



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Fax: (021) 220-1762/220-6436
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1994,
ABNT—Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

MAIO 1994

NBR 13133

Execução de levantamento topográfico

Procedimento

Origem: Projeto 02:006.17-001/1993
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil
CE-02:006.17 - Comissão de Estudo de Serviços Topográficos
NBR 13133 - Execution of topographic survey - Procedure
Descriptor: Topographic survey
Válida a partir de 30.06.1994
Incorpora ERRATA nº 1, de DEZ 1996

Palavra-chave: Topografia

35 páginas

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
 - 2 Documentos complementares
 - 3 Definições
 - 4 Aparelhagem
 - 5 Condições gerais
 - 6 Condições específicas
 - 7 Inspeção
 - 8 Aceitação e rejeição
- ANEXO A - Cadernetas de campo e monografias
ANEXO B - Convenções topográficas
ANEXO C - Cálculo do desvio-padrão de uma observação em duas posições da luneta, através da DIN 18723

1 Objetivo

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

- a) conhecimento geral do terreno: relevo, limites, confrontantes, área, localização, amarração e posicionamento;
- b) informações sobre o terreno destinadas a estudos preliminares de projetos;
- c) informações sobre o terreno destinadas a anteprojetos ou projetos básicos;
- d) informações sobre o terreno destinadas a projetos executivos.

1.1.1 As condições exigíveis para a execução de um levantamento topográfico devem compatibilizar medidas

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

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

Decreto nº 89.317, de 20/06/84 - Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, quanto aos padrões de exatidão

Especificações e Normas Gerais para Levantamentos Geodésicos - IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Resolução PR nº 22, de 21-07-1983, publicada no Boletim de Serviço nº 1602, de 01/08/1983 de Lei nº 243, de 28/02/1967, que determina a competência da Instituição quanto aos levantamentos geodésicos

NBR 5425 - Guia para inspeção por amostragem no controle e certificação da qualidade - Procedimento

NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos - Procedimento

NBR 5427 - Guia para utilização da NBR 5426 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos - Procedimento

NBR 5428 - Procedimentos estatísticos para determinação da validade de inspeção por atributos feita pelos fornecedores - Procedimento

NBR 8196 - Emprego de escalas m desenho técnico - Procedimento

NBR 8402 - Execução de caracteres para escrita em desenho técnico - Procedimento

NBR 8403 - Aplicação de linhas em desenhos - Tipos de linhas - Largura das linhas - Procedimento

NBR 10068 - Folha de desenho - Leiaute e dimensões - Procedimento

NBR 10126 - Cotagem em desenho técnico - Procedimento

NBR 10582 - Apresentação da folha para desenho técnico - Procedimento

NBR 10647 - Desenho técnico - Norma geral - Terminologia

DIN 18723 Teil 3 - Deutsche Normen Genauigkeitsuntersuchungen an Geodätischen Instrumenten - Theodolite

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.41.

3.1 Alinhamento de via (ou alinhamento predial)

Linha divisória que separa o lote de terreno do logradouro público.

3.2 Apoio geodésico altimétrico

Conjunto de referências de nível, materializadas no terreno, que proporciona o controle altimétrico dos levantamentos topográficos e o seu referenciamento ao *datum* (origem) altimétrico do país.

3.3 Apoio geodésico planimétrico

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

3.4 Apoio topográfico

Conjunto de pontos planimétrico, altimétrico, ou planialtimétrico, que dão suporte ao levantamento topográfico.

3.4.1 Apoio topográfico altimétrico

Conjunto de pontos, materializados no terreno, com suas alturas referidas a uma superfície de nível arbitrária (cotas) ou ao nível médio do mar (altitudes), que serve de suporte altimétrico ao levantamento topográfico. Estes pontos são hierarquizados pelo seu erro médio quilométrico da sua determinação, classificando-os como de ordem superior e de ordem inferior.

3.4.2 Apoio topográfico planimétrico

Conjunto de pontos, materializados no terreno, com coordenadas cartesianas (x e y) obtidas a partir de uma ori-

gem no plano topográfico, que serve de base planimétrica ao levantamento topográfico. Estes pontos formam uma figura complexa de lados orientados, hierarquizados, onde os de ordem superior podem estar espaçados em até 10 km, e os de ordem inferior, em até 500 m, ou menos, conforme a extensão da área a ser levantada e o fim a que se destinam.

3.5 Carta (ou mapa)

Representação gráfica sobre uma superfície plana, dos detalhes físicos, naturais e artificiais, de parte ou de toda a superfície terrestre - mediante símbolos ou convenções e meios de orientação indicados, que permitem a avaliação das distâncias, a orientação das direções e a localização geográfica de pontos, áreas e detalhes -, podendo ser subdividida em folhas, de forma sistemática, obedecido um plano nacional ou internacional. Esta representação em escalas médias e pequenas leva em consideração a curvatura da Terra, dentro da mais rigorosa localização possível relacionada a um sistema de referência de coordenadas. A carta também pode constituir-se numa representação sucinta de detalhes terrestres, destacando, omitindo ou generalizando certos detalhes para satisfazer requisitos específicos. A classe de informações, que uma carta, ou mapa, se propõe a fornecer, é indicada, freqüentemente, sob a forma adjetiva, para diferenciação de outros tipos, como, por exemplo, carta aeronáutica, carta náutica, mapa de comunicação, mapa geológico.

Nota: Os ingleses e americanos dão preferência ao termo mapa, enquanto os franceses e demais países de origem latina ao termo carta.

3.6 Croqui

Esboço gráfico sem escala, em breves traços, que facilite a identificação de detalhes.

3.7 Desenho topográfico final (ou desenho final)

Peça gráfica realizada, a partir do original topográfico, sobre base transparente, dimensionalmente estável (poliéster ou similar), quadriculada previamente, em formato definido nas NBR 8196, NBR 8402, NBR 8403, NBR 10068, NBR 10126, NBR 10582 e NBR 10647, com área útil adequada à representação do levantamento topográfico, comportando, ainda, moldura e identificadores segundo modelo definido pela destinação do levantamento.

3.8 Desvio-padrão (ou erro médio quadrático (m))

Valor dado pela expressão a seguir:

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Onde:

m = desvio-padrão

X = cada uma das observações

\bar{X} = média das "n" observações do erro calculado

n = número de observações

3.9 Erro de graficismo

Erro máximo admissível na elaboração de desenho topográfico para lançamento de pontos e traçados de linhas, com o valor de 0,2 mm, que equivale a duas vezes a acuidade visual.

3.10 Exatidão

Grau de aderência das observações, em relação ao seu valor verdadeiro que, sendo desconhecido, o valor mais provável é considerado como a média aritmética destas observações.

3.11 Levantamento de detalhes

Conjunto de operações topográficas clássicas (poligonais, irradiações, interseções, ou por ordenadas sobre uma linha-base), destinado à determinação das posições planimétrica e/ou altimétrica dos pontos, que vão permitir a representação do terreno a ser levantado topograficamente a partir do apoio topográfico. Estas operações podem conduzir, simultaneamente, à obtenção da planimetria e da altimetria, ou então, separadamente, se condições especiais do terreno ou exigências do levantamento obrigarem à separação.

3.12 Levantamento topográfico

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

3.13 Levantamento topográfico expedito

Levantamento exploratório do terreno com a finalidade específica de seu reconhecimento, sem prevalecerem os critérios de exatidão.

3.14 Levantamento topográfico planimétrico (ou levantamento planimétrico, ou levantamento perimétrico)

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

3.15 Levantamento topográfico altimétrico (ou nivelamento)

Levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência,

dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada.

3.16 Levantamento topográfico planialtimétrico

Levantamento topográfico planimétrico acrescido da determinação altimétrica do relevo do terreno e da drenagem natural.

3.17 Levantamento topográfico planimétrico cadastral

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

3.18 Levantamento topográfico planialtimétrico cadastral

Levantamento topográfico planialtimétrico acrescido dos elementos planimétricos inerentes ao levantamento planimétrico cadastral, que devem ser discriminados e relacionados nos editais de licitação, propostas e instrumentos legais entre as partes interessadas na sua execução.

3.19 Método das direções

Consiste nas medições angulares horizontais com visadas das direções determinantes nas duas posições de medição permitidas pelo teodolito (direta e inversa), a partir de uma direção tomada como origem, que ocupa diferentes posições no limbo horizontal do teodolito. As observações de uma direção, nas posições direta e inversa do teodolito, chamam-se leituras conjugadas. Uma série de leituras conjugadas consiste na observação sucessiva das direções, a partir da direção-origem, fazendo-se o giro de ida na posição direta da luneta e de volta na posição inversa, ou vice-versa, terminando na última direção e iniciando-se, aí, a volta sem fechar o giro. O intervalo, medido no limbo horizontal do teodolito, entre as posições da direção-origem neste limbo, chama-se intervalo de reiteração. Assim, para observação de "n" séries de leituras conjugadas pelo método das direções, o intervalo de reiteração deve ser $180^\circ/n$. Como exemplo, se forem três séries de leituras conjugadas, o intervalo de reiteração deve ser $180^\circ/3 = 60^\circ$, e a direção-origem deve ocupar, no limbo horizontal do teodolito, posições nas proximidades de 0° , 60° e 120° . Os valores dos ângulos medidos pelo método das direções são as médias aritméticas dos seus valores obtidos nas diversas séries.

3.20 Nivelamento geométrico (ou nivelamento direto)

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

3.21 Nivelamento taqueométrico

Nivelamento trigonométrico em que as distâncias são obtidas taqueometricamente e a altura do sinal visado é obtida pela visada do fio médio do retículo da luneta do teodolito sobre uma mira colocada verticalmente no ponto cuja diferença de nível em relação à estação do teodolito é objeto de determinação.

3.22 Nivelamento trigonométrico

Nivelamento que realiza a medição da diferença de nível entre pontos do terreno, indiretamente, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes, fundamentando-se na relação trigonométrica entre o ângulo e a distância medidos, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ao terreno e a altura sobre o terreno do sinal visado.

3.23 Obras-de-arte especiais

Constituem realizações de porte, que não se reproduzem idênticas. Defrontam-se, em cada local, com condições próprias, que as diversificam, impossibilitando a tipificação. Por exemplo: pontes, viadutos, passagens superiores ou inferiores, trevos, túneis, etc. Em saneamento, também, são consideradas obras especiais: ETA (estação de tratamento de água), ETE (estação de tratamento de esgoto), EE (estação elevatória), ERQ (estação recuperadora de qualidade das águas).

3.24 Original topográfico (ou cartão)

Base em material dimensionalmente estável, quadriculada previamente, onde são lançados, na escala gráfica predeterminada, os pontos coletados no campo pelo levantamento topográfico, devidamente calculados e compensados e, em seguida, definidos os elementos planimétricos em suas dimensões e/ou traçadas as curvas de nível a partir dos pontos de detalhes e com controle nas referências de nível do apoio topográfico. Pode também ser obtido por processo informatizado, através de estação gráfica.

3.25 Planta

Representação gráfica de uma parte limitada da superfície terrestre, sobre um plano horizontal local, em escalas maiores que 1:10000, para fins específicos, na qual não se considera a curvatura da Terra.

3.26 Poligonal auxiliar

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

3.27 Poligonal principal (ou poligonal básica)

Poligonal que determina os pontos do apoio topográfico de primeira ordem.

3.28 Poligonal secundária

Aquela que, apoiada nos vértices da poligonal principal, determina os pontos do apoio topográfico de segunda ordem.

3.29 Ponto

Posição de destaque na superfície a ser levantada topograficamente.

3.30 Pontos cotados

Pontos que, nas suas representações gráficas, se apresentam acompanhados de sua altura.

3.31 Pontos de apoio

Pontos, convenientemente distribuídos, que amarram ao terreno o levantamento topográfico e, por isso, devem ser materializados por estacas, piquetes, marcos de concreto, pinos de metal, tinta, dependendo da sua importância e permanência.

3.32 Pontos de detalhe

Pontos importantes dos acidentes naturais e/ou artificiais, definidores da forma do detalhe e/ou do relevo, indispensáveis à sua representação gráfica.

3.33 Pontos de segurança (PS)

Pontos materializados para controle do nivelamento.

3.34 Precisão

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

3.35 Princípio da vizinhança

Regra básica da geodésia, que deve ser também aplicada à topografia. Esta regra estabelece que cada ponto novo determinado deve ser amarrado ou relacionado a todos os pontos já determinados, para que haja uma otimização da distribuição dos erros. É importante a hierarquização, em termos de exatidão dos pontos nos levantamentos topográficos, pois cada ponto novo determinado tem exatidão sempre inferior à dos que serviram de base a sua determinação, não importando o grau de precisão desta determinação.

3.36 Rede de referência cadastral

Rede de apoio básico de âmbito municipal para todos os levantamentos que se destinem a projetos, cadastros ou implantação de obras, sendo constituída por pontos de coordenadas planialtimétricas materializados no terreno, referenciados a uma única origem (Sistema Geodésico Brasileiro - SGB) e a um mesmo sistema de representação cartográfica, permitindo a amarração e conseqüente incorporação de todos os trabalhos de topografia num mapeamento de referência cadastral. Compreende, em escala hierárquica quanto à exatidão, os pontos geodésicos (de precisão e de apoio imediato), pontos topográficos e pontos referenciadores de quadras ou glebas, todos codificados, numerados e localizados no mapeamento de referência cadastral.

3.37 Seção

Segmento de linha entre duas referências de nível.

3.38 Série de observações angulares verticais conjugadas

Consiste na medição do ângulo vertical (zenital ou de inclinação) do ponto observado, nas duas posições de medição do teodolito (direta e inversa). O valor do ângulo vertical é a média dos valores obtidos nas diversas séries de observações angulares verticais conjugadas. No caso do teodolito fornecer ângulos zenitais, estes podem, se for o caso, ser transformados em ângulos de inclinação, que são complementares dos ângulos medidos.

3.39 Sistema geodésico brasileiro (SGB)

Conjunto de pontos geodésicos descritores da superfície física da Terra, implantados e materializados na porção da superfície terrestre delimitada pelas fronteiras do país, com vistas às finalidades de sua utilização, que vão desde o atendimento a projetos internacionais de cunho científico, passando pelas amarrações e controles de trabalhos geodésicos e cartográficos, até o apoio aos levantamentos no horizonte topográfico, onde prevalecem os critérios de exatidão sobre as simplificações para a figura da Terra. Estes pontos são determinados por procedimentos operacionais associados a um sistema de coordenadas geodésicas, calculadas segundo modelos geodésicos de precisão, compatíveis com as finalidades a que se destinam, tendo como imagem geométrica da Terra o Elipsóide de Referência Internacional de 1967. Como este elipsóide é o mesmo que o adotado no sistema de representação cartográfica UTM (Universal Transversa de Mercator) pela Cartografia Brasileira, há uma correspondência matemática biunívoca entre as coordenadas geodésicas dos pontos do SGB e as suas homólogas plano-retangulares nos sistemas parciais UTM, o que vem a facilitar as amarrações e os controles dos levantamentos cartográficos e topográficos com o emprego das coordenadas UTM, por serem estas planas, enquanto aquelas arcos de meridianos e paralelos. O elipsóide de referência do SGB possui os seguintes elementos:

- a) parâmetro a (semi-eixo maior do elipsóide) = 6 378 160 000 m;
- b) parâmetro f (achatamento do elipsóide) = 1/298,25;
- c) orientação geocêntrica com o eixo de rotação do elipsóide paralelo ao eixo de rotação da Terra e o plano meridiano origem paralelo ao plano meridiano de Greenwich, como definido pelo Bureau International de Heure - BIH;
- d) orientação topocêntrica no vértice Chuá (*datum*) da cadeia de triangulação do paralelo 20°S, cujos elementos são:
 - ϕ (latitude) = 19° 45' 41,6527"S;
 - λ (longitude) = 48° 06' 04,0639"WGr;
 - a (azimute geográfico) = 271° 30' 04,05"SWNE para o vértice Uberaba;

- N (afastamento geoidal) = 0,0 m.

Notas: a) O referencial altimétrico do SGB coincide com a superfície equipotencial que contém o nível médio dos mares, definido pelas observações maregráficas tomadas na Baía de Imbituba, no litoral do Estado de Santa Catarina.

b) O SGB integra o "South American Datum" - 1969 (SAD-69), que também adota o Elipsóide Internacional de 1967. Este é aceito e recomendado pela Assembleia Geral da Associação Geodésica Internacional (Lucerne - Suíça - 1967), onde o Brasil se fez representar.

3.40 Sistema de projeção topográfica (ou sistema topográfico local)

Sistema de projeção utilizado nos levantamentos topográficos pelo método direto clássico para a representação das posições relativas dos acidentes levantados, através de medições angulares e lineares, horizontais e verticais, cujas características são:

- a) as projetantes são ortogonais à superfície de projeção, significando estar o centro de projeção localizado no infinito;
- b) a superfície de projeção é um plano normal à vertical do lugar no ponto da superfície terrestre considerado como origem do levantamento, sendo seu referencial altimétrico referido ao *datum* vertical brasileiro;
- c) as deformações máximas inerentes à desconsideração da curvatura terrestre e à refração atmosférica têm as seguintes expressões aproximadas:

$$\Delta l \text{ (mm)} = -0,004 \quad l^3 \text{ (km)}$$

$$\Delta h \text{ (mm)} = +78,5 \quad l^2 \text{ (km)}$$

$$\Delta h' \text{ (mm)} = +67 \quad l^2 \text{ (km)}$$

Onde:

Δl = deformação planimétrica devida à curvatura da Terra, em mm

Δh = deformação altimétrica devida à curvatura da Terra, em mm

$\Delta h'$ = deformação altimétrica devida ao efeito conjunto da curvatura da Terra e da refração atmosférica, em mm

l = distância considerada no terreno, em km

d) o plano de projeção tem a sua dimensão máxima limitada a 80 km, a partir da origem, de maneira que o erro relativo, decorrente da desconsideração da curvatura terrestre, não ultrapasse 1/35000 nesta dimensão e 1/15000 nas imediações da extremidade desta dimensão;

e) a localização planimétrica dos pontos, medidos no terreno e projetados no plano de projeção, se dá por intermédio de um sistema de coordenadas cartesianas, cuja origem coincide com a do levantamento topográfico;

- f) o eixo das ordenadas é a referência azimutal, que, dependendo das peculiaridades do levantamento, pode estar orientado para o norte geográfico, para o norte magnético ou para uma direção notável do terreno, julgada importante.

Nota: Além destas características, há que se observar o seguinte:

- a) Nas medidas dos desníveis, em distâncias superiores a 100 m, para a representação altimétrica dos detalhes levantados, o efeito conjunto da curvatura terrestre e da refração atmosférica deve ser eliminado ou minimizado por procedimentos operacionais ou por correções apropriadas; e nas medições de distâncias no apoio topográfico planimétrico, a redução destas ao nível de referência altimétrica do sistema deve ser levada em consideração.
- b) O posicionamento geográfico da área, objeto de levantamento, quando possível, deve ser dado pelas coordenadas geodésicas da origem do sistema planimétrico.
- c) Quando se utilizar como origem planimétrica do levantamento topográfico um ponto com coordenadas UTM, este deve necessariamente constar do Relatório Técnico e da legenda do Desenho Topográfico Final.

3.41 Sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)

Sistema de representação cartográfica adotado pelo Sistema Cartográfico Brasileiro, recomendado em convenções internacionais das quais o Brasil foi representado como entidade participante, cujas características são:

- a) projeção conforme, cilíndrica e transversa;
- b) decomposição em sistemas parciais, correspondentes aos fusos de 6° de amplitude, limitados pelos meridianos múltiplos deste valor, havendo, assim, coincidência com os fusos da Carta Internacional ao Milionésimo (escala 1:1 000 000);
- c) para o Brasil, foi adotado o Elipsóide Internacional de 1967, cujos parâmetros são:
- a (semi-eixo maior do elipsóide) = 6 378 160 000 m;
 - f (achatamento do elipsóide) = 1/298,25;
- d) coeficiente de redução de escala $k_0 = 0,9996$ no meridiano central de cada fuso (sistema parcial);
- e) origem das coordenadas planas, em cada sistema parcial, no cruzamento do equador com o meridiano central;
- f) às coordenadas planas, abscissa e ordenada, são acrescentadas, respectivamente, as constantes 10 000 000 m no Hemisfério Sul e 500 000 m para leste;
- g) para indicações destas coordenadas planas, são acrescentadas a letra N e a letra E ao valor numérico, sem sinal, significando, respectivamente, para norte e para leste;
- h) numeração dos fusos, que segue o critério adotado pela Carta Internacional ao Milionésimo, ou seja,

de 1 a 60, a contar do antimeridiano de Greenwich, para leste.

4 Aparelhagem

4.1 Instrumental básico

Para a execução das operações topográficas previstas nas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9, são indicados os seguintes instrumentos:

- a) teodolitos;
- b) níveis;
- c) medidores eletrônicos de distâncias (MED).

4.1.1 Os teodolitos são classificados segundo o desvio-padrão de uma direção observada em duas posições da luneta (ver DIN 18723), conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação de teodolitos

Classes de teodolitos	Desvio-padrão precisão angular
1 - precisão baixa	$\leq \pm 30''$
2 - precisão média	$\leq \pm 07''$
3 - precisão alta	$\leq \pm 02''$

4.1.1.1 A classificação de teodolito, conforme DIN 18723, é normalmente definida pelos fabricantes. Em caso contrário, deve ser efetuada por entidades oficiais e/ou universidades, em bases apropriadas para classificação de teodolitos.

4.1.2 Os níveis são classificados segundo desvio-padrão de 1 km de duplo nivelamento, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos níveis

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

4.1.3 Os MED são classificados segundo o desvio-padrão que os caracteriza de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Classificação do MED

Classes do MED	Desvio-padrão
1 - precisão baixa	$\pm (10 \text{ mm} + 10 \text{ ppm} \times D)$
2 - precisão média	$\pm (5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm} \times D)$
3 - precisão alta	$\pm (3 \text{ mm} + 2 \text{ ppm} \times D)$

Onde:

D = Distância medida em km

Nota: ppm = parte por milhão.

4.1.3.1 As estações totais (*total station*) - medidores eletrônicos de ângulos e distâncias - são classificadas se-

gundo os desvios-padrão que as caracterizam, de acordo com a Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação de estações totais

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

4.1.3.2 Os MED devem ser calibrados, no máximo, a cada dois anos, através de testes realizados em entidades oficiais e/ou universidades, sob base multipilares, de concreto, estáveis, com centragem forçada e com expedição de certificado de calibração.

4.2 Instrumental auxiliar

Para a execução das operações topográficas previstas nas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9, são indicados os seguintes instrumentos auxiliares:

- a) balizas;
- b) prumos esféricos;
- c) trenas;
- d) miras;
- e) prismas;
- f) termômetro;
- g) barômetro;
- h) psicômetro;
- i) dinamômetro;
- j) sapatas;
- k) pára-sol.

Nota: Este instrumental deve sofrer revisões constantes, principalmente após os serviços de longa duração.

4.2.1 Deve-se verificar se a ponteira da baliza está exatamente no seu eixo.

4.2.2 O prumo esférico deve ser verificado em pontalete fixo bem aprumado.

4.2.3 A trena deve ser comparada com outra aferida (padrão) e proceder às necessárias correções das medições por elas executadas.

4.2.4 A mira adequada ao nivelamento de linhas, seções ou transporte de cotas, em trabalhos topográficos, deve ser de madeira, do tipo dobrável, devendo ser aferida no ato de sua aquisição. A mira de encaixe somente deve ser utilizada para a determinação de pontos de detalhe

nas irradiações, não sendo recomendada para o transporte de cotas, devido às folgas decorrentes do desgaste proveniente da contínua utilização. A mira de invar é utilizada principalmente no transporte de altitudes ou cotas.

Nota: Invar: liga de aço e níquel que possui o coeficiente de dilatação muito pequeno e constante. Qualidade fundamental nos fios, fitas e miras nas medidas de distância diretas de alta precisão.

4.2.5 A utilização dos prismas nas medições eletrônicas deve ser precedida da verificação da constante destes para a correção das distâncias observadas.

4.2.6 A sapata deve ser utilizada como suporte à mira, sempre que se executa transporte de altitude ou cota, devendo ter peso adequado à sua finalidade.

5 Condições gerais

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

- a) planejamento, seleção de métodos e aparelhagem;
- b) apoio topográfico;
- c) levantamento de detalhes;
- d) cálculos e ajustes;
- e) original topográfico;
- f) desenho topográfico final;
- g) relatório técnico.

5.2 O levantamento topográfico, em qualquer de suas finalidades, deve obedecer ao princípio da vizinhança.

5.3 Na hipótese do apoio topográfico planimétrico vincular-se à rede geodésica (SGB), a situação ideal é que, pelo menos, dois pontos de coordenadas conhecidas sejam comuns. As coordenadas planorretangulares destes vértices geodésicos, no sistema de representação cartográfica UTM, permitem a determinação do comprimento e do azimute plano definido por estes vértices seguindo-se, no plano topográfico, o cálculo do apoio topográfico.

5.3.1 Caso não seja possível o apoio direto, pode-se apresentar uma primeira hipótese, na qual um dos vértices do apoio topográfico planimétrico coincida com um vértice

geodésico, de onde podem ser observados outros vértices geodésicos com ou sem a necessidade de sinalização. Nesta situação, pode ser obtido o azimute destas direções, orientando-se desta maneira o apoio topográfico.

5.3.2 Quando houver apenas um ponto geodésico e não houver outro vértice visível, deve-se determinar o norte geográfico com um rigor compatível com o levantamento a que se destina.

5.3.3 Quando na área não houver vértice do SGB, devem-se transportar para ela coordenadas dos vértices mais próximos, por métodos geodésicos convencionais ou por rastreamento de satélites.

5.3.4 Uma outra hipótese é a que resulta de não existir nenhum vértice geodésico na zona de levantamento, mas dela serem visíveis alguns destes vértices. Neste caso, é possível serem determinadas as coordenadas geodésicas de um ponto da rede do apoio topográfico por intermédio do método da interseção a ré (Pothenot). Inclusive, para não haver problemas de precisão no cálculo das coordenadas do ponto a levantar, exige-se análise cuidadosa dos ângulos entre as direções determinantes, as quais devem ser pelo menos cinco, de acordo com a geometria dos segmentos capazes.

5.3.5 Pode ainda acontecer, como a pior hipótese, de não ser possível a obtenção das coordenadas geodésicas planorretangulares de um vértice do apoio topográfico, nem a obtenção do azimute plano de um lado deste apoio, por meio da ligação à rede geodésica planimétrica. Convém, então, proceder de modo que a rede topográfica de apoio seja orientada para o norte geográfico (ou verdadeiro), dando a um dos vértices coordenadas arbitrárias e, a partir deste vértice, determinando o azimute geográfico de um lado deste apoio, por meio de observações astronômicas ou com o emprego de giroscópio. Não sendo possível este procedimento orientar pelo menos este lado em relação ao norte magnético, por meio de observações com bússola ou declinatória acoplada a um teodolito, ficando o levantamento topográfico orientado para o norte magnético. É imprescindível que sejam mencionadas no desenho topográfico final do levantamento a data do levantamento, a declinação magnética desta data, bem como a sua variação anual, uma vez que a indicação do norte magnético é variável em função do tempo.

Nota: É importante salientar que só é utilizada esta hipótese quando a finalidade do levantamento permitir.

5.3.6 Finalmente, em determinados levantamentos topográficos, por conveniência do atendimento à sua finalidade, o eixo das ordenadas (Y) do sistema de projeção topográfica pode ficar paralelo ou coincidente com uma determinada direção (eixo de uma via, paredes de edificações, etc.), desde que seja indicada na planta a direção do norte geográfico ou mesmo magnético. Neste caso, com a declinação da data do levantamento e sua variação anual, na forma de um diagrama de orientação, que possibilite, posteriormente, a inserção do levantamento no conjunto de outros levantamentos.

5.4 As referências de nível do apoio topográfico altimétrico, sempre que possível, devem estar vinculadas às referências do nível do apoio geodésico de alta precisão,

de precisão ou de fins topográficos. A vinculação deve-se dar por intermédio de nivelamento geométrico duplo (nivelamento e contranivelamento), desde a referência de nível de apoio geodésico até uma das referências de nível do apoio topográfico.

5.5 No caso de levantamento planimétrico com existência de rede de referência cadastral, as áreas levantadas devem ser amarradas a vértices materializados das poligonais determinantes dos seus pontos topográficos, com distância máxima de amarração de 500 m nas áreas urbanas e 5000 m nas áreas rurais.

5.5.1 Inexistindo a rede de referências cadastral com, no mínimo, dois pontos, as áreas levantadas devem ser amarradas aos limites físicos das glebas originais donde foram desmembradas, com no mínimo dois pontos, desde que as suas distâncias aos referidos limites não ultrapassem 500 m nas áreas urbanas e 5000 m nas áreas rurais.

5.5.2 No caso da impossibilidade de atendimento ao disposto em 4.5.1, tanto nas áreas urbanas como nas rurais, a amarração deve ser feita a pontos notáveis, tais como em pontilhões, viadutos, edificações estáveis, torres de alta-tensão, plataformas de ferrovias ou elementos estáveis equivalentes, desde que as distâncias aos pontos não ultrapassem 500 m nas áreas urbanas e 5000 m nas áreas rurais.

5.5.3 No caso da impossibilidade de atendimento ao disposto em 4.5.1 e 4.5.2, as amarrações devem ser feitas a pontos notáveis e estáveis obtidos em cartas do sistema cartográfico oficial, na escala 1:2 000, ou maior, para as áreas urbanas, e na escala 1:10 000, ou maior, para as áreas rurais.

5.5.4 Nos casos mencionados em 5.5.1 a 5.5.3, havendo nas áreas urbanizadas alinhamentos de vias ou logradouros consagrados há mais de 10 anos, o referencial de amarração deve ser a quadra de localização do terreno, tomando-se como base o alinhamento da via ou logradouro para o qual o terreno faz frente, com o levantamento completo dos cantos da quadra em relação a este alinhamento, em ambas as extremidades.

5.6 A finalidade do levantamento e a escala de representação determinam a densidade dos pontos de detalhe a serem representados.

5.6.1 A exatidão planimétrica do levantamento topográfico está intimamente relacionada com a sua escala, pois é necessário que o erro de graficismo, que se comete ao efetuar medições sobre a representação gráfica deste levantamento (igual a cerca de 0,2 mm x o denominador da escala), esteja de acordo com esta exatidão. Assim, os métodos, processos e instrumentos utilizados não devem conduzir a erros nas operações topográficas, que comprometam a exatidão inerente à escala pretendida. Os pontos notáveis e de interesse maior da finalidade do levantamento podem ter exatidão superior à exigida pela escala adotada. Neste caso, estes pontos devem ser definidos por suas coordenadas calculadas e não pelas obtidas graficamente na planta.

5.7 A representação topográfica do relevo, dependendo da finalidade do levantamento e do relevo, pode ser por curvas de nível complementadas com pontos cotados, por curvas de nível ou somente por pontos cotados.

5.8 Sempre que possível, os pontos planimétricos do apoio básico topográfico devem ser utilizados também como referências de nível, significando que as suas cotas ou altitudes são determinadas por nivelamento geométrico duplo (nivelamento e contranivelamento).

5.9 Os pontos planimétricos e as referências de nível do apoio básico topográfico devem ser implantados em locais seguros, monumentados por marcos de concreto, de preferência na forma troncopiramidal, enterrados, com o topo ao nível do solo, contendo encravada nestes uma placa de identificação e materialização dos pontos. Onde houver conveniência, estes marcos podem ser substituídos por pinos metálicos.

5.9.1 Os pontos planimétricos do apoio básico e as referências de nível implantados e materializados no terreno devem ter fichas individuais (monografias - ver modelo no Anexo A), contendo itinerários de acesso, croqui com orientação, amarrações, testemunhas ou outras informações que conduzam a uma perfeita localização e identificação.

5.10 Preliminarmente, em áreas superiores a 1 km² ou faixas com mais de 5 km de comprimento, recomenda-se, antes do início das operações de campo, a elaboração, sobre documentação cartográfica disponível, de um estudo para a localização dos marcos planimétricos e das referências de nível, sendo analisados a conexão com o apoio geodésico, se houver, em termos do grau de exatidão dos vértices geodésicos e referências de nível de conexão, a intervisibilidade dos marcos planimétricos a serem implantados e suas distâncias ao centro da área ou faixa a ser levantada e o desenvolvimento das poligonais e nivelamentos de implantação do apoio básico (ver 6.4).

5.10.1 O traçado dos poligonais, principais e secundárias, para a implantação do apoio topográfico deve ser feito no sentido da distribuição dos pontos de apoio compatível com as distâncias máximas para a determinação dos pontos de detalhe, tornando-se necessário, normalmente, complementar a rede de apoio com poligonais mais curtas, auxiliares, observadas simultaneamente com o levantamento de detalhes.

5.10.2 Quando, no caso mais geral, a rede de poligonais se apoiar na rede geodésica, ela deve ser constituída pelas poligonais principais, que ligam entre si os vértices geodésicos, seguindo, dentro do possível e de acordo com o terreno ou com sua ocupação, uma linha próxima da reta que os une pelas poligonais secundárias, que se estabelecem entre os vértices das poligonais principais ou entre um destes vértices e vértice geodésico.

5.10.3 Se a rede de poligonais não for dependente da rede geodésica, ou outra de ordem superior, as poligonais principais devem ser fechadas em torno de um ponto (situação mais desfavorável) e rigorosamente observadas com controles de azimutes e distâncias, significando que haverá desmenbramento destas com verificações de fechamentos. Nelas se apóiam as poligonais secundárias.

5.10.4 O comprimento dos lados das poligonais deve ser, na medida do possível, constante, evitando-se a existência simultânea de lados muitos longos e muitos curtos, o que não é favorável sob o ponto de vista da exatidão dos resultados.

5.10.5 Na determinação de uma rede básica urbana, ou para projetos viários, recomenda-se que as poligonais tenham o seu desenvolvimento o mais próximo possível da faixa de projeto, levando-se em consideração as tolerâncias para seus erros acidentais de fechamento angular, transversal e longitudinal (ver 6.5).

5.11 Nas operações de campo, cuidados especiais devem ser tomados quanto às centralizações do teodolito e do sinal a ser visado, pois os erros de centralização resultam na maior fonte de erro de medição de ângulos nos vértices das poligonais. Estes erros são tanto maiores quanto mais curtos forem os lados das poligonais. Nos casos de lados curtos, que requeiram maior rigor nas medidas angulares, é recomendado o emprego da centragem forçada conhecida também como método dos três tripés.

5.12 As medições angulares horizontais devem ser efetuadas pelo método das direções em séries de leituras conjugadas.

5.12.1 Para efeito de aceitação dos resultados deve ser feita no campo a verificação do desvio das direções em relação ao seu valor médio calculado com a rejeição das observações que se afastarem mais que três vezes a precisão nominal do teodolito, e com a rejeição das séries que tiverem número de rejeições de observações que inviabilizem o cálculo do valor médio das direções.

5.12.2 Em levantamentos de pequena exatidão é tolerada a medição angular horizontal, utilizando somente a posição direta do teodolito, desde que seja aplicada a correção de colimação obtida pela média dos valores de leituras conjugadas realizadas no início e no fim de cada jornada de trabalho.

5.13 As medições angulares verticais devem ser realizadas em séries de leituras conjugadas.

5.13.1 Para efeito de aceitação dos resultados, deve ser feita no campo a verificação do desvio das observações angulares verticais em relação ao seu valor médio calculado, com a rejeição das observações que se afastarem mais que três vezes a precisão nominal do teodolito e das séries que tiverem número de rejeições que inviabilizem o cálculo dos valores médios angulares.

5.13.2 Em levantamentos de pequena exatidão, é tolerada a medição angular vertical, utilizando somente a posição direta do teodolito, desde que sejam aplicadas as correções de PZ (ponto zenital) e de índice para os teodolitos que medem respectivamente ângulos zenitais e de inclinação. A correção é obtida pela média dos valores de leituras conjugadas realizadas no início e no final de cada jornada de trabalho.

5.14 Simultaneamente com as observações dos ângulos horizontais, fazem-se as medições dos ângulos verticais, tendo em vista a redução ao horizonte das medidas de distâncias dos lados das poligonais, através de séries de leituras conjugadas recíprocas. No caso das irradiações, estas leituras devem ser só a vante.

5.15 A forma simplificada do desvio-padrão das distâncias medidas pelos medidores eletrônicos de distâncias, fornecida pelos fabricantes, é resultante de duas componentes. Uma constante e outra variável, sendo esta úl-

tima um número inteiro de milionésimas partes da unidade de medida da distância observada, ou seja:

$$e_d = \pm (a + b \times D)$$

Onde:

e_d = erro de distância medida, em mm

a = erro constante do instrumento, em mm

b = número inteiro de milionésimas partes (ppm), mm/km

D = distância medida em km

Nota: Esta expressão só estará correta em sua aplicação, se não houver imprecisão na tomada das leituras meteorológicas e conseqüentes indefinições do índice de refração para as devidas correções.

5.15.1 Após a redução ao horizonte das distâncias inclinadas, obtidas por medidores eletrônicos de distâncias, em poligonais de determinação do apoio topográfico ou de transporte de coordenadas para adensamento da rede geodésica, obtida pela multiplicação desta distância pelo cosseno do ângulo de inclinação ou do seno do ângulo zenital da inclinação, deve ser realizada a redução da distância horizontal assim conseguida ao nível de referências altimétrica do sistema de projeção topográfica adotado pela expressão:

$$\Delta D = -\frac{hm}{R_m + H} \cdot D$$

Onde:

ΔD = correção a ser aplicada à distância horizontal "D", sendo positiva se a sua altitude média for inferior à do nível de referência altimétrica do sistema e negativa em caso contrário

hm = altura média da distância horizontal "D", em relação ao nível de referência altimétrico do sistema, sendo positiva se acima deste e negativa em caso contrário

R_m = raio médio terrestre aproximadamente igual a 6.378.000 m

H = altitude do nível de referência altimétrico do sistema, positivo se acima do nível médio dos mares e negativo em caso contrário

5.16 As medidas de distâncias, se realizadas por intermédio de trenas, estão sujeitas a incertezas decorrentes de erros de leitura, de alinhamento, horizontalização, tensão, dilatação e contração, aferição e de catenária, existindo procedimentos e correções já consagrados na teoria e na prática. O critério na aplicação de todas as correções, considerando os casos em que são dispensáveis algumas delas ou mesmo todas, depende da natureza do levantamento a que se destinam as distâncias medidas. Compete ao planejador do levantamento topográfico o exame das condições desta aplicação, em face da exatidão a ser obtida, apresentadas em 6.4.

5.16.1 As medidas a trena não devem ser efetuadas sob a interferência de ventos fortes.

5.17 As referências de nível, espaçadas de acordo com o terreno, área a ser levantada e condições peculiares da finalidade do levantamento, devem ser implantadas por meio de nivelamento geométrico duplo - nivelamento e contranivelamento - em horários distintos, em princípio, a partir de referências de nível do SGB. São recomendados cuidados usuais, a fim de serem evitadas a ocorrência e a propagação de erros sistemáticos, muito comuns nas operações de nivelamento geométrico, devendo para tanto ser consultados os manuais dos fabricantes dos níveis.

5.17.1 Os comprimentos das visadas de ré e de vante devem ser aproximadamente iguais e de, no máximo, 80 m, sendo ideal o comprimento de 60 m, de modo a compensar os efeitos da curvatura terrestre e da refração atmosférica, além de melhorar a exatidão do levantamento por facilitar a leitura da mira.

5.17.2 Para evitar os efeitos do fenômeno de reverberação, as visadas devem situar-se acima de 50 cm do solo.

5.17.3 As miras devem ser posicionadas aos pares, com alternância a vante e a ré, de modo que a mira posicionada no ponto de partida (lida a ré) seja posicionada, em seguida, no ponto de chegada (lida a vante), sendo conveniente que o número de lances seja par.

5.17.4 As miras, devidamente verticalizadas, devem ser apoiadas sobre chapas ou pinos e, no caminhamento, sobre sapatas, mas nunca diretamente sobre o solo.

5.17.5 A qualidade dos trabalhos deve ser controlada através das diferenças entre o nivelamento e o contranivelamento, seção a seção, e acumulada na linha, observando-se os valores limites prescritos em 6.4.

5.18 Todas as medições de campo devem ser registradas em cadernetas adequadas ao tipo de operação e anotadas de forma permanente.

5.19 Os cálculos planimétricos devem ser desenvolvidos segundo roteiro convencional indicado para o transporte de coordenadas no sistema topográfico adotado, a partir dos dados de campo transcritos em formulário próprio. Quando, porém, executados em calculadoras eletrônicas programáveis, com saída em impressora ou em computador, as saídas impressas devem registrar os dados de entrada, resultados e outros elementos característicos.

5.20 Os cálculos altimétricos devem ser desenvolvidos segundo roteiro convencional e processados nas próprias cadernetas de campo ou em planilhas apropriadas. Quando da utilização de calculadoras eletrônicas, com saída em impressora ou em computadores, as saídas impressas devem registrar os dados de entrada, resultados e outros elementos característicos.

5.21 O levantamento de detalhes deve ser feito a partir das poligonais em operações que podem conduzir, simultaneamente, à obtenção da planimetria e da altimetria, ou então, com procedimentos separados, se condições especiais do terreno ou exigências de exatidão assim exigirem. A densidade de pontos deve ser compatível com a escala de representação, características do terreno e finalidade do levantamento (ver 6.4).

5.21.1 O levantamento altimétrico dos pontos de detalhe pode ser realizado por nivelamento trigonométrico e/ou taqueométrico, a partir dos vértices das poligonais (principais, secundárias e auxiliares), cujas altitudes ou cotas devem ser determinadas a partir das referências de nível do apoio topográfico, por meio de nivelamento geométrico ou por nivelamento trigonométrico. Se feito por nivelamento geométrico, os vértices são obrigatoriamente medidos em mudanças do instrumento; se por trigonométrico, com controle de leituras ré e vante.

5.21.2 Todos os elementos observados (ângulos, distâncias, altura do instrumento, altura do sinal, leituras nas miras e outros elementos que possibilitem os cálculos) devem ser registrados, em cadernetas apropriadas, de forma clara, ordenada, completa, precisa e impessoal. Além disso, ela deve conter croquis dos detalhes a representar, com indicação dos pontos visados e medições complementares de distâncias destinadas a servir de verificação, ou mesmo, para completar o levantamento. A boa ordenação dos elementos colhidos no campo é indispensável aos cálculos e desenho correto e completo da planta que, normalmente, são efetuados por profissionais diferentes.

5.21.3 Os cálculos podem ser executados diretamente nas próprias cadernetas de campo, por meio de calculadoras, transcrevendo os resultados nestas, ou em planilhas apropriadas, ou ainda por computadores. Neste caso, as saídas impressas devem registrar os dados de entrada, resultados e outros elementos característicos, como erros de fechamento angular e linear e sua forma de distribuição.

5.22 Os registros dos dados, tanto os coletados no campo como os calculados, devem ser feitos de forma hierarquizada, dependendo dos métodos e processos adotados para a coleta dos dados.

5.22.1 Planimetricamente, recomenda-se os critérios estabelecidos em 5.22.1.1 a 5.22.1.3.

5.22.1.1 Leituras angulares

5.22.1.1.1 As poligonais devem ter ângulos lidos e registrados com precisão.

5.22.1.1.2 Para os pontos de detalhe, os ângulos podem ser lidos com a mesma precisão de leitura direta do teodolito.

5.22.1.2 Medidas lineares

5.22.1.2.1 As poligonais devem ter seus lados medidos e registrados conforme estabelecido em 6.4.

5.22.1.2.2 Os lados, quando medidos por estadimetria, devem ser lidos e registrados os três fios estadimétricos com as leituras em milímetros.

5.22.1.2.3 Para os pontos de detalhe, as medidas devem ser lidas e registradas em centímetros, quando utilizados medidores eletrônicos ou trenas.

5.22.1.3 Concordância das medidas

Processados os cálculos, as coordenadas analíticas devem ser registradas de forma concordante com as medidas observadas.

5.22.2 Altimetricamente, os resultados dos cálculos devem ser registrados até milímetros, centímetros e decímetros, respectivamente, para as altitudes ou cotas obtidas por nivelamento geométrico, nivelamento trigonométrico e nivelamento estadimétrico.

5.23 Os elementos levantados no campo, devidamente calculados e compensados, devem ser lançados na escala predeterminada, numa base dimensionalmente estável quadriculada, constituindo-se no original topográfico.

5.23.1 A quadrícula da base deve ser realizada com a utilização de coordenatôgrafos de boa qualidade ou mesa de desenho automático (*plotter*) em quadrículas de 10 cm de lado.

5.23.2 Os processos e instrumentos utilizados na elaboração do original topográfico devem estar de acordo com a escala adotada e não devem conduzir erros de graficismo que prejudiquem a exatidão conseguida nas operações de campo.

5.23.3 Os pontos do apoio topográfico planimétrico devem ser lançados por suas coordenadas planorretangulares no sistema topográfico adotado, utilizando-se, preferencialmente, coordenatôgrafo de boa qualidade ou mesa de desenho automático.

5.23.4 As referências de nível do apoio topográfico devem ter as suas altitudes ou cotas assinaladas até o milímetro, se estas foram obtidas por nivelamento e contranivelamento geométrico, e até o centímetro, se por nivelamento trigonométrico.

5.23.5 As altitudes ou cotas dos vértices das poligonais secundárias devem ser assinaladas até o milímetro, centímetro ou decímetro se foram obtidas por nivelamento geométrico, trigonométrico ou taqueométrico, respectivamente.

5.23.6 O lançamento dos pontos de detalhe pode ser realizado por suas coordenadas planorretangulares ou por meio de suas coordenadas polares, no sistema topográfico adotado.

5.23.7 Os pontos de detalhe devem ter suas altitudes ou cotas assinaladas até o decímetro quando tomadas diretamente sobre o terreno, não importando o processo de nivelamento adotado. Quando os pontos de detalhe forem materializados e suas altitudes ou cotas determinadas por nivelamento geométrico, estas devem ser registradas até os centímetros.

5.23.8 As curvas de nível devem ser traçadas a partir dos pontos notáveis definidores do relevo, passando pelas interpolações controladas nas altitudes ou cotas entre pontos de detalhe. As curvas-mestras, espaçadas de cinco em cinco curvas, devem ser reforçadas e cotadas. No caso de haver poucas curvas-mestras, as intermediárias também devem ser cotadas.

5.24 O desenho topográfico final do levantamento topográfico deve ser obtido por copiagem do original topográfico.

fico, de forma permanente sobre base dimensionalmente estável, e deve utilizar as convenções topográficas adotadas nesta Norma (ver Anexo B). Alternativamente, pode ser substituído por mesa de desenho automático.

5.24.1 As plantas devem ser apresentadas em formatos definidos pela NBR 10068, adequadas à finalidade do levantamento topográfico pelas suas áreas úteis, com representação de quadriculas de 10 cm de lado, trazendo nas bordas da folha as coordenadas planorretangulares de identificação da linha que representam, comportando, ainda, moldura, convenções e identificadores segundo modelo definido pela destinação do levantamento.

5.24.2 A toponímia, os números e outras referências devem ser desenhados de acordo com a NBR 6492.

5.24.3 Os vértices das poligonais do apoio topográfico e as referências de nível devem estar lançadas nas plantas, sendo estas com as suas altitudes ou cotas assinaladas conforme 5.22.2 e os vértices locados por suas coordenadas conforme 5.22.1.3.

5.24.4 No desenho final também devem ser registradas as origens planimétrica e altimétrica, bem como a finalidade do levantamento.

5.25 O relatório técnico, quando do término de todo e qualquer levantamento topográfico ou serviço de topografia, deve conter, no mínimo, os seguintes tópicos:

- a) objeto;
- b) finalidade;
- c) período de execução;
- d) localização;
- e) origem (*datum*);
- f) descrição do levantamento ou do serviço executado;
- g) precisões obtidas;
- h) quantidades realizadas;
- i) relação da aparelhagem utilizada;
- j) equipe técnica e identificação do responsável técnico;
- l) documentos produzidos;
- m) memórias de cálculo, destacando-se:
 - planilhas de cálculo das poligonais;
 - planilhas das linhas de nivelamento.

6 Condições específicas

6.1 As condições específicas para o levantamento topográfico referem-se apenas às fases de apoio topográfico

e de levantamento de detalhes, que são as mais importantes em termos da definição de sua exatidão (erros sistemáticos e erros acidentais).

6.2 As condições específicas fundamentam-se na seleção de métodos, processos e aparelhagem que assegurem propagações de erros acidentais no levantamento topográfico, não excedentes às tolerâncias admissíveis por suas destinações, no objetivo da compatibilização das medidas angulares, lineares e de desníveis.

6.3 A vinculação (ou amarração) do levantamento topográfico ao SGB deve ter a mesma exatidão do apoio topográfico em sua ordem superior, levando em consideração as hipóteses estabelecidas em 5.3.

6.4 Considerando as finalidades do levantamento topográfico, a densidade de informações a serem representadas e a exatidão necessária a cada finalidade, podem-se elaborar as Tabelas 5 a 9, que consubstanciam conjuntos de elementos, isolados ou combinados, formando as seguintes classes:

- a) oito classes de levantamento planialtimétrico de áreas, abrangendo métodos de medição, escalas de desenho, eqüidistantes de curvas de nível e densidade mínima de pontos a serem medidos estão apresentadas na Tabela 5;
- b) duas classes de levantamento planialtimétrico cadastral, abrangendo métodos de medição, escalas de desenho, eqüidistâncias das curvas de nível e densidade mínima de pontos a serem medidos estão apresentadas na Tabela 6;
- c) cinco classes de poligonais planimétricas, abrangendo aparelhagem, procedimentos, desenvolvimentos e materialização, estão apresentadas na Tabela 7;
- d) quatro classes de nivelamento de linhas ou circuitos e de seções, abrangendo métodos de medição, aparelhagem, desenvolvimentos e tolerâncias de fechamento, estão apresentadas na Tabela 8;
- e) duas classes de levantamento para rede de referência cadastral municipal, abrangendo aparelhagem, métodos de medição, desenvolvimento de poligonais e tolerâncias aceitáveis para as linhas de nivelamento após o ajustamento e materialização de vértices e referências de nível, estão apresentadas na Tabela 9.

6.4.1 Para estabelecer a metodologia de um levantamento topográfico, deve-se considerar sua finalidade básica e dimensões da área a ser levantada, enquadrando-o em uma das classes de levantamento topográfico planialtimétrico ou levantamento planialtimétrico cadastral, constantes nas Tabelas 5 e 6.

6.4.1.1 Para este enquadramento, devem ser considerados os argumentos de entrada das referidas tabelas, ou seja: escala de desenho adequada, eqüidistância de curvas de nível necessária e densidade de pontos a serem medidos por hectare, segundo o grau de detalhamento suscitado pela finalidade do levantamento ou pelas condições locais.

6.4.1.2 Definida a classe de levantamento, deve-se obedecer à metodologia correspondente, estabelecida nas referidas tabelas para cada classe de levantamento.

6.4.2 As finalidades das cinco classes de poligonais planimétricas apresentadas na Tabela 7 referem-se a:

- a) Classe IP - Adensamento da rede geodésica - (transporte de coordenadas);
- b) Classe IIP - Apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia;

c) Classe IIIP - Adensamento do apoio topográfico para projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia;

d) Classe IVP - Adensamento do apoio topográfico para poligonais IIIP. Levantamentos topográficos para estudos de viabilidade em projetos de engenharia;

e) Classe VP - Levantamentos topográficos para estudos expeditos.

Tabela 5 - Levantamento topográfico planialtimétrico

Classe	Metodologia	Escala do desenho	Eqüidistância das curvas de nível	Densidade mínima de pontos a serem medidos por hectare		
				Terreno com declividade acima de 20%	Terreno com declividade entre 10% e 20%	Terreno com declividade de até 10%
I PA	Poligonais planimétricas, perimétricas e internas da classe V P ou de ordem superior. Estações das poligonais niveladas conforme nivelamento da classe IV N ou de ordem superior. Pontos irradiados medidos taqueometricamente com leitura dos três fios sobre miras devidamente comparadas, visada máxima de 150 m, teodolito classe 1.	1:5000	5 m	4	3	2
II PA	Poligonais planimétricas da classe IV P ou de ordem superior. Estações das poligonais niveladas pela classe II N ou de ordem superior. Pontos irradiados medidos taqueometricamente com leitura dos três fios sobre miras devidamente comparadas, visada máxima de 150 m, teodolito classe 1.	1:2000	2 m	10	7	5
III PA	Poligonais planimétricas da classe III P ou de ordem superior. Estações das poligonais niveladas pela classe II N ou de ordem superior. Pontos irradiados medidos taqueometricamente com leitura dos três fios sobre miras devidamente comparadas, visada máxima de 100 m, teodolito classe 1.	1:1000	1 m	32	25	18
IV PA	Poligonais planimétricas da classe II P ou de ordem superior. Estações das poligonais niveladas pela classe II N ou de ordem superior. Pontos irradiados medidos taqueometricamente com leitura dos três fios sobre miras devidamente comparadas, visada máxima de 100 m, teodolito classe 2.	1:500	1 m	45	30	20

/continua

/continuação

Classe	Metodologia	Escala do desenho	Eqüidistância das curvas de nível	Densidade mínima de pontos a serem medidos por hectare		
				Terreno com declividade acima de 20%	Terreno com declividade entre 10% e 20%	Terreno com declividade de até 10%
V PA Seções transv.	Mesmo método de medição da classe V P, exceto as linhas de base que serão de 40 m em 40 m e o levantamento das seções transversais que será o de pontos espaçados, no máximo, 40 m um do outro.	1:2000 ou 1:1000	2 m e/ou 16 pontos cotados	16	12	8
VI PA Seções transv.	Poligonais planimétricas e locação das linhas de base de 20 m em 20 m, com estacas de madeira, por poligonais de classe IV P ou de ordem superior. Nivelamento das linhas-base e das poligonais com nivelamento classe II N ou de ordem superior. Levantamento das seções transversais com medidas taqueométricas, definindo pontos de mudança de declividade e espaçados, no máximo a cada 30 m com leitura dos três fios, miras devidamente comparadas, visada máxima de 150 m, teolodolito classe 1. Em faixas com áreas superiores a 100 ha, recomendam-se poligonais classe III P.	1:1000 ou 1:500	1 m e/ou pontos cotados	36	25	18
VII PA malha	Poligonais planimétricas e locação das linhas de base estaqueadas de 10 m em 10 m, por poligonais de classe IV P ou de ordem superior. Os pontos transversais nas seções transversais, estaqueados também de 10 m em 10 m, com poligonais de classe VI P ou de ordem superior. Em áreas superiores a 100 ha, recomendam-se poligonais da classe III P. Nivelamento com classe II N.	1:500	1 m e/ou pontos cotados	-	-	-
VIII PA malha	Mesmo método de medição da classe VII PA, exceto o estaqueamento das linhas-base que será de 20 m em 20 m e o levantamento das seções transversais que é o de pontos estaqueados de 20 m em 20 m.	1:1000 ou 1:500	1 m e/ou pontos cotados	-	-	-

Tabela 6 - Levantamento planialtimétrico cadastral

Classe	Metodologia	Escala do desenho	Eqüidistância das curvas de nível	Densidade mínima de pontos a serem medidos por hectare		
				Terreno com declividade acima de 20%	Terreno com declividade entre 10% e 20%	Terreno com declividade de até 10%
I PAC	Poligonais planimétricas III P ou de ordem superior. Nas áreas superiores a 100 ha, recomendam-se poligonais de classe II P. Pontos de divisa ou notáveis, irradiados com MED, ou medidos à trena de aço. Os demais pontos cadastrais podem ser medidos estadimetricamente, leitura dos três fios, ou com auto-redutor, visada máxima 100 m, teodolito classe 2. Estações das poligonais niveladas conforme classe II N ou de ordem superior. Pontos irradiados para nivelamento, medidos taqueometricamente, leitura dos três fios sobre miras devidamente comparadas, visada máxima de 120 m, teodolito classe 1.	1:1000	1 m	50	40	30
II PAC	Poligonais planimétricas de classe II P ou de ordem superior. Pontos de divisa ou notáveis, irradiados com MED ou medidos à trena de aço. Os demais pontos cadastrais podem ser medidos estadimetricamente, leitura dos três fios, ou com auto-redutor, visada máxima de 80 m, teodolito classe 2. Estações das poligonais niveladas conforme classe II N ou de ordem superior. Pontos irradiados para nivelamento, medidos taqueometricamente, leitura dos três fios sobre miras devidamente comparadas, visada máxima de 100 m, teodolito classe 2.	1:500	1 m	60	50	40

Notas: a) Escalas maiores devem respeitar, no mínimo, as exigências da classe II PAC.

b) Para levantamentos com representação em escalas de desenho maiores que 1:500 (1:250, 1:200, etc.) estas devem ser estudadas caso a caso, observando-se sempre, no mínimo, o método de medição de classe II PAC.

6.4.3 As finalidades das quatro classes de nivelamento de linhas ou circuitos e seções apresentadas na Tabela 8 referem-se a:

- a) Classe IN - Nivelamento geométrico para implantação de referências de nível (RN) de apoio altimétrico;
- b) Classe IIN - Nivelamento geométrico para determinação de altitudes ou cotas em pontos de segurança (PS) e vértices de poligonais para levanta-

mentos topográficos destinados a projetos básicos, executivos, como executado, e obras de engenharia;

- c) Classe IIIN - Nivelamento trigonométrico para determinação de altitudes ou cotas em poligonais de levantamento, levantamento de perfis para estudos preliminares e/ou de viabilidade em projetos;
- d) Classe IVN - Nivelamento taqueométrico destinado a levantamento de perfis para estudos expeditos.

Tabela 7 - Levantamento planimétrico - Poligonais

Classe	Medição		Desenvolvimento				Materialização
	Angular	Linear	Extensão máxima (L)	Lado		Número máximo de vértices	
				Mínimo (D _{mín.})	Médio (D _{méd.})		
IP	Método das direções: três séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 3.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 2. Correção de temperatura e pressão.	50 km	1 km	≥ 1,5 km	11	Marcos de concreto ou pinos
IIP	Método das direções: três séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 3.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 1. Correção de temperatura e pressão.	15 km	100 m	≥ 190 m	31	Marcos de concreto ou pinos
IIIP	Método das direções com duas séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 2.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 1 ou medidas com trena de aço aferida com correções de dilatação, tensão, catenária e redução ao horizonte.	10 km	50 m	≥ 170 m	41	Marcos de concreto ou nos pinos no apoio topográfico. Pinos ou piquetes nas poligonais auxiliares
IVP	Método das direções: uma série de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 2.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 1 ou medidas com trena de aço aferida e controle taqueométrico com leitura dos três fios ou equivalente (teodolitos auto-redutores).	07 km	30 m	≥ 160 m	41	Pinos ou piquetes
VP	Leituras numa só posição da luneta, horizontal e vertical, com correções de colimação, PZ (ou de índice) com teodolito classe 1.	Observações taqueométricas (vante e ré) em miras centimétricas, previamente aferidas, providas de nível esférico, com leitura dos três fios ou equivalente (teodolitos auto-redutores).	05 km(P) 02 km(S) 01 km(A)	30m(P) 30m(S) 30m(A)	90 m	41 (P) 21(S) 12 (A)	Pinos ou piquetes

Notas: (P) = Poligonal principal.

(S) = Poligonal secundária.

(A) = Auxiliar.

Tabela 8 - Nivelamento de linhas ou circuitos e seções

Classe	Metodologia	Desenvolvimento					Tolerâncias de fechamento
		Linha Seção	Extensão Máxima	Lance Máximo	Lance Mínimo	Nº máx. de lances	
IN Geom.	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 3, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura a ré e vante dos três fios, visadas eqüidistantes com diferença máxima de 10 m, ida e volta em horários distintos e com Ponto de Segurança (PS) a cada km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		$12 \text{ mm } \sqrt{K}$
IIN Geom.	Nivelamento geométrico a ser executado com nível classe 2, utilizando miras dobráveis, centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura do fio médio, ida e volta ou circuito fechado, com Ponto de Segurança (PS) a cada dois km, no máximo.		10 km	80 m	15 m		$20 \text{ mm } \sqrt{K}$
IIIN Trig.	Nivelamento trigonométrico a ser realizado através de medidas de distâncias executadas com medidor eletrônico de distância - MED - classe 1, leituras recíprocas (vante e ré) em uma única série, ou medidas de distâncias executadas à trena de aço devidamente aferida, com controle estadimétrico de erro grosseiro, leituras do ângulo vertical conjugadas, direta e inversa, em uma série direta e inversa, com teodolito classe 2 ou estação total classe 2.	Princ.	10 km	500 m	40 m	40	$0,15 \text{ m } \sqrt{K}$
		Sec.	5 km	300 m	30 m	20	$0,20 \text{ m } \sqrt{K}$
IVN Taqueo.	Nivelamento taqueométrico a ser realizado através de leitura dos três fios sobre miras centimétricas, devidamente aferidas, providas de prumo esférico, leitura vante e ré, leitura do ângulo vertical simples, com correção de PZ ou de índice obtida no início e no fim da jornada de trabalho, por leituras conjugadas, direta e inversa, com teodolito classe 1.	Princ.	5 km	150 m	30 m	40	$0,30 \text{ m } \sqrt{K}$
		Sec.	2 km	150 m	30 m	20	$0,40 \text{ m } \sqrt{K}$

Notas: a) Para nivelamentos trigonométricos com lances superiores a 500 m, a tolerância de fechamento é dada, em metros, pela expressão $T_h = 0,05 \sqrt{\sum d^2}$, onde $\sum d^2$ significa o somatório dos quadrados dos comprimentos dos lances considerados em quilômetros. Os desníveis, considerados num só sentido, são obtidos pela média aritmética dos resultados das observações a vante e a ré no escopo da eliminação do efeito conjunto da curvatura terrestre e da refração atmosférica.

b) Para nivelamentos geométricos de ordem superior aos aqui apresentados, devem ser observadas as especificações e normas gerais para levantamentos geodésicos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

c) K = extensão nivelada em km, medida num único sentido.

d) Princ. = principal, Sec. = secundária, PS = ponto de segurança.

e) A tolerância de fechamento para as classes I e II corresponde à diferença máxima aceitável entre o nivelamento e o contra-nivelamento de uma seção e linha. Os erros médios após o ajustamento são, respectivamente, $6 \text{ mm } \sqrt{K}$ e $10 \text{ mm } \sqrt{K}$.

6.4.4 As duas classes de levantamento para a construção da rede de referência cadastral municipal, nas áreas urbanizadas, objetivam a criação de uma rede de vértices e pontos aos quais são amarrados todos os levantamentos topográficos e locação, de forma a permitir um rigoroso controle sobre estes e a montagem de uma fiel planta cadastral do município (ver Tabela 9):

a) classe I PRC - Apoio topográfico da rede de referência cadastral municipal, apoia-

da na rede geodésica densificada por poligonal classe IP ou processo equivalente;

b) classe II PRC - Poligonais auxiliares da rede de referência cadastral municipal destinada à determinação dos pontos referenciadores de quadras ou de glebas.

Tabela 9 - Rede de referência cadastral municipal - Poligonais

Classe	Metodologia		Desenvolvimento				Nivelamento geométrico dos vértices	Materialização
	Angular	Linear	Extensão máxima (L)	Lado mínimo ($d_{\text{mín.}}$)	Lado médio ($d_{\text{méd.}}$)	Número máximo de vértices (N)		
I PRC	Método das direções com centragem forçada, três séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 3.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico Classe 2.	03 km (P)	100 m (P)	≥ 200 m (P)	16 (P)	$12 \text{ mm } \sqrt{K}$ (I N para principal)	Marcos ou pinos
			01 km (S)	50 m (S)	≥ 100 m (S)	11 (S)	$16 \text{ mm } \sqrt{K}$ (I N para secundária)	
II PRC	Método das direções: duas séries de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Teodolito classe 2.	Leituras recíprocas (vante e ré) com distanciômetro eletrônico classe 1 ou medidas com trena aferida e aplicação de correções de dilatação, tensão, catenária e redução ao horizonte.	650 m	40 m	≥ 80 m	9	$20 \text{ mm } \sqrt{K}$ (II N)	Marcos ou pinos

Notas: a) K = extensão nivelada em km, medida num único sentido.

b) (P) = principal e (S) = secundária.

6.5 O ajustamento de poligonais e o estabelecimento de tolerâncias de fechamento deve obedecer ao prescrito em 6.5.1 a 6.5.8.

6.5.1 No ajustamento de poligonais e no estabelecimento das tolerâncias para o seu fechamento, consideram-se, para efeito desta Norma, três tipos de poligonais:

- tipo 1 - Poligonais apoiadas e fechadas numa só direção e num só ponto;
- tipo 2 - Poligonais apoiadas e fechadas em direções e pontos distintos com desenvolvimento curvo;
- tipo 3 - Poligonais apoiadas e fechadas em direções e pontos distintos com desenvolvimento retilíneo.

6.5.2 Para as poligonais dos tipos 1 e 2 são aceitáveis os métodos de compensação que consistem em efetuar, pri-

meiramente, uma distribuição dos erros angulares e, em seguida, fazer uma distribuição dos erros lineares, quer distribuindo as componentes do erro de fechamento igualmente por todas as coordenadas relativas ou projeções dos lados (Δx e Δy), quer fazendo uma distribuição proporcionalmente ao comprimento dos lados, quer ainda efetuando uma repartição proporcionalmente aos valores absolutos das coordenadas relativas, (Δx e Δy). Esta recomendação tem como fundamento a diversidade de erros inerentes às poligonais (medições de ângulos e lados e estacionamento dos instrumentos de medição) e a difícil determinação da propagação de erros.

6.5.3 Na determinação de redes básicas urbanas e em projetos viários, onde é recomendável o emprego de poligonais do tipo 3, que têm seu desenvolvimento o mais próximo possível da reta que une os seus pontos de partida e de chegada, permitindo a avaliação dos erros de fechamento transversal (função do erro angular) e de fe-

chamento longitudinal (função do erro linear), podem ser aplicados quaisquer métodos de ajustamento com base no modo em que se propagam estes erros, inclusive pelo método dos mínimos quadrados (MMQ). Os valores dos fechamentos transversal e longitudinal são obtidos analiticamente, ligando-se o ponto de partida ao ponto de chegada da poligonal. O erro de fechamento longitudinal que está nesta reta é o segmento entre o ponto de chegada e a interseção de perpendicular baixada sobre ela a partir do ponto real de chegada. O erro de fechamento transversal é o segmento da perpendicular baixada do ponto real de chegada até a sua interseção com a reta que une os pontos de partida e o de chegada. Estes erros são componentes do erro de fechamento linear e destacam a qualidade das medições angulares e de distância de uma poligonal, enquanto os erros de fechamento linear em coordenadas são apenas indicadores da divergência linear no sistema de coordenadas cartesianas x e y. Estes erros podem ser obtidos gráfica ou analiticamente.

6.5.4 No ajustamento de redes de poligonais, recomenda-se que os valores mais prováveis do azimute de um lado com extremidade num nó e também das coordenadas deste nó sejam considerados como a média ponderada dos valores calculados através das poligonais que nele convergem, em que os pesos são arbitrados, a sentimento, tendo em atenção o número de lados e o comprimento destas poligonais.

6.5.5 O ajustamento das poligonais deve ser sempre precedido pelo cálculo e comparação com as respectivas tolerâncias dos seguintes elementos:

- a) fechamento angular;
- b) fechamento linear, depois de compensação angular;
- c) erro relativo de fechamento linear após a compensação angular;
- d) fechamento longitudinal, antes da compensação angular (somente para poligonais do tipo 3), quando for o caso;
- e) fechamento transversal, antes da compensação angular (somente para poligonais do tipo 3), quando for o caso.

Notas: a) O fechamento angular deve ser precedido, ainda nas observações de campo, pela verificação estabelecida em 5.12.1.

b) O erro relativo de fechamento linear, após a compensação angular, não define a exatidão da poligonal, sendo necessário apenas para o julgamento das operações de campo, controlando a precisão interna da poligonal, como um indicador da divergência linear relativa no sistema de coordenadas cartesianas, x e y. Somente o erro médio quadrático de posição dos pontos determinados pela poligonal é que define a sua exatidão.

c) Os valores preestabelecidos como tolerâncias através de suas expressões devem constar das especificações técnicas dos termos de referência, de acordo com a classe e os tipos das poligonais.

6.5.6 Após o ajustamento, devem ser calculados e comparados com seus valores preestabelecidos como tolerâncias os erros médios relativos entre quaisquer duas estações poligonais (para todos os lados poligonais), o erro médio em azimute e o erro médio em coordenadas (de posição), pelas seguintes expressões:

$$e_{rD} \leq \pm \sqrt{\frac{cx^2 + cy^2}{\Delta x^2 + \Delta y^2}}$$

$$e_{AZ} = \sqrt{\frac{\sum \Delta \alpha^2}{N-1}}$$

$$e_v = \sqrt{\frac{\sum (cx^2 + cy^2)}{N-2}}$$

Onde:

e_{rD} = erro médio relativo entre duas estações poligonais consecutivas após o ajustamento

e_{AZ} = erro médio em azimute, após o ajustamento

e_v = erro médio em coordenadas (de posição) dos vértices poligonais, após o ajustamento

Δx e Δy = coordenadas relativas ou projeções dos lados

cx e cy = correções aplicadas na compensação, respectivamente para coordenadas relativas Δx e Δy

$\Delta \alpha$ = diferença entre o ângulo observado e o cálculo após o ajustamento

N = número de vértices poligonais, incluindo os de partida e de chegada.

Nota: Estes valores devem constar das planilhas de cálculo e compensação e em relatórios técnicos, sendo que os valores de e_{AZ} e de e_v devem constar também das monografias, com a finalidade de serem considerados em serviços futuros.

6.5.7 O estabelecimento das tolerâncias, para efeito desta Norma, parte da teoria dos erros, que estabelece ser o erro máximo tolerável, ou tolerância, um valor T, cuja probabilidade de ser ultrapassado é de 1%, sendo de 2,65 aproximadamente três vezes o valor do erro médio temível. Assim, partindo das expressões decorrentes das propagações dos erros médios nas medições angulares e lineares, são estabelecidas as seguintes expressões para as tolerâncias de fechamento das poligonais:

a) angular:

$$T_{\alpha} \leq a + b\sqrt{N}$$

b) linear, após a compensação angular (somente para poligonais dos tipos 1 e 2):

$$T_p \leq c + d\sqrt{L \text{ (km)}}$$

c) transversal, antes da compensação angular (somente para poligonais do tipo 3):

$$T_t \leq c + e L \text{ (km)} \sqrt{N-1}$$

d) longitudinal, antes da compensação angular (somente para poligonais do tipo 3):

$$T_l \leq c + f \sqrt{L \text{ (km)}}$$

e) erro relativo, máximo aceitável, de fechamento linear, após a compensação angular:

$$e_r \leq \frac{T_p}{L}$$

Onde:

T_α = tolerância para o erro de fechamento angular

T_p = tolerância para o erro de fechamento linear (em posição)

T_t = tolerância para o erro de fechamento transversal

T_l = tolerância para o erro de fechamento longitudinal

a = erro médio angular (azimute) da rede de apoio (ordem superior) multiplicado por $\sqrt{2}$ (por serem duas as direções de apoio)

b = coeficiente que expressa a tolerância para o erro de medição do ângulo poligonal, igual a três vezes o erro médio angular temível, calculado em função da classe do teodolito utilizado (desvio-padrão), do número de séries de leituras conjugadas, do erro de verticalidade azimutal e do erro de direção (função dos erros de estacionamento do teodolito e do sinal visado)

c = erro médio de posição dos pontos de apoio de ordem superior multiplicado por $\sqrt{2}$ (por serem dois os pontos de apoio)

d = coeficiente que expressa a tolerância para o erro de fechamento linear em m/km de desenvolvimento poligonal, somente aplicável às poligonais dos tipos 1 e 2, cujos valores constam em 6.5.7.2

e = coeficiente somente aplicável às poligonais do tipo 3, que expressa, em m/km de desenvolvimento poligonal, a tolerância para o erro transversal acarretado pelo erro da medição angular da direção de um lado médio poligonal cujos valores constam em 6.5.7.2. O seu valor, para efeito desta Norma, decorre da expressão matemática simplificada da componente transversal do erro de fechamento linear em poligonais do tipo 3, considerando o número de lados igual à unidade numa extensão de 1000 m, sendo igual a 0,0028 vez o valor do coeficiente "b" da tolerância para o fechamento angular, em cada classe de poligonal deste tipo

f = coeficiente somente aplicável às poligonais do tipo 3, que expressa, em m/km de desenvolvimento poligonal, a tolerância para o erro longitudinal acarretado pelo erro da medição linear de um lado médio poligonal, cujos valores constam em 6.5.7.2. O seu valor, para efeito desta Norma, decorre da expressão matemática da componente longitudinal do erro de fechamento linear em poligonais do tipo 3, sendo igual a três vezes o erro médio temível na medição linear desse lado médio poligonal multiplicado pela raiz quadrada da razão entre o número de lados poligonais e a extensão da poligonal em km

6.5.7.1 Os termos "a" e "c" podem assumir os seguintes valores:

a) para poligonais do tipo 1 são nulos;

b) para poligonais dos tipos 2 e 3, os seus valores são funções, respectivamente, do valor máximo aceitável para o erro médio em azimute (e_{AZ}) e do valor máximo aceitável para o erro médio em coordenadas (e_v) das poligonais determinantes do apoio superior, cujas expressões são:

$$a = e_{AZ} \sqrt{2}$$

$$c = e_v \sqrt{2}$$

c) especificamente, para as poligonais dos tipos 2 e 3 da classe IP (Tabela 5), empregadas na densificação da rede geodésica, os seus valores são mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores para as poligonais dos tipos 2 e 3

Rede geodésica	Erro relativo entre vértices	Espaçamento entre vértices (km)	a segundos sexagesimais	c metros
Fundamental de alta precisão 1ª ordem	1/100.000	5 ^(A)	$0,3 \sqrt{2} = 0,4$	$0,05 \sqrt{2} = 0,07$
		15	$0,3 \sqrt{2} = 0,4$	$0,15 \sqrt{2} = 0,21$
		25	$0,3 \sqrt{2} = 0,4$	$0,25 \sqrt{2} = 0,35$
De precisão (regional) 2ª ordem (regiões mais desenvolvidas)	1/50.000	2 ^(A)	$0,3 \sqrt{2} = 0,4$	$0,04 \sqrt{2} = 0,06$
		5 ^(A)	$0,3 \sqrt{2} = 0,4$	$0,10 \sqrt{2} = 0,14$
		10	$0,3 \sqrt{2} = 0,4$	$0,20 \sqrt{2} = 0,28$
		20	$0,3 \sqrt{2} = 0,4$	$0,40 \sqrt{2} = 0,56$
De precisão (regional) 3ª ordem (regiões menos desenvolvidas)	1/20.000	2 ^(A)	$0,6 \sqrt{2} = 0,8$	$0,10 \sqrt{2} = 0,14$
		5 ^(A)	$0,6 \sqrt{2} = 0,8$	$0,25 \sqrt{2} = 0,35$
		10	$0,6 \sqrt{2} = 0,8$	$0,50 \sqrt{2} = 0,71$
		20	$0,6 \sqrt{2} = 0,8$	$1,00 \sqrt{2} = 1,41$

(A) Espaçamento entre vértices em regiões metropolitanas.

Nota: Os valores definidos nesta Tabela são oriundos do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), da rede planimétrica ainda em fase de implantação. Assim sendo, há a necessidade da consulta prévia ao IBGE, quanto à exatidão dos vértices geodésicos, quando de sua utilização no transporte de coordenadas, visando à densificação da rede geodésica. Havendo indefinição, com a tecnologia atualmente disponível, só resta o recurso do emprego do sistema GPS-Navstar, através do rastreamento de sua constelação de satélites, no método diferencial, com conseqüente obtenção dos valores dos termos "a" e "c", substituindo, assim, o emprego da poligonal de classe IP na densificação da rede geodésica.

6.5.7.2 Os valores dos coeficientes "b", "d", "e" e "f" para as diferentes classes e tipos de poligonais estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores dos coeficientes "b", "d", "e", e "f"

Poligonais		Coeficientes			
Classe	Tipo ^(A)	b segundos sexagesimais	d(m)	e(m)	f(m)
I P	1 e 2	6"	0,10	-	-
	3	6"	-	0,02	0,04
II P	1 e 2	15"	0,30	-	-
	3	15"	-	0,04	0,12
III P	1 e 2	20"	0,42	-	-
	3	20"	-	0,06	0,15
IV P	1 e 2	40"	0,56	-	-
	3	40"	-	0,11	0,17

/continua

/continuação

Poligonais		Coeficientes			
Classe	Tipo ^(A)	b segundos sexagesimais	d(m)	e(m)	f(m)
VP	1 e 2	180"	2,20	-	-
I PRC	1 e 2	8"	0,07	-	-
	3	8"	-	0,02	0,05
II PRC	1 e 2	60"	0,30	-	-
	3	60"	-	0,16	0,24

(A)Constantes em 6.5.1.

6.5.8 Valores máximos aceitáveis, após o ajustamento:

a) para o erro médio relativo entre quaisquer duas estações poligonais:

$$e_{rD} \leq \frac{T_p}{D_{\text{méd.}} \sqrt{N-1}} = \frac{T_p (N-1)}{L_m \sqrt{N-1}}$$

Onde:

e_{rD} = erro médio relativo máximo aceitável entre duas estações poligonais após o ajustamento. Esta expressão pode ser representada, também por uma fração ordinária cujo numerador seja igual à unidade.

$$D_{\text{méd.}} = \frac{L_m}{N-1}$$

T_p = tolerância para o erro de fechamento linear da poligonal, após a compensação angular

L_m = extensão da poligonal, em m

N = número de estações da poligonal

b) para o erro médio em azimute:

$$e_{AZ} \leq \pm \frac{T\alpha}{\sqrt{N}}$$

Onde:

e_{AZ} = erro médio máximo aceitável em azimute, após o ajustamento

$T\alpha$ = tolerância do fechamento angular

c) para o erro médio em coordenadas (de posição):

$$e_v \leq \pm e_{rD} \times D_{\text{méd.}}$$

Onde:

e_v = erro médio máximo aceitável em coordenadas (de posição), após o ajustamento

e_{rD} = erro médio relativo máximo aceitável entre quaisquer duas estações poligonais

$$D_{\text{méd.}} = \frac{L_m}{N-1}$$

Nota: Os valores obtidos através destas expressões servem de controle para os seus correspondentes obtidos nos cálculos, após os ajustamentos mencionados em 6.5.6, como preestabelecidos e máximos aceitáveis, devendo constar das especificações técnicas dos termos de referência. Os programas e planilhas de cálculo e compensações devem adaptar-se para atender a esta exigência.

6.6 Nivelamentos

6.6.1 As expressões das tolerâncias de fechamento apresentadas na Tabela 8 decorrem em função dos erros acidentais dos instrumentos e dos métodos empregados, e servem de controle da precisão das operações de campo.

6.6.2 A exatidão do apoio topográfico altimétrico se expressa pela qualidade do fechamento de circuito ou linhas, formados por duplo nivelamento, conectando estações de altitudes conhecidas.

6.6.3 A qualidade das operações de campo na determinação do apoio topográfico altimétrico é constatada através do controle das diferenças de nível entre o nivelamento e o contranivelamento geométricos, seção a seção e acumulados na linha ou circuito, observando os valores limites apresentados na Tabela 8.

6.6.4 O ajustamento de uma seção, linha ou circuito nivelados e contranivelados geometricamente é realizado pela distribuição do erro de fechamento pelas várias diferenças de nível obtidas pela média aritmética dos valores observados pelo nivelamento e contranivelamento, proporcionalmente às distâncias entre os lances nivelados ou às próprias diferenças de nível, conforme a inclinação do terreno.

6.6.5 No ajustamento de redes de nivelamento geométrico, onde os circuitos ou linhas se cruzam formando nós, recomenda-se que os valores mais prováveis das altitudes dos nós sejam considerados como as médias pon-

deradas dos valores calculados através das linhas ou circuitos que neles convergem, em que os pesos sejam arbitrados, a sentimento, tendo atenção ao comprimento dessas linhas ou circuitos. Nas figuras mais complexas é recomendável o emprego do método dos mínimos quadrados (MMQ).

6.6.6 O erro médio quilométrico que define a exatidão do nivelamento geométrico duplo, após o ajustamento, é dado pela expressão:

$$e_k \leq a \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum \frac{d^2}{\lambda}}$$

Onde:

e_k = erro médio quilométrico, após o ajustamento

a = incertezas da rede superior

n = número de lances nivelados

d = diferença, em milímetros, entre o nivelamento e o contranivelamento do lance nivelado dentro da tolerância preestabelecida

λ = comprimento do lance nivelado em km

Notas: a) Se os lances (λ) forem iguais, a expressão é:

$$e_k \leq a \pm \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sum d^2}{L}}$$

Onde:

L = comprimento da seção, linha ou circuito, em km

b) Para linhas curtas e sem grande precisão a expressão é:

$$e_k \leq a \pm \frac{d}{2\sqrt{L}}$$

Onde:

d = diferença relativa aos dois valores da diferença de nível entre os extremos da linha, neste caso

6.6.7 O cálculo dos valores dos erros médios quilométricos dos nivelamentos geométricos para implantação do apoio topográfico (RN) deve constar das planilhas de cálculo e de relatórios técnicos, bem como das monografias das referências de nível implantadas na forma e_k, \sqrt{K} com a finalidade de serem considerados em serviços futuros.

7 Inspeção

7.1 A inspeção a ser realizada no levantamento topográfico tem como objetivo assegurar o seu desenvolvimento segundo as prescrições e recomendações desta Norma.

7.2 Especificamente devem ser inspecionados:

a) poligonais;

b) levantamento de detalhes;

c) nivelamentos geométricos;

d) cálculos;

e) elaboração do original topográfico;

f) desenho topográfico final;

g) exatidão topográfica;

h) convenções topográficas.

7.3 Nas poligonais devem ser inspecionados:

a) aparelhagem e instrumental auxiliar;

b) croquis com a localização dos vértices materializados;

c) qualidade da materialização e intervisibilidade;

d) comprimento total, comprimento dos lados e número de estações;

e) conexão ao apoio geodésico e/ou à rede de referência cadastral;

f) origem das séries de leituras conjugadas nas medições angulares, o número de séries e o afastamento das observações das direções em relação ao seu valor médio calculado;

g) comparação das medidas das distâncias na forma recíproca;

h) no cálculo, fechamentos angulares e em coordenadas, após a compensação linear.

7.4 No levantamento de detalhes devem ser inspecionados:

a) aparelhagem e instrumental auxiliar;

b) croqui com a identificação dos pontos, sua seleção e legibilidade;

c) medições angulares com leituras conjugadas e no caso de leituras numa só posição da luneta, aplicação das correções de colimação e de PZ (ponto zenital);

d) medições de distância com a verificação das discrepâncias relativamente às tolerâncias de controle.

7.5 Nos nivelamentos geométricos devem ser inspecionados:

a) aparelhagem e instrumental auxiliar;

b) conexão com o apoio superior, com a verificação dos comprimentos das seções referentes às referências de nível de partida e de chegada;

- c) nivelamento e contranivelamento em horários distintos no nivelamento duplo;
- d) altura mínima das visadas;
- e) número par de estações numa seção, alternância das miras e diferença acumulada da distância entre nível e mira;
- f) diferença entre nivelamento e contranivelamento, acumulada nas seções e linhas, e valor máximo para a razão entre discrepâncias acumuladas e o perímetro de um circuito (quando for o caso);
- g) erro médio após o ajustamento;
- h) no caso de nivelamento da classe IN, equidistâncias entre as visadas de vante e ré.

7.6 Nos cálculos, de um modo geral, devem ser inspecionados:

- a) transcrição dos elementos observados das cadernetas para os formulários;
- b) no caso de calculadoras eletrônicas programáveis com impressora ou computador, registros impressos dos dados de entrada e de saída;
- c) comparação dos resultados com os valores máximos aceitáveis prescritos como tolerâncias.

7.7 Na elaboração do original topográfico (cartão) devem ser inspecionados:

- a) qualidade da base;
- b) precisão do quadriculado;
- c) continuidade e qualidade do traçado dos detalhes e das curvas de nível;
- d) densidade dos pontos de detalhe locados;
- e) as convenções topográficas adotadas.

7.8 Na elaboração do desenho topográfico final devem ser inspecionados:

- a) qualidade da base;
- b) formatação;
- c) esquema de articulação de folhas (quando mais de uma);
- d) qualidade do desenho (espessura dos traços, tamanho das letras, orientação dos nomes, etc.);
- e) orientação geográfica;
- f) dados marginais (legenda, escala, convenções, data, etc.)

7.9 Quanto à inspeção do levantamento topográfico, esta deve estabelecer o número mínimo de pontos para a verificação do índice estatístico de dispersão, relativo a

90% de probabilidade, definindo a exatidão dos trabalhos topográficos realizados (ver Capítulo 7).

7.10 A obrigação da inspeção é do contratante, exceto quando expresso em cláusula contratual específica.

8 Aceitação e rejeição

8.1 As condições de aceitação ou rejeição dos serviços e produtos elaborados, nas diversas fases do levantamento topográfico, devem ser estabelecidas em decorrência do resultado da inspeção, levando-se em conta, no que for pertinente, as tolerâncias estabelecidas nas Tabelas 5 a 9.

8.2 Quanto à exatidão do levantamento topográfico na sua parte planimétrica, o critério de rejeição deve ser estabelecido a partir da exatidão entre as distâncias medidas na planta (desenho topográfico final), por um escalímetro confiável, e as de suas homólogas medidas no terreno, por um aparelho de medição idêntico ou superior ao utilizado no estabelecimento do apoio topográfico. Os pontos definidores das distâncias, objeto de teste, devem ser de detalhes bem definidos tanto em planta como no terreno.

8.2.1 O padrão de exatidão planimétrica deve ser definido a partir do desvio padrão admissível estabelecido para o levantamento topográfico, na sua parte planimétrica, admitida a distribuição normal, e é dado por 1,645 vez esse desvio-padrão, para 90% das distâncias testadas.

8.2.2 O desvio-padrão admissível para as discrepâncias entre as distâncias medidas na planta e as de suas homólogas medidas no terreno deve ser:

$$m \leq \pm 0,2 \cdot E \cdot K \sqrt{2} = 0,283 EK = 0,3 EK$$

Onde:

m = desvio-padrão, em m

0,2 = erro de graficismo adotado (mm)

E = módulo da escala (denominador)

$\sqrt{2}$ = deve-se ao fato da distância medida em planta ser definida por dois pontos observados nesta

K = coeficiente relativo à classe do levantamento topográfico quanto à medição de distâncias no seu levantamento de detalhes, com os seguintes valores:

$K = 1$ = para distâncias medidas com MED ou com trena de aço aferida, estirada com dinamômetro sobre estaqueamento alinhado e nivelado geometricamente e com correções de dilatação, catenária e redução ao horizonte;

$K = 1,5$ = para distâncias medidas simplesmente a trena de aço, sem os cuidados para $K = 1$;

$K = 2,5$ = para distâncias medidas taqueometricamente ou a trena de fibra.

8.2.3 O desvio-padrão ou erro médio quadrático decorrente das distâncias medidas nas plantas em relação às suas homólogas medidas no terreno não pode ser superior ao desvio-padrão admissível prescrito em 8.2.2. Desvio-padrão ou erro médio quadrático é, portanto, o valor obtido pela seguinte expressão:

$$m = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{n-1}}$$

Onde:

n = número de alinhamentos ou pontos conferidos, conforme 7.5

d_i = é a diferença entre as leituras obtidas em planta e terreno, para o alinhamento

8.2.4 O critério de rejeição, em função do especificado em 8.2.1 a 8.2.3, deve ser estabelecido a partir do ponto de vista de que 90% das distâncias testadas não podem ter discrepâncias superiores ao padrão de exatidão planimétrica, sendo o desvio-padrão das comparações igual ou inferior ao desvio-padrão admissível estabelecido em 8.2.2.

8.3 Quando for necessário e importante, o teste de posição dos pontos levantados, o critério de rejeição deve ser estabelecido a partir de um padrão de exatidão relativo às discrepâncias entre as posições de pontos bem definidos na planta por suas coordenadas planimétricas e as de seus homólogos também bem definidos no terreno, estas obtidas por procedimentos topográficos idênticos aos especificados para a determinação de apoio topográfico do levantamento em questão, a partir dos vértices desse apoio.

8.3.1 O desvio-padrão admissível para as discrepâncias entre as posições de pontos obtidas em planta e as obtidas pelos procedimentos topográficos no terreno, com a finalidade de testá-las deve ser:

$$m \leq \pm 0,4 \cdot E \cdot K$$

Onde:

m = desvio-padrão em m

$$0,4 = 0,2 \times \sqrt{2} \times \sqrt{2}$$

0,2 = erro de graficismo adotado (mm)

E = módulo da escala da planta (denominador)

$\sqrt{2} \times \sqrt{2}$ = deve-se ao fato de que as posições dos pontos são definidas por duas coordenadas planimétricas (E, N ou X, Y) e de que estas coordenadas são distâncias medidas na planta dos pontos às interseções das perpendiculares baixadas destes pontos aos eixos do retículo gráfico (E, N ou X, Y)

K = coeficiente relativo à classe do levantamento topográfico quanto à medição de distâncias no seu levantamento de detalhes, com os seguintes valores:

$K = 1$ = para pontos de detalhes sinalizados, com medidas de

distâncias realizadas com MED ou com trena de aço, aferida e estirada com dinamômetro sobre estaqueamento alinhado e nivelado geometricamente e com correções de dilatação, catenária e redução ao horizonte

$K = 1,5$ = para pontos de detalhes sinalizados, com medidas de distâncias realizadas, simplesmente a trena de aço, sem cuidados mencionados para $K = 1$

$K = 2,5$ = para pontos de detalhes não sinalizados com medidas de distância realizadas taqueometricamente ou trena de fibra.

8.3.2 O desvio-padrão, resultante dos erros de posição dos pontos testados, não pode ser superior ao erro médio admissível prescrito em 8.3.1, levando-se em consideração também os erros médios admissíveis para os procedimentos topográficos de verificação de campo.

8.3.2.1 O erro de posição deve ser dado pelas seguintes expressões:

$$\Delta p = \pm \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$$

$$\Delta p = \pm \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Onde:

Δp = erro de posição do ponto

ΔE = discrepância encontrada na coordenada E entre planta e terreno

ΔN = discrepância encontrada na coordenada N entre planta e terreno.

ΔX = discrepância encontrada na coordenada X entre planta e terreno

ΔY = discrepância encontrada na coordenada Y entre planta e terreno

8.3.3 O padrão de exatidão planimétrica em posição deve ser 1,645 vez o erro médio admissível para as discrepâncias entre as posições de pontos obtidas em planta e as obtidas pelas medições topográficas em campo.

8.3.4 O critério de rejeição, em função do especificado em 8.3.1 a 8.3.3, deve ser estabelecido a partir do ponto de vista de que 90% das posições testadas não podem ter discrepâncias superiores ao padrão de exatidão planimétrica em posição, sendo o erro médio das comparações obtidas igual ou menor que o erro médio admissível para essas comparações.

8.4 Quanto à exatidão altimétrica do levantamento topográfico, o critério de rejeição deve ser estabelecido a partir de um padrão de exatidão altimétrica, com relação às discrepâncias entre as altitudes ou cotas obtidas nas plantas, de pontos perfeitamente identificáveis nestas e

no terreno, obtidas por interpolação das curvas de nível, com as altitudes ou cotas desses pontos, obtidos no terreno, por nivelamento geométrico simples, apoiado nas referências de nível existentes na área do levantamento.

8.4.1 O padrão de exatidão altimétrica é definido a partir do desvio-padrão admissível estabelecido para a altimetria do levantamento topográfico, ou seja, 1,645 vez este desvio-padrão, para 90% dos pontos testados.

8.4.2 O desvio-padrão admissível para a discrepância entre as altitudes ou cotas de pontos, medidas na planta por interpolação das curvas de nível, e as altitudes ou cotas determinadas no terreno para estes mesmos pontos, deve ser de um terço do valor da equidistância das curvas de nível.

8.4.3 O desvio-padrão decorrente das discrepâncias encontradas nas comparações das altitudes ou cotas medidas nas plantas por interpolação das curvas de nível com as homólogas obtidas no terreno não pode ser superior ao desvio-padrão admissível prescrito em 8.4.2.

8.4.4 O critério de rejeição em função do definido em 8.4.1 a 8.4.3 deve ser estabelecido a partir do ponto de vista de que 90% das altitudes ou cotas dos pontos testados não podem ter discrepância superiores ao padrão de exatidão altimétrica (metade da equidistância das curvas de nível), sendo o desvio-padrão das comparações, igual ou menor que o desvio-padrão admissível estabelecido, ou seja, um terço do valor da equidistância das curvas de nível.

8.5 Para o estabelecimento do plano de amostragem e do grau de severidade de inspeção, a critério do contratante deve ser seguido o estabelecido em NBR 5425, NBR 5426, NBR 5427 e NBR 5428.

8.5.1 Como regra básica, a amostragem deve ser aleatória, de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12 - Amostragem aleatória

Amostragem aleatória	
até 500 pontos	3% (mínimo de 10)
de 501 a 1000 pontos	2% (mínimo de 15)
acima de 1000 pontos	1% (mínimo de 20)

8.5.2 Das distâncias ou pontos amostrados, 90% destes não devem apresentar discrepâncias superiores ao padrão de exatidão, entre as medidas de planta e terreno, e o erro médio encontrado não pode ser superior ao erro médio admissível, entre as medidas de planta e terreno.

8.6 O plano de amostragem e o grau de rigor da inspeção devem fazer parte dos termos de referência dos editais de licitações ou das especificações para contratação, ou seja, devem ser de conhecimento antecipado, por condicionarem métodos e instrumentos.

/ANEXO A

ANEXO A - Cadernetas de campo e monografias

A-1 Cadernetas de campo

(LOGOTIPO DA EMPRESA)	CADERNETA DE Nº [] [] / [] []	LEVANTAMENTO ou NIVELAMENTO ou POLIGONAÇÃO	OBRA : _____	TECNICO : _____	TEODOLITO : _____	ESTAÇÕES : _____	Nº de pontos de _____ a _____	OBSERVAÇÕES: _____ _____ _____ _____ _____ _____
			Nº [] [] [] []	TEODOLITO : _____	TEODOLITO : _____	ESTAÇÕES : _____	Nº de pontos de _____ a _____	

POLIGONAÇÃO

(LOGOTIPO DA EMPRESA)

OBRA : _____ Nº _____ FL. ___/___

LOCAL : _____ DATA ___/___/___

MEDIÇÃO ANGULAR

TÉCNICO: _____ TEODOLITO: _____

ESTAÇÃO NI	PONTOS VISADOS	DIREÇÕES			REDUÇÃO À ORIGEM			ZENITAIS			CROQUI
		o	I	II	o	I	II	o	I	II	
		D									
		I									
		D									
h.v.: _____		I									
		D									
		I									
h.v.: _____		D									
		I									
		D									
h.v.: _____		I									
		D									
		I									
h.v.: _____		D									
		I									
		D									
h.v.: _____		I									
		D									
		I									
h.v.: _____		D									
		I									
		D									
h.v.: _____		I									
		D									
		I									
h.v.: _____		D									
		I									
		D									

MEDIDAS LINEARES

TÉCNICO: _____ DISTÂNCIÔMETRO: _____

ESTAÇÃO	PONTOS VISADOS	MEDIÇÕES	DADOS METEOROLÓGICOS			MEDIDA CORRIGIDA
h.i.: _____	h.v.: _____		PRESSÃO		Hg mb	OBS.: _____
			HORA			
			TEMPERATURA SECA		°c	
			UMIDA		°c	
h.i.: _____	h.v.: _____		PRESSÃO		Hg mb	OBS.: _____
			HORA			
			TEMPERATURA SECA		°c	
			UMIDA		°c	
h.i.: _____	h.v.: _____		PRESSÃO		Hg mb	OBS.: _____
			HORA			
			TEMPERATURA SECA		°c	
			UMIDA		°c	
h.i.: _____	h.v.: _____		PRESSÃO		Hg mb	OBS.: _____
			HORA			
			TEMPERATURA SECA		°c	
			UMIDA		°c	

A-2 Monografia

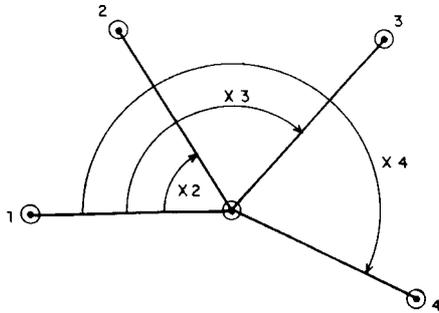
(CONTRATANTE)	MONOGRAFIA DE	VÉRTICE MARCO R. H.
Obra :	Nº :	ESTAÇÃO
Objeto :	Data :	N (Y) =
Estado :	Munic. :	E (X) =
Local :	Trecho :	H (h) =
		SISTEMA UTM <input type="checkbox"/> TOPOGR. <input type="checkbox"/>
DESCRIPÇÃO: Marco de concreto, tronco piramidal...		
(Foto)		MARCOS DE REFERÊNCIA
		Ré : Mc Az.
		Vante : Mc Az.
		Mira : Az.
		: Zenite
		Obs.: (descrever a localização da mira)
		Vértice de origem :
		Datum horizontal:
		Datum vertical :
ITINERÁRIO	CROQUI	
Partindo-se...	(Localização do vértice, marco ou R.N.)	
(Contratada)		

ANEXO B - Convenções topográficas

<p>CURVAS DE NÍVEL</p>	<p>CERCA DE ARAME</p>	<p>TELEFONE / CORREIO</p> <p>○ TELEFONE</p> <p>□ CORREIO</p>	<p>PEDRA / ROCHA</p>
<p>ESTRADA PAVIMENTADA</p>	<p>CERCA DE MADEIRA OU TAPUME</p>	<p>ESTAÇÃO DE LEVANTAMENTO</p> <p>○ PIQUETE</p> <p>○ PINO</p> <p>● MARCO</p>	<p>MATO / CULTURA</p>
<p>CAMINHO</p>	<p>CERCA VIVA</p>	<p>VÉRTICES GEODÉSICOS</p> <p>▲ 1ª ORDEM</p> <p>△ 2ª ORDEM</p> <p>△ 3ª ORDEM</p>	<p>ÁRVORE ISOLADA</p>
<p>GUIA</p>	<p>CERCA MISTA</p>	<p>VÉRTICES TOPOGRÁFICOS</p> <p>◆ POL. PRINCIPAL</p> <p>◇ POL. SECUNDÁRIA</p> <p>◇ POL. AUXILIAR</p>	<p>RIO / RIBEIRÃO CÓRREGO / FILETE</p>
<p>GUIA REBAIXADA</p>	<p>ALAMBRADO OU GRADIL</p>	<p>RN OFICIAL</p> <p>■ 1ª ORD.</p> <p>□ 2ª ORD.</p> <p>□ 3ª ORD.</p>	<p>ALAGADO</p>
<p>ESTRADA DE FERRO</p>	<p>ESCADA (SOBE)</p>	<p>RN TOPOGRÁFICO</p> <p>■ 8 mm √K</p> <p>□ 12 mm √K</p> <p>□ 20 mm √K</p>	<p>ALAGADO COM VEGETAÇÃO BREJO</p>
<p>EIXO</p>	<p>BOCA - DE - LOBO E BOCA - DE - LEÃO</p>	<p>PONTO COTADO</p> <p>↓ 725.12</p> <p>● 725.12</p> <p>↑</p>	<p>LAGOA / REPRESA</p>
<p>ALINHAMENTO INDEFINIDO</p>	<p>POÇO DE VISITA</p> <p>○ PV (NÃO IDENTIFICADO)</p> <p>○ ES (ESGOTO)</p> <p>○ AP (ÁGUAS PLUVIAIS)</p> <p>○ TL (TELEFONE)</p> <p>○ EL (ELETRICIDADE)</p>	<p>PONTO DE DIVISA NÃO MATERIALIZADO</p>	<p>CANALETA</p> <p>CAN - 0,60 m</p>
<p>CONSTRUÇÃO ALVENARIA</p>	<p>HIDRANTE / REGISTRO</p> <p>○ HD (HIDRANTE)</p> <p>○ RG (REGISTRO D'ÁGUA)</p>	<p>TORRE DE ALTA-TENSÃO</p>	<p>TUBO</p> <p>○ 0,50 m</p> <p>ENTERR. AFLOR.</p>
<p>CONSTR. DE LAJE OU MADEIRA COBERTURA</p>	<p>CAIXA DE INSPEÇÃO</p> <p>□ CT (TELEFONE)</p> <p>□ CE (ELETRICIDADE)</p> <p>□ CX (NÃO IDENTIFICADO)</p>	<p>VALETA</p>	<p>PONTE</p>
<p>MURO</p>	<p>POSTE / LUMINÁRIA</p> <p>○ (POSTE)</p> <p>● (LUMINÁRIA)</p>	<p>TALUDE</p> <p>TOPO</p> <p>BASE</p>	<p>PONTO DE SONDAGEM</p>
<p>MURO DE ARRIMO (BASE) (TOPO)</p>	<p>PLACAS DE SINALIZAÇÃO</p> <p>○ PL (PLACA)</p> <p>○ SM (SEMÁFORO)</p>	<p>AREIA</p>	

ANEXO C - Cálculo do desvio-padrão de uma observação em duas posições da Luneta através da DIN 18723

Considerando a base de observações conforme Figura 1 onde:



C - Pilar central de estacionamento do teodolito a ser aferido

1,2,3,4 ... - Pilares de estacionamento dos alvos ou dos pontos visados

Figura 1 - Base de observações

Equações de observação

Para cada observação realizada tem-se uma equação do tipo:

$$v = x - z - l$$

Onde:

- v = resíduo aleatório
- x = incógnita (ângulo ajustado)
- z = incógnita de orientação
- l = ângulo observado

Para uma primeira série de observações têm-se as seguintes equações:

$$\begin{aligned} v_1' &= - z' - l_1' \\ v_2' &= x_2 - z' - l_2' \\ v_3' &= x_3 - z' - l_3' \\ v_4' &= x_4 - z' - l_4' \end{aligned}$$

Fazendo-se a somatória destas equações com a simbologia de Gauss tem-se:

$$[v] = 0 = x_2 + x_3 + x_4 - 4z' - [l']$$

Da mesma forma para a segunda, terceira e quarta séries têm-se:

$$\begin{aligned} [v''] &= 0 = x_2 + x_3 + x_4 - 4z'' - [l''] \\ [v'''] &= 0 = x_2 + x_3 + x_4 - 4z''' - [l'''] \\ [v''''] &= 0 = x_2 + x_3 + x_4 - 4z'''' - [l''''] \end{aligned}$$

Incógnitas (x e z)

No ajustamento das observações pelo método dos mínimos quadrados têm-se:

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{[l_2]}{n} \\ x_3 &= \frac{[l_3]}{n} \\ x_4 &= \frac{[l_4]}{n} \end{aligned}$$

Sendo:

- n = número de série de observações
- s = número de pontos visados

Para n=4 e s=4:

$$\begin{aligned} z' &= \frac{x_2 + x_3 + x_4 - [l']}{4} \\ z'' &= \frac{x_2 + x_3 + x_4 - [l'']}{4} \end{aligned}$$

Resíduos (v)

Cálculo dos resíduos (v) a partir dos ângulos ajustados (x) e de (z). Para a 1ª série de observações:

$$\begin{aligned} v_1' &= (0 - l_1') - z' = d_1' - z' \\ v_2' &= (x_2 - l_2') - z' = d_2' - z' \\ v_3' &= (x_3 - l_3') - z' = d_3' - z' \\ v_4' &= (x_4 - l_4') - z' = d_4' - z' \end{aligned}$$

Onde:

$$d' = x - l'$$

Fazendo-se somatória de v' com a simbologia de Gauss:

$$[v'] = 0 = [x - l'] - 4z' = [d'] - 4z'$$

Portanto:

$$z' = \frac{[d']}{4}$$

Assim:

$$\begin{aligned} v_1' &= d_1' - \frac{[d']}{4} \\ v_2' &= d_2' - \frac{[d']}{4} \\ v_3' &= d_3' - \frac{[d']}{4} \\ v_4' &= d_4' - \frac{[d']}{4} \end{aligned}$$

Com n séries de observações e s pontos visados:

$$V_i^{(n)} = d_i^{(n)} - \frac{[d^{(n)}]}{s}$$

Cálculo dos desvios-padrões

Com n séries e s pontos visados têm-se:

(s - 1) incógnitas de ângulos e n incógnitas de orientação

Número de observações: n.s

Número de observações abundantes: n.s - (s-1) - n

O desvio-padrão de uma observação (m) é:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{(n-1)(s-1)}}$$

$$\text{onde: } [vv] = [dd] - \frac{\sum [d^2]}{s}$$

Tabela 13 - Valores registrados

Tabela 14 - Valores calculados

Cálculo conforme DIN 18723

$$[vv] = [dd] - \frac{\sum [d^2]}{s} = 16,54$$

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{(n-1)(s-1)}} = \pm \sqrt{\frac{16,54}{(4-1)(4-1)}} = 1,36''$$

Desvio-padrão fornecido pelo fabricante: $\pm 3''$

Desvio-padrão calculado: $\pm 1,36''$

Exigências da DIN 18723:

- quatro alvos distribuídos num arco maior de 90°;
- distâncias iguais do centro de teodolito aos alvos;
- alvos posicionados num mesmo plano horizontal;
- observações em quatro séries completas em duas posições da luneta;
- distância mínima entre o teodolito e os alvos deve ser de 185 m.

Tabela 13 - Valores registrados do teodolito TC 1000

Estação	Ponto visado	Posição direta I	Posição inversa II	Média das posições	Medições reduzidas	Média das quatro séries
C	I	359° 59' 58"	179° 59' 54"	359° 59' 56"	0° 0' 00,0"	00,00"
	II	40° 58' 17"	220° 58' 13"	40° 58' 15,0"	40° 58' 19,0"	18,25"
	III	137° 49' 54"	(317° 09' 46")	137° 09' 47,5"	137° 09' 51,5"	50,88"
	IV	186° 43' 35"	6° 43' 24"	186° 46' 30"	186° 46' 34,0"	33,25"
C	I	0° 00' 11"	180° 00' 00"	0° 00' 05,5"	00,0"	
	II	40° 58' 27"	220° 58' 20"	40° 58' 23,5"	18,0"	
	III	137° 09' 54"	317° 09' 56"	137° 09' 55,0"	49,5"	
	IV	186° 43' 39"	6° 43' 36"	186° 43' 37,5"	32,0"	
C	I	0° 00' 13"	180° 00' 08"	0° 00' 10,5"	00,0"	
	II	40° 58' 25"	220° 58' 27"	40° 58' 26"	15,5"	
	III	137° 10' 01"	317° 10' 04"	137° 10' 2,5"	52,0"	
	IV	186° 44' 05"	6° 43' 44"	186° 43' 44,5"	34,0"	
C	I	0° 00' 13"	180° 00' 29"	0° 00' 32"	0° 00' 00"	
	II	40° 58' 25"	220° 58' 49"	40° 58' 52,5"	40° 58' 20,5"	
	III	137° 10' 21"	317° 10' 24"	137° 10' 22,5"	137° 10' 50,5"	
	IV	186° 44' 05"	6° 44' 05"	186° 44' 05,0"	186° 44' 33,0"	

/continua

Tabela 14 - Cálculo dos desvios-padrão de cada série

	Ponto visado	Medição reduzida	Média das quatro séries	d	dd		v	v v
1ª série	I	00,0"	00,0"	0,00"	0,00"		0,22	0,04
	II	19,0"	18,25"	-0,75"	0,56		-0,53	0,28
	III	51,5"	50,88"	0,62"	0,38"		0,84	0,70
	IV	34,0"	33,25"	-0,75"	0,56"		-0,53	0,28
			[d] = 0,88		[d]² = 0,77		[v] = 0	
2ª série	I	0,0"		0,00"	0,00"		-0,72	0,51
	II	8,0"		0,25"	0,06"		-0,47	0,22
	III	49,5"		1,38"	1,90"		0,66	0,43
	IV	32,0"		1,25"	1,56"		0,53	0,28
			[d] = 2,88		[d]² = 8,29		[v] = 0	
3ª série	I	00,0"		0,00"	0,00"		-0,22	0,04
	II	15,5"		2,75"	7,56"		2,53	6,40
	III	52,0"		-1,12"	1,25"		-1,34	1,79
	IV	34,0"		-0,75"	0,56"		0,97	0,94
			[d] = 0,88		[d]² = 0,77		[v] = 0	
4ª série	I	00,0"		0,00"	0,00"		0,405	0,16
	II	20,5"		-2,25"	5,06"		-1,845	3,38
	III	50,5"		0,38"	0,14"		0,785	0,61
	IV	33,0"		0,25"	0,06"		0,655	0,42
			[d] = -1,62		[d]² = 2,62		[v] = 0	
			[dd] = 19,65	Σ [d]² = 12,45	[v v] = 16,48			