacas para auxiliar o alinhamento da construção de uma guia empregando os equipamentos e técnicas mais utilizadas atualmente. Neste contexto, foram apresentadas as técnicas para a utilização de dois recursos extremamente importantes para esse processo, que é o software de desenho Civil3D e a Estação Total.

Os projetos já haviam migrado do papel com a popularização de softwares de desenho, que além de serem mais ágeis e precisos, atualmente, apresentam recursos que facilitam a integração com outros tipos de projetos. No caso analisado, o software Civil3D permite inserção do projeto na sua coordenada real, possibilitando assim a criação de pontos para a locação na obra já com suas coordenadas, auxiliando assim a locação dessas estacas utilizando a Estação Total.

Assim como o avanço da tecnologia facilitou na etapa de criação dos pontos, a popularização da Estação Total no lugar dos Teodolitos manuais resultou em um grande avanço tanto na precisão de levantamentos topográficos quanto na agilidade para a realização desses serviços, não havendo mais a necessidade de anotações manuais e contas para realizar a locação das estacas.

Além desses dois avanços terem melhorado todo o processo de levantamento e locação topográfica, a capacidade de integrar esses dois recursos diminuiu muito a ocorrência de erros pessoais havendo ainda um aumento na precisão e rapidez na execução desses serviços.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.133: Execução de levantamento topográfico – Procedimento.** Rio de Janeiro, p. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17.058: Locação topográfica e controle dimensional de edificação - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.309: Locação topográfica e acompanhamento dimensional de obra metroviária e assemelhada – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2005.

BARROS, E. O. **Controle geométrico da estrutura de concreto de edifícios como ferramenta da racionalização construtiva.** Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001.

BORGES, A. C. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil.** Editora Edgar Blucker Ltda., São Paulo, 1992.

BOTELHO, F. **Métodos de Racionalização Construtiva no posicionamento preciso de Edificações Prediais.** Diss. Apresentada ao programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. 2003

CINTRA, J.P. **Automação topográfica: do campo ao projeto.** Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993.

CORDINI, J. **Determinação do erro cíclico em distanciômetro eletrônicos.** Diss. Apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR.

CORRÊA, I.C.S. **Topografia aplicada à Engenharia Civil.** (13ª edição revisada e ampliada) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Departamento de Geodésia, 2012. Disponível em: <https://www.ufpe.br/documents/801160/801815/TopoAplicada_2012.pdf/67be741f-ab27-4268-b707-8f356f804d5d> Acesso em: 18 de jul. de 2022.

DATUMS. **ICSM (Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping),** 2022. Disponível em: <<https://www.icsm.gov.au/education/fundamentals-mapping/datums>> Acesso em: 28 nov. 2022.

DE FREITAS, S. R. C. **Sistemas Geodésicos de Referência e Bases Cartográficas: Parte I - Aspectos Introdutórios.** Curso de Pós-graduação em Ciências Geodésicas, Departamento de Geomática - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Palestra apresentada como atividade do Projeto PADCT UFPE/UFPR, Recife, 2005

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **IPR – 742: Manual de implantação básica de rodovia.** (3ª edição), Rio de Janeiro, 2010

DOMPIERI, M. H. G. **Sistemas de referência terrestre e posicionamento por satélite.** Documento Embrapa. Aracaju, SE, 2015

FRANÇA, R.M. **Locação e monitoramento topográfico de obras.** Livro Digital. Florianópolis: IFSC, 2018.

Lee, S. H. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias.** Programa Especial de Treinamento Engenharia Civil – UFSC. Florianópolis. 2000. Disponível em: <<https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/projeto-geomc3a9trico-de-estradas-shu-han-lee-apostila.pdf>> Acesso em: 19 de jul. de 2022

MARTINI, L. **Calibração de prismas de reflexão total em forma de fita adesiva, em acrílico e sua aplicação no controle de deslocamentos de estruturas.** Diss. Apresentado ao programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. UFPR. (2005)

MCCORMAC, J. **Topografia.** 6. ed. Rio de Janeiro, 2019.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações.** 2 ed. São Paulo, Editora UNESP, 2008.

RAHAL, WASSILA LEILA; et. al. **Automatic tracking system for weather satellite image reception,** (2012). Disponível em: < <https://journals.tubitak.gov.tr/elektrik/vol20/iss4/7> > Acesso em: 28 nov. 2022

SCHAAL, R. E. **Efeitos da refração na atmosfera em observações geodésicas próximas ao solo.** Dissertação. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995

SILVA, I.; SERGANTINE, P.C.L. **Topografia para engenharia: teoria e prática da geomática.** 1. ed. Rio de Janeiro, 2020.

SILVA, G. P. **Uma abordagem geodésica da locação e controle dimensional de estruturas da construção civil.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2014.

SIMÕES, D.P, et. al. **Análise comparativa das coordenadas no Sistema Geodésico Local e no Sistema Topográfico Local.** Publicado na Revista Brasileira de Geomática (ISSN: 2317-4285). (2017)

SUAREZ, H.A. **Uso do Método Compacto para calibração de estações totais.** Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2014