

**TÉCNICO EM
EDIFICAÇÕES**

TOPOGRAFIA



TÉCNICO EM
EDIFICAÇÕES

TOPOGRAFIA



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	04
BOAS VINDAS	05
INFORMAÇÕES INTRODUTÓRIAS	06
Organização curricular	06
Sistema de tutoria	06
Sistema de avaliação	06
VOCÊ E OS ESTUDOS À DISTÂNCIA	07
Organizando os estudos	07
Conhecendo o ambiente virtual de aprendizagem	08
TOPOGRAFIA	09
MÉTODOS DE LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO	27

APRESENTAÇÃO

A **Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida** com o intuito de se tornar referência em ensino técnico no Brasil, lança cursos técnicos em diversos eixos, de forma a atender uma demanda regional e estadual.

Por meio de um trabalho diferenciado o estudante é instigado ao seu autodesenvolvimento, aliando a pesquisa e a prática.

Essa competência e boa formação são os requisitos necessários para quem deseja estar preparado para enfrentar os desafios do mercado profissional. A escolha de um curso que aproxime teoria e prática e permita a realização de experiências contribui de maneira decisiva para a formação de um profissional comprometido com a qualidade e a inovação.

Ciente dessa importância a escola técnica Nossa Senhora Aparecida reuniu profissionais especialistas das áreas fins dos cursos propostos para fornecer cursos técnicos de qualidade para a comunidade da região.

Como escola de desenvolvimento tecnológico, na área de educação, através de um trabalho sério, realizado nos últimos anos no campo da educação básica, fortalece e amplia o seu programa de cursos, instituindo, em Goiás cursos técnicos de educação profissional.

Os cursos da Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida são oferecidos na modalidade semipresencial, utilizando-se da plataforma Moodle ou Material Apostilado, mediado por professores formadores/tutores renomados. Além dos momentos presenciais, serão oferecidos no ambiente virtual: fórum de apresentação, fórum de notícias, slide com conteúdos pertinentes ao curso em questão, links de reportagens direcionadas, sistematização da aprendizagem.

BOAS VINDAS

Bem vindo à Escola Técnica Nossa Senhora Aparecida!

Prezado (a) Cursista,

Que bom tê-lo (a) conosco!

Ao ter escolhido estudar na modalidade à distância, por meio de um ambiente virtual de aprendizagem, você optou por uma forma de aprender que requer habilidades e competências específicas por parte dos professores e estudantes. Em nossos cursos à distância, é você quem organiza a forma e o tempo de seus estudos, ou seja, é você o agente da sua aprendizagem. Estudar e aprender a distância exigirá disciplina.

Recomendamos que antes de acessar o espaço virtual de aprendizagem, faça uma leitura cuidadosa de todas as orientações para realização das atividades.

É importante que, ao iniciar o curso, você tenha uma compreensão clara de como será estruturada sua aprendizagem.

Uma orientação importante é que você crie uma conta de e-mail específica para receber informações do curso, seus exercícios corrigidos, comunicados e avisos. É de responsabilidade do estudante verificar também sua caixa de spam-lixo para ter acesso a todas as informações enviadas.

Desejamos um ótimo curso.

INFORMAÇÕES INTRODUTÓRIAS

ORGANIZAÇÃO CURRICULAR

Cada curso possui matriz curricular própria dividida em módulos de ensino semanais. O cronograma e planejamento de cada curso são modulados conforme as disposições dos professores e as atualizações dos conteúdos.

Os cursos têm apostilas de conteúdo para cada componente curricular, elaboradas por profissionais de referência em Goiás.

Os certificados serão emitidos pela Escola Nossa Senhora Aparecida até 90 dias após o término do curso, tendo em vista o trabalho de fechamento das notas e avaliação do curso.

SISTEMA DE TUTORIA

O tutor será o profissional que estará mais próximo de você durante o período do curso, passando todos os comunicados e avisos, cobrando a entrega das atividades.

Conte com o tutor da sua turma para tirar suas dúvidas sejam elas do ambiente virtual, conteúdo do curso ou dúvida e questionamentos sobre os exercícios.

SISTEMA DE AVALIAÇÃO

A avaliação será obtida através da participação e da avaliação do nível de conhecimento que o estudante demonstrar em chats, fóruns e exercícios.

Ao término do curso será informado para os estudantes de forma individualizada sobre sua aprovação e desempenho no curso.

VOCÊ E OS ESTUDOS À DISTÂNCIA

ORGANIZANDO OS ESTUDOS

O estudo por meio de um ambiente virtual de aprendizagem não é mais difícil e nem mais fácil do que num ambiente presencial. É apenas diferente. O estudo à distância exige muita disciplina. As orientações a seguir irão auxiliá-lo a criar hábitos de estudo.

- Elabore um horário semanal, considerando a carga horária do curso. Nesse plano, você deve prever o tempo a ser dedicado:
 - à leitura do conteúdo das aulas, incluindo seus links para leituras complementares, sites externos, glossário e referências bibliográficas;
 - à realização das atividades ao final de cada semana;
 - à participação nos chats;
 - à participação nos fóruns de discussão;
 - ao processo de interação com o professor e/ou com o tutor;
 - ao processo de interação com seus colegas de curso, por mensagem ou por chat.

Uma vez iniciados os seus estudos, faça o possível para manter um ritmo constante, procurando seguir o plano previamente elaborado. Na educação à distância, é você, que deve gerenciar o seu processo de aprendizagem.

Procure manter uma comunicação constante com seu tutor, com o intuito de tirar dúvidas sobre o conteúdo e/ou curso e trocar informações, experiências e outras questões pertinentes.

Explore ao máximo as ferramentas de comunicação disponíveis (mensageiro, fórum de discussão, chat).

É imprescindível sua participação nas atividades presenciais obrigatórias (aulas), elas são parte obrigatória para finalização do curso.

CONHECENDO O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

No ambiente virtual de aprendizagem também necessitamos de uma organização para que ocorram os processos de ensino, de aprendizagem e principalmente a interação entre professor/tutor e estudantes.

O ambiente virtual de aprendizagem da Escola Nossa Senhora Aparecida é o Moodle.

Em sua sala de aula, você encontrará espaços de comunicação e interação: quadro de notícias, atividades recentes, informações sobre o professor e sobre seus colegas de turma, calendário, recurso para o envio da sistematização ao seu tutor e ferramentas de comunicação.

Sucesso no seu Curso!

TOPOGRAFIA

INTRODUÇÃO A DISCIPLINA E AO CONTEÚDO DA AULA

- Fundamentos em geodésia e topografia;
- Sistemas de coordenadas, transportes e transformação;
- Planimetria: instrumentos e métodos de levantamento;
- Altimetria e Batimetria: instrumentos e métodos de levantamento;
- Topografia automatizada;
- Poligonais geodésias e topográficas para levantamento e demarcação;
- Representações cartográficas;
- Princípios físicos do sensoriamento remoto e processamento digital de imagens;
- Sistemas de informações geográficas e aplicações na agricultura;
- Aplicação do sensoriamento remoto no levantamento e avaliação de componentes ambientais.

Evolução da topografia e dos estudos geodésicos e suas diferentes aplicações no planejamento agrícola e ambiental

- Na topografia
 - teodolitos mecânicos → teodolitos eletrônicos,
 - medidores eletrônicos de distância (distanciômetros), incorporados aos teodolitos eletrônicos formando as Estações Totais (Total Station);
 - níveis mecânicos → níveis digitais e níveis a laser.
- Um importante avanço → medições por satélites – GPS, GLONASS e GALILEO.
- Aparecimento de programas aplicativos de topografia e geodésia, os SIGs e a Modelagem Digital de Terreno → coleta,

no tratamento dos dados e na apresentação dos resultados.

- Avanço da tecnologia → mensuração e representação de áreas → necessidade do conhecimento dos fundamentos básicos em geodésia e topografia → balizamento nas suas aplicações práticas → usos indevidos de equipamentos e procedimentos, escolha do levantamento topográfico ou geodésico → diferentes aplicações no planejamento agrícola e ambiental.

Objetivo Geral

- Fornecer subsídios teóricos e técnicos para a compreensão dos fundamentos em geodésia e topografia, aplicados ao planejamento agrícola e ambiental.

Objetivos Específicos

- Apresentar os conceitos fundamentais da Geodesia e da topografia em especial no que diz respeito aos modelos geométricos da Terra, e sistemas de referência.
- Apresentar a classificação dos principais erros de observação.

INTRODUÇÃO A GEODÉSIA E TOPOGRAFIA

A forma da Terra, girando em torno de seu eixo e movendo-se dentro do Sistema Solar do qual faz parte, é resultado da interação de forças internas e externas tais como: gravidade, força centrífuga, constituição diferente dos materiais que a formam, etc.

As forças tectônicas → provocam modificações na superfície do globo terrestres: dobramentos, falhamentos, terremotos, surgimento de vulcões.

A ação dessas forças → superfície terrestre: montanhas, vales, planaltos, etc. que formam a superfície topográfica da Terra.

Irregularidades pequenas $\leftrightarrow$ tamanho e volume total da Terra $\rightarrow$ geodésia e a topografia $\rightarrow$ realizadas as medições e os estudos na área agrícola e ambiental.

Devido a essas acidentes e irregularidades, a superfície da Terra não tem uma forma simples que possa ser expressa em termos matemáticos. A fim de simplificar o cálculo de coordenadas da superfície terrestre, foram adotadas algumas superfícies matemáticas simples que se aproximam em maior ou menor grau do real.

FORMAS DA TERRA

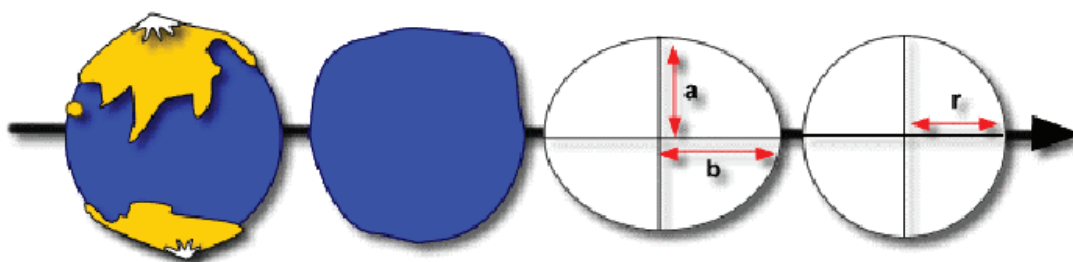


Figura 01 - Diferentes modelos de representação da superfície terrestre

Forma esférica

Primeira aproximação da forma da terra $\rightarrow$ soluciona com precisão problemas geodésicos (cálculos astronômicos, navegação e solução de cálculos geodésicos usando a trigonometria esférica).



Figura 02: Terra vista do espaço

Forma geoidal

GAUSS (1777-1855), definiu a forma do planeta, representada pela superfície delimitada pelo nível médio dos mares.

Superfície eqüipotencial do campo da gravidade → planejamento ambiental(ex.PREVISÕES CLIMÁTICAS).

Essa superfície é chamada geóide → superfície matemática da Terra.

O geóide → forma adotada para a Terra, sendo superfície “chave” na Geodésia, → realizadas todas as medições → importante em posicionamento.

Ex. - Mareógrafo de Imbituba-SC

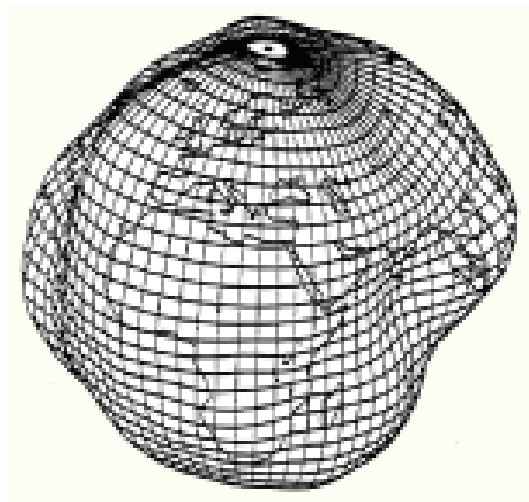


Figura 03: Forma geoidal da Terra

Forma elipsoidal

Para efeito de cálculos → geóide superfície irregular, de difícil tratamento matemático → superfície regular, matematicamente definida (elipsóide de revolução).

Em geral, cada país ou grupo de países adotou um elipsóide como

referência para os trabalhos geodésicos e topográficos.

Ondulações do geóide:

- Afastamento do Geóide em relação ao Elipsóide, segundo a sua normal e varia entre os 70m acima do elipsóide no Atlântico e os 100m abaixo do Elipsóide no oceano Índico.

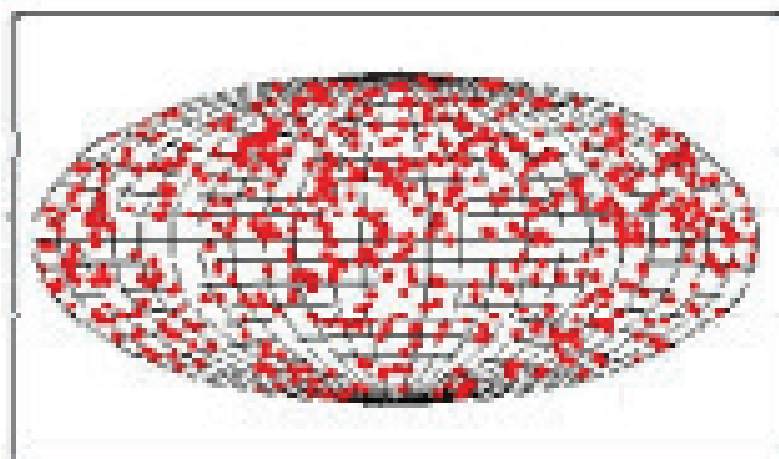


Figura 04: Forma elipsoidal

Elipsóides de resolução

Vários elipsóides de revolução → instrumentos geodésicos + precisos, novos valores de elipsóide são propostos.

Cada parte da Terra → particularidades físicas:

- Globais: melhor representam a Terra como um todo.
- Locais: melhor se ajustam à determinados continentes ou parte da Terra.

GEODÉSIA

Ciência de medida e mapeamento da superfície da Terra (Helmert, 1880).

Parte da agrimensura que tem por objetivo o estudo da forma e dimensões da terra e a implantação de pontos geodésicos para apoio do levantamento topográfico.

Modernamente, o objetivo da Geodésia → inclui aplicações no oceano e no espaço. Ex. com outras ciências → determinação do fundo oceânico e da superfície e campo da gravidade de corpos celestes, Lua (Geodésia lunar) e planetas (Geodésia planetária).

Divisão da Geodésia

- Geodésia geométrica: Estuda os elementos do elipsóide terrestre definindo os parâmetros para a utilização de um elipsóide de referência a partir de um datum.
- Geodésia celeste: utiliza técnicas espaciais de posicionamento e tem como objetivo principal a implantação de redes geodésicas, atualmente a partir da tecnologia GPS.
- Geodésia física: estuda o campo de gravidade e suas aplicações na geodésia aplicada, principalmente na determinação da ondulação geoidal.

Geodésia Física → envolvida com três superfícies:

- superfície física da Terra, onde são efetuadas as operações geodésicas;
- superfície de referência onde são efetuados os cálculos geodésicos (usualmente o elipsóide de revolução);
- geóide é uma superfície equipotencial do campo da gravidade, em uma primeira aproximação é aquela que mais se aproxima ao nível médio dos mares.

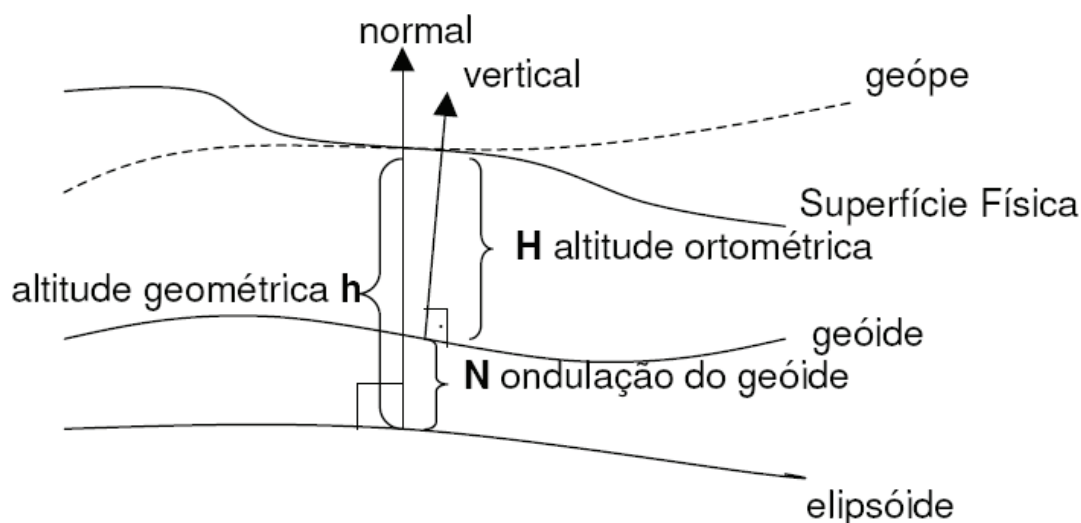


Figura 05- Superfícies de referências

$$h = N + H$$

A Equação relaciona a separação entre as três superfícies: do modelo, do geóide e de referência.

TOPOGRAFIA

TOPOS, em grego → lugar e GRAPHEN → descrição.

A Topografia → parte da Geodésia

Trabalha com medidas (lineares e angulares) realizadas sobre a superfície da Terra e a partir destas medidas são calculados áreas, volumes, coordenadas, etc.

Grandezas → representadas de forma gráfica através de mapas ou plantas.

Objetivos da Topografia:

“A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre,

sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” ESPARTEL (1987).

O objetivo principal → executar medições de ângulos, distâncias e desníveis → representar uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada.

Operações à campo, com o objetivo de coletar dados para a posterior representação, denomina-se de levantamento topográfico.

Divisão da Topografia

- Topologia: que tem por objetivo o estudo das formas exteriores do terreno e das leis que regem o seu modelado.
- Topometria: estuda os processos clássicos de medição de distâncias, ângulos e desníveis, cujo objetivo é a determinação de posições relativas de pontos. Pode ser dividida em planimetria e altimetria.

DATUM

Marco determinado por meios geodésicos, de alta precisão, que serve como referência para todos os levantamentos que venham a ser executados sobre uma determinada área do globo terrestre. É definido por 3 variáveis e 2 constantes, respectivamente, a latitude e longitude de um ponto inicial, o azimute de uma linha que parte deste ponto e as constantes necessárias para definir o elipsóide de referência. Desta forma tem-se a base para o cálculo dos levantamentos de controle no qual se considera a curvatura da Terra. Pode ser horizontal, vertical ou ambos.

Existem dois tipos de data:

- Globais - quando o elipsóide for global e não tiver ponto de amarração sobre a superfície terrestre que não os definidos

no sistema.

- Locais - quando o elipsóide for local, neste caso deve possuir parâmetros diferenciais.

Existem muitos elipsóides representativos da forma da Terra, que foram definidos em diferentes ocasiões e por diferentes autores. Dentre eles os mais comuns são:

Elipsóide	Datum	a (m)	b (m)	País que adota
Bessel (1841)	Bukit Rimpah	6.377.484	6.356.165	Alemanha
Clarke (1866)	American Samoa 1962	6.378.206	6.356.584	EUA
Krassovsky (1940)	Afgooye	6.378.245	6.356.863	URSS
Hayford (Internacional 1924)	Córrego Alegre	6.378.388	6.356.912	Brasil (antigo)
UGGI67	South American 1969	6.378.160	6.356.775	Brasil (atual)
UGGI-79	WGS-84	6.378.137	6.356.752	Globo
GRS80	SIRGAS 2000	6.378.137	1/298,257222101	Brasil

WGS-84

O sistema de coordenadas geográficas definido no WGS-84 (World Geodetic System), utiliza o elipsóide global UGGI -79. Normalmente os dados coletados por GPS (Global Position System) se referem a este Datum.

SAD-69

O sistema SAD-69 (South American Datum 1969) utiliza o elipsóide local UGGI-67, que é o elipsóide para a América do Sul, com ponto de amarração situado no vértice Chuá em MG.

No Brasil, até a década de 1970, adotava-se o elipsóide Internacional de Hayford, de 1924, com origem de coordenadas planimétricas

estabelecida no Datum Planimétrico de Córrego Alegre. Posteriormente, o sistema geodésico brasileiro foi modificado para o SAD-69 (Datum Sulamericano de 1969), que adota o elipsóide de referência UGGI67 (União Geodésica e Geofísica Internacional de 1967) e o ponto Datum planimétrico Chuá (Minas Gerais).

SIRGAS2000

Atualmente, no Brasil, é empregado o Sistema Geodésico Brasileiro (SIRGAS2000 - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), que adota o elipsóide de revolução GRS80 (Global Reference System 1980).

AZIMUTE GEODÉSICO E AZIMUTE ASTRONÔMICO

O azimuth geodésico de uma direção é o ângulo formado entre a porção Norte do meridiano geodésico ou elipsóidico até a geodésica da direção considerada, no sentido horário, ou por leste. Varia de 0° a 360° . A figura 06 ilustra o azimuth geodésico da direção AB (A_{AB}).

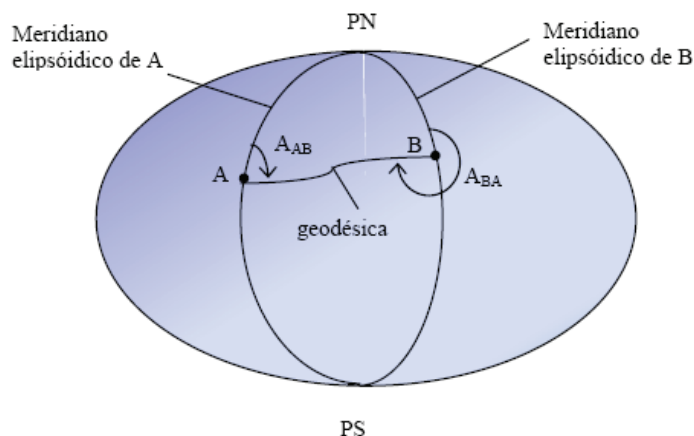


Figura 06 – Azimute e contra-azimute geodésicos

O azimuth astronômico de uma direção é o ângulo formado entre a porção Sul do meridiano astronômico e a direção considerada, no sentido horário, ou por oeste. Também varia de 0° a 360° .

VERTICAL

Considerando um ponto sobre a superfície física, a reta que passa por esse ponto e é perpendicular ao geóide define a direção de uma linha de força chamada vertical.

Desvio da vertical

É o ângulo formado pela normal (ao elipsóide) e pela vertical do lugar (perpendicular ao geóide do lugar, materializada pelo fio de prumo). O desvio da vertical “mede” a inclinação entre as superfícies do elipsóide de referência e a do geóide. (Estes assuntos serão tratados pormenorizadamente em aulas seguintes).

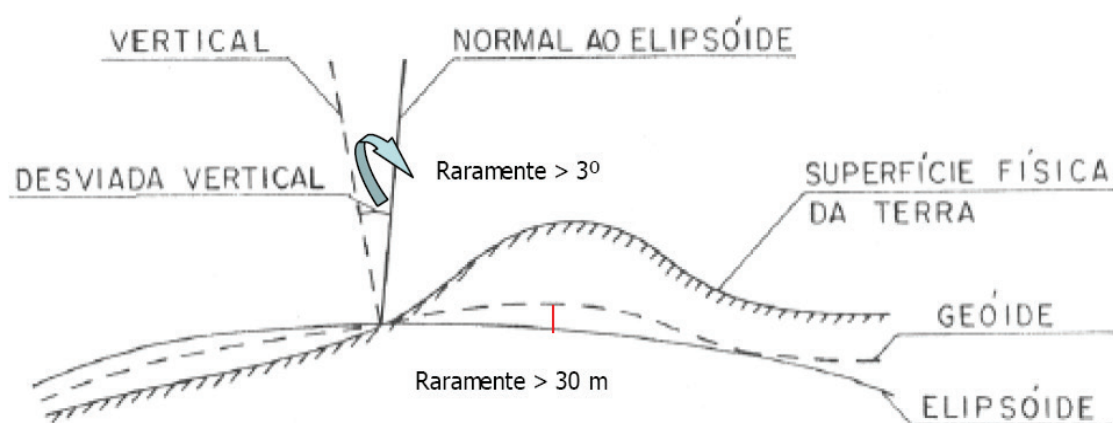


Figura 07 – Geóide e desvio da vertical

SUPERFÍCIES DE REFERÊNCIA

Devido às irregularidades da superfície terrestre, utilizam-se modelos para a sua representação, que são as superfícies de referência. Cada modelo tem a sua aplicação, e quanto mais complexa a figura empregada para a representação da Terra, mais complexos serão os cálculos sobre esta superfície.

Modelo esférico

Para diversas aplicações a Terra pode ser considerada uma esfera,

como no caso da Astronomia. Um ponto pode ser localizado sobre esta esfera através de suas coordenadas: latitude e longitude astronômicas.

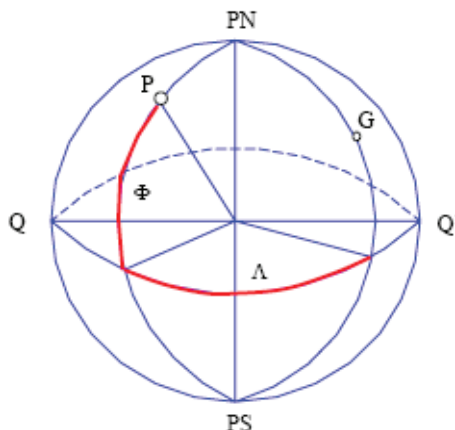


Figura 08- Terra esférica - coordenadas astronômicas

- Latitude Astronômica (Φ): é o arco de meridiano contado desde o equador até o ponto considerado, sendo, por convenção, positiva no hemisfério Norte e negativa no hemisfério Sul.
- Longitude Astronômica (Λ): é o arco de equador contado desde o meridiano de origem (Greenwich) até o meridiano do ponto considerado. Por convenção a longitude varia de 0° a $+180^\circ$ no sentido leste de Greenwich e de 0° a -180° por oeste de Greenwich.

Modelo elipsoidal

Adota como modelo o elipsóide de revolução (Fig.09), que é a figura geométrica gerada pela rotação de uma semi-elipse (geratriz) em torno de um de seus eixos (eixo de revolução); se este eixo for o menor tem-se um elipsóide achatado. Mais de 70 diferentes elipsóides de revolução são utilizados em trabalhos de Geodésia no mundo.

Um elipsóide de revolução fica definido por meio de dois parâmetros, os semi-eixos a (maior) e b (menor) e o achatamento f .

$$f = \frac{a-b}{a}$$

a: semi-eixo maior da elipse
b: semi-eixo menor da elipse

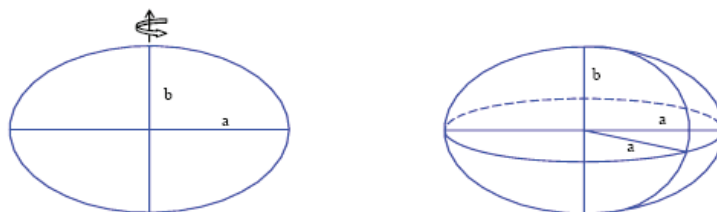


Figura 09 - Elipsóide de revolução

As coordenadas geodésicas elipsóidicas (Fig.10) de um ponto sobre o elipsóide ficam assim definidas:

- Latitude Geodésica (ϕ): ângulo que a normal forma com sua projeção no plano do equador, sendo positiva para o Norte e negativa para o Sul.
- Longitude Geodésica (λ): ângulo diedro formado pelo meridiano geodésico de Greenwich (origem) e do ponto P, sendo positivo para Leste e negativo para Oeste.

A normal é uma reta ortogonal ao elipsóide que passa pelo ponto P na superfície física.

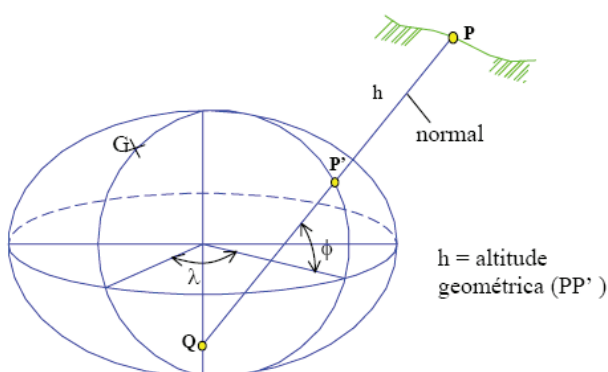


Figura 10 - Coordenadas Elipsóidicas

Modelo geoidal

É o que mais se aproxima da forma da Terra sendo definido pelo geóide, sendo utilizado como referência para as altitudes ortométricas (distância sobre a vertical do geóide até a superfície física-Fig11) no ponto considerado.

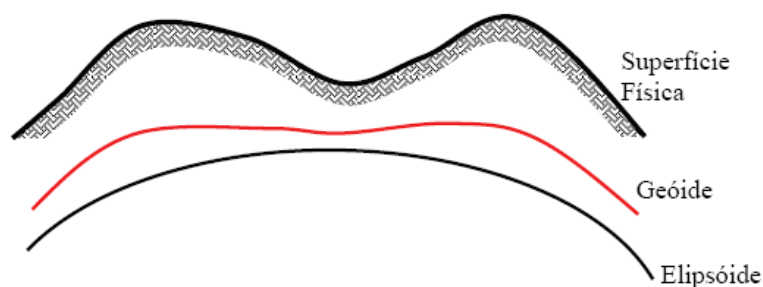


Figura 11 - Superfície física da Terra, elipsóide e geóide

Modelo plano

Considera a porção da Terra em estudo com sendo plana, sendo utilizado pela Topografia. Esta aproximação é válida dentro de certos limites e facilita bastante os cálculos topográficos. Face aos erros decorrentes destas simplificações, este plano tem suas dimensões limitadas. Tem-se adotado como limite para este plano na prática a dimensão de 20 a 30 km.

NRB 13133 (Execução de Levantamento Topográfico) admite um plano com até aproximadamente 80 km. A seguir é demonstrado o efeito da curvatura da terra (Fig. 12 e 13) sobre as distâncias e na altimetria.

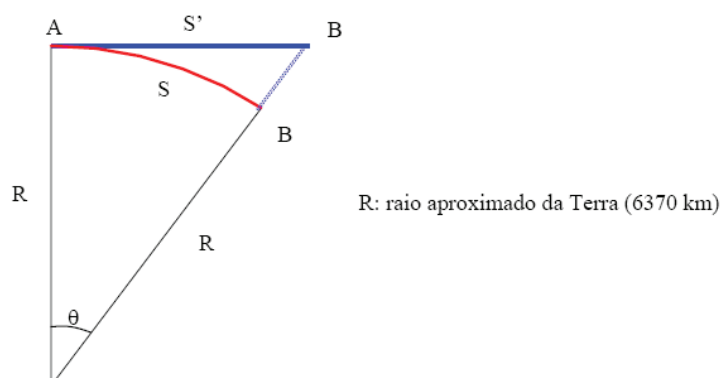


Figura12 - Efeito da curvatura para a distância

S (km)	Δs
1	0,008 mm
10	8,2 mm
25	12,8 cm
50	1,03 m
70	2,81 m

Tabela 1 - Efeito da curvatura para diferentes distâncias

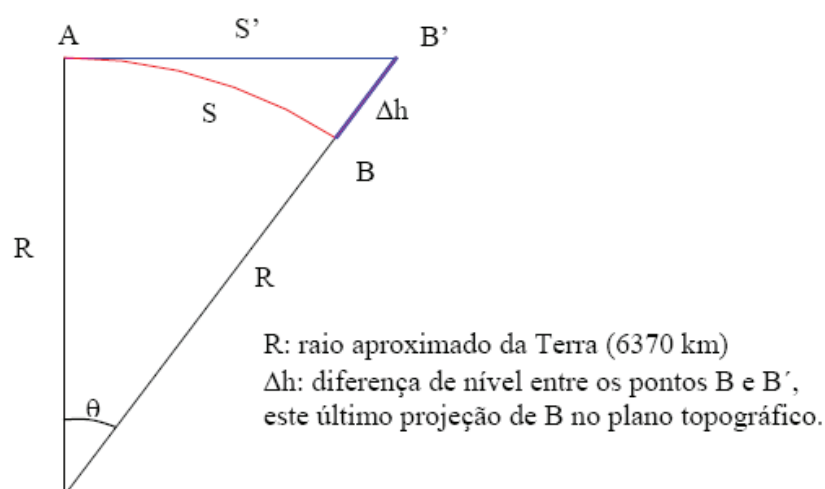


Figura13 - Efeito da curvatura na altimetria

S	Δh
100m	0,8 mm
500m	20 mm
1 km	78 mm
10 km	7,8 m
70 km	381,6 m

Tabela 2 - Efeito da curvatura na altimetria

CLASSIFICAÇÃO DOS ERROS DE OBSERVAÇÃO

Fontes de erros

- Condições ambientais: causados pelas variações das

condições ambientais, como vento, temperatura, etc. Ex. variação do comprimento de uma trena com a variação da temperatura.

- Instrumentais: causados por problemas como a imperfeição na construção de equipamento ou ajuste do mesmo. A maior parte dos erros instrumentais pode ser reduzida adotando técnicas de verificação/retificação, calibração e classificação, além de técnicas particulares de observação.
- Pessoais: causados por falhas humanas, como falta de atenção ao executar uma medição, cansaço, etc.

Classificação dos erros

- Erros grosseiros, causados por:
 - engano na medição;
 - leitura errada nos instrumentos;
 - identificação de alvo, etc., normalmente relacionados com a desatenção do observador ou uma falha no equipamento. A repetição de leituras é uma forma de evitar erros grosseiros.
- Erros sistemáticos
 - São aqueles erros cuja magnitude e sinal algébrico podem ser determinados, seguindo leis matemáticas ou físicas. Pelo fato de serem produzidos por causas conhecidas podem ser evitados através de técnicas particulares de observação ou mesmo eliminados mediante a aplicação de fórmulas específicas. São erros que se acumulam ao longo do trabalho. Ex:
 - efeito da temperatura e pressão na medição de distâncias com medidor eletrônico de distância;
 - correção do efeito de dilatação de uma trena em função da temperatura.
- Erros acidentais e aleatórios

- São aqueles que permanecem após os erros anteriores terem sido eliminados. São erros que não seguem nenhum tipo de lei e ora ocorrem num sentido ora noutro, tendendo a se neutralizar quando o número de observações é grande. Ex.:
 - Inclinação da baliza na hora de realizar a medida e o erro de pontaria na leitura de direções horizontais.
- Precisão e acurácia
 - Precisão → repetibilidade de medidas sucessivas feitas em condições semelhantes, vinculada a efeitos aleatórios.
 - Acurácia → expressa o grau de aderência das observações em relação ao seu valor verdadeiro, estando vinculada a efeitos aleatórios e sistemáticos.

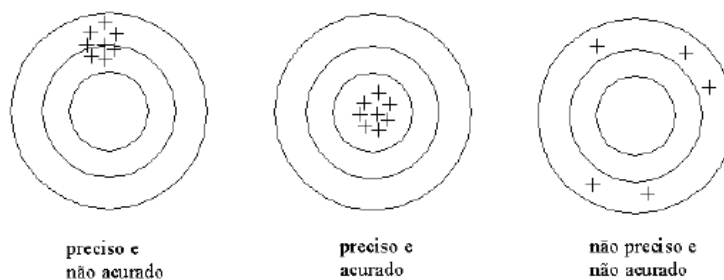


Figura 14- Precisão e acurácia

SÍNTESE DOS CONTEÚDOS

- topografia → na geometria plana, não levando em consideração a curvatura da Terra, até determinados limites, servindo para o cálculo de pequenas áreas da superfície terrestre.
- geodésia → considera a curvatura da Terra em seus cálculos

e preocupa-se na descrição e mensuração de toda área a partir das superfícies de referências.

MÉTODOS DE LEVANTAMENTO PLANIMÉTRICO

Existem inúmeros procedimentos para a execução de levantamento planimétrico, podendo em um único levantamento associar-se a mais de uma metodologia, sendo este critério estabelecido pelas condições topográficas encontradas, pelo emprego da instrumentação, do pessoal, da finalidade, etc. Toda metodologia, instrumentação e precisões estão normatizadas pela NBR 13133 Execução de levantamento topográfico, de 30 de junho de 1994.

O procedimento adotado em campo segue sempre a metodologia da medição angular (Capítulo III), com as seguintes condições de leitura:

- Por caminhamento
 - com leitura de ângulos internos ou externos;
 - com leitura de ângulos orientados em Azimutes ou em Rumos;
 - com leitura de ângulos por deflexões à direita ou à esquerda.
- Por Irradiação
 - com leituras de ângulos irradiados (internos, externos, orientados, etc.).
- Por Intersecção
 - com leituras de ângulos de intersecção de retas.

POR CAMINHAMENTO

Com Leituras de Ângulos Internos

O método consiste em percorrer com o teodolito pelo perímetro desejado, estacionando-o nos pontos considerados vértices. Através destes estacionamentos medem-se os ângulos internos correspondentes e com auxílio de luneta (eixo de colimação) coletam-

se as medidas lineares (distâncias) dos alinhamentos, através de qualquer processo de medição (direta ou indiretamente), com uso de diastímetro flexível, rígido ou eletronicamente.

Seja a poligonal definida pelos vértices de 1 a 5 que se deseja medir, conforme fig. 32.

Fig. 36: Esquema de um levantamento planimétrico – Poligonal Fechada.

- Operações de Campo
 - Estacionar, nivelar e zerar o teodolito em relação à origem Norte (Magnético ou Verdadeiro) no vértice 1.
 - Visar o vértice 2 (vante) e registrar o primeiro azimuth da primeira linha (1-2), Obs: Operações de orientação da poligonal em relação ao Norte.
 - Estacionado no vértice 1, zerar na origem ré (n = 5); visar em seguida à vante (2) e registrar o ângulo interno correspondente (α_i 1).
 - Com a orientação da luneta no vértice à vante (2) medir a distância do alinhamento 1-2 .
 - Repetir as operações 3 e 4 nos demais pontos de vértices, sempre zerando o teodolito na origem ré, visando a seguir à vante, registrando o ângulo interno correspondente e com o auxílio da luneta à vante, medir a distância do alinhamento.

Modelo de Caderneta de Anotação - Campo

EST	PV	Âng. Int.Lido	Distâncias	Obs.
1	2	55°43'	775,37	
2	3	92°39'	221,52	
3	4	121°46'	371,21	
4	5	136°07'	212,22	
5	1	133°42'	479,66	

Tabela 2: Caderneta de Campo - Caminhamento

- Cálculos de Escritório

- Verificação do Fechamento Angular (Fa)

Toda poligonal tem uma correspondência angular dada em função do número de vértices e é expressa por:

$$FA = 180^\circ \cdot (n - 2) \rightarrow \text{para ângulos internos}$$

Onde:

FA = Fechamento Angular

n = número de vértices

$$FA = 180^\circ \cdot (n + 2) \rightarrow \text{para ângulos externos}$$

No exemplo tem-se: n = 5

$$FA = 180^\circ \cdot (5 - 2) \therefore FA = 540^\circ \text{ (Fechamento Angular correspondente a uma poligonal fechada de 5 vértices).}$$

- Erro Angular (Δa)

Expressa o erro angular cometido na medição e é dado pela diferença entre a somatória dos ângulos internos lidos ($\sum \alpha_{i1}$) e o Fechamento Angular (FA) correspondente.

$$\Delta a = \sum \alpha_{i1} - FA$$

No exemplo tem-se:

$$FA = 540^\circ$$

$$\sum \alpha_{i1} = 539^\circ 57'$$

$$\Delta a = 000^\circ 03' \text{ (Erro Angular cometido na medição)}$$

- Tolerâncias Admissíveis do Erro Angular ($T\Delta A$)

. pn $\rightarrow$ para um bom trabalho

. pn $\rightarrow$ para um trabalho regular

. pn $\rightarrow$ para um trabalho aceitável

Onde:

n = número de vértices

pn = precisão nominal do instrumento (menor leitura)

No exemplo tem-se: $n = 5$ e $pn = 01'$

$$. 01' = 2,24' \approx 2'$$

$$. 01' = 4,42' \approx 4'$$

$$. 01' = 6,72' \approx 6'$$

Erro Angular cometido foi de $03'$, o qual se enquadra entre as tolerâncias de um bom trabalho para um trabalho regular, ou seja, está dentro das prescrições recomendadas, portanto é um erro aceitável. Este erro deverá ser corrigido, mas se o mesmo estiver fora dos limites estabelecidos, as operações de campo deverão se repetir.

- Correção do Erro Angular ($C\Delta a$)

A correção angular está diretamente relacionada com as medidas lineares, devendo ter portanto, uma relação adequada de correção, a qual não permita haver distorção da figura originalmente medida. A figura (desenho) desejada deve expressar as mesmas características obtidas pela medição. Se aplicar uma correção de proporcionalidade em todos os lados, resultará conseqüentemente em uma distorção, o que não deve ocorrer. Para manter a imposição de se ter a mesma condição geométrica, deve aplicar a correção “inversamente proporcional às distâncias”, ou seja, em uma distância longa corrige-se menos ângulo e inversamente, em uma distância curta corrige-se mais.

As figuras 33a e 33b demonstram a metodologia de correção angular para distâncias não proporcionais (diferentes).

Figura 37a: Deslocamentos diferentes para ângulos iguais

Figura 37b: Deslocamentos iguais para ângulos diferentes

A figura 33a apresenta os deslocamentos (d) do ponto 5 diferente do (D) do ponto 2, para as distâncias (1-2) = 775,37m e (4-5) = 212,22m (maior e menor distância medida), para o mesmo ângulo de correção (α_1), ou seja, para a mesma correção implicaram deslocamentos diferentes. Já a figura 33b apresenta o mesmo deslocamento do ponto 5 e do ponto 2, para ângulos de correção diferentes, ou seja, para o mesmo deslocamento indicaram correções diferentes.

Esta metodologia de correção é expressa por:

$$C\Delta\alpha = \frac{\Delta\alpha}{\sum \frac{1}{ds}}$$

Onde:

$C\Delta\alpha$ = constante multiplicativa de correção

$\Delta\alpha$ = erro angular cometido (em minutos ou em segundos)

$\sum 1/ds$ = somatória dos inversos das distâncias, (1/d1 + 1/d2 + 1/d3 + ... + 1/dn)

No exemplo tem-se:

$$\Delta\alpha = 03' = 180''$$

$$\sum \frac{1}{ds} = 0,01529477...$$

$$C\Delta\alpha = \frac{180}{0,01529477...} = 11.768,7317...(constante)$$

para o primeiro lado (775,37m)

$$11.768,7317... \times 1/775,37 = 15,178'' \approx 15''$$

para o segundo lado (221,52 m)

$$11.768,7317... \times 1/221,52 = 53,127'' \approx 53''$$

para o terceiro lado (371,21m)

$$11.768,7317... \times 1/371,21 = 31,703'' \approx 32''$$

para o quarto lado (212,22m)

$$11.768,7317... \times 1/212,22 = 55,455'' \approx 55''$$

para o quinto lado (479,66m)

$$11.768,7317... \times 1/479,66 = 24,536'' \approx 25''$$

$$\text{Somatória das Correções} \dots = 180'' = 03'$$

As correções acima deverão ser acrescidas em cada ângulo interno correspondente, pois a diferença angular apresentada foi a menor de 03' ou 180'' para um fechamento angular de 540o.

EST	PV	Ângulo Int. Lido	Correções	Ângulo Int. Corrigido
1	2	55° 43'	+ 15''	55° 43' 15''
2	3	92° 39'	+ 53''	92° 39' 53''
3	4	121° 46'	+ 32''	121° 46' 32''
4	5	136° 07'	+ 55''	136° 07' 55''
5	1	133° 42'	+ 25''	133° 42' 25''
TOTAIS		539° 57'	180''	540° 00' 00''

Tabela 3: Correção Angular

- Cálculos dos Azimutes

O cálculo dos azimutes depende de uma orientação inicial de partida medida em campo (1º Azimute lido) e do sentido do caminhamento da medição. No exemplo a medição caminhou-se no sentido anti-horário lendo ângulos internos e que, portanto aplica-se a fórmula:

$$\text{Az. da linha} = \text{Az. da linha anterior} - 180^\circ + \text{âng. Int. corrigido da linha}$$

No exemplo têm-se:

Primeiro Azimute lido (linha 1-2) = $293^{\circ} 19' 00''$

Az. (2-3) = Az. (1-2) – 180° + âng. Int. corrig. (2-3)

Az. (2-3) = $293^{\circ} 19' 00'' - 180^{\circ} + 92^{\circ} 39' 53''$

Az. (2-3) = $205^{\circ} 58' 53''$

Az. (3-4) = Az. (2-3) – 180° + âng. Int. corrig. (3-4)

Az. (3-4) = $205^{\circ} 58' 53'' - 180^{\circ} + 121^{\circ} 46' 32''$

Az. (3-4) = $147^{\circ} 45' 25''$

Az. (4-5) = Az. (3-4) – 180° + âng. Int. corrig. (4-5)

Az. (4-5) = $147^{\circ} 45' 25'' - 180^{\circ} + 136^{\circ} 07' 55''$

Az. (4-5) = $103^{\circ} 53' 20''$

Az. (5-1) = Az. (4-5) – 180° + âng. Int. corrig. (5-1)

Az. (5-1) = $103^{\circ} 53' 20'' - 180^{\circ} + 133^{\circ} 42' 25''$

Az. (5-1) = $57^{\circ} 35' 45''$

Observações:

- Após o cálculo do último azimute deve-se recalcular o primeiro azimute de partida, ou seja, executar a prova dos cálculos. Se o resultado não for idêntico implicará em erro de cálculo ou a condição $\sum \alpha_i = 1 - FA = 0$ inexistente.
- Na realização dos cálculos implica a condição de não se ter ângulos azimutais negativos e nem superiores a 360° , ou seja, se for negativo soma-se 360° obtendo-se o valor positivo e se for superior a 360° subtrai-se 360° .

Az. (1-2) = Az. (5-1) – 180° + âng. Int. corrig. (1-2)

Az. (1-2) = $57^{\circ} 35' 45'' - 180^{\circ} + 55^{\circ} 43' 15''$

Az. (1-2) = $293^{\circ} 19' 00''$

A tabela 4 abaixo apresenta os resultados dos azimutes calculados, sendo que, os Azimutes e as Distâncias medidas

são denominadas de Coordenadas Polares.

EST	PV	Ângulo Int. Lido	Correções	Distâncias
1	2	55o 43' 15"	293o 19' 00"	775,37
2	3	92o 39' 53"	205o 58' 53"	221,52
3	4	121o 46' 32"	147o 45' 25"	371,21
4	5	136o 07' 55"	103o 53' 20"	212,22
5	1	133o 42' 25"	57o 35' 45"	479,66
TOTAIS		540o 00' 00"	540o 00' 00"	2.059,98

Tabela 4: Cálculo dos Azimutes

- Coordenadas Parciais ou Relativas (X, Y)

Para a determinação do erro linear de fechamento, como também para a confecção da planta desejada, para o cálculo de área, de rumos e de distâncias é necessário transformar o sistema de coordenadas polares (Azimutes e Distâncias) em coordenadas cartesianas retangulares (x,y), denominadas inicialmente de parciais. Estas coordenadas irão representar as longitudes (eixo das abscissas x) e as latitudes (eixo das ordenadas y).

A figura 34 apresenta o esquema de transformação de coordenadas dado para o alinhamento 1-2 do exemplo.

Figura 38: Transformação de Sistema de Coordenadas Polares em Retangulares.

Esta transformação é dada pelas seguintes expressões:

x ponto = seno Azimute x Distância

y ponto = cosseno Azimute x Distância

No exemplo tem-se:

$x_2 = \text{seno } 293^{\circ} 19' 00'' \times 775,37\text{m}$

$x_2 = - 712,047\text{m}$

$$y_2 = \text{cosseno } 293^{\circ} 19' 00'' \times 775,37\text{m}$$

$$y_2 = + 306,901 \text{ m}$$

A utilização do Azimute (seno e cosseno) fornece o posicionamento das projeções (x e y) direto no quadrante de orientação (NESW), enquanto que se utilizar os rumos (seno e cosseno), estes fornecerão as projeções (x e y) independente do quadrante, devendo ser enquadradas de acordo com a indicação dada pelo rumo. Vários modelos de calculadora de bolso fornecem esta transformação direta, bastando somente entrar com os dados, tanto na transformação de coordenada polar em cartesiana, quanto vice-versa.

Exemplo:

- Calculadoras HP → REC/POL
- Calculadora Casio → (θ;r)→(x,y)
- Calculadora Texas → R→P
- Etc.

A tabela 5 abaixo apresenta os resultados da transformação das coordenadas polares em coordenadas cartesianas retangulares do exemplo.

EST	PV	AZIMUTES	Dists.	Coordenadas parciais calculadas			
				x + (E)	x - (W)	y + (N)	y - (S)
1	2	293° 19' 00"	775,37	---	712,047	306,901	---
2	3	205° 58' 53"	221,52	---	97,043	---	199,132
3	4	147° 45' 25"	371,21	198,045	---	---	313,967
4	5	103° 53' 20"	212,22	206,015	---	---	50,941
5	1	57° 35' 45"	479,66	404,972	---	257,044	---
TOTAIS			2.059,98	809,032	809,090	563,945	564,040

Tabela 5: Transformação das Coordenadas Polares (Azimutes, Distâncias) em Coordenadas Cartesianas Retangulares (x,y).

- Erro Linear de Fechamento (Δl)

Mesmo considerando que o erro angular ($\Delta \alpha$) já foi

devidamente analisado e compensado, é necessário em seguida, verificar as condições de fechamento linear (FL), isto é, verificar a existência de erro nas medições lineares.

Em um levantamento aplicado em poligonal fechada, o ponto inicial de partida deverá ser igual ao ponto de chegada. Nesta condição diz-se que o comprimento total das projeções LESTE (x +) e OESTE (x -) devem ser iguais, o mesmo ocorrendo com NORTE (y +) e SUL (y -), ou seja, a somatória das projeções LESTE – OESTE, NORTE – SUL devem ser nulas (Teorema de Carnot).

É evidente que, as ocorrências de erros nas medições (sistemáticos) e pela própria correção do erro angular implicarão em se ter erros de projeções (em x e em y), salvo por coincidência. A figura 35 demonstra o erro linear cometido no levantamento do exemplo.

Figura 39: Erro de Projeções e Erro Linear.

Na figura 35 tem-se:

$\Delta x = \sum E (x +) - \sum W (x -) \rightarrow$ erro da projeção em x ou diferença de longitude

$\Delta y = \sum N (y +) - \sum S (y -) \rightarrow$ erro da projeção em y ou diferença de latitude

A partir dos erros das projeções (Δx e Δy) é possível determinar o erro linear (Δl) cometido, isto é, erro na medição do perímetro, o qual é expresso por:

$$\Delta l^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2$$

No exemplo tem-se:

$$\sum E (x +) = 809,032 \text{ e } \sum W (x -) = 809,090$$

$$\Delta x = 0,058\text{m}$$

$$\sum N (y +) = 563,945 \text{ e } \sum S (y -) = 564,040$$

$$\Delta y = 0,095\text{m}$$

$$\Delta l^2 = 0,058^2 + 0,095^2$$

$$\Delta l = 0,111 \text{ m}$$

Tanto o erro angular ($\Delta\alpha$), quanto o erro linear (Δl) não indica uma exatidão de levantamento, mas pode ser considerado como índices de verificação de trabalho bem conduzido.

- Fechamento Linear (FI)

Indica a precisão de medição. É expresso em uma razão de proporcionalidade, para tanto, é necessário comparar o erro linear (Δl) cometido com o perímetro (P) medido. É expresso por:

$$F = \frac{P}{\Delta l} \dots 1: \text{————}$$

No exemplo tem-se:

$$\Delta l = 0,111\text{m e } P = 2.059,98\text{m}$$

$$FL = 1:18.507,98 \approx 1:18.500$$

- Tolerâncias do Erro Linear (T Δl)

As literaturas apresentam muitas divergências, tanto nos limites do erro, quanto nas condições topográficas, de instrumentação e de finalidades. Sugere-se como um ponto médio e pela própria experiência, considerar os seguintes itens na realização de um levantamento topográfico:

- finalidade do trabalho
- instrumentação a ser utilizada
- condições topográficas do local
- pessoal (equipe técnica)
- metodologia de medição
- localização do imóvel
- etc.

Neste objetivo, recomenda-se classificar a tolerância do erro linear (T Δl) nos seguintes critérios:

Em Função do Fechamento Linear (FI)

1:2.000 → para os trabalhos comuns

1:5.000 → para os trabalhos com certo rigor

1:10.000 ou acima → para os trabalhos com rigor

Onde:

- Trabalhos comuns: áreas rurais, levantamentos simples, topografia irregular, medidas estadimétricas, métodos, instrumentação e pessoal normais.
- Trabalhos com certo rigor: áreas urbanas, levantamentos cadastrais, topografia normal, medidas diretas, métodos, instrumentação e pessoal normais.
- Trabalhos com rigor: áreas urbanas bem localizadas, poligonais de precisão, medidas eletrônicas, métodos, instrumentação e pessoal normais.

Em Função do Perímetro (P)

$$T\Delta l = 2,5 \cdot 0,0033 \cdot P\sqrt{}$$

Onde:

2,5 = constante multiplicativa

0,0033 = erro linear médio quadrático por metro

P = perímetro medido

No exemplo tem-se:

Em função do fechamento linear

$$FL = P/\Delta l = 2.059,98/0,111 \rightarrow 1:18.500$$

- Classificado acima de 1:10.000, implica trabalho com rigor.

Em função do perímetro

$$T\Delta l = 2,5 \cdot 0,0033 \cdot P \sqrt{2.059,9} \quad 0,374\text{m}$$

- 0,374 erro máximo permitido para um perímetro de 2.059,98m. No exemplo cometeu-se um erro de 0,111m que classificou-se abaixo do permitido, portanto erro considerado permitido (aceitável).

Tanto a classificação do erro linear de fechamento pela metodologia do fechamento linear ou pelo perímetro, o erro linear cometido foi aceito pelas tolerâncias admissíveis preconizadas, restando agora fazer a compensação. Toda vez que o erro linear de fechamento ultrapassar estes limites, a conclusão é de que as medidas lineares não foram bem conduzidas, implicando em repetir as operações de campo.

- Correção do Erro Linear ($C\Delta l$)

O erro linear (Δl), estando nos limites aceitos, aplicar-se à a correção através da metodologia da “proporcionalidade entre as próprias coordenadas”.

Correção em X

O erro em x (Δx) deverá ser compensado de maneira que desapareça, anulando a somatória das projeções LESTE ($x+$) e OESTE ($x-$). Isto implica em dizer que, a metade do Δx ($\frac{1}{2} \Delta x$) será somada à somatória das projeções menor e subtraída a outra metade ($\frac{1}{2} \Delta x$) na somatória das projeções maior.

No exemplo tem-se:

$$\Sigma x + = 809,032 + \frac{1}{2} \Delta x = 809,061\text{m (menor)}$$

$$\Sigma x - = 809,090 - \frac{1}{2} \Delta x = 809,061\text{m (maior)}$$

Em seguida, faz-se a compensação em cada projeção,

somando ou subtraindo, de acordo com a somatória das projeções. Esta correção é dada pela expressão:

$$K_x = \frac{\Delta x}{|\Sigma x +| + |\Sigma x -|} \text{ (constante multiplicativa para x)}$$

Onde:

$(kx + 1)$ para multiplicar cada projeção a somar $\frac{1}{2} \Delta x$

$(kx - 1)$ para multiplicar cada projeção a subtrair $\frac{1}{2} \Delta x$

No exemplo tem-se:

$$K_x = \frac{0,058}{|809,032| + |809,090|} = 3,584 \times 10^{-5}$$

$$(kx + 1) = 1,00003584 \times 198,045 = 198,052$$

$$1,00003584 \times 206,015 = 206,022$$

$$1,00003584 \times 404,972 = 404,987$$

$$\text{Total -----} = 809,061$$

$$(kx - 1) = 0,999964 \times 712,047 = 712,021$$

$$0,999964 \times 97,043 = 97,040$$

$$\text{Total -----} = 809,061$$

A compensação do Δx resulta em anular o erro cometido nas projeções em x, portanto do Δx será igual a zero (0).

Correção em Y

Aplica-se a mesma metodologia adotada em x, agora utilizando-se dos valores obtidos em y.

No exemplo tem-se:

$$\Sigma y + = 563,945 + \frac{1}{2} \Delta y = 563,993 \text{ (menor)}$$

$$\Sigma y - = 564,040 - \frac{1}{2} \Delta y = 563,993 \text{ (maior)}$$

$$K_y = \frac{\Delta x}{|\Sigma y +| + |\Sigma y -|} \text{ (constante multiplicativa para y)}$$

Onde:

($k_y + 1$) para multiplicar cada projeção a somar $\frac{1}{2} \Delta y$
 ($k_y - 1$) para multiplicar cada projeção a subtrair $\frac{1}{2} \Delta y$

No exemplo tem-se:

$$K_y = \frac{0,095}{|563,945| + |564,040|} = 8,422 \times 10^{-5}$$

$$(k_y + 1) = 1,00008422 \times 306,901 = 306,927$$

$$1,00008422 \times 257,044 = 257,066$$

$$\text{Total} \text{ -----} = 563,993$$

$$(k_y - 1) = 0,999916 \times 199,132 = 199,115$$

$$0,999916 \times 313,967 = 313,941$$

$$0,999916 \times 50,941 = 50,937$$

$$\text{Total} \text{ -----} = 563,993$$

A compensação do Δy resulta em anular o erro cometido nas projeções em y, portanto o Δy será igual a zero (0).

A tabela 6 apresenta a correção do erro linear de fechamento.

Coordenadas parciais calculadas				Coordenadas parciais corrigidas			
x + (E)	x - (W)	y + (N)	y - (S)	x + (E)	x - (W)	y + (N)	y - (S)
- - -	712,047	306,901	- - -	- - -	712,021	306,927	- - -
- - -	97,043	- - -	199,132	- - -	97,040	- - -	199,115
198,045	- - -	- - -	313,967	198,052	- - -	- - -	313,941
206,015	- - -	- - -	50,941	206,022	- - -	- - -	50,937
404,972	- - -	257,044		404,987	- - -	257,066	- - -
809,032	809,090	563,945	564,040	809,061	809,061	563,993	563,993
$\Delta x = 0,058$		$\Delta y = 0,095$		$\Delta x = 0,000$		$\Delta y = 0,000$	

Tabela 6: Correção do Erro Linear de Fechamento (Δl)

- Coordenadas Totais ou Absolutas (X, Y)

Para a elaboração da Planta Planimétrica, para o cálculo de área e para a determinação das distâncias e dos rumos corretos, é necessário estabelecer as coordenadas totais (X,Y) dos pontos medidos. Assim se procede, à partir de um único referencial comum para todos os pontos. Normalmente já existe um Sistema Cartográfico implantado (UTM, RTM ou LTM), na qual a área desejada deverá se ajustar em longitude, latitude e em altitude (X; Y; Z). Não existindo o Sistema, este poderá ser estabelecido, através da escolha do ponto mais a Oeste ou atribuindo valores em X e em Y na origem, de maneira que não se apresentem coordenadas negativas (Ex: $X = 1.000$ e $Y = 1.000$). No exemplo optou-se pela escolha do ponto mais a Oeste como origem do Sistema, atribuindo-se valores de $X = 0$ e $Y = 0$.

Escolha do Ponto mais a Oeste

Verifica-se pelas coordenadas parciais calculadas em $x - (W)$ ou pelo croqui do levantamento, escolher o ponto que esteja mais deslocado no sentido Oeste, atribuindo-se a ele valores de origem de eixos ($X = 0$ e $Y = 0$). Em seguida, a partir dele, determinam-se as demais coordenadas totais, somando-se algebricamente as coordenadas parciais corrigidas sucessivas.

No exemplo tem-se:

Ponto 3 é o ponto que está mais deslocado para Oeste

$$X_3 = 0,000 \text{ e } Y_3 = 0,000$$

As demais coordenadas totais são calculadas através das expressões:

$X \text{ total do ponto} = X \text{ total da estação} + x \text{ parcial do ponto}$

$Y \text{ total do ponto} = Y \text{ total da estação} + y \text{ parcial do}$

ponto

No exemplo tem-se:

$$X_4 = X_3 + x_4$$

$$X_4 = 0,000 + 198,052$$

$$X_4 = 198,052$$

$$Y_4 = Y_3 + y_4$$

$$Y_4 = 0,000 + (-313,941)$$

$$Y_4 = - 313,941$$

$$X_5 = X_4 + x_5$$

$$X_5 = 198,052 + 206,022$$

$$X_5 = 404,074$$

$$Y_5 = Y_4 + y_5$$

$$Y_5 = - 313,941 + (- 50,937)$$

$$Y_5 = - 364,878$$

$$X_1 = X_5 + x_1$$

$$X_2 = X_1 + x_2$$

$$X_3 = X_2 + x_3$$

$$Y_1 = Y_5 + y_1$$

$$Y_2 = Y_1 + y_2$$

$$Y_3 = Y_2 + y_3$$

A tabela 7 apresenta as Coordenadas totais dos vértices de 1 a 5 do exemplo.

Pontos	Coordenadas Parciais Corrigidas				Coordenadas Totais	
	x + (E)	x – (W)	y + (N)	y – (S)	x	y
2		712,021	306,927		97,040	199,115
3		97,040		199,115	000,000	000,000
4	198,052			313,941	198,052	- 313,941
5	206,022			50,937	404,074	- 364,878
1	404,987		257,066		809,061	- 107,812
Σs	809,061	809,061	563,993	563,993		

Tabela 7: Coordenadas Totais dos vértices

Nota-se que, apresentou-se coordenadas totais Y negativas, pois o ponto 3 foi considerado origem de eixos (0; 0) tanto para X como para Y. Se desejar obter coordenadas Y positivas será necessário estabelecer o ponto mais a Sul (critério não muito utilizado), ou atribuir valores de origem (X; Y) que eliminem as coordenadas parciais corrigidas negativas.

A escolha do ponto mais a Oeste tem a finalidade em obter coordenadas totais X positivas para facilitar a elaboração

da planta, calcular a área, os rumos e as distâncias.

- **Montagem da Poligonal**

Definidas as coordenadas totais (X;Y) dos pontos levantados, deve-se a seguir, elaborar a Planta Planimétrica, através do sistema de “plotagem de pontos”, considerando:

- Escala desejada
- Modulação e/ ou Articulação de Folhas
- Esquadrinhamento (eixos cartesianos cotados)
- Convenções Topográficas
- Confrontações
- Quadro Técnico
- Tabela de Coordenadas dos vértices
- Orientação Norte
- Etc.

No exemplo adotou-se:

- Escala 1:1.000
- Folha Única
- Esquadrinhamento de 10 x 10 cm (100m x 100m)
- Divisas por cercas e alinhamentos
- Citadas em desenhos
- Conforme Planta
- Citadas em desenho
- Norte verdadeiro (NV)

Composição do Quadro Técnico

O Quadro Técnico, também denominado de SELO, localiza-se no lado direito, face interior da folha de desenho (PLANTA), com dimensões A-4 (185 x 297mm), ou com medida menor na altura e deve conter, na sua subdivisão todos os elementos para uma consulta rápida, tais como:

- Nome da Planta/Projeto/Obra/Etc.
- Número de folhas/articulação/arquivamento/

alteração

- Nome da denominação do Projeto/Obra/Etc. (residencial/galerias/pavimentação/elétrico/etc)
- Nome do Proprietário
- Localização da Obra (lote/quadra/rua/bairro/etc)
- Escalas/datas
- Áreas (m²/alqueires/hectares – construída/reservada/etc)
- Assinaturas (responsável técnico/proprietário/etc)
- Números de registros (ART/CREA/Prefeitura/etc)
- Espaço para as aprovações (Carimbos/Assinaturas/etc)
- Situação da área em relação a cidade/quadra/arruamentos/etc
- Datas e Assinaturas das alterações/verificações/etc
- Etc

A figura 40 apresenta um modelo de Quadro Técnico.

Fazer cota ao lado

Projeto: PLANTA PLANIMÉTRICA		3,0 cm
		Folha: 01 Arq.: n°
Denominação: SÍTIO VISTA ALEGRE Proprietário: Peter Von Gütter Localização: Zona rural – Bairro Lageado Município de Limeira – Estado de São Paulo		
Quadro de Áreas: m ² alqs. ha 4,0 cm	Escala: 1:1.000 Data: Mai/	Eng. Responsável CREA/ART/PM Assinaturas 13,0 cm

Figura 40: Modelo de quadro Técnico (Sem Escala)

- Cálculos dos Rumos e das Distâncias Corrigidas

Após a elaboração da Planta Planimétrica (original), deve-se a seguir analisar as condições de verdadeira representação, verificando através das distâncias e dos rumos se os pontos lançados estão posicionados corretamente.

Para lançar em desenho as verdadeiras grandezas (rumos e distâncias), deve-se proceder os cálculos em função agora das coordenadas totais (X,Y) estabelecidas. Estes valores calculados constarão nos seus respectivos alinhamentos, conforme apresentação em Planta Planimétrica e da figura 38.

Rumos

Para a determinação dos rumos dos alinhamentos aplica-se a seguinte expressão:

$$Rumo(1-2) = \arctg \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$

Onde:

X1 e Y1 → coordenadas totais do ponto 1

X2 e Y2 → coordenadas totais do ponto 2

Se a diferença entre $X_2 - X_1$ for positiva (+) implicará na direção LESTE (E) e ao contrário, negativa (-) em OESTE (W), o mesmo ocorrendo com $Y_2 - Y_1$, sendo positiva (+) implicará na direção NORTE (N) e ao contrário, negativa (-) em SUL (S).

A figura 37 demonstra o cálculo do rumo e da distância do alinhamento 1 – 2 do exemplo:

Figura 41: Demonstrativo de cálculo de Rumos e Distâncias

No exemplo tem-se:

$$Rumo(1-2) = \frac{97,040 - 809,061}{199,115 - (-107,812)} = \frac{-712,021}{+306,927} = \arctan g - 2,3198$$

$$Rumo (1 - 2) = NW 66^{\circ} 40' 51''$$

A diferença (X2 - X1) é negativa (-), portanto indica a direção OESTE (W) e a diferença (Y2 - Y1) é positiva (+), portanto indica a direção NORTE (N). Os demais rumos são calculados utilizando-se sempre as Coordenadas Totais dos pontos à vante e a ré. A tabela 8 apresenta estes resultados.

Distâncias

O Cálculo da distância entre dois pontos é dado pela expressão:

$$Dist(1-2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

No exemplo tem-se:

$$Dist(1-2) = \sqrt{(97,040 - 809,061)^2 + (119,115 - (-107,812))^2}$$

$$Dist (1 - 2) = 775,36 \text{ m}$$

O mesmo raciocínio para o cálculo dos rumos é utilizado para o cálculo das distâncias, ou seja, estas são determinadas através das Coordenadas Totais dos pontos à vante e à ré e estão demonstrados também na tabela 8.

Observação: Em muitas calculadoras (HP, Cassio, Sharp, etc) estes cálculos são efetuados através de teclas específicas de transformação de coordenadas (polares em cartesianas e vice-versa).

Tanto os rumos quanto as distâncias calculadas devem ser lançadas em desenho, normalmente externamente à convenção de divisa conforme ilustra a figura 38.

Figura 42: Lançamento de Rumo e de Distância no alinhamento 1 – 2

A tabela 8 apresenta os resultados dos rumos e das distâncias calculadas.

EST	PV	COORD. X	COORD. Y	RUMOS	Q	DISTÂNCIAS
1	2	97,040	199,115	66º 40' 51"	NW	775,36
2	3	00,000	000,000	25º 58' 57"	SW	221,50
3	4	198,052	-313,941	32º 14' 46"	SE	371,19
4	5	404,074	-364,878	76º 06' 46"	SE	212,23
5	1	809,061	-107,812	57º 35' 41"	NE	479,69

Tabela 8: Resultados dos Rumos e Distâncias

- Cálculo de Área

Definida a poligonal do levantamento, através das Coordenadas Totais, uma das finalidades da medição é o conhecimento da área geométrica da figura. O processo de obtenção da área é dado pelo produto em diagonal da Coordenada X pela Coordenada Y, conhecido pela metodologia de GAUSS e expresso por:

$$Área = \frac{1}{2} \cdot \Sigma x_i \cdot y_{i+1} - \Sigma y_i \cdot x_{i+1}$$

Onde:

$$\Sigma x_i \cdot y_{i+1} = x_1 \cdot y_2 + x_2 \cdot y_3 + \dots + x_n \cdot y_1$$

$$\Sigma y_i \cdot x_{i+1} = y_1 \cdot x_2 + y_2 \cdot x_3 + \dots + y_n \cdot x_1$$

No exemplo tem-se:

VÉRTICES	COORD. X	COORD.Y
1	809,061	-107,812
2	97,040	199,115
3	00,000	000,000
4	198,052	-313,941
5	404,074	-364,878
1	809,061	-107,812 *

* repetir primeiro ponto

$$\Sigma x.y = [(809,061 \cdot 199,115) + (97,040 \cdot 0,000) + [0,000 \cdot (-313,941)] +$$

$$+ [198,052 \cdot (-364,878)] + [404,074 \cdot (-107,812)] = + 45.267,337$$

$$\Sigma y.x = [(-107,812) \cdot 97,040] + (199,115 \cdot 0,000) + (0,000 \cdot 198,052) +$$

$$+ [(-313,941) \cdot 404,074] + [(-364,878) \cdot 809,061] = - 432.526,032$$

$$\acute{A}rea = \frac{1}{2} . 45.267,337 - (-432.526,032)$$

$$\acute{A}rea = 238.896,685 \text{ metros quadrados (m}^2\text{)}$$

$$* 10.000 \text{ m}^2 \rightarrow 23,8896685 \text{ hectares (ha)}$$

$$* 24.200 \text{ m}^2 \rightarrow 09,872 \text{ alqueires paulista (alqs)}$$

Figura 43: Planta Planimétrica

A figura 39 apresenta a PLANTA PLANIMÉTRICA referente ao levantamento do exemplo em escala reduzida (1:5.000). A modulação horizontal e vertical apresentada conforme ABNT (18,5cm x 29,7cm) se refere a Planta na escala 1:1.000 ideal para o tamanho desta propriedade.

A figura 40 apresenta um modelo de quadro técnico utilizado para esta finalidade de levantamento, citando os elementos

de uma consulta rápida.

Projeto:		Folha: 01
PLANTA PLANIMÉTRICA		Arq. : A / 175
Denominação: "SÍTIO LAGEADO"		
Proprietário: Sebastião Gouvea		
Localização: Zona rural – sudeste do município de Limeira Bairro Botafogo – Limeira – Estado de São Paulo		
Áreas:	Escala:	Engº Resp.:
238.896,685 ... m ²	1:1.000	Eng. JOSÉ GUSTAVO CINTRA CREA Nº 060012345678
23,890 ... ha	Data:	
09,872 ... alqs	Mai/.....	

Figura 44: Quadro Técnico – Exemplo

- Memorial Descritivo

Realizada a Planta Planimétrica da propriedade, deve-se a seguir proceder a elaboração de uma descrição da referida área, através de um memorial descritivo, citando todo o perímetro e as suas confrontações, para o devido registro, alteração ou confirmação da área em cartório.

No exemplo tem-se:

Memorial Descritivo

Denominação: Sítio Lageado

Proprietário: Sebastião Gouvea

Localização: Zona rural – sudeste do município de Limeira

Bairro Botafogo – Limeira – SP.

Descrição das divisas e confrontações

Inicia-se no ponto nº 1, localizado no canto da cerca de confrontação de um lado com a Fazenda Boa Vista e do outro com o Sítio Santo Antônio. Deste ponto nº1 segue a cerca de confrontação com o Sítio Santo Antônio com o rumo NW 66º 40' 51" e com a distância de 775,36 metros até o ponto nº 2; deste deflete à esquerda e segue a divisa de confrontação com o Sítio Juriti com o rumo SW 25º 58' 57" e com a distância de 221,50 metros até o ponto nº 3; deste deflete à esquerda e segue a divisa de confrontação com a Fazenda Jaçanã com o rumo SE 32º 14' 46" e com a distância de 371,19 metros até o ponto nº 4; deste deflete à esquerda seguindo a divisa de confrontação com a Fazenda Jaçanã com o rumo SE 76º 06' 46" e com a distância de 212,23 metros até o ponto nº 5; deste deflete à esquerda e segue a divisa de confrontação com a Fazenda Boa Vista com o rumo NE 57º 45' 41" e com a distância de 479,69 metros até o ponto 1, inicial de descrição, perfazendo uma área total de 238.896,685 metros quadrados ou 23,890 hectares ou 9,872 alqueires paulista.

Limeira – SP, em _____ de maio de 20__

*Eng.º JOSÉ GUSTAVO CINTRA
CREA nº 060012345678*

As metodologias POR CAMINHAMENTO com leituras de ângulos externos, por Azimutes ou por Rumos ou ainda por Deflexões ou Intersecções são outras maneiras de se executar levantamentos topográficos, sempre coletando ângulos e distâncias. Sempre a imposição de um levantamento é obter as coordenadas totais de pontos, pois delas depende toda a elaboração da planta e os cálculos de área, rumos e distâncias.

Por Irradiação

A grande dificuldade nos levantamentos topográficos é a

tomada das distâncias entre as estações (E) e os pontos visados (PV). Com o advento dos teodolitos eletrônicos, distanciômetros e/ou as estações totais esta tarefa foi minimizada em grande parte, porém em grandes áreas e em áreas contendo vegetações, plantações, etc., é necessário ainda percorrer pelo perímetro desejado.

Em áreas pequenas ou em áreas descobertas ou com vegetação rasteira ou ainda através de pontos notáveis (internos ou externos), onde permite-se ter visibilidade em todo o perímetro e com o auxílio de medidas eletrônicas é possível aplicar a metodologia das irradiações. Este método permite, à partir de um ou mais pontos de estação, coletar os ângulos e distâncias dos pontos desejáveis (divisas, construções, estradas, redes de transmissão, limites, etc.) sem ter que caminhar pelo perímetro.

É um método simples, de boa precisão, porém depende dos cuidados do operador, pois não existe um controle de verificação dos erros cometidos através dos fechamentos angular e linear. Sua maior aplicação está como auxiliar ao levantamento por caminhamento, denominado de levantamento de detalhes (divisas e dos elementos internos e externos desejáveis ao mapeamento).

Neste capítulo tratar-se-á somente do levantamento por irradiação aplicado a pequenas áreas e utilizando-se de medidas diretas ou indiretas de distâncias com emprego de diastímetros flexível ou rígido.

Seja a poligonal definida pelos vértices de 1 a 5 que se deseja medir, tendo como um ponto notável (A), internamente a área com as condições de visibilidade para todos os vértices, conforme ilustra a figura 41.

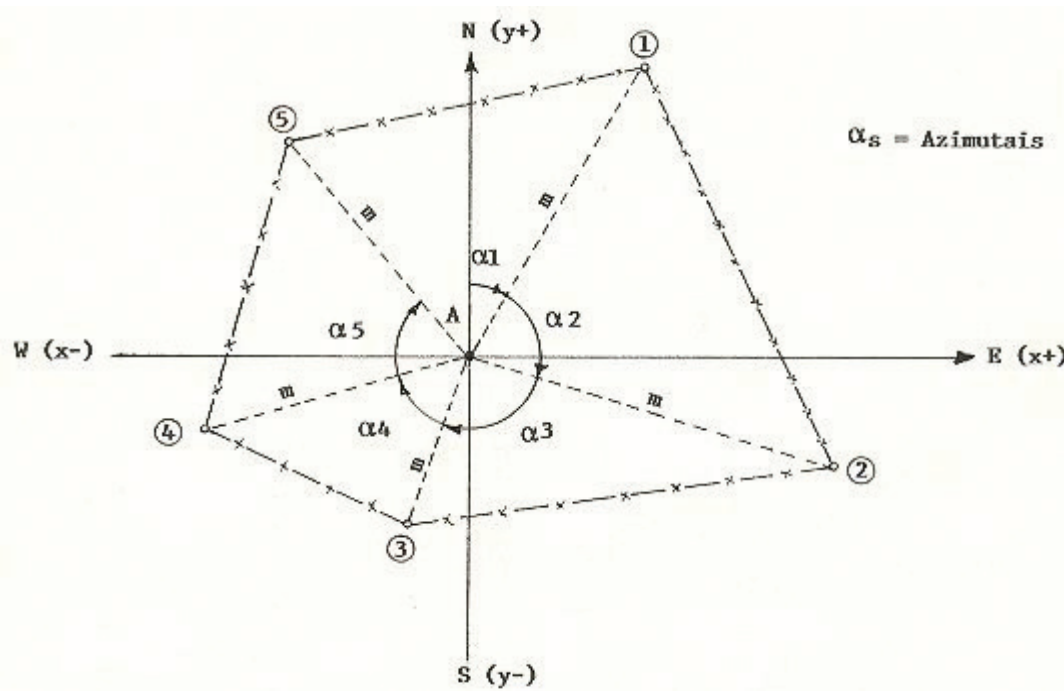


Figura 45: Levantamento Planimétrico por Irradiação

Operações de Campo

- Estacionar, nivelar e zerar o teodolito em relação a origem Norte (Magnético ou Verdadeiro) no ponto notável de estação A, com visibilidade para todos os vértices.
- Visar o vértice 1 e registrar o Azimute $A - 1$ e com a orientação da luneta (eixo de colimação) medir a distância do alinhamento $A - 1$, com auxílio da medição direta ou indireta.
- Visar os demais vértices (2,3,4,5...n), sempre registrando o Azimute da linha (Estação para o Ponto Visado) e medindo-se a distância correspondente.

Observação: Nestas operações não se verificam os erros angular e linear, estes dependem dos cuidados operacionais. Um condicionante de verificação é a tomada de um ou mais pontos nos alinhamentos, além dos vértices. Diz-se que a determinação de mais de dois pontos define melhor o

posicionamento de uma reta.

A escolha do ponto notável de estação “A”, com visibilidade para todos os vértices é um elemento de grande importância ao levantamento, pois o trabalho de campo é realizado rapidamente. Na hipótese de um único ponto não possuir esta condição, poderá ser escolhido um segundo ponto “B”, o qual formará uma base denominada A – B de estação.

Modelo de Caderneta de Anotação - Campo

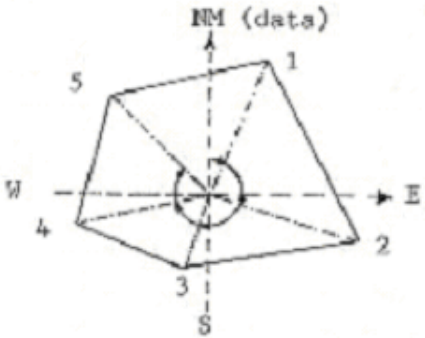
EST	PV	AZIMUTES	DISTÂNCIAS	OBSERVAÇÕES
A	NM	000° 00'	-	Croqui do levantamento 
	1	30° 15'	85,30	
	2	106° 42'	95,21	
	3	198° 37'	45,80	
	4	253° 28'	70,40	
	5	320° 30'	71,02	

Tabela 9: Caderneta de Campo – Irradiação

Cálculos de Escritório

Cálculos das Coordenadas Totais

Para a elaboração da Planta Planimétrica é necessário conhecer as Coordenadas Totais (X, Y) de todos os pontos, além de permitir calcular a área, os rumos e as distâncias correspondentes aos alinhamentos.

Se a medição já implicou em coletar Azimutes e Distâncias, ou seja, já se conhecem as Coordenadas Polares, basta somente fazer a transformação destas em Coordenadas Cartesianas Retangulares (parciais ou totais), conforme

demonstrado pela figura 42.

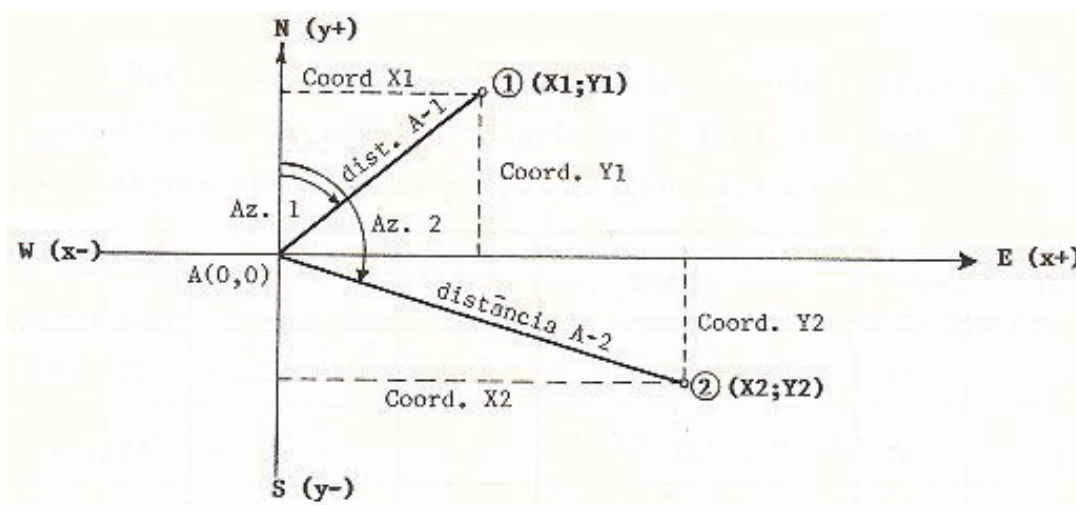


Figura 46: Transformação de Coordenadas (Polares em Cartesianas Retangulares) – Irradiação

No exemplo tem-se:

$$x_1 = \text{sen } 30^\circ 15' \times 85,30\text{m} = 42,972\text{m}$$

$$y_1 = \text{cos } 30^\circ 15' \times 85,30\text{m} = 73,685\text{m}$$

$$x_2 = \text{sen } 106^\circ 42' \times 95,21\text{m} = 91,194\text{m}$$

$$y_2 = \text{cos } 106^\circ 42' \times 95,21\text{m} = -27,360\text{m}$$

$$x_n = \text{sen azimuth} \times \text{Distância}$$

$$y_n = \text{cos azimuth} \times \text{Distância}$$

A tabela abaixo apresenta os resultados das Coordenadas parciais e totais dos pontos irradiados, conforme exemplo.

EST	PV	AZIMUTES	DISTS.	Coord. Parc. Calcul.		Coordenadas Totais	
				x ±	y ±	X	Y
A	1	30° 15'	85,30	+ 42,972	+ 73,685	+ 42,972	+ 73,685
	2	106° 42'	95,21	+ 91,194	- 27,360	+ 91,194	- 27,360
	3	198° 37'	45,80	- 14,621	- 43,404	- 14,621	- 43,404
	4	253° 28'	70,40	- 67,489	- 20,034	- 67,489	- 20,034
	5	320° 30'	71,02	- 45,174	+ 54,801	- 45,174	+ 54,801

Tabela 10: Coordenadas Totais pontos irradiados

Estabelecendo valores de origem de eixos para o ponto de estação "A" igual ($X=0$ e $Y=0$), as Coordenadas Totais dos pontos irradiados serão as próprias coordenadas parciais calculadas (x e y), caso contrário, se o ponto de estação "A" tiver valores de X e Y , as Coordenadas Totais serão obtidas somando-se algebricamente à estes valores.

Nota-se que, não se verificaram erros de ângulos e nem de distâncias, sendo que a determinação das coordenadas totais poderão apresentar erros, se acaso a medição não foi feita corretamente. Uma verificação da apresentação de erros é analisar visualmente o desenho da poligonal ou medir mais pontos nos alinhamentos, estes deverão estabelecer a verdadeira reta.

Definidas as Coordenadas Totais dos vértices, elabora-se a Planta Planimétrica e em seguida calcula-se a área, os rumos e as distâncias. Estes valores estão apresentados na tabela 11 abaixo:

Est.	Coordenadas Totais		Alinh.	Rumos	Quad.	Dists.
	X	Y				
1	+ 42,972	+ 73,685	1-2	25° 30' 43"	SE	111,96
2	+ 91,194	- 27,360	2-3	81° 22' 42"	SW	107,02
3	- 14,621	- 43,404	3-4	66° 09' 09"	NW	57,80
4	- 67,489	- 20,034	4-5	16° 44' 11"	NE	77,49
5	- 45,174	+ 54,174	5-1	77° 31' 08"	NE	90,28

Tabela 11: Rumos e Distâncias - Levantamento por Irradiação

Área: 12.553,855m²

0,519 alqueires paulista

1,255 hectares

Levantamento Planimétrico De Detalhes

Na maioria das vezes não é possível “caminhar-se” sobre o perímetro da propriedade, desejado ao mapeamento, em função das divisas estabelecidas serem definidas por elementos naturais ou artificiais (rios, córregos, valos, cercas, muros, etc), onde torna-se impossível estacionar o teodolito nos pontos considerados vértices de divisa.

Para o levantamento destas situações é necessário estabelecer pontos de estacionamentos do teodolito que possam visar os vértices da propriedade, bem como, os elementos internos ou externos necessários à configuração da área, para coletar os ângulos e distâncias correspondentes, denominadas de irradiações ou amarrações.

Em propriedades onde os perímetros são extensos ou onde existem culturas, vegetações, declividades, etc., os pontos de estacionamentos quase que acompanham ao lado do perímetro (internamente ou externamente, ou ora internamente ora externamente).

A condição básica de levantamento dada pela quantidade de pontos de estacionamentos é função da intervisibilidade entre as visadas à vante e à ré das estações (caminhamento) e das visadas para os pontos de detalhes (amarrações ou irradiações).

Quando se possuem equipamentos de medição eletrônica, os pontos de estacionamentos poderão ser pontos notáveis que oferecem estas condições de intervisibilidade, localizados totalmente fora da propriedade, sendo que neste caso aplica-se a metodologia da irradiação (item 02).

Denominam-se de “Poligonal de Base” os pontos de estacionamentos do teodolito e de “Detalhes” os pontos irradiados ou amarrados.

Ao mesmo tempo em que se mede o perímetro é possível medir também os detalhes internos ou externos desejáveis ao mapeamento (construções, redes elétricas, escadas, limites, tipos de culturas, etc.), por simples irradiações de ângulos e de distâncias. Se estes pontos desejáveis estiverem longe da visibilidade da poligonal de caminhamento (base), estabelece-se um caminhamento de estações, aberto ou fechado, até que se obtém condições para medi-los.

Todos os pontos medidos devem estar amarrados à poligonal de base (caminhamento). Aplicam-se as metodologias do levantamento por caminhamento, por irradiações ou amarrações e/ou ainda levantamento por intersecções (função da topografia do local)

No levantamento perimétrico desejado através das irradiações (estação – vértice), elementos importantes na definição de área, rumos e de distâncias, não é possível ter uma verificação dos cálculos (erros de ângulos e de distâncias).

Deve efetuar, nestes casos, além das medidas direcionadas aos vértices, medidas em pontos intermediários aos alinhamentos, ou seja, configurar a verdadeira reta através de mais de dois pontos.

Seja a poligonal de divisa, formada pelos vértices de 1 a 7, que se deseja medir, conforme ilustra a figura 43.

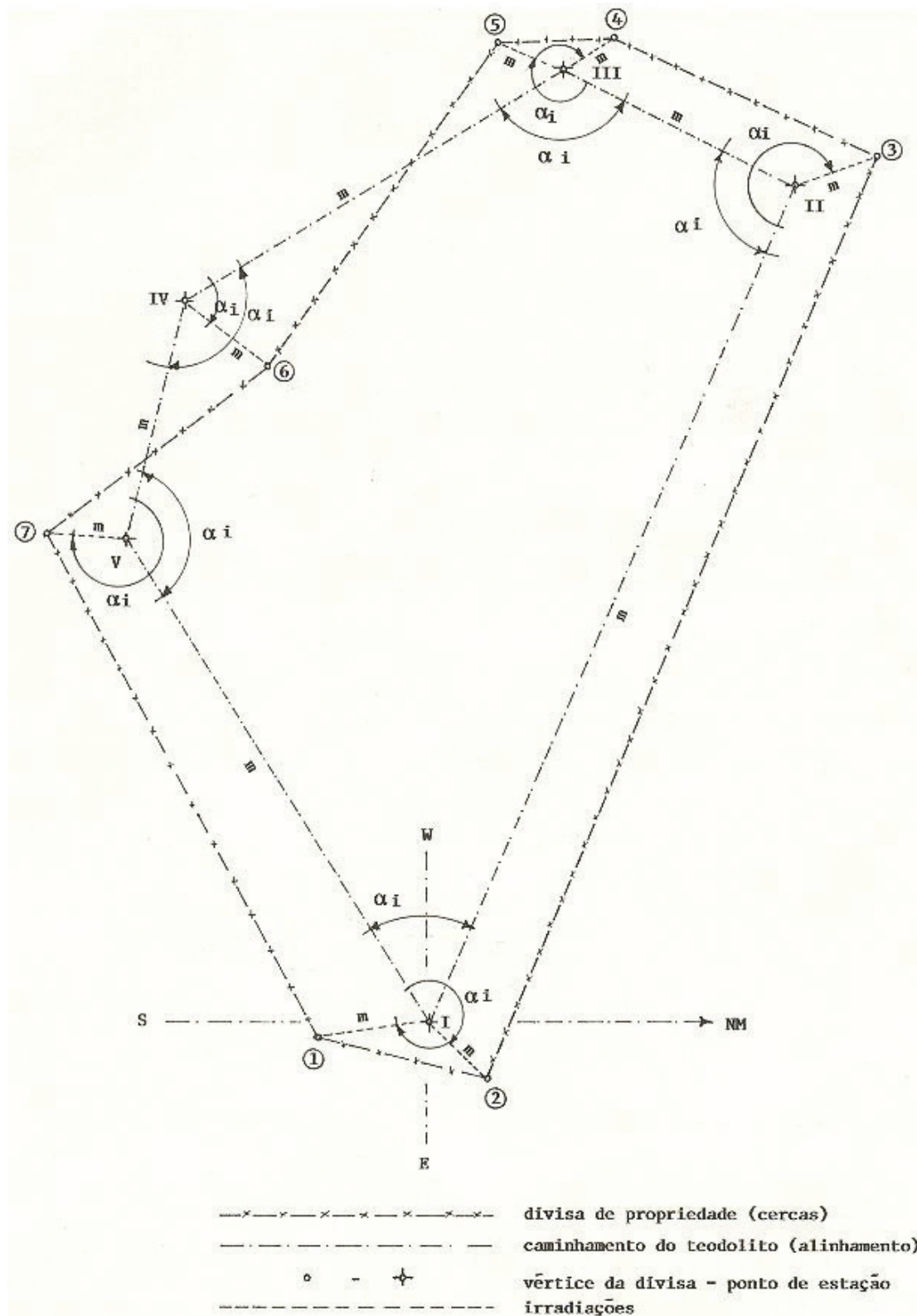


Figura 47: Levantamento Planimétrico de Detalhes

Caminhamento e Irradiações

Operações de Campo

- Através dos pontos notáveis de estacionamentos do teodolito, coletar os ângulos internos e as distâncias, da poligonal de caminhamento (base) e para os pontos irradiados (detalhes).
- Coletar o Azimute de orientação de Planta (1o Azimute Vante)

Observação: Sempre que possível coletar pontos intermediários nas irradiações, ou seja, além dos vértices coletar mais pontos nos alinhamentos.

Modelo de Caderneta de Anotação - Campo

EST.	PV	ÂNGULOS	DISTÂNCIAS	Observações
I	NM	0000 00' 00"	---	Orientação Norte
I	II	293o 19' 00"	775,37	Ponto de estação
I	V	000o 00' 00"	---	
I	II	55o 43' 00"	---	
I	1	295o 28' 00"	96,42	Vértice de divisa
I	2	165o 34' 00"	65,20	Vértice de divisa
II	I	000o 00' 00"	---	
II	III	92o 39' 00"	221,52	Ponto de estação
II	3	223o 15' 00"	68,35	Vértice de divisa
III	II	000o 00' 00"	---	
III	IV	121o 46' 00"	371,21	Ponto de estação
III	4	300o 45' 00"	42,32	Vértice de divisa
III	5	171o 04' 00"	57,93	Vértice de divisa
IV	III	000o 00' 00"	---	
IV	V	136o 07' 00"	212,22	Ponto de estação
IV	6	73o 15' 00"	88,18	Vértice de divisa
V	IV	000o 00' 00"	---	
V	I	133o 42' 00"	479,66	Ponto de estação
V	7	264o 32' 00"	64,80	Vértice de divisa

Tabela 12: Caderneta de Campo – Detalhes (Caminhamento e Irradiações)

Observações: A orientação inicial ao Norte Magnético

a leitura angular corresponde ao 1º Azimute lido, do alinhamento I – II (Caminhamento).

Nas observações (quadro), deverão constar todas as especificações dos pontos medidos, ou seja, pontos de estacionamentos do teodolito e pontos irradiados, detalhes internos e externos.

Ex.: especificar quanto às construções, limites, rios, matas, estradas, redes elétricas, etc.

Cálculos de escritório

Para a obtenção das Coordenadas Totais (X,Y) dos pontos irradiados (detalhes), necessários para a confecção da Planta Planimétrica completa, deve-se proceder os cálculos em três fases:

Cálculos da Poligonal de Caminhamento - Base

Inicialmente, em uma primeira planilha, procede-se os cálculos referentes aos dados da poligonal de caminhada, também denominada de base. Neste cálculo analisam-se os erros angular e linear, compensando-os se estiverem nos limites recomendados, até se conhecer as Coordenadas Totais (X,Y) dos pontos de estações (caminhamento do teodolito).

No exemplo tem-se:

A poligonal de caminhada, formada pelos pontos de estações I a V, conforme dados da caderneta de campo, é idêntica a poligonal de caminhada citada anteriormente (item 01. por caminhada - 01.01. através de leituras de ângulos internos), tendo portanto, os cálculos prontos.

Não se calcula a área correspondente, pois a figura da poligonal não se refere a área de propriedade, somente estabelece os rumos e as distâncias corrigidas. (Vide Tabela 8).

Cálculos da Poligonal dos Irradiamentos

Em uma segunda planilha separam-se todos os pontos de estações e seus respectivos irradiamentos, conforme demonstrados na Tabela 13.

EST	PV	ANG. INT.	AZIMUTES	DIST.	Coord. Parc. Calc.	
					x ± (E/W)	y ± (N/S)
I	1	295º 28'	173º 03' 41"	96,42	+ 11,648	- 95,714
I	2	165º 34'	43º 09' 41"	65,20	+ 44,600	+ 47,559
II	3	223º 15'	336º 34' 09"	68,35	- 27,179	+ 62,714
III	4	300º 45'	326º 43' 57"	42,32	- 23,215	+ 35,385
III	5	171º 04'	197º 02' 57"	57,93	- 16,985	- 55,384
IV	6	73º 15'	41º 00' 14"	88,18	+ 57,856	+ 66,546
V	7	264º 32'	188º 25' 14"	64,80	- 9,489	- 64,101

Tabela 13: Planilha da Poligonal de Irradiamentos

Cálculos dos Azimutes

Com base nos azimutes vantes da poligonal de caminhamento (I a V) calcula-se os azimutes dos irradiamentos aplicando a fórmula:

Azimute da linha = Azimute da linha anterior - 180º + ângulo interno da linha

No exemplo tem-se:

Azimute (I - 1) = Azimute (V - I) - 180º + âng. Int.
(I - 1)

Azimute (I - 1) = 57º 35' 41" - 180º + 295º 28' 00"

Azimute (I - 1) = 173º 03' 41"

Azimute (I - 2) = Azimute (V - I) - 180º + âng. Int.

(I – 2)

Azimute (I – 2) = $57^{\circ} 35' 41'' - 180^{\circ} + 165^{\circ} 34' 00''$

Azimute (I – 2) = $43^{\circ} 09' 41''$

Azimute (II – 3) = Azimute (I – II) – 180° + âng. Int.

(II – 3)

Azimute (II – 3) = $293^{\circ} 19' 00'' - 180^{\circ} + 223^{\circ} 15' 00''$

Azimute (II – 3) = $336^{\circ} 34' 09''$

... demais azimutes (idem) ... tabela 13

Tendo as Coordenadas Polares (Azimutes: Distâncias) deve-se em seguida, transformá-las em Coordenadas Cartesianas Retangulares Parciais (x,y), conforme cálculos anteriormente demonstrado. Nesta planilha não se verificam os erros angular e linear (vide tabela 13).

Cálculos das Coordenadas Totais

Conhecidas as Coordenadas Retangulares Parciais (x, y) dos pontos irradiados, a determinação das Coordenadas Totais (X, Y) é dada pela soma algébrica entre os valores das Coordenadas Totais da Estação e das Coordenadas Parciais dos pontos irradiados, demonstrado pelas seguintes fórmulas:

X total ponto irradiado = X total ponto de Estação
+ x parcial ponto irradiado

Y total ponto irradiado = Y total ponto de Estação
+ y parcial ponto irradiado

No exemplo tem-se:

X (1) = Y(I) + x(I)

X (1) = $809,061 + 11,648$

X (1) = $820,709$

$$X(2) = X(I) + x(2)$$

$$X(2) = 809,061 + 44,600$$

$$X(2) = 853,661$$

$$X(3) = X(II) + x(3)$$

$$X(3) = 97,040 + (-27,179)$$

$$X(3) = 69,861$$

$$Y(1) = Y(I) + y(1)$$

$$Y(1) = -107,812 + (-95,714)$$

$$Y(1) = -203,526$$

$$Y(2) = Y(I) + y(2)$$

$$Y(2) = -107,812 + 47,559$$

$$Y(2) = -60,253$$

$$Y(3) = Y(II) + y(3)$$

$$Y(3) = 199,115 + 62,714$$

$$Y(3) = 261,829$$

... demais coordenadas (idem)... tabela 14

A tabela 14 apresenta os valores calculados das Coordenadas Cartesianas Retangulares Totais (X, Y) e como terceira fase de cálculo são apresentados também, a área, os rumos e as distâncias dos alinhamentos.

VERT	Coord. Totais		ALINH.	RUMOS	QUAD.	DISTs.
	x	y				
1	820,709	- 203,526	1 – 2	12º 57' 09"	NE	147,01
2	853,661	- 60,253	2 – 3	67º 39' 40"	NW	847,40
3	69,861	261,829	3 – 4	22º 20' 39"	SW	244,83
4	- 23,215	35,385	4 – 5	03º 55' 35"	SE	90,98
5	- 16,985	- 55,384	5 – 6	54º 52' 09"	SE	333,67
6	255,908	- 247,395	6 – 7	37º 22' 09"	SE	228,48
7	394,585	- 428,979	7 – 1	62º 07' 04"	NE	482,09

Tabela 14: Coordenadas Totais (X, Y) – Rumos e Distâncias – Poligonal de Irradiamento

Cálculo da Área

Aplicando a fórmula de Gauss para as Coordenadas Totais acima obtém-se:

$A = 320.212,37$ metros quadrados

13,23 alqueires paulista

32,02 hectares

Desenho da Poligonal

A figura 44 apresenta a Planta Planimétrica referente ao levantamento do exemplo na escala 1:5.000.

Quadro Técnico

Devem ser lançados todos os elementos de uma consulta rápida tais como:

- Projeto: Planta planimétrica
- Denominação: “Sítio Lago Azul”
- Proprietário: Péricles de Souza Aguiar
- Localização: Km 148 – Rodovia SP – 127
- Quadro de áreas: $320.212,37\text{m}^2$ ou 13,23 alqs ou 32,02 ha
- Escala /data: 1:5.000 – Mai/ ...
- Eng. Resp. : ...
- Reg. CREA: ...

- Assinaturas (proprietário/ Eng.)

Fig 48: Planta Planimétrica

Memorial Descritivo

Denominação: "Sítio Lago Azul"

Proprietário: Péricles de Souza Aguiar

Localização: Km 148 - Rodovia SP - 127- Limeira - SP

Área: 320.212,37 m² ou 13,23 alq. paulista ou 32,02 hectares.

Descrição das divisas e suas confrontações

Inicia-se no ponto nº 1, localizado no canto da cerca de confrontação de um lado com o Parque Residencial Morro Azul e do outro com a Chácara Bela Vista. Deste ponto nº 1 segue a cerca de confrontação com a chácara Bela Vista com o rumo NE 12° 57' 09" e com a distância de 147,01 metros até o ponto nº 2, localizado na intersecção desta cerca com a cerca de divisa com a Rodovia SP - 127; deflete à esquerda e segue com o rumo NW 67° 39' 40" e com a distância de 847,40 metros até o ponto nº 3, fazendo confrontação este alinhamento com a Rodovia SP - 127; deflete à esquerda e segue com o rumo SW 22° 20' 39" e com a distância de 244,83 metros até o ponto nº 4; deflete à esquerda e segue com o rumo SE 03° 55' 35" e com a distância de 90,98 metros até o ponto nº 5, fazendo confrontação do ponto nº 3 ao nº 5 com o Sítio São José; deflete à esquerda e segue com o rumo SE 54° 52' 09" e com a distância de 333,67 metros até o ponto nº 6; deflete à direita e segue com o rumo SE 37° 22' 09" e com a distância de 228,48 metros até o ponto nº 7, fazendo confrontação do ponto nº 5 ao nº 7 com a Fazenda Alegrete; deflete à esquerda e segue com o rumo NE 62° 07' 04" e com a distância de 482,09 metros até o ponto nº 1, inicial de descrição, fazendo confrontação este alinhamento com o Parque Residencial Morro Azul, perfazendo uma área total de 320.212,37 m² ou 13,23 alq. paulista ou 32,02 hectares.

Limeira, SP, maio de 20__

Eng. Victor de Almeida Assunção

CREA nº 0600987654321

Detalhes de Levantamento

De Divisa

Se a divisa de propriedade for um córrego, um rio ou mesmo uma curva, esta definição deverá ser através de irradiações, das estações até os pontos que definem a geometria (margem, desenvolvimentos, etc.). Nos casos de córregos, rios, etc. a sua definição se dá até às margens ou eixo, sempre tomando pontos que definam os alinhamentos e as curvas correspondentes. Já em divisas em curvas, estas são definidas por segmentos de retas, tendo no seu total a curva correspondente. As figuras 45a e 45b, demonstram

estes levantamentos.

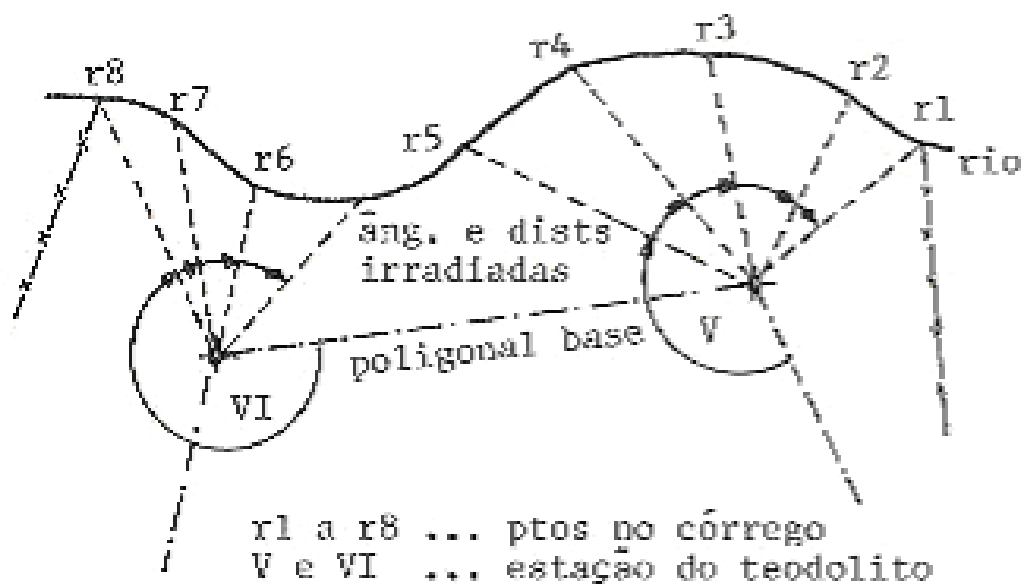


Figura 49a: Levantamento de divisa, córregos, rios, etc.

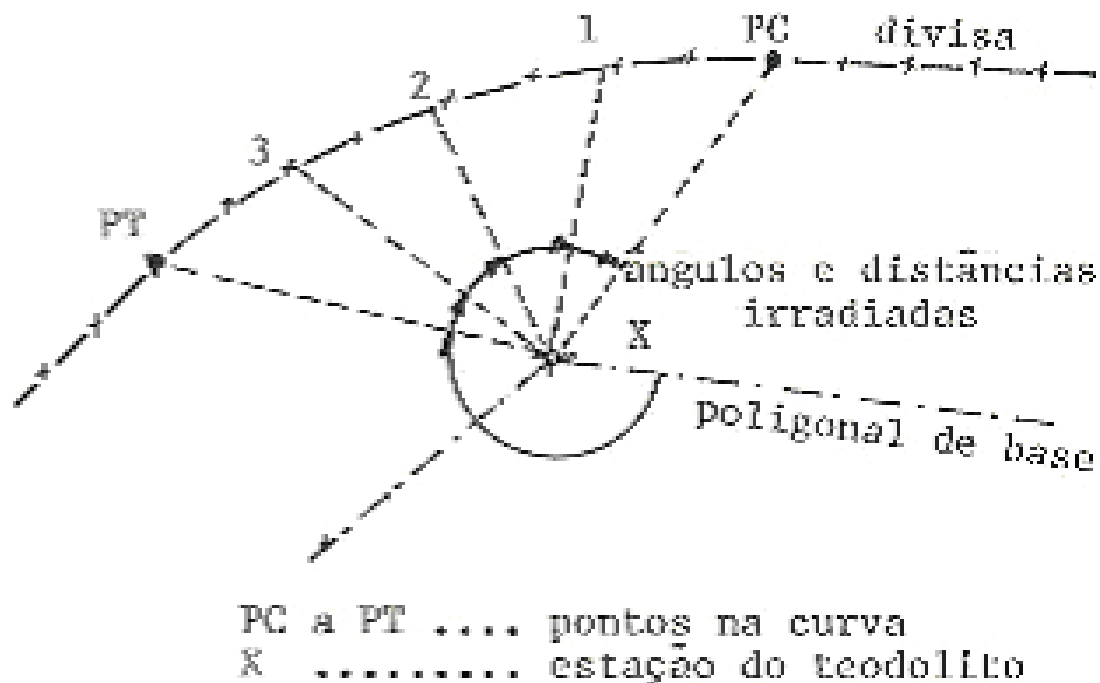


Figura 49b: Levantamento em curva – cercas (estrada)

Internos ou Externos

Já para as construções, redes elétricas, limites, etc., a definição se processa através das irradiações de pontos de estações até os pontos que representam a sua geometria, sempre amarrados à poligonal de Base. As figuras 46a e 46b apresentam estes detalhes:

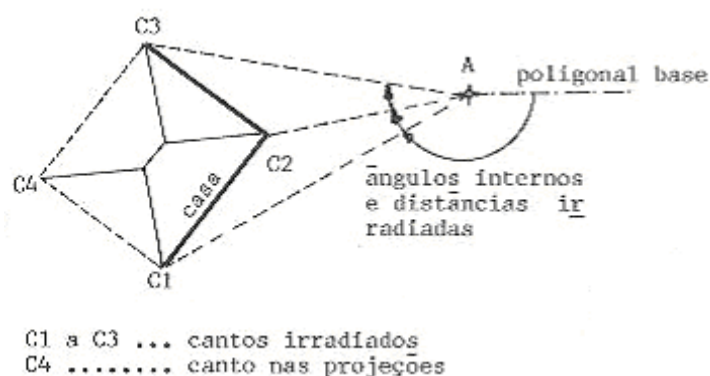


Figura 50a: Levantamento de Construções

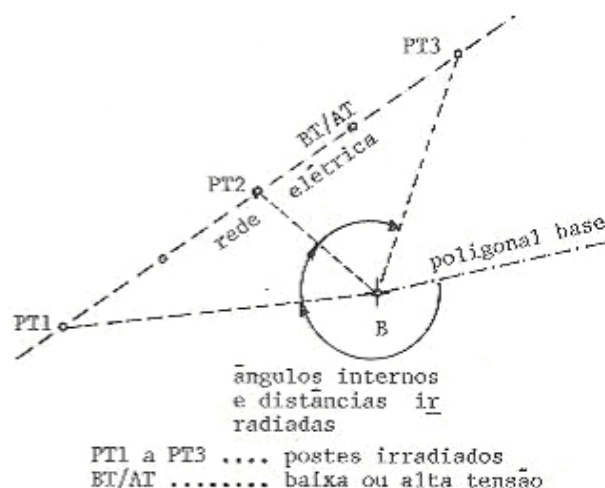


Figura 50b: Levantamento de Detalhes (rede elétrica)

DESENHO DE PLANTAS

Como fase final do processo de levantamento e cálculos, compreende a elaboração da Planta Planimétrica, segundo normalizações existentes.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), juntamente com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Diretoria do Serviço Geográfico (DSG), especificam e normatizam o sistema de desenho, empregado na Cartografia e Topografia.

Destacam-se as seguintes Normas Técnicas:

NBR 8196 (1983)	Emprego de Escalas em Desenho Técnico
NBR 8402 (1983)	Execução de caracteres para a escrita em Desenhos Técnicos
NBR 8403 (1983)	Aplicação de linha em desenho – tipos de linhas e largura de linhas
NBR 10068 (1987)	Folha de desenho – Layout e Dimensões
NBR 10582 (1988)	Apresentação da Folha para Desenho Técnico
NBR 10647 (1989)	Desenho Técnico
NBR 13133 (1994)	Execução de Levantamento Topográfico
T – 34 – 210	Manual Técnico – DSG – Convenções Cartográficas

A elaboração de plantas, na maioria das vezes, ainda se apresenta nos moldes tradicionais, ou seja, utiliza-se de pranchetas, papel vegetal, normógrafos, aranhas, etc, muito embora, hoje já se encontra a disposição no mercado, softwares apropriados para desenho, mas tem sido pouco utilizados devido a vários fatores.

A utilização de sistema informatizado de mapeamento, juntamente com aplicativos de projetos, é só uma questão de momento. Softwares apresentando o modelo digital do terreno, inserindo projetos de engenharia, demonstram o grande avanço desta tecnologia na fase de desenho.

Recomenda-se a leitura da Bibliografia Recomendada, destacando-se a Apostila do mesmo autor – Desenho Topográfico.



Rua Leonice, Qd. 160, Lt. 12, Parque Estrela Dalva II, Luziânia-GO.