



Topografia e Georreferenciamento

Topografia e georreferenciamento

José Venâncio Marra Oliveira
Adriane Nunes Pereira

© 2018 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente

Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Ana Lucia Jankovic Barduchi

Camila Cardoso Rotella

Danielly Nunes Andrade Noé

Grasiele Aparecida Lourenço

Isabel Cristina Chagas Barbin

Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

João Carlos dos Santos

Marcia Loureiro Paulo De Oliveira

Editorial

Camila Cardoso Rotella (Diretora)

Lidiane Cristina Vivaldini Olo (Gerente)

Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)

Letícia Bento Pieroni (Coordenadora)

Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O48t Oliveira, José Venâncio Marra
Topografia e georreferenciamento / José Venâncio
Marra Oliveira, Adriane Nunes Pereira. – Londrina : Editora e
Distribuidora Educacional S.A., 2018.
208 p.

ISBN 978-85-522-0731-3

1. Topografia. 2. Georreferenciamento. I. Oliveira, José
Venâncio Marra. II. Pereira, Adriane Nunes. III. Título.

CDD 620

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2018

Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza

CEP: 86041-100 – Londrina – PR

e-mail: editora.educacional@kroton.com.br

Homepage: <http://www.kroton.com.br/>

Sumário

Unidade 1 Introdução à topografia e aos equipamentos topográficos	7
Seção 1.1 - Conceitos gerais de topografia	9
Seção 1.2 - Teodolito	22
Seção 1.3 - Estação total	34
Unidade 2 Referências geodésicas e topográficas	51
Seção 2.1 - Datum geodésico	53
Seção 2.2 - Sistema geodésico de referência	68
Seção 2.3 - Sistemas e transformação de coordenadas	79
Unidade 3 Planialtimetria	99
Seção 3.1 – Planimetria e altimetria	101
Seção 3.2 – Levantamento topográfico: planimétrico	114
Seção 3.3 – Levantamento topográfico: altimétrico	130
Unidade 4 Noções de geomática	151
Seção 4.1 - Cartografia	153
Seção 4.2 - Sensoriamento e SIG	171
Seção 4.3 - Sistema de posicionamento global - GPS	188

Palavras do autor

Olá, seja bem-vindo!

Nesse material, iremos abordar a Topografia e o Georreferenciamento, disciplina e área que são comumente aplicadas no mercado em áreas diversas como, atualização de área, locação de obras civis, geração de perfis de rodovias, geração de curvas de nível, cortes e aterros, cadastro urbano, loteamentos etc. Nesta disciplina, serão apresentadas as seguintes unidades: Introdução à Topografia e aos Equipamentos Topográficos e Planialtimetria.

A primeira unidade apresentará os conceitos gerais de Topografia e instruções referentes ao uso dos equipamentos Teodolito e Estação Total. Já a segunda unidade, apresentará a planimetria e a altimetria, o levantamento topográfico planimétrico e o levantamento topográfico altimétrico. Ao finalizar esta disciplina, você terá adquirido as habilidades técnicas e irá adquirir um senso crítico relacionado à Topografia, além de conhecer as aplicações técnicas de levantamento topográfico, os cuidados a serem tomados com os equipamentos e os cálculos a serem realizados após o levantamento de campo.

De acordo com a Legislação, para executar o Georreferenciamento de imóveis rurais, os profissionais devem estar registrados no sistema CONFEA/CREA e com suas responsabilidades em dia, ter atribuições de Georreferenciamento em sua formação e solicitar credenciamento junto ao INCRA. Os profissionais que se enquadram às atribuições são: Engenheiros Agrimensores, Engenheiros Cartógrafos, Engenheiros Agrimensores e Cartógrafos, Tecnólogos e técnicos dessa modalidade. Os profissionais que não possuem tais atribuições como: Engenheiro Agrônomo, Engenheiro Civil, Engenheiro Fortificação e Construção Civil, Engenheiro Agrícola, Geógrafo, Geólogo, Arquiteto e Urbanista etc. podem obter atribuições por meio de um curso de aperfeiçoamento profissional para nível médio e, após a conclusão do curso e a obtenção da nota junto ao CREA, que emitirá uma declaração de extensão das atribuições profissionais, poderão solicitar o credenciamento junto ao INCRA.

Nós, engenheiros, arquitetos e técnicos, nos deparamos com situações que interferem diretamente no andamento de algum trabalho, seja este em escritório ou em campo. A Topografia possui diversas aplicações que são de grande importância em várias áreas, por exemplo, levantamento de curvas de nível, cortes e aterro, alocação de obras civis, dimensionamento de barragens, perfis de rodovias, levantamento cadastral, levantamento de detalhes arquitetônicos entre outros.

A Topografia e o georreferenciamento têm como objetivo determinar geometricamente objetos sobre a superfície terrestre de forma que estejam condizentes com a realidade. A precisão em que estes objetos serão projetados influenciará diretamente no andamento de projetos e obras de engenharia.

O objetivo de estudo da disciplina será abordar os conceitos gerais de Topografia, apresentar os equipamentos teodolito e estação total, os métodos de levantamento planimétrico e altimétrico em campo, assim como os procedimentos de execução em campo, cálculos e correções em escritório.

Lembre-se de que é importante se dedicar ao estudo da disciplina, pois a garantia da precisão e acurácia do levantamento topográfico, aplicado em qualquer tipo de obra civil e georreferenciamento de imóveis rurais, determinará o seu profissionalismo, a sua ética e principalmente a qualidade dos produtos gerados.

Venha conosco solucionar as dúvidas e os problemas que ocorrem no trabalho de Topografia! Você não irá se arrepender. Boa sorte e bons estudos!

Introdução à topografia e aos equipamentos topográficos

Convite ao estudo

Prezado aluno, iremos abordar nesta unidade a aplicação da Topografia a partir de um exemplo prático. Com isso, tomaremos como exemplo o georreferenciamento de imóveis rurais, que utiliza os principais conceitos de Topografia, os equipamentos teodolito e estação total, as operações e cuidados que devem ser tomados com o equipamento em campo, o processamento em escritório e avaliação, os possíveis problemas e suas resoluções. A abordagem parte de um contexto no qual você trabalha em uma empresa especializada em topografia e meio ambiente, além de executar consultorias para órgãos públicos e privados. A empresa possui, para o levantamento, um teodolito digital e duas miras graduadas; quando há necessidade, aluga-se uma estação total. Um fazendeiro, dono de uma área de café na região de Patrocínio-MG, procurou a empresa. Ele necessita rapidamente da atualização das áreas de preservação permanente (APP), da área cultivada e da área total da fazenda para receber certificação de qualidade e selo verde. O pré-requisito para tal certificação é que a área de APP esteja dentro das normas da Lei do Novo Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, pois esse fator agrega valor ao seu produto, neste caso o café. A área da fazenda é retangular e em seu interior possui duas áreas com café, as quais também possuem formas regulares, sendo um pivô central e um talhão trapezoidal. A área do pivô central está localizada na parte plana da fazenda. Já a área trapezoidal se encontra em uma região da fazenda onde o relevo possui uma variação de nível considerável. A fazenda possui um corpo de água, um ribeirão com aproximadamente 4 metros de comprimento de

largura, que fornece água para o pivô central e está localizado na confrontação com outra fazenda. Esta mesma fazenda confrontante possui um marco geodésico na divisa, no qual está referenciado o Sistema de Referência SIRGAS 2000, possui coordenadas geográficas e planas (UTM). Para conseguir estas informações do marco geodésico, você procurou o responsável pelo levantamento e conseguiu as coordenadas geográficas e planas (UTM). Vale ressaltar que a precisão para os vértices situados na fazenda deve estar de acordo com o que é proposto pela NORMA TÉCNICA PARA GEORREFERENCIAMENTO DE IMÓVEIS RURAIS/3ª Edição, elaborada pelo INCRA. A fazenda foi georreferenciada há cinco anos e sua documentação se encontra no Cartório de Registro de Imóveis de Patrocínio. Para iniciar o levantamento, você deve planejá-lo. Tendo por base os seus conhecimentos gerais de topografia, você deve utilizar seu equipamento (teodolito); caso exista necessidade para agilizar o levantamento, você deverá alugar uma estação total. É muito importante que você entenda esses fundamentos, para conseguir utilizar todo o potencial das geotecnologias. Nessa unidade, iremos lhe ajudar a entender os fundamentos da Topografia, para que possa utilizá-los da melhor maneira possível. Bons estudos e vamos lá!

Seção 1.1

Conceitos gerais de topografia

Diálogo aberto

Prezado aluno,

Nesta seção, iremos abordar a história, os conceitos gerais e a importância da Topografia, os tipos de levantamentos topográficos e suas aplicações. Para sedimentarmos o conhecimento embasado, partiremos de uma situação-problema que decorre de um levantamento topográfico: o georreferenciamento de um imóvel rural. Esta aplicação dependerá dos principais conceitos de Topografia, dos cuidados que devem ser tomados em campo e escritório e da resolução dos possíveis problemas. Previamente, você deverá explicar para seu cliente (fazendeiro) o levantamento topográfico e os possíveis problemas, visto que seu papel é convencê-lo de que está apto a executar o trabalho e entregar no prazo. Vale lembrar que o fazendeiro deverá auxiliar na identificação dos limites da fazenda. Você deverá ter em mãos a escritura ou a matrícula da fazenda, referente ao georreferenciamento executado anteriormente, no qual consta a área da fazenda, para base de comparação. A partir do conhecimento adquirido nesta seção, você deverá responder às seguintes questões: Qual a importância da topografia para o georreferenciamento de imóveis rurais? Quais equipamentos podem ser utilizados para esse tipo de levantamento? Quais são os tipos de levantamentos topográficos que poderão ser utilizados?

Fique tranquilo! Abordaremos o assunto de forma que você possa entender os conceitos e responder a essas e outras dúvidas e questionamentos que irão surgir nas aulas.

Não pode faltar

História da topografia

Para entendermos a Topografia, precisaremos abordar a sua história e os conceitos envolvidos. Descrever as formas e as

dimensões da superfície terrestre sempre foi algo que intrigou o homem. As antigas civilizações acreditavam que a Terra era uma superfície plana, porém, ao longo dos tempos, essa crença foi derrubada a partir de observações e cálculos. Os primeiros registros históricos mostram que a Topografia poderia ter se iniciado no Egito, onde as medições eram feitas com cordas, que eram marcadas com distâncias unitárias (GHILANI; WOLF, 2013).

O grego chamado Eratóstenes foi um dos primeiros a calcular as dimensões da Terra. Por volta de 200 a.C., Eratóstenes observou, na cidade de Siena, no período de Solstício de Verão, que o sol ficava próximo do zênite, com isso era possível observar o fundo de um poço. Porém, percebeu que na mesma data e horário, na cidade de Alexandria, o Sol não estava próximo do zênite, isso por meio da sombra de um bastão posicionado na vertical. Eratóstenes assumiu que as duas cidades estavam em um plano meridiano comum e se ele pudesse medir o arco e o ângulo formado entre as cidades poderia determinar o raio da Terra (GHILANI; WOLF, 2013; SILVA; SEGANTINE, 2015).

Ele determinou o comprimento do arco por meio da média das distâncias de viagens entre as duas cidades, e o ângulo por meio do comprimento da sombra em proporção ao comprimento do bastão. Com isso, calculou o raio da Terra diferindo menos que 2% das medidas realizadas na atualidade por equipamentos precisos.

Posteriormente, filósofos gregos desenvolveram a geometria, que veio a ser aplicada na Topografia por Heron, reconhecido como o mais importante topógrafo entre os gregos e egípcios, por volta de 120 a.C. (GHILANI; WOLF, 2013).

De acordo com Ghilani e Wolf (2013), os romanos desenvolveram significativamente a arte da Topografia com equipamentos e técnicas de medição, que deu a eles suporte na construção e organização do Império. Por volta do século I viveu Frontino, um notável engenheiro e topógrafo, pioneiro na área; sua técnica permaneceu por vários anos. Inclusive, as técnicas romanas foram utilizadas pelos árabes até a Idade Média. No período entre os séculos XV e o XIX, a Topografia teve um avanço considerável, pois a busca por terras e limitações de fronteiras era intensa e de grande interesse dos países colonizadores, dessa forma, ocorreu uma grande geração de mapas.

No século XX, a Topografia teve grande importância e influência nos períodos de guerra, pois estimulou as demandas por mapas de grande exatidão para que as operações militares obtivessem sucesso. Também contribuiu para o avanço do programa espacial, que tinha inicialmente como objetivo desenvolver a defesa das potências mundiais da época, EUA e URSS (GHILANI; WOLF, 2013).

A partir da década de 1950, os instrumentos de Topografia tiveram uma grande evolução. Os teodolitos e os níveis mecânicos passaram por um avanço tecnológico, surgiram as estações totais que possibilitaram os registros das observações de forma automática e isso otimizou os trabalhos realizados em campo (SILVA; SEGANTINE, 2015).

A tecnologia GPS veio a ser incorporada na década de 1970, tornando-se um dos avanços tecnológicos mais importantes das últimas décadas (SEGANTINE, 2005; MONICO, 2008). Essa tecnologia foi se desenvolvendo ao longo dos tempos, assim como os equipamentos topográficos, oferecendo cada vez mais precisão, acurácia, agilidade e economia aos diferentes tipos de trabalho de campo que envolvem a ciência da Topografia.



Assimile

Exatidão (acurácia) e precisão possuem diferentes conceitos (ESPARTEL, 1987; GEMAEL, 1994; CINTRA, 1996; VEIGA et al., 2007).

Precisão: refere-se ao grau de refinamento ou consistência de um grupo de medidas e se avalia com base na magnitude das discrepâncias que tais medidas apresentam entre si. Se fizermos múltiplas medições sobre uma mesma grandeza e surgirem pequenas discrepâncias, isso reflete uma alta precisão. Assim, o grau de precisão de um conjunto de medidas depende do equipamento utilizado (condições plenas de uso) e da habilidade do observador (conhecedor dos métodos adequados e dos cuidados a tomar no momento de efetuar as medidas).

Exatidão: refere-se à aproximação das medidas de uma grandeza ao seu verdadeiro valor. Como não conhecemos o verdadeiro valor da grandeza medida, não podemos determinar a magnitude desta aproximação. Assim, é claro que a exatidão de uma medida diz respeito à presença de erros aleatórios.

Disponível em: <<http://topografia.paginas.ufsc.br/files/2014/09/Ajustamento-Cap5.pdf>>. Acesso em: 21 nov 2017.

Topografia e sua importância

Na antiguidade, a Topografia possibilitou definições das delimitações das porções territoriais e descrições do relevo a partir de métodos rudimentares de medição, por exemplo, a utilização de cordas, passos etc. Atualmente, a topografia é aplicada em diferentes tipos de trabalhos e desempenha um papel de grande importância nas áreas de Engenharia, Arquitetura, Agronomia entre outras, tornando-se, em grande parte, a base para uma obra civil (estradas, corte e aterro, terraplenagem etc.), em questões ambientais, cadastrais, judiciais etc.

Todos os engenheiros e técnicos que trabalham diretamente ou indiretamente com a Topografia devem ter em mente o conhecimento sobre os diferentes métodos de levantamento e equipamentos topográficos, além de se preocuparem com a precisão e a exatidão de um levantamento, pois definirão a qualidade e consistência do produto final, de acordo com os tipos de levantamento.



Refleta

Ao tratarmos de Topografia, devemos nos atentar às precisões adquiridas em um levantamento. Com isso, as unidades são de suma importância. Tendo por base essa afirmação, qual foi a causa da elaboração do Sistema Internacional de Medidas (SI) e por que se deve adotar as suas unidades em medidas? Quais as unidades atuais do SI? Quando o Brasil passou a adotar o SI?

Tipos de levantamentos topográficos

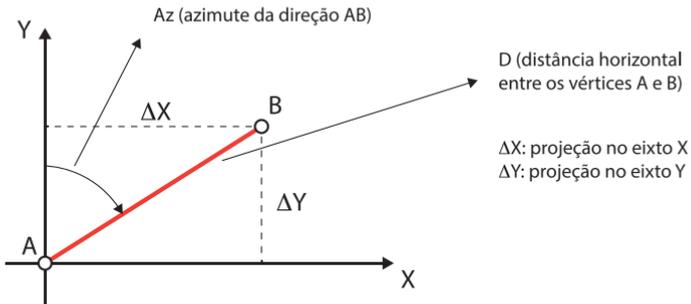
O levantamento topográfico possui por base de referência, para trabalho de campo e cálculos, o plano topográfico. Esse plano se constitui em uma área de aproximadamente 80 km^2 , sendo considerada a superfície plana. O plano topográfico é considerado tangente à superfície de referência terrestre (elipsoide ou esfera).

Normalmente são determinados pontos de controle em um levantamento e a partir deles são levantados os demais pontos que permitem visualizar a área de interesse. Os tipos de levantamentos topográficos podem ser subdivididos em: planimétricos, altimétricos e planialtimétricos.

No levantamento planimétrico, é necessário determinar as coordenadas planas dos pontos, ou seja, as coordenadas X e Y.

As projeções planas são obtidas em função das distâncias entre os vértices determinados; são orientadas pelo azimute ou rumo do alinhamento. A projeção em X é a representação entre dois vértices do alinhamento sobre o eixo das abscissas e a projeção em Y é a representação da mesma distância no eixo das ordenadas. A Figura 1.1 representa a projeção de X e Y no plano (ESPARTEL, 1987; CINTRA, 1996; VEIGA et al., 2007).

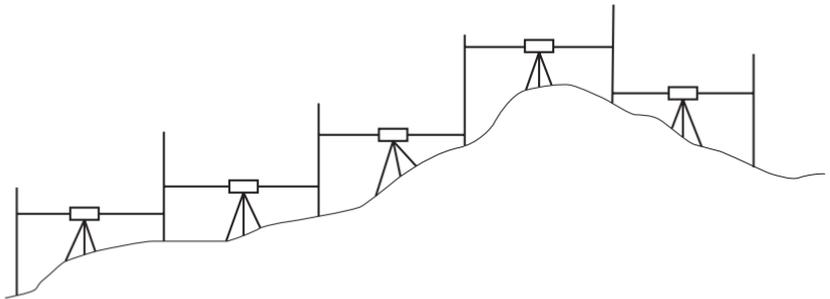
Figura 1.1 | Representação da projeção de X e Y no plano



Fonte: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2017.

O levantamento altimétrico tem por objetivo a determinação do valor de cota/altitude/coordenada Z, baseado em métodos que permitem obter o desnível entre pontos. Tendo um ponto de referência inicial é possível determinar as cotas ou altitudes por meio de técnicas de nivelamento, que permitem obter precisões milimétricas. A Figura 1.2 representa um exemplo de nivelamento geométrico (ESPARTEL, 1987; CINTRA, 1996; VEIGA et al., 2007).

Figura 1.2 | Representação de nivelamento geométrico

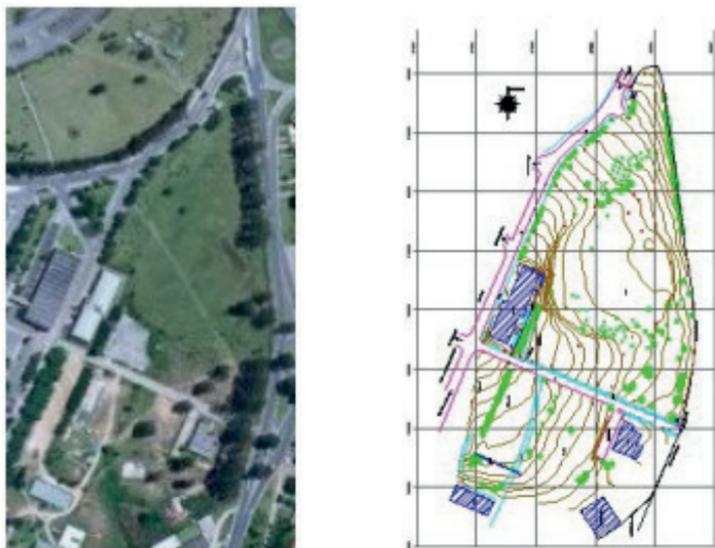


Fonte: <http://webpages.fc.ul.pt/~cmantunes/topog/TOPOGRAFIA_FCUL.pdf>. Acesso em: 9 out. 2017.

O levantamento planialtimétrico é a realização simultânea dos levantamentos planimétrico e altimétrico, cujo objetivo é realizar a medição de distâncias, ângulos e desníveis, ou seja, determinar as posições relativas aos pontos no terreno (ESPARTEL, 1987; CINTRA, 1996; VEIGA et al., 2007).

A Figura 1.3 representa um exemplo do resultado do levantamento planialtimétrico de uma área.

Figura 1.3 | Representação do resultado do levantamento planialtimétrico de uma área



Fonte: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2017.



Exemplificando

Cálculo do raio da Terra realizado por Eratóstenes:

Utilizando a seguinte relação trigonométrica em que: a razão entre a distância das cidades (S) e a circunferência da terra (C) é igual à razão do ângulo formado pelas cidades e o ângulo total da circunferência terrestre. Obs.: aqui estamos realizando os cálculos, considerando os ângulos expressos em radianos.

Para encontrarmos o ângulo θ necessitamos apenas conhecer o comprimento do bastão (L) e o comprimento de sua sombra (L') para conhecer o ângulo θ . Para isso é necessário lembrar-se do conceito

de tangente. O ângulo θ é igual a inversa da tangente da razão do comprimento do bastão (L) pelo comprimento de sua sombra (L').

Eratóstenes encontrou um ângulo de $7,2^\circ$. O valor de S, que é a distância entre as cidades de Siena até Alexandria, foi obtido pela multiplicação do número de passos dados de Siena até Alexandria pelos Bematistas do Rei, supondo-se que cada passo teria o mesmo tamanho. A distância encontrada foi de 5.000 estádios egípcias. Uma estádia egípcia equivale a 157,5 m.

Posteriormente, o raio da Terra foi calculado pela relação: Raio é igual a razão da circunferência (C) por 2π . O valor do raio da Terra encontrado é de 6.266,73 km. O valor do raio encontrado por Eratóstenes é próximo do valor real do raio da Terra, o que pode ser considerado um resultado excelente quando consideramos os recursos rudimentares utilizados na época para este cálculo.

Os tipos de equipamentos que podem ser utilizados em um levantamento topográfico (planimétrico e altimétrico) são: Teodolito, Estação Total, Nível, GNSS, GNSS com RTK, *Laser Scanner*, entre outros. Vale ressaltar que o equipamento deverá ser escolhido de acordo com a característica que corresponda ao tipo de levantamento. As aplicações são diversas; podemos citar, por exemplo, georreferenciamento de imóveis rurais, parcelamento territorial e urbano, dimensionamento de vias, corte e aterro, monitoramento e controle de estruturas, levantamento arquitetônico, locação de obras civis, usucapião etc.

Aplicações da topografia

As aplicações da Topografia variam de acordo com a necessidade das áreas específicas. Neste tópico serão abordadas, de maneira resumida, algumas classificações importantes para as aplicações da Topografia:

- Levantamentos de pontos de controle: têm por objetivo determinar uma rede de marcos horizontais e verticais, que são referência para outros levantamentos. Podem ser estabelecidos por técnicas tradicionais de levantamento ou utilização de equipamentos geodésicos.

- Levantamentos cadastrais e georreferenciamento: estabelecem as delimitações de propriedades rurais e urbanas, por meio de materialização de marcos e levantamento de detalhes.

- Levantamentos hidrográficos: descrevem as superfícies subaquáticas e profundidades de reservatórios de água, rios, lagos, oceanos.

- Levantamentos de alinhamentos: têm por objetivo fornecer informações para planejar, projetar e construir rodovias, ferrovias, tubulações, entre outros projetos lineares.

- Levantamentos *As-built*: têm por objetivo determinar os locais finais exatos de engenharia e registrar quaisquer mudanças de projeto. Normalmente chamado de locação de obra civil.

- Levantamentos de minas: têm por objetivo orientar túneis e outras operações de mineração.

- Usucapião: aplicação do parcelamento territorial urbano ou rural instituído pela Lei Federal n.º 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe que o parcelamento poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento e as diretrizes que abordam os problemas relacionados à sua aplicação. O Usucapião é uma forma de o possuidor adquirir uma propriedade, pela posse prolongada e ininterrupta de prazo estabelecido em lei, que varia de 5 a 15 anos, dependendo do caso. Usucapião é a forma de regularizar legalmente uma propriedade ocupada há anos sem registro ou sem escritura.



Pesquise mais

Para solucionar algumas dúvidas sobre a Topografia acesse o link disponível em: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2017

Sem medo de errar

Prezado aluno,

Agora vamos aplicar os conteúdos aprendidos nesta seção em nossa atuação profissional?

Lembre-se de que você trabalha em uma empresa especializada em Topografia e meio ambiente. Um fazendeiro, dono de uma área de café na região de Patrocínio-MG, procurou a empresa porque necessita rapidamente da retificação das áreas de preservação permanente (APP), da área cultivada e da área total da fazenda para

receber certificação de qualidade e selo verde. Previamente ao levantamento, você deverá explicar os conceitos gerais de Topografia para seu cliente (fazendeiro), visto que seu papel é convencê-lo de que está apto a executar o levantamento e entregar o serviço dentro do prazo. Agora vamos lá! Iremos ajudar você a resolver a situação.

Como vimos nesta seção, a Topografia é uma ciência que teve grande importância na história da humanidade e sofreu diversas modificações nas técnicas de medições ao longo dos tempos e uma grande evolução com o advento da tecnologia.

Você pode realizar buscas em referências bibliográficas, por exemplo, livros, artigos e normas de levantamento topográfico que embasam a temática de georreferenciamento para sedimentar o conhecimento e assim partir para o trabalho de campo. Bom, iremos responder às questões a seguir que são primordiais para seu conhecimento.

Qual a importância da Topografia para o georreferenciamento de imóveis rurais?

A Topografia possui papel fundamental no georreferenciamento de imóveis rurais, pois fornece dados precisos obtidos por meio de suas técnicas e instrumentos topográficos/geodésicos. O georreferenciamento é o processo pelo qual se executa um levantamento topográfico, materializando as divisas por meio de marcos que recebem coordenadas geográficas (latitude e longitude), corrigidas em relação às estações pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) e com nível de precisão inferior a 50 cm. Esse processo deve ser executado por profissionais qualificados e credenciados pelo INCRA.

Quais tipos de equipamentos podem ser utilizados no levantamento e suas aplicações?

Os tipos de equipamentos que podem ser utilizados em um levantamento topográfico são: Teodolito, Estação Total, Nível, GNSS, GNSS com RTK, *Laser Scanner*, entre outros. Vale ressaltar que o equipamento deverá ser escolhido de acordo com a característica que corresponda ao tipo de levantamento. As aplicações são diversas; podemos citar, por exemplo, georreferenciamento de imóveis rurais, parcelamento territorial e urbano, dimensionamento de vias, corte e aterro, monitoramento e controle de estruturas, levantamento arquitetônico, locação de obras civis etc.

Parcelamento territorial urbano

Descrição da situação-problema

Prezado aluno,

Agora iremos abordar outro aspecto que envolve intrinsecamente a Topografia. Casos de processos judiciais são constantes nos municípios quando se trata de parcelamento territorial urbano. O modelo de parcelamento do solo urbano vigente no Brasil foi instituído pela Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe que o parcelamento poderá ser feito mediante loteamento ou desmembramento, e as diretrizes que abordam os problemas relacionados à sua aplicação. Tendo por base essa informação, supõe-se que você trabalha na área de Agrimensura, na cidade de São Paulo-SP, e possui competência para realizar levantamentos que envolvam parcelamento territorial urbano. Tendo em vista que a cidade de São Paulo possui uma das maiores valorizações territoriais do Brasil, com valor aproximado de R\$ 8.000,00, você foi contratado para realizar um parcelamento de um lote trapezoidal, fruto de herança, e este deve ser dividido entre dois irmãos. Porém, este lote foi invadido há seis anos por quatro famílias que se dividiram dentro do lote. Você deverá sedimentar o conhecimento da lei que aborda o parcelamento territorial urbano e tentar resolver este problema da melhor forma possível. Qual seria o nome da problemática do lote? Como resolver este problema? Seria possível realizar a divisão do lote? Se for possível, como seria o seu planejamento de campo para executar o levantamento?

Resolução da situação-problema

No contexto desta seção, foi abordado que a Topografia pode ser aplicada em diversas áreas e solucionar diversos problemas. Vimos também que o planejamento é uma das principais etapas de um levantamento topográfico. Neste problema de parcelamento territorial urbano, você deverá estar habilitado a executar todo o processo dentro do que é exposto na lei. O nome da problemática exposta anteriormente é um caso de Usucapião, que é uma forma de adquirir a propriedade por exercer sobre ela posse prolongada

e ininterrupta durante certo prazo, estabelecido em lei (5 a 15 anos, a depender do caso). Ele é a forma de regularizar legalmente em seu nome a propriedade que já ocupa há anos sem registro ou escritura. Caso queira vender, fazer um financiamento ou loteamento, é necessário que esteja legalmente em seu nome. Para resolver este problema é necessário que os irmãos entrem em um processo judicial de desocupação da área. Caso as famílias entrem com a documentação para adquirir a área via Usucapião, será necessário ir diretamente ao cartório quando não houver litígio, quando obtiver o acordo entre as partes, e o pedido deve ser fundamentado, para comprovar se as famílias realmente ocupam a área há seis anos. O lote será passível de ser levantado a partir do momento em que a questão judicial esteja resolvida. Caso o lote seja passível de ser levantado e executar o parcelamento, devem-se seguir os seguintes passos:

- Planejamento de campo e escritório:

1. Analisar a área do terreno.
2. Equipamentos: estação total, prismas, tripé, bastões, trena, bússola, caderneta e estacas.
3. Medição em campo: instalar a estação total sobre um ponto de coordenadas conhecidas, e realizar uma poligonal até o terreno. Partindo dessa poligonal, os vértices do lote serão levantados.
4. Levantar a área total e a área interna que está sob o processo de Usucapião.
5. Processar os dados da estação em escritório, corrigindo os dados e obter o valor da área retificado do lote.
6. Plotar as áreas em um SIG (Sistema de Informações Geográficas), *Topograph* (software de topografia) ou AutoCAD.
7. Avaliar a matrícula do imóvel, para conferir o valor da área do lote.
8. Executar o desmembramento dos lotes.
9. Registrar, no cartório de Registro de Imóveis, as duas matrículas; em geral, essa situação é de responsabilidade do proprietário.

Faça valer a pena

1. Desde os primórdios da humanidade, o homem busca conhecer e mapear as diferentes regiões da Terra. Com isso, a topografia é uma ciência fundamental e necessária para representar as formas e dimensões do planeta.

Em relação à história da topografia, qual personagem da história conseguiu descobrir um valor aproximado do raio da Terra?

- a) Aristóteles.
- b) Eratóstenes.
- c) Frontino.
- d) Pitágoras.
- e) Von Piso.

2. Precisão é geralmente confundida com outros termos utilizados em medições, tais como exatidão, resolução e sensibilidade. A fonte desta confusão torna-se evidente quando encontramos a definição de precisão no dicionário como “a qualidade de ser preciso; exatidão, acuidade etc.”.

Exatidão e precisão seriam respectivamente:

- a) A exatidão de uma série de medições é uma medida da concordância entre determinações repetidas. A precisão de uma medida é a distância estimada entre a distância medida e um valor “verdadeiro”.
- b) A exatidão de uma medida é chamada “capacidade de leitura”. A precisão é uma medida da “fineza do detalhe revelado” pelo instrumento de medida.
- c) A precisão de uma medida é a distância estimada entre a medida e um valor “verdadeiro”. A exatidão de uma série de medições é uma medida da concordância entre determinações repetidas.
- d) A exatidão de uma medida da menor quantidade mensurável por um instrumento particular. A precisão é uma medida da “fineza do detalhe revelado” pelo instrumento de medida.
- e) A exatidão de uma medida é a distância estimada entre a medida e um valor “verdadeiro”. A precisão de uma série de medições é uma medida da concordância entre determinações repetidas.

3. Os trabalhos de topografia podem ser executados a partir de diferentes técnicas de levantamento topográfico. O que possibilita determinar o tipo de técnica a ser utilizada é a especificidade e o objetivo do trabalho de campo.

As técnicas de levantamento topográfico: planimetria, altimetria e planialtimetria referem-se respectivamente a:

- a) Determinar as coordenadas polares X e Y em função de ângulos; determinar a coordenada Z no espaço; união de planimetria e altimetria.
- b) Determinar as coordenadas X, Y e Z; descrever o espaço; união de planimetria e altimetria.
- c) Descrever o espaço; determinar as coordenadas X, Y e Z; união de planimetria e altimetria.
- d) Determinar as coordenadas planas X e Y em função de ângulos e distâncias; determinar a coordenada Z no espaço; união de planimetria e altimetria.
- e) Determinar a coordenada Z no espaço; determinar as coordenadas polares X e Y em função de ângulos; união de planimetria e altimetria.

Seção 1.2

Teodolito

Diálogo aberto

Prezado aluno, nesta seção iremos abordar o teodolito, os métodos de operação, os cuidados com o equipamento, o planejamento e levantamento de campo, os cálculos e as correções. Para sedimentarmos o conhecimento embasado nesta seção, iremos partir de uma situação-problema decorrente de um georreferenciamento de imóvel rural, que será executado com o teodolito. Como dito na seção anterior, é importante embasar os conceitos de Topografia com os cuidados que devem ser tomados em campo e no escritório, bem como eventuais problemas. Lembrando que, previamente à etapa de execução de campo, você deverá explicar para o proprietário do imóvel rural o levantamento topográfico e os possíveis problemas, visto que seu papel é convencê-lo de que está apto a executar o trabalho com o teodolito e entregá-lo no prazo. Vale lembrar que o proprietário do imóvel rural deverá auxiliar na identificação dos limites da fazenda. Você deverá ter em mãos a escritura ou a matrícula do imóvel referente ao georreferenciamento executado anteriormente, em que conste a área do imóvel, como base de comparação. Essa primeira etapa deverá sanar algumas dúvidas, porém o fazendeiro o questiona sobre a execução do levantamento para retificação da área utilizando o teodolito. Reflita sobre os métodos de operação do equipamento e cuidados que devem ser tomados. A seguir, reflita se o método da Taqueometria obtém precisão e agilidade no levantamento. Qual a importância do planejamento para o levantamento de campo? A precisão obtida no levantamento está dentro do que é estabelecido pela norma do INCRA? Fique tranquilo! Nesta seção, abordaremos o assunto de forma que você possa entender os conceitos e responder a essas e outras dúvidas e questionamentos que irão surgir nas aulas.

Teodolito – Métodos de operação e cuidados

Os teodolitos são equipamentos que permitem realizar medições de ângulos verticais e horizontais, necessários para a determinação de ângulos externos ou internos de uma poligonal e determinar a posição de elementos irradiados em um levantamento (ESPARTEL, 1987; CINTRA, 1996; GHILANI e WOLF, 2013; SILVA e SEGANTINE, 2015).

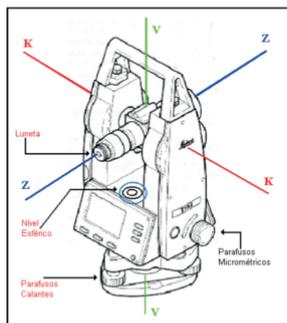
Os teodolitos são classificados de acordo com sua precisão angular (baixa, média e alta), de acordo com sua utilização (topográficos, geodésicos e astronômicos) e quanto à sua forma (óptico-mecânicos e digitais). A Figura 1.4 apresenta um teodolito.

Os elementos principais que compõem os teodolitos óptico-mecânicos e digitais são:

- Sistema de eixos: eixo vertical (VV), eixo de colimação (ZZ) e eixo secundário (KK).
- Luneta de visada.
- Limbos.
- Nível esférico (nível de bolha).
- Parafusos calantes.
- Parafusos micrométricos.
- Base nivelante.

Os sistemas de eixos são concorrentes em um único ponto, sendo este o vértice dos ângulos medidos.

Figura 1.4 | Teodolito



Fonte: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

Os principais métodos de operação do equipamento para obter uma boa qualidade nos dados a serem coletados são (GHILANI; WOLF, 2013):

1. Posicionar o tripé com a sua base sobre o ponto de interesse.
2. Instalar o instrumento sobre a base do tripé.
3. Posicionar o instrumento sobre o ponto.
4. Nivelar o instrumento por meio dos parafusos calantes.
5. Ligar o instrumento para as leituras dos ângulos, caso o equipamento seja digital.
6. Posicionar a mira estadimétrica sobre o ponto a ser visado – uma pessoa deve auxiliar o operador nessa etapa. Esta mira deve estar nivelada a partir de um nível de bolha.
7. Medir a altura do instrumento por meio de trena.
8. Orientar o teodolito no Norte magnético com o auxílio de uma bússola de precisão – zerar o ângulo horizontal a partir do Norte, com isso se obtém o Azimute.
9. Realizar leitura dos ângulos horizontais e verticais – para obter controle e adquirir precisão no levantamento, devem-se realizar visadas sucessivas do alvo, realizar a média e adotar o valor da média.
10. Anotar os ângulos verticais e horizontais, os valores dos fios (superior, médio e inferior). Vale ressaltar que é importante conferir o valor do fio médio a partir da média dos valores do fio superior e inferior.

Para operar o instrumento, o operador deve tomar vários cuidados com a sua manipulação, como:

1. O mesmo operador deve manipular o instrumento em todo o levantamento para não causar erros graves.
2. O instrumento deve estar nivelado, com isso, deve-se conferir se continua nivelado quando executadas as leituras.
3. O instrumento deve ser conservado em local seco.
4. Ter cuidado ao manusear o instrumento quando for mudá-lo de posição.

5. Executar a aferição do instrumento para não causar erros sistemáticos consideráveis.
6. Ter cuidado para não desnivelar o equipamento ao manipulá-lo e não causar possíveis erros aos dados.
7. Ter cuidado com a régua estadimétrica.
8. Ter cuidado com a condição climática ao executar o levantamento etc.



Assimile

Aspectos fundamentais a serem utilizados com o teodolito:

- A acurácia dos valores medidos com o instrumento deve se adequar às condições do projeto;
- O instrumento deve estar adequado às condições de precisão e controle de qualidade para as medições, sem a necessidade de realizar manutenções, bastando somente aferi-lo;
- O instrumento deve ter uma interface de uso simples, garantindo que o usuário possa utilizá-lo sem dificuldade, além de ser robusto para utilização em situações adversas;
- Verificar a qualidade do instrumento e dos acessórios a serem utilizados, prezando pela qualidade dos mesmos.
- Azimute – pode ser obtido a partir do Norte magnético (ângulo formado entre o Norte magnético e o alinhamento do ponto visado) ou por meio de dois pontos de coordenadas conhecidas ($Az = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y}$, em que ΔX é a diferença das coordenadas

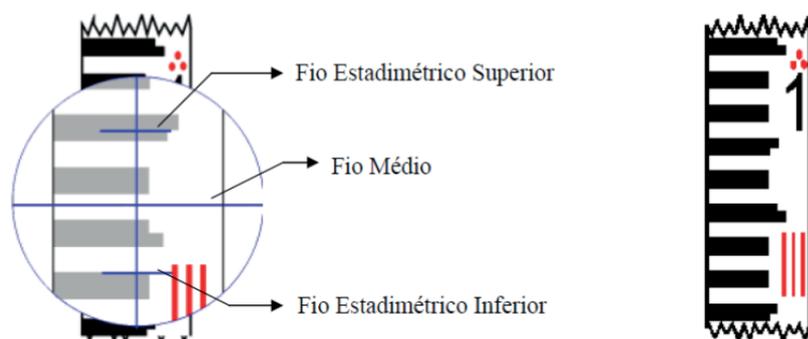
planas em X e ΔY é a diferença das coordenadas planas em Y). Dessa forma, você orienta sua poligonal e seus pontos irradiados em campo.

Taqueometria

Taqueometria ou estadimetria é um procedimento de levantamento de campo que tem por base a utilização de teodolitos, os quais realizam medições de ângulos horizontais e verticais e leituras de valores em miras estadimétricas, para o cálculo da distância (ESPARTEL, 1987; CINTRA, 1996; VEIGA et al. 2007; VEIGA et al. 2012; GHILANI; WOLF, 2013).

As miras estadimétricas são réguas graduadas com resolução centimétrica. O intervalo entre o espaço branco ou preto equivale a um centímetro, os valores milimétricos devem ser estimados (VEIGA et al., 2007; VEIGA et al., 2012). O valor de um metro é identificado por um ponto vermelho ou em números romanos, como mostra a Figura 1.5:

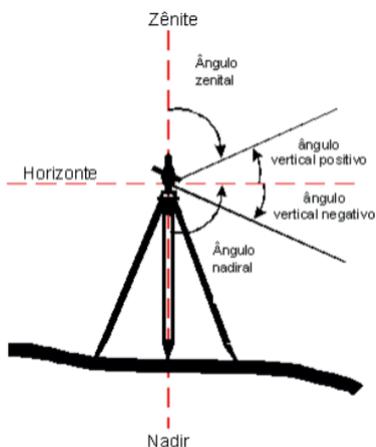
Figura 1.5 | Mira estadimétrica



Fonte: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

A obtenção das distâncias horizontal e inclinada, por meio da Taqueometria, tem por necessidade executar leituras em uma mira estadimétrica, obter os ângulos zenital (Z) e vertical (V) e o valor da constante estadimétrica (K). A Figura 1.6 apresenta o ângulo zenital:

Figura 1.6 | Teodolito – Ângulo zenital



Fonte: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.

Os cálculos de distância por meio da Taqueometria serão apresentados a seguir no tópico Cálculos e Correções.



Refleta

O uso da Taqueometria geralmente é feito em levantamentos que exigem menor precisão: nivelamento expedito, perfis e seções transversais, poligonais secundárias. Mesmo sendo um método simples de levantamento, é importante utilizar uma referência de observação. Se uma bússola não está disponível no momento de iniciar um levantamento, como pode ser realizada a orientação do equipamento? A orientação do instrumento feita de outra forma, que não seja o Norte magnético, pode inviabilizar o trabalho realizado?

Planejamento e levantamento de campo

Para que o levantamento de campo seja realizado de forma correta e com qualidade, todas as etapas devem ser planejadas. Inicialmente, cada etapa a ser considerada deve estar bem clara a respeito de quais procedimentos deverão ser tomados. Um *check-list* deve ser criado para se ter um controle do que está ocorrendo no seu trabalho, contendo todas as atividades e informações dos instrumentos a serem utilizados.

Geralmente, em trabalhos de campo, deve ser analisado o local do trabalho para verificar quais tipos de equipamentos devem ser utilizados, os acessórios necessários para levantamento, além dos cuidados a serem tomados.



Exemplificando

Os procedimentos para a medição com teodolito podem ser resumidos em:

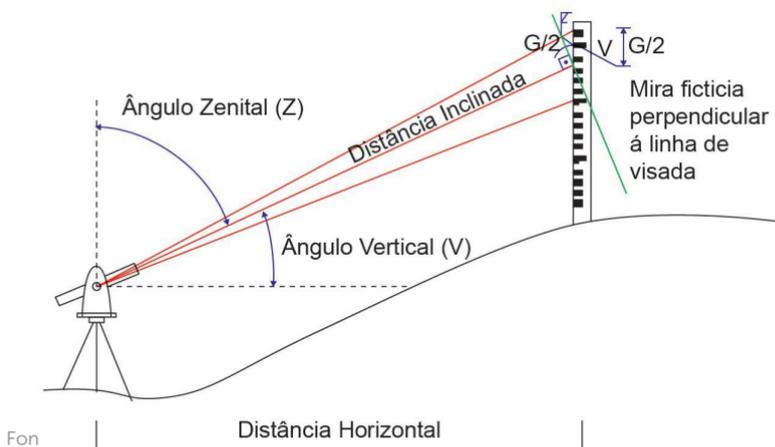
1. O tripé deve ser aberto e posicionado sobre o ponto.
2. Cravar as pontas do tripé, para que o mesmo fique firme durante as medições.
3. A base do tripé deve estar nivelada na horizontal e o tripé deve estar posicionado de forma que possibilite visualizar o ponto.
4. O teodolito deve ser retirado com cuidado da caixa (estojo).
5. Importante deixar o estojo fechado durante o levantamento.

6. Fixar o equipamento sobre o tripé.
7. Centrar o equipamento sobre o ponto por meio fio de prumo, fio de prumo óptico ou a laser.
8. Nivelar o equipamento antes da medição – deve ser realizado o nivelamento grosseiro por meio do nível esférico e, posteriormente, o nivelamento fino, ou seja, nivelar os níveis tabulares ou digitais.
9. Após a bolha calada, deve-se girar o equipamento a **90°** de forma que o nível tabular esteja ortogonal à sua posição.
10. Conferir a centragem do equipamento sobre o ponto; caso esteja fora, centralizar e novamente nivelar o equipamento. Repete-se esse procedimento até que o equipamento esteja calado e centrado sobre o ponto.
11. Realizar as medições (observações) em campo.

Cálculos e correções

A Figura 1.7 apresenta uma exemplificação de leitura em mira estadimétrica para a determinação das distâncias inclinada e horizontal por meio da estadimetria (Taqueometria). Essa exemplificação servirá de base para a realização dos cálculos de distância.

Figura 1.7 | Determinação da distância - Taqueometria



Para a determinação das distâncias são utilizadas as seguintes fórmulas (CINTRA, 1996; VEIGA et al., 2007; VEIGA et al., 2012):

- Cálculo da distância inclinada utilizando ângulo zenital:

$$\text{sen}Z = \frac{\frac{G'}{2}}{\frac{G}{2}} \quad (1)$$

$$G' = G \cdot \text{sen}Z \quad (2)$$

$$Di = G' \cdot K \quad (3)$$

- Cálculo da distância horizontal utilizando ângulo zenital:

$$\text{sen}Z = \frac{Dh}{Di} \quad (4)$$

$$Dh = Di \cdot \text{sen}Z \quad (5)$$

$$Dh = G \cdot K \cdot \text{sen}^2Z \quad (6)$$

- Cálculo da distância horizontal utilizando ângulo vertical:

$$Dh = G \cdot K \cdot \cos^2V \quad (7)$$

Em que:

G - Número gerador da mira real (Leitura Superior - Leitura Inferior);

G' - Número gerador da mira fictícia;

Z - Ângulo zenital;

V - Ângulo vertical;

Di - Distância inclinada;

Dh - Distância horizontal;

K - Constante estadimétrica do equipamento.

Leituras de Pontaria Direta (PD) e Pontaria Inversa (PI): nessa última deve-se girar o equipamento 180° no eixo horizontal e 180° na luneta (eixo vertical). Em um alvo fixo, é possível obter o ângulo zenital sem erro de verticalidade do instrumento, de acordo com Veiga et al. (2012) – (equação 8):

$$Z = \frac{360^\circ + Z_{PD} - Z_{PI}}{2} \quad (8)$$

O erro de verticalidade (ε) é calculado por meio da equação 9:

$$\varepsilon = \frac{360^\circ - (Z_{PD} + Z_{PI})}{2} \quad (9)$$

Pode-se corrigir o ângulo zenital lendo somente em PD, como mostra a equação 10:

$$Z = Z_{PD} + \varepsilon \quad (10)$$

Sem medo de errar

Prezado aluno,

Que tal aplicarmos os conteúdos aprendidos nesta seção em nossa atuação profissional?

Você trabalha em uma empresa especializada em topografia e meio ambiente e foi procurado para realizar uma retificação de uma área de APP de uma propriedade rural produtora de café na cidade de Patrocínio-MG. Nesse levantamento, você deverá utilizar como equipamento um teodolito. Para que isso ocorra, os conceitos gerais de Topografia devem estar sedimentados, assim como os métodos e os cuidados com o equipamento em campo. Agora vamos lá! Iremos ajudar você a resolver a situação.

Já vimos nesta seção que o método da Taqueometria é um procedimento de levantamento de campo que tem por base a utilização de teodolitos, os quais realizam medições de ângulos horizontais e verticais e leituras de valores em miras estadimétricas, com resolução centimétrica, que são necessários para o cálculo da distância. Tendo por base o que foi discutido nesta seção, vamos responder as questões da situação-problema.

- O método da Taqueometria permite obter precisão e agilidade em um levantamento?

Sim, o método da Taqueometria possibilita alcançar a precisão em levantamentos, porém a agilidade e o manuseio do instrumento variam de acordo com a experiência do operador.

- Qual a importância do planejamento para o levantamento de campo?

Para realizar um levantamento de campo com qualidade, o seu planejamento deve ser bem elaborado. Deve ser criado um *checklist*

com todos os equipamentos que vão ser utilizados no levantamento de campo para não atrapalhar o andamento do trabalho de campo, além de conter todas as etapas a serem cumpridas e o croqui da área a ser levantada.

- A precisão do levantamento está dentro do que é estabelecido pela norma do INCRA?

A precisão dependerá de como foi a organização do operador e os cuidados que tomou em campo. Tomando por base que o levantamento para a retificação das áreas foi bem executado e obteve uma precisão posicional menor que 50 centímetros, a precisão estará de acordo com o que é estabelecido pela norma do INCRA.

Avançando na prática

Levantamento cadastral de detalhes

Descrição da situação-problema

Prezado aluno,

Agora vamos abordar outra aplicação prática da Taqueometria. Você foi contratado por uma empresa para realizar o levantamento cadastral de um terreno na cidade de Franca-SP e o proprietário deseja desmembrar este terreno para criar um loteamento. O terreno está localizado em uma região de declive acentuado. Para realizar o levantamento, a fim de que o projetista consiga entender a representação do solo, todos os detalhes existentes no local deverão ser registrados para definição do projeto do loteamento. Como se denomina o levantamento dos detalhes existentes em campo? Como seria o seu planejamento de campo para executar o levantamento? Se o levantamento dos detalhes não for orientado de maneira adequada, qual procedimento deve ser realizado para encontrar a orientação correta dos pontos irradiados?

Resolução da situação-problema

No contexto desta seção foram abordados os cuidados que devem ser tomados para a execução dos trabalhos de Topografia por meio da Taqueometria. Vimos que o planejamento é uma

das principais etapas de um levantamento topográfico. Dentro do problema de levantamento dos detalhes, o desenvolvimento realizado é denominado como levantamento de irradiações, e possui a finalidade de determinar pontos que definem o terreno.

Para realizar o levantamento de campo, é necessário analisar como está a situação do campo, verificar se os equipamentos estão adequados para realizar o levantamento, adotar um planejamento das etapas a serem realizadas e cumprir todas de acordo com a sua organização.

O ideal de um levantamento topográfico é sempre orientar os pontos para o Norte magnético, utilizando uma bússola de topógrafo, porém, se não existir essa possibilidade no momento do levantamento, você poderá executar a orientação por meio de dois pontos de coordenadas conhecidas no local do levantamento e, assim, obter o azimute inicial e os subsequentes, obtendo, também, a orientação dos pontos irradiados.

Faça valer a pena

1. A Taqueometria compreende uma série de operações que constituem um processo rápido e econômico para se obter dados que permitam a representação do relevo de um terreno. Seu desenvolvimento consiste em utilizar o teodolito pela utilização de leituras realizadas em uma mira com auxílio dos fios estadimétricos.

Quais informações são obtidas durante a operação de um teodolito ao realizar leitura em uma mira estadimétrica?

- a) Ângulo inclinado e distância horizontal.
- b) Distância vertical e ângulo inclinado.
- c) Ângulo vertical e ângulo horizontal.
- d) Ângulo vertical e distância inclinada.
- e) Ângulo horizontal e distância horizontal.

2. A medida entre dois pontos, em topografia, corresponde à medida da distância horizontal entre esses dois pontos, mesmo que o terreno seja inclinado. A medição de uma distância pode ser efetuada por processo direto, por processo indireto ou por processos eletrônicos.

Com um teodolito instalado em um ponto A e orientado para o Norte magnético, visualiza-se um ponto B, onde foram obtidas as seguintes informações de campo:

Ponto esta- cionado	Ponto visado	Ângulo horizontal	Ângulo vertical (V)	Fio inferior (m)	Fio médio (m)	Fio superior (m)
A	B	46°53'27"	07°23'15"	1,002	1,241	1,480

Considerar constante estadimétrica $K=100$.

Tendo por base essas informações, a distância horizontal entre os pontos A e B é de:

- 49,211 m
- 47,010 m
- 40,327 m
- 87,010 m
- 94,020 m

3. Em um levantamento de campo, foi realizada a coleta de todos os detalhes do terreno, a partir de um ponto de coordenadas conhecidas, que devem ser precisas. Com isso, o objetivo desse levantamento é obter o erro de verticalidade do equipamento e executar as correções do ângulo zenital.

Com um teodolito instalado em um ponto P, orientado para o Norte magnético, foram obtidas as seguintes leituras de PD e PI de um ponto irradiado em campo:

Ponto es- tacionado	Ponto visado	Ângulo zenital (PD)	Ângulo zenital (PI)	Ângulo horizon- tal	Fio in- ferior (m)	Fio médio (m)	Fio su- perior (m)
P	Irr1	86°53'21"	273°06'33"	46°53'27"	1,153	1,402	1,647

Considerar constante estadimétrica $K=100$.

Tendo por base essas informações, calcule o ângulo zenital corrigido, o erro de verticalidade e a distância horizontal (considere o ângulo zenital corrigido) entre os pontos P e Irr1. Selecione a alternativa correta:

- $Z_{\text{corrigido}} = 78^{\circ}25'24''$; $\varepsilon = 00^{\circ}00'10''$; $Dh = 53,255$ m
- $Z_{\text{corrigido}} = 96^{\circ}53'24''$; $\varepsilon = 00^{\circ}00'02''$; $Dh = 48,555$ m
- $Z_{\text{corrigido}} = 86^{\circ}53'24''$; $\varepsilon = 00^{\circ}01'03''$; $Dh = 49,255$ m
- $Z_{\text{corrigido}} = 86^{\circ}53'24''$; $\varepsilon = 00^{\circ}00'03''$; $Dh = 99,255$ m
- $Z_{\text{corrigido}} = 86^{\circ}53'24''$; $\varepsilon = 00^{\circ}00'03''$; $Dh = 49,255$ m

Seção 1.3

Estação total

Diálogo aberto

Prezado aluno, nesta seção iremos abordar como tema a estação total, e serão descritas as características do equipamento, as aplicações que podem ser desenvolvidas, o processamento dos dados – cálculos e correções, os cuidados operacionais, assim como os possíveis problemas que podem ocorrer em campo ou no escritório.

Para sedimentarmos o conhecimento embasado nesta seção vamos partir de uma situação-problema decorrente de um georreferenciamento de imóvel rural que será levantado com o teodolito, sendo posteriormente utilizada a estação total para agilizar o trabalho de campo. Os conceitos de Topografia, os cuidados que devem ser tomados em campo e no escritório, bem como os possíveis problemas, devem estar sedimentados em seu conhecimento para a realização deste trabalho.

Previamente ao trabalho de campo, você deverá explicar para o proprietário do imóvel rural como será executado o levantamento topográfico em campo e os possíveis problemas, visto que seu papel é convencê-lo de que está apto a executar o trabalho com o teodolito e entregar o trabalho no prazo. Caso o proprietário venha a exigir que o serviço seja agilizado, você deverá finalizar o levantamento com outro equipamento, seja por meio de estação total seja pelo uso da tecnologia GNSS.

Vale lembrar que o proprietário do imóvel rural deverá continuar a auxiliá-lo na identificação dos limites da fazenda da mesma forma, caso o equipamento seja alterado. Você deverá ter em mãos a escritura ou a matrícula da fazenda, referente ao georreferenciamento executado anteriormente, em que conste a área da fazenda, para base de comparação.

O fazendeiro procura a empresa em que você trabalha e exige que o trabalho seja finalizado o quanto antes. Você levantou, em dois dias, somente o pivô central utilizando o teodolito, no terceiro

dia o equipamento entra em pane e você perde um dia de serviço. Para agilizar o levantamento das outras áreas e concomitantemente obter a porcentagem de APP, você necessita alugar uma estação total, pois é o equipamento que entra no orçamento da empresa.

Tendo por base essa consideração, você deverá ter a capacidade de operar e conhecer as características de uma estação total, assim como as suas aplicações, os cálculos e o processamento dos dados, os cuidados operacionais e os possíveis problemas. Com isso, você deverá entregar os resultados dentro do prazo estabelecido.

Fique tranquilo! Nesta seção abordaremos o assunto de forma que você possa entender os conceitos e responder a essas e outras dúvidas e questionamentos que irão surgir nas aulas.

Não pode faltar

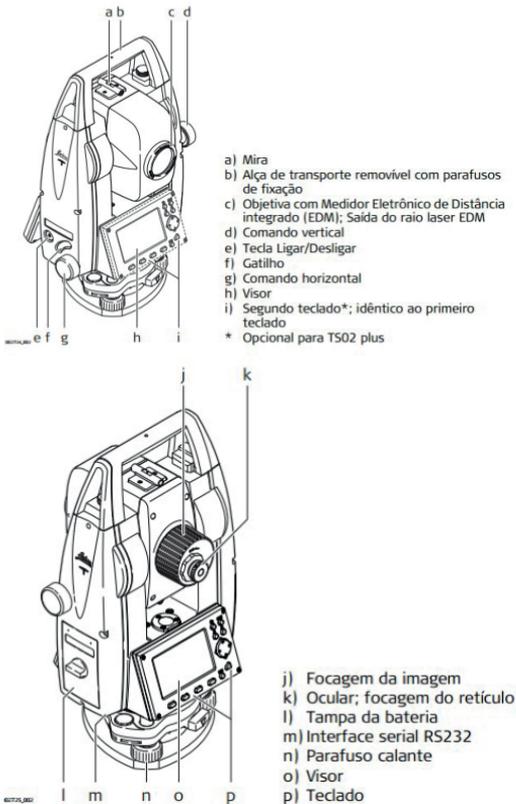
Estações totais e suas características

O advento da tecnologia possibilitou o aperfeiçoamento dos equipamentos topográficos, substituindo os dispositivos analíticos e analógicos, como, os teodolitos ópticos mecânicos por estações totais.

Todas as tarefas que eram realizadas por teodolitos, como medições de ângulos e leituras em miras estadimétricas, podem ser realizadas por estações totais de forma mais eficiente em trabalhos de campo, medindo distâncias e ângulos indiretamente, além de obter maior precisão e acurácia das informações coletadas (GHILANI; WOLF, 2013).

De acordo com Ghilani e Wolf (2013), as estações totais combinam três componentes principais em sua unidade integrada: a medição eletrônica da distância, a medição eletrônica de ângulos e um microprocessador interno. Esse conjunto de componentes permite calcular as distâncias horizontais e inclinadas, obter desníveis entre pontos, observar os ângulos verticais e horizontais, sendo possível a gravação das informações coletadas em campo (VEIGA et al., 2007; VEIGA et al., 2012). A partir dessas informações podem-se obter as coordenadas do terreno de forma automática e ao executar o processamento dos dados podem-se obter os parâmetros de correção e a precisão dessas informações. A Figura 1.8 apresenta uma estação total:

Figura 1.8 | Estação total



Fonte: Leica FlexLine plus ([s.d.], p. 20).

Segundo Veiga et al. (2012), as estações totais também permitem realizar correções no instante do levantamento por meio de algoritmos e aplicar de forma automática, nesse cálculo de correções, os condicionantes ambientais (temperatura ambiente, pressão atmosférica, umidade relativa) e a constante do prisma.

De acordo com Silva e Segantine (2015), as estações totais podem ser classificadas em:

- Estações totais para obras de construção civil – possuem programas dedicados a obras de construção civil, alcance de distâncias e precisões inferiores às demais estações (distâncias maiores que 1000 m e precisões angulares menores que 10", respectivamente), porém são resistentes à água e à poeira.

- Estações totais para levantamentos topográficos gerais – possuem maior capacidade que as estações para obras de construção civil, maior precisão (precisão angular entre 3" e 5", e precisão linear de 2 mm + 2 ppm) e mais funções, medem distâncias maiores entre 3000 m e 3500 m.
- Estações totais para levantamentos topográficos de precisão – nesses tipos de trabalho, raramente ultrapassam distâncias maiores que 2500 m como, por exemplo, em monitoramento de taludes de minas a céu aberto. Possuem precisão angular de 0,5" e precisão linear de 0,6 mm + 1 ppm.
- Estações totais robóticas – possuem mecanismos que possibilitam seu trabalho de forma automática, reconhecem os prismas e giram os eixos vertical e horizontal automaticamente; alguns equipamentos nivelam automaticamente. Esses equipamentos permitem monitorar estruturas, por serem automáticos, e obter precisões tão boas quanto as precisões das estações totais para levantamentos topográficos ou estações totais para levantamento topográficos de precisão.



Assimile

De acordo com Veiga et al. (2012), as observações obtidas por equipamentos topográficos podem ser passíveis de três tipos de fontes de erros:

- Condições ambientais: vento, chuva, umidade, temperatura etc.
- Instrumentais: causados por problemas como a imperfeição na construção dos equipamentos topográficos. Essa fonte pode ser reduzida por técnicas de verificação/retificação, calibração e classificação, além de técnicas particulares de observação.
- Pessoais: causados por falhas humanas, como falta de atenção ao executar uma medição, cansaço etc.

Essas fontes podem ser classificadas em:

- Erros grosseiros: causados pela leitura errada, engano nas anotações de campo, erro na medição, desatenção do operador. As repetições das leituras podem resolver este problema.
- Erros sistemáticos: são erros gerados por influências externas, podem ser provenientes dos instrumentos ou por grandezas físicas. Podem ser evitados a partir de técnicas particulares de observação ou eliminados com a aplicação de fórmulas específicas.

- Erros aleatórios ou acidentais: são aqueles erros que permanecem mesmo quando os anteriores são eliminados.

Segundo Gemael (1994), os erros acidentais apresentam uma distribuição de frequências que se aproxima de uma distribuição normal, quando o número de observações de uma amostra é elevado.

Aplicações com estação total

As aplicações com estações totais são diversas: podem ser utilizadas em levantamentos topográficos, geodésicos, nivelamentos, hidrológicos, cadastrais, arquitetônicos, monitoramento de estruturas, cálculo de volume, orientação para construção de túneis, estradas, locação de obras civis, entre outros.

A facilidade de operação e a agilidade de obtenção das informações em campo tornam o equipamento parte fundamental para o andamento de uma obra civil, visto que os levantamentos topográficos são a base para vários trabalhos e determinam a qualidade posicional dos mesmos.

Como o equipamento é robusto e normalmente possui um preço alto de mercado, cuidados são necessários. Caso o equipamento sofra algum dano em campo, deverá passar pelo processo de retificação na assistência técnica da empresa onde o equipamento foi adquirido ou por mão de obra qualificada. Essa retificação é necessária para que os dados sejam condizentes e mantenham a devida precisão.



Refleta

Erros aleatórios estão presentes em todas as observações de ângulos horizontais, devido à pontaria e à leitura. Como propagar esses erros aleatórios na observação de ângulos horizontais?

Cálculos e processamento de dados

Para facilitar o entendimento dos cálculos e o processamento dos dados, partiremos da exemplificação de uma pesquisa de campo em que foi executado um levantamento de uma quadra pela irradiação. Essa quadra possui quatro vértices, visando obter as coordenadas dos mesmos, sendo que um deles possui um marco com as suas coordenadas. A estação foi posicionada no ponto

P0 de coordenadas UTM (E e N) conhecidas, que foi considerado como vértice da poligonal, e foi visada a Ré em um outro ponto A de coordenadas UTM conhecidas.

Coordenadas dos pontos P0 e A:

P0: E = 207.881,380 m; N = 7.656.629,760 m; H = 534,321 m;

A: E = 207.894,270 m; N = 7.656.664,520 m; H = 532,345 m;

Fuso = 23 K;

Meridiano central = 45°;

Azimute $_{P0,A} = 20^{\circ}20'46''$.

As informações complementares do levantamento seguem na tabela 1.1:

Tabela 1.1 | Informações complementares do levantamento

Ponto estac.	Altura do aparelho (m) - hi	Ponto visado	Altura do prisma (m) - hp	Ângulo horizontal (α)	Ângulo zenital	Distância Inclinada (m)
P0	1,500	A	1,500	0°00'00"	89°59'34"	37,073
P0	1,500	P1	1,500	100°17'39"	88°54'41"	207,360
P0	1,500	P2	1,500	150°35'00"	89°43'23"	361,274
P0	1,500	P3	1,500	198°57'09"	89°59'46"	244,069

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir dessas informações do levantamento de campo, foi possível calcular as distâncias horizontais entre os pontos irradiados por meio da equação 1, e que são necessárias para o cálculo das coordenadas.

$$Dh = Di \cdot \text{sen}Z \quad (1)$$

Para executar o transporte de coordenadas (E; N) utilizam-se as seguintes equações:

$$E_{Pi} = E_{P0} + dh_{P_0,P_i} \cdot \text{sen}(Az_{P_0,P_i}) \quad (2)$$

$$N_{Pi} = N_{P0} + dh_{P_0,P_i} \cdot \text{cos}(Az_{P_0,P_i}) \quad (1)$$

Para calcular o azimute utiliza-se a equação 4:

$$Az_{P_0P_i} = Az_{P_0A} + \alpha_{P_0P_i} \quad (4)$$

A tabela 1.2 segue com os azimutes, as distâncias horizontais e as coordenadas calculadas dos vértices:

Tabela 1.2 | Azimutes, distâncias horizontais e coordenadas calculadas dos vértices

Vértices	Azimutes	Distância horizontal (m)	E (m)	N (m)
P1	$Az_{P_0P_1} = 120^\circ 38' 26''$	207,323	208.059,757	7.656.524,098
P2	$Az_{P_0P_2} = 170^\circ 55' 47''$	361,270	207.938,333	7.656.273,008
P3	$Az_{P_0P_3} = 219^\circ 17' 56''$	244,069	207.726,795	7.656.440,887

Fonte: Elaborada pelo autor.

O processamento das coordenadas foi realizado por meio do *software* Microsoft Excel.

Quando se deseja executar os cálculos e correções dos dados coletados em campo por meio de uma estação total, normalmente são utilizados *softwares* comerciais topográficos, como Topograph, Posição, DataGeosis, entre outros.



Exemplificando

As estações totais utilizam os padrões DIN 18723, que são procedimentos de campo para ensaios de precisão de instrumentos topográficos, para corrigir os erros aleatórios. Ghilani e Wolf (2013) citaram como exemplos as estações totais Leica TPS 300 com acurácia DIN 18723 de $\pm 2''$ e a Topcon 210A com acurácia DIN 18723 de $\pm 5''$.

Para estimar o erro angular, utiliza-se a equação 5:

$$E = \frac{2 \cdot E_{DIN}}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Em que:

- E = erro estimado no ângulo horizontal;
- n = número total de ângulos lidos em posição direta (PD) e posição inversa (PI);
- E_{DIN} = erro DIN 18723.

Cuidados operacionais e possíveis problemas

A qualidade dos dados obtidos em campo é determinada pelos cuidados operacionais do operador com a estação total. Os principais métodos de operação do equipamento para obter uma boa qualidade nos dados são:

Obs.: o método de operação a ser citado será uma aplicação em uma poligonal fechada.

1. Posicionar o tripé com a sua base sobre o ponto de interesse.
2. Instalar o instrumento sobre a base do tripé.
3. Posicionar o instrumento sobre o ponto.
4. Nivelar o instrumento por meio dos parafusos calantes.
5. Ligar o instrumento para as leituras dos ângulos e distâncias.
6. Medir a altura do equipamento por meio de trena e colocar o valor na estação.
7. Orientar a estação total no Norte magnético com o auxílio de uma bússola de precisão – zerar o ângulo horizontal a partir do Norte, obtendo-se com isso o Azimute.
8. Posicionar o prisma sobre o ponto a ser visado – uma pessoa deve auxiliar o operador nessa etapa. O prisma deve ser nivelado com o auxílio de um nível de bolha.
9. Colocar na estação total o valor da altura do prisma.
10. Realizar leitura dos ângulos horizontais e verticais e distâncias, sobre o ponto visado em Vante.
11. Salvar a observação no equipamento.
12. Estacionar a estação total no ponto que foi visado.
13. Posicionar o tripé com a sua base sobre o ponto de interesse.
14. Instalar o instrumento sobre a base do tripé.
15. Posicionar o instrumento sobre o ponto.
16. Nivelar o instrumento por meio dos parafusos calantes.

17. Ligar o instrumento para a leitura dos ângulos e distâncias.
18. Medir a altura do equipamento com auxílio de trena e colocar o valor na estação.
19. Posicionar o prisma no ponto em que a estação estava posicionada anteriormente.
20. Colocar na estação total o valor da altura do prisma, que estará como ponto onde será visada a Ré.
21. Orientar a Ré no prisma onde a estação estava posicionada, zerando o ângulo horizontal no equipamento.
22. Posicionar o prisma no próximo ponto a ser visado em Vante.
23. Colocar na estação total o valor da altura do prisma.
24. Realizar visada a Vante nesse prisma, que deve estar nivelado.
25. Executar os mesmos procedimentos dos números 1 ao 12 até visar a Vante no primeiro ponto da poligonal, fechando-a.

Para operar o instrumento, o operador deve tomar vários cuidados com a sua manipulação, como:

- O mesmo operador deve manipular o instrumento em todo o levantamento para não causar erros grosseiros.
- O instrumento deve estar nivelado; deve-se conferir se continua nivelado quando executadas as leituras.
- O instrumento deve ser conservado em local seco.
- Ter cuidado ao manusear o instrumento quando for mudá-lo de posição.
- Executar a aferição do instrumento para não causar erros sistemáticos consideráveis.
- Ter cuidado para não desnivelar o equipamento ao manipulá-lo e não causar possíveis erros aos dados.
- Ter cuidado com os prismas.
- Ter cuidado com a condição climática ao executar o levantamento etc.

Prezado aluno,

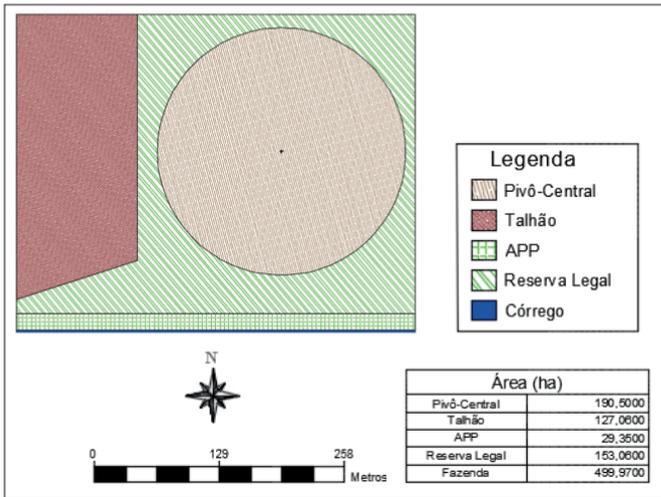
Vamos aplicar o conteúdo aprendido nesta seção?

Você trabalha em uma empresa especializada em topografia e meio ambiente e foi procurado para realizar uma retificação de uma área de APP de uma propriedade rural produtora de café na cidade de Patrocínio–MG. Você havia iniciado o levantamento com o teodolito, porém o equipamento entrou em pane e, coincidentemente, o fazendeiro procura a empresa em que você trabalha e exige que o trabalho seja finalizado o quanto antes para que ele possa receber a certificação do café produzido em sua fazenda. Você levantou, em dois dias, somente o pivô central utilizando o teodolito, agora necessita finalizar o restante do levantamento com uma estação total. Para isso, você alugou uma estação total e tendo o conhecimento de topografia, das características, dos cuidados e do processamento dos dados, você realizará e finalizará o trabalho de campo com sucesso! Agora, vamos lá! Vamos ajudar você a resolver a situação.

Como vimos nesta seção, a utilização da estação total torna o trabalho de campo mais eficiente, permitindo medir distâncias e ângulos de forma indireta por meio de prismas, além de possibilitar a obtenção de maior precisão e acurácia nas informações coletadas em campo.

A fazenda possui uma área total de 500 hectares, de acordo com a escritura obtida em cartório de registro de imóveis pelo fazendeiro. Tendo por base essa informação, temos que obter a retificação da área da fazenda e o valor da área de APP, de acordo com a Lei do Novo Código Florestal. O município de Patrocínio–MG encontra-se em uma região onde o bioma predominante é o Cerrado, sendo determinado por lei um valor de 20% de área de reserva legal para propriedades com área superior a quatro módulos fiscais e, de acordo com o INCRA, o valor do módulo fiscal equivale a 40 hectares para o município. De acordo com a Lei do Novo Código Florestal, nº. 12.727, de 2012, o Art. 61, parágrafo 3º, para os imóveis rurais com área superior a dois módulos fiscais e de até quatro módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 15 metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água. A fazenda possui 12,5 módulos fiscais.

Figura 1.9 | Imóvel rural levantado



Fonte: Elaborada pelo autor.

Informações de campo:

- Coordenadas UTM do ponto P:
- E = 305.152,090 m; N = 7.907.771,540 m; Altitude = 1229 m; Fuso: 23 K; Meridiano central: **45°W**.
- Azimute inicial = **0°00'00"** ;
- Altura do equipamento (h_i) = 1,500 m.

A tabela 1.3 segue com as informações obtidas do pivô central a partir do teodolito:

Tabela 1.3 | Informações obtidas do pivô central a partir do teodolito

Ponto estac.	Ponto visado	Ângulo zenital	Ângulo horiz.	Distância horizontal calculada (m)	E (m)	N (m)
P	Irr1	86°54'21"	264°24'36"	839,808	304.316,276	7.907.689,736
P	Irr2	86°50'24"	256°59'06"	1436,666	303.752,330	7.907.447,996
P	Irr3	86°51'23"	251°46'44"	1608,133	303.624,593	7.907.268,703
P	Irr4	86°52'27"	241°56'37"	1829,476	303.537,604	7.906.911,065
P	Irr5	86°56'28"	228°48'06"	1968,278	303.671,091	7.906.475,100

P	lrr6	86°54'33"	217°22'52"	1956,843	303.964,064	7.906.216,604
P	lrr7	86°53'36"	204°32'14"	1796,146	304.406,179	7.906.137,601
P	lrr8	86°51'37"	194°02'11"	1531,191	304.780,719	7.906.286,067
P	lrr9	86°55'40"	185°08'01"	1120,478	305.051,833	7.906.655,557
P	lrr10	86°53'35"	183°47'58"	862,371	305.094,947	7.906.911,065
P	lrr11	86°54'30"	190°17'17"	596,949	305.045,476	7.907.184,189
P	lrr12	86°53'25"	200°55'43"	483,954	304.979,223	7.907.319,513
P	lrr13	86°52'22"	256°34'04"	573,333	304.594,441	7.907.638,357

Fonte: Elaborada pelo autor.

Após o teodolito entrar em pane, o restante do levantamento foi executado com o auxílio de uma estação total. Na tabela 1.4 seguem as informações obtidas a partir da estação total:

Informações de campo:

- Coordenadas UTM do ponto P:
E = 305.152,090 m; N = 7.907.771,540 m; Altitude = 1229 m;
Fuso: 23 K; Meridiano central: 45° W.
- Azimute inicial = 0°00'00";
- Altura do equipamento (h_i) = 1,500 m.
- Altura do prisma (h_p) = 2,500 m.

Tabela 1.4 | Informações obtidas a partir da estação total

Ponto estac.	Ponto visado	h_i (m)	h_p (m)	Ângulo horizontal (m)	Distância horizontal (m)	E (m)	N (m)
P	P1	1,500	2,500	270°00'00"	2.500,000	302.652,090	7.907.771,540
P	P2	1,500	2,500	231°20'25"	3.201,562	304.316,276	7.905.771,540
P	P3	1,500	2,500	180°00'00"	2.000,224	305.152,090	7.905.771,316
P	Talh1	1,500	2,500	270°00'00"	1.739,582	303.412,508	7.907.771,540
P	Talh2	1,500	2,500	228°20'23"	2.328,448	303.412,508	7.906.223,793
P	Talh3	1,500	2,500	234°19'54"	3.077,284	302.652,090	7.905.977,194

P	APP1	1,500	2,500	233°01'15"	3.129,488	302.652,090	7.905.889,070
P	APP2	1,500	2,500	180°00'00"	1.882,694	305.152,090	7.905.889,070

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir da obtenção das coordenadas do pivô-central por meio do teodolito e das coordenadas talhão, dos vértices da fazenda e da determinação da área de APP por meio da estação total, foram obtidos, via *software* AutoCAD, os valores das áreas, conforme mostrado na tabela 1.5:

Tabela 1.5 | Áreas do imóvel em ambiente CAD

	Área (ha)
Pivô-central	190,500
Talhão	127,060
APP	29,350
Reserva legal	153,060
Fazenda	Total = 499,97

Fonte: Elaborada pelo autor.

Portanto, a fazenda está de acordo com as normas ambientais impostas por lei, respeitando os 15 metros de APP e uma área de reserva legal superior a 20% para fazendas com área superior a quatro módulos fiscais em regiões de bioma Cerrado.

Avançando na prática

Cuidados com levantamento de campo

Descrição da situação-problema

A empresa em que você trabalha foi contratada para realizar o levantamento de um novo projeto de loteamento na cidade de Uberaba–MG, utilizando estação total. Vale ressaltar que o loteamento será continuado a partir de outro loteamento existente. Esse outro loteamento teve diversos problemas durante sua execução em razão da incompatibilidade do intercâmbio dos dados entre o projeto criado com os dados existentes em campo, fazendo com que o projeto sofresse diversas alterações em seu desenvolvimento. A base cartográfica para o projeto possuía alguns pontos de controle existentes em campo, porém nos projetos anteriores

houve uma falha dos operadores em utilizar a orientação correta do projeto, pelo fato de o operador de estação total ter utilizado informações erradas para orientar o levantamento. Alguns pontos de controle da base cartográfica encontram-se em um alinhamento onde será construída a avenida principal do novo loteamento e pelo menos dois desses pontos deverão ser usados como referência do projeto. Como saber se o projeto está sendo levantado da maneira correta? Na posição atual da estação total, como não é possível dar continuidade ao levantamento de campo em razão de obstruções existentes, qual o procedimento a ser realizado?

Resolução da situação-problema

Nesse caso, verifica-se que o projeto possui uma base cartográfica com pontos de controle, os quais devem ser tomados como referência para qualquer atividade a ser realizada. Para realizar o levantamento corretamente, a estação deverá ser posicionada em um ponto de controle e ser orientada para outro ponto de controle, porque, desta forma, a orientação estará realizada de forma correta. Se em determinado momento não for possível dar continuidade ao levantamento de campo, por motivo de obstruções, o procedimento a ser adotado é criar um novo ponto a ser utilizado como ponto da estação e, posteriormente, medir esse novo ponto com a estação total na posição atual. Após isso, mudar a estação para este novo ponto, orientar para o ponto de estação anterior e continuar o levantamento.

Faça valer a pena

1. No passado, as tarefas eram realizadas por teodolitos, como medições de ângulos e leituras em miras estadimétricas. Com isso calculavam-se as distâncias por meio da Taqueometria. Hoje, com as estações totais, os trabalhos tornaram-se mais eficientes em razão do uso desses equipamentos.

De acordo com Ghilani e Wolf (2013), as estações totais combinam três componentes principais em sua unidade integrada. Esses três componentes principais são:

- a) a luneta, os calantes e a base niveladora.
- b) a luneta, a medição eletrônica da distância e um microprocessador interno.

- c) a medição eletrônica da distância, a medição eletrônica de ângulos e um microprocessador interno.
- d) a medição eletrônica da distância, a medição eletrônica de ângulos e um microprocessador externo.
- e) a medição eletrônica da distância, a medição eletrônica de ângulos e a base niveladora.

2. As observações obtidas em um levantamento de campo por meio de equipamentos topográficos, como, estações totais ou teodolitos, podem ser passíveis de três tipos de fontes de erros: condições ambientais, instrumentais e pessoais.

Estes três tipos de erros podem ser classificados em erros:

- a) grosseiros, sistemáticos e aleatórios.
- b) grosseiros, de campo e de escritório.
- c) grosseiros, sistemáticos e de campo.
- d) de campo, sistemáticos e aleatórios.
- e) de escritório, grosseiros e sistemáticos.

3. Foi realizado um levantamento de campo em que se tinha como intuito determinar as coordenadas planas de um ponto A no terreno, a partir de um ponto P de coordenadas conhecidas. Com isso foram obtidas as seguintes informações com a estação total:

Coordenadas Ponto P:
 E = 205.500,000 m;
 N = 7.906.590,000 m;
 Alt = 890,000 m;

Ponto estac.	Ponto visado	Azimute inicial _{P, A}	Distância horizontal (m)	E (m)	N (m)
P	A	85°52'15"	167,569		

As coordenadas transportadas do ponto P para o ponto A são:

- a) E = 205.500,000 m; N = 7.906.590,000 m.
- b) E = 215.500,023 m; N = 7.907.591,347 m.
- c) E = 205.666,134 m; N = 7.907.590,066 m.
- d) E = 205.667,134 m; N = 7.906.602,066 m.
- e) E = 205.667,134 m; N = 7.906.340,987 m.

Referências

- BRASIL. Constituição (1979). **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Presidência da República. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm>. Acesso em: 20 out. 2017.
- CINTRA, J. P. **Topografia - Notas de Aula**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Transportes, Laboratório de Topografia e Geodésia. Disciplina de Topografia Básica PTR 285. São Paulo: 1996.
- ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.
- GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações**: aplicações geodésicas. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994.
- GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Geomática**. 13. ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- Leica FlexLine Plus. **Manual do usuário**. Estação Total: TS02 plus.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS**: Descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Unesp, 2008.
- SEGANTINE, P. C. L. **GPS**: Sistema de Posicionamento Global. São Carlos: EESC/USP, 2005.
- SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia – Teoria e prática de Geomática**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 408 p.
- VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**. Universidade Federal do Paraná. 2007. Disponível em: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 9 out. 2017.
- _____. **Fundamentos de topografia**. Universidade Federal do Paraná. 2012. Disponível em <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 11 out. 2017.

Referências geodésicas e topográficas

Convite ao estudo

Caro aluno,

A topografia descreve o espaço físico por meio de medidas precisas, como: limites, dimensões, ângulos, distâncias e desníveis, permitindo transcrever dados matemáticos obtidos em campo e transformá-los em uma representação gráfica do terreno, que é utilizada para embasar projetos estruturais, civis, petrolíferos, agrários, de estradas e arquitetônicos.

Pode-se dizer que a topografia permite fazer um retrato com dimensões reais do terreno em questão, trazendo todas as informações necessárias para se iniciar qualquer obra.

Esta Unidade fornece informações sobre a Geodésia e sua aplicação na topografia, sobre a leitura de coordenadas e sua aplicação, o que é Datum e para que serve, bem como as projeções cartográficas e o sistema geodésico brasileiro atual e seu histórico.

Por isso, é importante o domínio de conceitos, técnicas e medidas para a elaboração de um estudo topográfico com excelência. O objetivo desta Unidade, portanto, é apresentar e exercitar tais conhecimentos de forma clara e coesa.

A primeira seção irá introduzir os conceitos básicos de Datum Geodésico: Conceitos básicos de Geodésia; Tipos de formas da Terra; Aplicação do Datum e Elipsoides de referência. A segunda seção abordará o Sistema Geodésico Brasileiro: conceitos e principais sistemas geodésicos existentes no Brasil. A terceira trata do sistema de coordenadas: conceitos, tipos de sistemas, aplicações e transformação de coordenadas.

Visto isso, o estudo desta Unidade será bastante completo, para capacitá-lo com um olhar profissional, despertando competências e habilidades que lhe possibilitarão executar um bom trabalho no âmbito dos estudos topográficos.

Seção 2.1

Datum geodésico

Diálogo aberto

Caro aluno,

A Geodésia é a ciência que permite estudar a Terra, suas formas, medidas e distâncias naturais e artificiais. Um engenheiro com conhecimentos geodésicos é um profissional bastante requisitado pelas empresas de construção civil, mineração, agricultura, petrolífera e estradas, por ter a capacidade de avaliar a superfície terrestre sistematicamente, determinando onde e qual obra será erguida.

Para que a Geodésia fosse aplicada surgiram produtos cartográficos baseados em sistemas de referência diferentes, como o Datum em Córrego Alegre e o SAD 69 (*South American Datum of 1969*). Esses sistemas, porém, não possuíam compatibilidade com as atuais técnicas de posicionamento por satélite, ocasionando o surgimento do SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul e atualmente para as Américas), alterando mais uma vez o sistema de referência brasileiro (DALAZOANA, 2001).

Suponhamos que você, futuro engenheiro, seja contratado para realizar o levantamento topográfico de uma grande área que será transformada em loteamento. Para que o loteamento seja aprovado foi exigido pelos órgãos ambientais e pela prefeitura que 10% da área seja destinada para uso de reserva legal e 15% para uso público e comercial, além de locar as vias de acesso. Para a realização desse trabalho você receberá da contratante mapas da região para planejamento e dados do cadastro do imóvel na prefeitura, que deverão fornecer informações preliminares que lhe possibilitem planejar o trabalho.

Esses mapas e informações cadastrais oferecerão dados suficientes para que o engenheiro saiba qual forma da Terra foi adotada? É fácil identificar o Datum Geodésico utilizado, para que serve e onde se encontra no mapa? O engenheiro responsável terá acesso aos tipos de elipsoides de referência?

Para responder a essas perguntas precisamos aprender sobre Geodésia, Sistema Geodésico Brasileiro, coordenadas geográficas, latitudes e longitudes, e vários outros termos que estão relacionados logo abaixo na próxima etapa e que irão direcionar seus estudos.

Não pode faltar

Conceitos básicos de geodésia

Conforme Friedrich Robert Helmert (1880) *apud* Zanetti (2007) a “Geodésia é a ciência de medida e mapeamento da superfície da Terra”, e refere-se também à determinação do campo gravitacional terrestre, pois esse faz parte da superfície da Terra.

A Associação Geodésica Internacional (1980) *apud* Correia (2011) descreve a Geodésia da seguinte forma: “A Geodésia é a ciência que estuda a forma, dimensão da Terra e outros corpos celestes, incluindo o estudo dos seus campos gravíticos em vários pontos distintos, num espaço a três dimensões e variando com o tempo”.

O objetivo original da Geodésia inclui também aplicações no oceano e no espaço, pois pode colaborar com outras áreas de estudo com informações sobre o fundo oceânico ou o campo gravitacional da Lua e outros planetas. As variações temporais e o campo gravitacional da superfície terrestre estão inclusos na definição clássica.

Zannetti (2007) afirma que a Geodésia pode ser dividida em três operações diferentes:

- Geodésia Geométrica: mede os ângulos e as distâncias na superfície terrestre, pode realizar operações geométricas associadas a determinações astronômicas.
- Geodésia Celeste: por meio dos satélites artificiais utiliza técnicas espaciais de posicionamento.
- Geodésia Física: leva ao conhecimento detalhado do campo de gravidade utilizando medidas gravimétricas.



Assimile



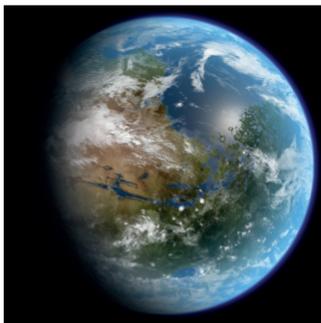
A Geodésia é a ciência que estuda a forma, dimensão da Terra e outros corpos celestes, incluindo o estudo dos seus campos gravíticos em vários pontos distintos, num espaço a três dimensões e variando com o tempo. (ASSOCIAÇÃO GEODÉSICA INTERNACIONAL, 1980 *apud* CORREIA, 2011)

Tipos de formas da terra utilizadas na topografia

A verdadeira forma do nosso planeta vem sendo estudada ao longo dos anos em todo o mundo. Muitas interpretações e conceitos surgiram e atualmente na Geodésia moderna são consideradas 4 (quatro) formas físicas (Figura 2.1): A superfície Topográfica (forma física real); o Geoide (forma física do campo gravítico real); o elipsoide de referência (forma matemática aproximada) e a superfície física da Terra (MARQUES, 2016). A seguir, vocês verão um pouco dessa história para entender como a Geodésia surgiu e como os pesquisadores chegaram à forma da Terra atual.

Teorias da forma esférica

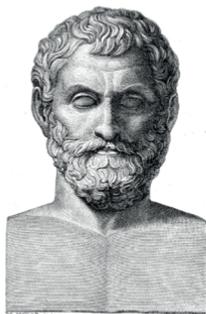
Figura 2.1 | Forma esférica



Fonte: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TerraformedMarsGlobeRealistic.jpg>>. Acesso em: 15 out. 2017.

Thales de Mileto (630-545 a.C.) (Figura 2.2) acreditava que a Terra era um disco que flutuava sobre um imenso oceano, que a cercaria por completo, rodando sobre um eixo imaginário localizado em seu centro (CORREIA, 2011).

Figura 2.2 | Thales de Mileto



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Illustrerad_Verldshistoria_band_L_III_107.jpg>. Acesso em: 17 out. 2017.

De acordo com Correia (2011), Anaximandro (611–547 a.C.) (Figura 2.3) tinha um pensamento um pouco diferente. Para ele, a Terra nada mais era do que um cilindro que girava em torno de um eixo Leste-Oeste rodeada por estrelas, nascendo aí a Astronomia.

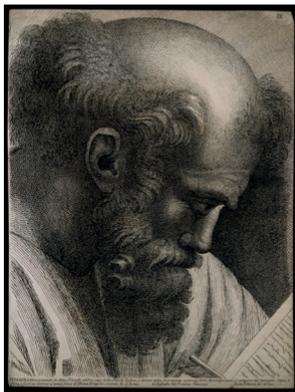
Figura 2.3 | Anaximandro



Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/38/Anaximander.jpg>>. Acesso em: 17 out. 2017.

Pitágoras de Samos (571-497 a.C.) (Figura 2.4) avançou muito na evolução histórica da forma da Terra quando atribuiu o modelo esférico ao planeta. Colocando como princípios básicos razões de caráter estético e filosófico, defendia que a Terra era esférica e girava em volta do Sol (DALZOANA 2001).

Figura 2.4 | Pitágoras



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pythagoras_Etching_by_P_Fidanza_after_Raphael_Wellcome_V0004824.jpg>. Acesso em: 15 out. 2017.

Aristóteles (384-322 a.C.) (Figura 2.5) argumentou que a Terra era redonda pois quando ocorria um eclipse a sombra que a Terra fazia na Lua era circular, e que as estrelas do céu variavam de lugar, aparentemente, de forma circular, com a mudança de latitude (CORREIA, 2011).

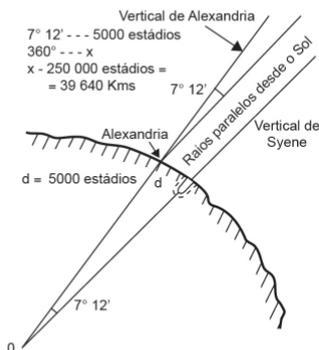
Figura 2.5 | Aristóteles



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aristotle_1.jpg>. Acesso em: 15 out. 2017.

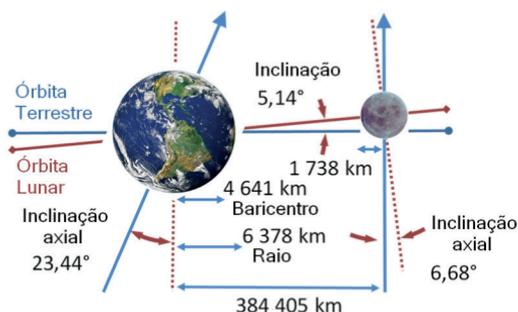
Eratóstenes (276–194 a.C.), considerado o fundador da Geodésia, ao efetuar a primeira medição do raio da Terra (Figura 2.6), calculando a diferença entre a latitude de Alexandria e Siena pela sombra projetada do Sol, que estava a $7^{\circ}12'$ com vertical, foi o primeiro a levantar a distância da circunferência da Terra, 39.640 km, o equivalente a 5000 estádios. Naquela época, Eratóstenes contava apenas com a sombra do Sol, pois não possuía equipamentos como o telescópio, o teodolito, os logaritmos e a trigonometria esférica, que surgiram após a revolução industrial. Atualmente, com o uso de vários recursos que facilitaram sua medição, o raio da Terra é de 6.378 km. (CORREIA, 2011).

Figura 2.6 | Esquema de medição do raio da terra segundo Eratóstenes



Fonte: Correia (2011).

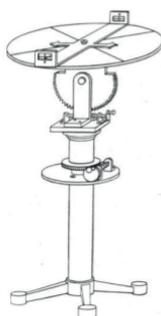
Figura 2.7 | Esquema das medidas atuais da Terra e comparação com a Lua



Fonte: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earth-Moon-PT.PNG>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

Estrabão (63 a.C.–24 d.C.), um importante contribuidor da Geografia com suas 17 obras, nos faz inferir que já nessa época havia uso de instrumentos rudimentares para a realização de medições de distâncias e ângulos (dioptra (Figura 2.8), nível e mira).

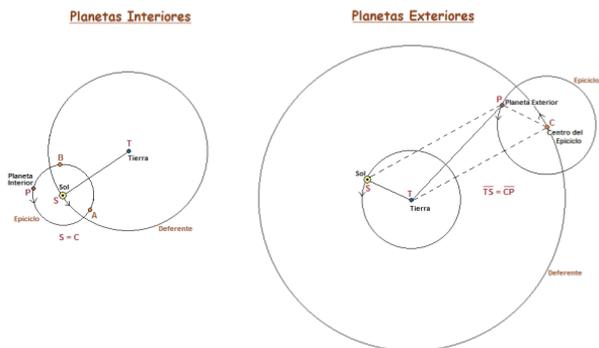
Figura 2.8 | Dioptra de 1903



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/18/Dioptra_-_ESP.jpg>. Acesso em: 2 nov. 2017.

Cláudio Ptolomeu (100–178 d.C.) foi autor do sistema geocêntrico (Figura 2.9), em que a Terra seria o centro do Universo, e que se manteve intacto por 14 séculos até Copérnico desmenti-lo, com o Sistema Heliocêntrico (Figura 2.10), em que o Sol seria o centro do Universo. Concluiu que devido à esfericidade da Terra, o Sol e Lua não nascem e se põem no mesmo lugar e que as estrelas não são visíveis de um hemisfério a outro. Astrônomo, geógrafo e matemático, elaborou obras que incluíam um “Mapa-múndi”, contendo coordenadas de latitude e longitude do Império Romano (CORREIA, 2011).

Figura 2.9 | Modelo Geocêntrico Ptolomaico



Fernando T. de Oliveira

Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Almagesto._Sistema_Ptolomaico_FIG_2.png>. Acesso em: 2 nov. 2017.

Figura 2.10 | Modelo Heliocêntrico de Copérnico

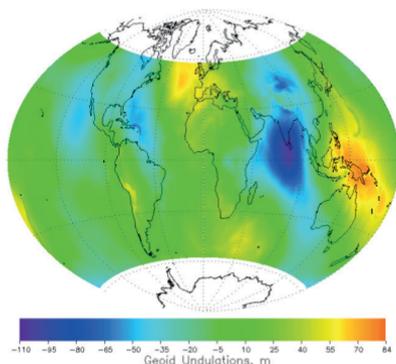


Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0f/Scenographia_Systematis_Copernicani.png>. Acesso em: 2 nov. 2017

Teoria da forma elipsoidal

De acordo com Zannetti (2007), Sir Isaac Newton (1642–1727) contrapõe a teoria anterior sobre o fato de a Terra ser esférica, alegando que a forma como se rotaciona é incompatível com sua esfericidade. Afirma que devido à força centrífuga, os polos do planeta são achatados dando à Terra uma forma elipsoidal, tanto que a força gravitacional tende a decrescer dos polos para o equador. A partir daí, Newton percebe a Terra como uma figura geométrica que foi gerada pela rotação de uma elipse (Figura 2.11) em torno de um eixo menor.

Figura 2.11 | Forma Elipsoidal da Terra



Fonte: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geo%C3%AFde.PNG>>. Acesso em: 17 out. 2017.

Jacques Cassini (1677–1756 d.C.) (Figura 2.12) concluiu que um arco de meridiano diminuía com o aumento da latitude, provando assim o alongamento do eixo de rotação. Após pesquisas, verificou-se que o aumento surgia no comprimento do arco de meridiano com a latitude, corroborando com Newton, assemelhando a Terra a um elipsoide de revolução cujo eixo menor coincide com o eixo de rotação (ZANNETTI, 2007).

Figura 2.12 | Jacques Cassini



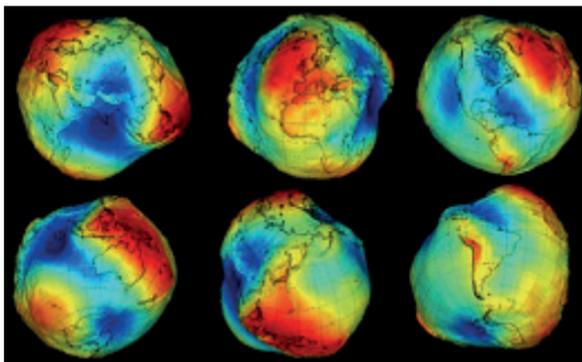
Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jacques_Cassini.jpg>. Acesso em: 17 out. 2017.

Teoria da forma Geoide

Segundo Zannetti (2007), Gauss (1777–1855 d.C.) "*caracterizou a superfície geoidal como uma superfície equipotencial do campo de gravidade que coincide com o nível médio não perturbado dos mares (NMM)*". Foram utilizados marégrafos para tal confirmação, verificando-

se que em todos os pontos da superfície geoidal (Figura 2.13) a gravidade é a mesma. Gauss alegou que a superfície da Terra era irregular, pois a crosta terrestre não havia se distribuído uniformemente, devido à densidade e composições das formações rochosas bem distintas. Como exemplo, o granito, que em contato com as rochas sedimentares, sendo o primeiro mais denso e o segundo menos denso, altera o centro de gravidade formando irregularidades no geóide (ZANNETTI, 2007).

Figura 2.13 | Formato geóide da Terra



Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/Geoide.jpg>>. Acesso em: 2 nov. 2017.



Refleta

Pense bem... como seria possível definir a forma da Terra sem a Geodésia? Como seria possível desbancar a Teoria da Terra plana? Como seria possível hoje obter pontos exatos na Terra se não existisse a Geodésia? Seria possível obter esse ponto sem ter um Datum específico ou um Elipsoide de referência?

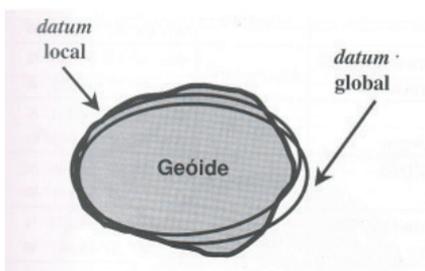
Datum geodésico: o que é e para que serve? Quais são eles?

Correia (2011) conceitua Datum geodésico como "um modelo matemático a partir do qual é representada a superfície terrestre numa carta, superfície planificável." Afirma que o Datum possui dois conceitos: Datum Altimétrico e Datum Geodésico. O Datum altimétrico baseia-se em dados que possam ser usados para cálculos de altitudes ortométricas, locais, regionais ou globais, em um dado ponto P, permitindo, quando associado a um marégrafo, o cálculo também da

altitude geoidal de um ponto na vizinhança, utilizando o nível médio do mar. Já o Datum Geodésico baseia os cálculos das coordenadas geodésicas em um dado ponto P; tais cálculos também podem ser locais, regionais ou globais, pois dependem do ajuste do elipsoide em relação à área desejada (CORREIA, 2011).

Conforme Casaca et al. (2005), quando temos o Datum local, o elipsoide de referência se posiciona considerando uma estação terrestre, sendo geralmente utilizado em cartas topográficas locais, pois sua distorção é quase nula. No Datum regional, o elipsoide é posicionado conforme as várias estações terrestres, havendo reajustes para não haver uma grande distorção. No Datum Global, um elipsoide (Figura 2.14) pode usar várias estações terrestres de outros continentes, podendo haver diferença entre as coordenadas naturais e geodésicas após ajuste.

Figura 2.14 | Posicionamento do elipsoide para um Datum local ou global.



Fonte: Casaca et. al. (2005).

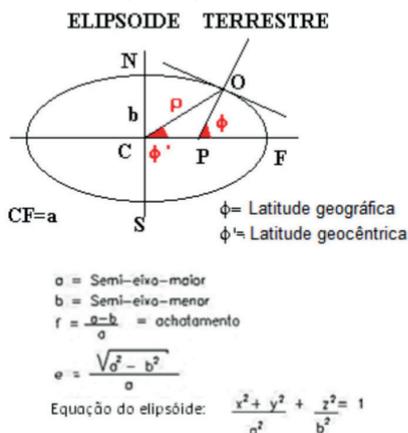
Elipsoide de referência

Um Elipsoide de referência é uma superfície matematicamente definida que, ao se aproximar da forma geóide, serve de base para um sistema de coordenadas de latitude (N/S), longitude (W/E) e elevação (altitude) (MARQUES, 2016).

As principais características são:

- São elipsoides que mais se aproximam do geóide na área considerada.
- São utilizados para levantamentos geodésicos, topográficos e elaboração de mapas.
- Possuem os parâmetros a (semi-eixo maior), b (semi-eixo menor) e f (achatamento) (Figura 2.15).

Figura 2.15 | Posicionamento do elipsoide para um Datum local ou global



Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ac/Elipsoide.png>>. Acesso em: 2 nov. 2017.

O Quadro 2.1 a seguir mostra os principais Elipsoides de referência:

Quadro 2.1 | Principais Elipsoides de referência

Nome	Eixo Equatorial A (M)	Eixo Polar B (M)	Inversa do Achatamento 1/f
Delambre, Frankr.1810	6.376.985		308,6465
Schmidt, 1828	6.376.804,37		302,02
G.B. Airy 1830	6.377.563,4	6.356.256,91	299,3249646
Airy 1830 modificada	6.377.340,189	6.356.034,447	299,3249514
Everest (Índia) 1830	6.377.276,345		300,8017
Bessel 1841	6.377.397,155	6.356.078,965	299,1528128
Clarke 1880 /IGN	6.378.249,15		293,465 (466)
Helmert 1906	6.378.200,000	(próxima do GRS80!)	298,3
Australian Nat.	6.378.160,000		298,25
Modif. Fischer 1960	6.378.155,000	(Astro/ Mercury)	298,3
Clarke 1866	6 378 206.400	6 356 583.800	294.978 698 2

Nome	Eixo Equatorial A (M)	Eixo Polar B (M)	Inversa do Achatamento 1/f
Internacional 1924	6 378 388	6 356 911.9	297.0
GRS 1980	6 378 137	6 356 752.3141	298.257 222 101
WGS 1984	6 378 137	6 356 752.3142	298.257 223 563
Esfera (6371 km)	6 371 000	6 371 000	0

Fonte: <https://wikivisually.com/lang-pt/wiki/Elipsoide_de_refer%C3%A2ncia>. Acesso em: 18 out. 2017.



Pesquise mais

Para saber mais, leia a apostila, páginas de 1 a 9:

CARVALHO, E. A. de; ARAÚJO, P. C. de. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I: geografia** - Natal, RN: EDUFRRN, c 2008. Disponível em: <http://www.ead.uepb.edu.br/ava/arquivos/cursos/geografia/leituras_cartograficas/Le_Ca_A06_J_GR_260508.pdf>. Acesso em: 18 out. 2017.

Leia também: FERNANDES, V. de O.; NOGUEIRA, R. E. **Consequências da mudança de Datum na representação cartográfica direcionada para ambiente SIG**. Portal de Cartografia. Londrina, v. 3, n. 1, 2010. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/viewFile/7357/6623>>. Acesso em: 18 out. 2017.

Sem medo de errar

Suponhamos que você, futuro engenheiro, seja contratado para realizar o levantamento topográfico de uma grande área que será transformada em loteamento. Para que o loteamento seja aprovado foi exigido pelos órgãos ambientais e pela prefeitura que 10% da área seja destinada para uso de reserva legal e 15% para uso público e comercial, além de locar as vias de acesso. Para a realização desse trabalho, você recebe da contratante mapas da região para planejamento e dados do cadastro do imóvel na prefeitura, que deverão fornecer informações preliminares que lhe possibilitarão planejar o trabalho, como o mapa a seguir:

Figura 2.16 | Seção da carta topográfica de Atibaia/SP – Região de Atibaia/SP



Fonte: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-Y-C-III-2.jpg>>. Acesso em: 18 out. 2017.

Figura 2.17 | Legenda da carta topográfica de Atibaia/SP – Região de Atibaia/SP



Fonte: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-Y-C-III-2.jpg>>. Acesso em: 18 out. 2017.

Esse mapa oferecerá dados suficientes para que o engenheiro saiba que forma da Terra foi adotada? É fácil identificar o Datum Geodésico utilizado, para que serve e onde se encontra no mapa? O engenheiro responsável terá acesso aos tipos de elipsoides de referência?

Solução:

1. Esse mapa oferecerá dados suficientes para que o topógrafo saiba que forma da Terra foi adotada?

Sim, através de informações como o Datum horizontal e vertical é possível ver que forma da Terra foi adotada. Nesse caso, foram utilizados elipsoides que mais se adaptavam à forma geóide.

2. É fácil identificar o Datum Geodésico utilizado? Onde se encontra no mapa?

Sim, é fácil identificar. Encontra-se abaixo da escala de declividade na legenda.

3. O engenheiro responsável terá acesso à informação sobre os elipsoides de referência?

Sim, no caso deste mapa os elipsoides são: Datum Horizontal: SAD 69 / Datum Vertical: Imbituba – Santa Catarina.

Avançando na prática

Atualização de loteamento em área urbana

Descrição da situação-problema

Suponhamos que você, futuro engenheiro, seja contratado para atualizar um levantamento topográfico de loteamento em uma área urbana. Para que qualquer obra fosse executada nesse loteamento, pelo fato de ser bem antigo, a prefeitura exigiu a atualização do levantamento topográfico. Para a realização desse trabalho você recebe da contratante plantas e alguns levantamentos antigos da região para embasar o levantamento futuro, fornecendo informações preliminares que lhe possibilitarão planejar o trabalho.

Sendo o terreno em Campinas/SP, pesquise na internet qual Datum será utilizado. Você conseguirá identificar que forma da Terra foi adotada? A partir do Datum, quais elipsoides de referência foram usados?

Resolução da situação-problema

1. Sendo o terreno em Campinas/ SP, pesquise na internet qual Datum será utilizado.

Atualmente, o Datum SIRGAS 2000.

2. Você conseguirá identificar que forma da Terra foi adotada?

Sim, por meio de informações como o Datum horizontal e vertical é possível ver qual a forma da Terra que foi adotada. Nesse caso, foram utilizados elipsoides que mais se adaptavam à forma geóide.

3. A partir do Datum, quais elipsoides de referência foram usados?

Datum Horizontal: SIRGAS 2000 / Datum Vertical: Imbituba – Santa Catarina.

Faça valer a pena

1. A verdadeira forma do nosso planeta vem sendo estudada ao longo dos anos em todo o mundo. Muitas interpretações e conceitos surgiram e atualmente na Geodésia moderna são consideradas 4 (quatro) formas físicas: a superfície topográfica (forma física real); o geoide (forma física do campo gravítico real); o elipsoide de referência (forma matemática aproximada) e a superfície física da Terra (MARQUES, 2016).

Vários pesquisadores e filósofos levantaram teorias sobre a forma da Terra por vários séculos. Qual filósofo contrapõe a Teoria de Ptolomeu sobre a forma da Terra após um milênio e meio?

- a) Aristóteles.
- b) Sir Isaac Newton.
- c) Gauss.
- d) Pitágoras.
- e) Jacques Cassini.

2. A Associação Geodésica Internacional (1980), apud Correia (2011,) descreve a Geodésia da seguinte forma: *"A Geodésia é a ciência que estuda a forma, dimensão da Terra e outros corpos celestes, incluindo o estudo dos seus campos gravíticos em vários pontos distintos, num espaço a três dimensões e variando com o tempo"*

Zannetti (2007) afirma que a Geodésia pode ser dividida em três operações diferentes:

- a) Geométrica, celeste e terrestre.
- b) Geométrica, terrestre e física.
- c) Geométrica, celeste e física.
- d) Gravimétrica, celeste e física.
- e) Geométrica, gravimétrica e física

3. Um elipsoide de referência é uma superfície matematicamente definida que, ao se aproximar da forma geoide, serve de base para um sistema de coordenadas de latitude (N/S), longitude (W/E) e elevação (altitude) (MARQUES, 2016).

Marque a afirmativa que apresenta uma das principais características dos elipsoides de referência.

- a) São elipsoides que menos se aproximam do geoide na área considerada.
- b) São utilizados para levantamentos marítimos, topográficos e elaboração de cartas.
- c) Possuem os parâmetros a (semi-eixo maior), b (semi-eixo menor) e f (gravidade).
- d) São utilizados para levantamentos geodésicos, topográficos e elaboração de mapas
- e) Possuem os parâmetros a (semi-eixo menor), b (semi-eixo maior) e f (achatamento).

Seção 2.2

Sistema geodésico de referência

Diálogo aberto

Caro aluno!

Para uma boa análise e interpretação cartográfica e topográfica se faz necessário conhecer os Sistemas Geodésicos de Referência e as diferenças entre eles. Como dito anteriormente, um engenheiro que compreende dados geodésicos é um profissional bastante valorizado e requisitado por diversas empresas, bem como saber utilizar equipamentos geodésicos é considerado um diferencial.

O Sistema Geodésico de Referência é utilizado como apoio ao mapeamento, demarcações de terreno, execução de obras, entre outros, e é parte importante do levantamento topográfico e do georreferenciamento; por exemplo, um terreno que deve ser georreferenciado ao Sistema Geodésico Brasileiro, isto é, ser colocado nas coordenadas do sistema de referência do mapeamento adotado atualmente no Brasil (ROQUE et al., 2006).

Suponhamos que você, futuro engenheiro, seja contratado para realizar o levantamento topográfico de uma grande área que será transformada em loteamento. Para que o loteamento seja aprovado foi exigido pelos órgãos ambientais e pela prefeitura que 10% da área seja destinada para uso de reserva legal e 15% para uso público e comercial, além de locar as vias de acesso. Para a realização desse trabalho você recebe da contratante mapas da região para planejamento, e informações do cadastro do imóvel na prefeitura, que deverão fornecer informações preliminares que lhe possibilitarão planejar o trabalho.

Como você, engenheiro, identificará o Sistema Geodésico Brasileiro que foi utilizado? Está atualizado? Existem outros sistemas? Há diferenças entre eles? Por que o topógrafo terá de atualizar o sistema para o sistema atual, SIRGAS 2000? Se o profissional alterar o Sistema de Referência, alterará o mapa?

Ao final dessa seção, esperamos que você seja capaz de compreender e entender como e para que é utilizado o Sistema Geodésico de Referência e quais são os principais Sistemas brasileiros.

Bons estudos!

O que é o sistema geodésico brasileiro

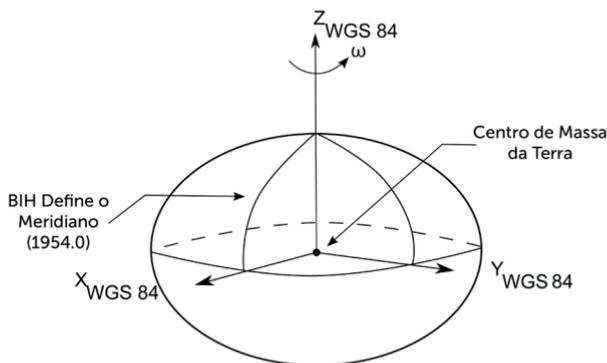
Os sistemas de referência descrevem as posições de um determinado objeto, pois identificam a posição de uma determinada feição sobre a superfície da Terra por meio dos Sistemas Geodésicos de Referência, que estão associados a um tipo de superfície que mais se aproxima da forma terrestre (IBGE apud ROQUE et al., 2006).

Baseados nessa definição de instituições e empresas de produção cartográfica, quantos usuários de dados georreferenciados podem fazer uso de informações contidas nesses diferentes Sistemas Geodésicos de Referência existentes no Brasil? Para isso, vamos conhecer as características e restrições de cada um (ROQUE et al., 2006).

O Sistema Geodésico Brasileiro possui no território brasileiro 70.000 estações implantadas pelo IBGE, que se dividem em três tipos de redes: Rede Planimétrica (latitude e longitude de alta precisão); Rede Altimétrica (altitudes de alta precisão) e Rede Gravimétrica (valores de aceleração da gravidade) (CARVALHO & ARAÚJO, 2008).

Existe um Sistema de Referência que é mundialmente utilizado, o (WGS84) World Geodesic System 1984, (Figura 2.18), principalmente pelo GPS. Este sistema é formado por parâmetros que descrevem o tamanho e a forma da Terra, dando referência para as posições dos pontos em relação ao centro de massa da Terra, e serve de base para as transformações dos principais Data (do latim *datum*, plural *data* = dados) geodésicos (ROQUE et al., 2006).

Figura 2.18 | Sistema Mundial de Referência WGS84



Fonte adaptada de: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=41796676>>. Acesso em: 25 out. 2017.

A seguir, veremos os principais sistemas geodésicos existentes no Brasil: Córrego Alegre, SAD 69 e SIRGAS 2000.



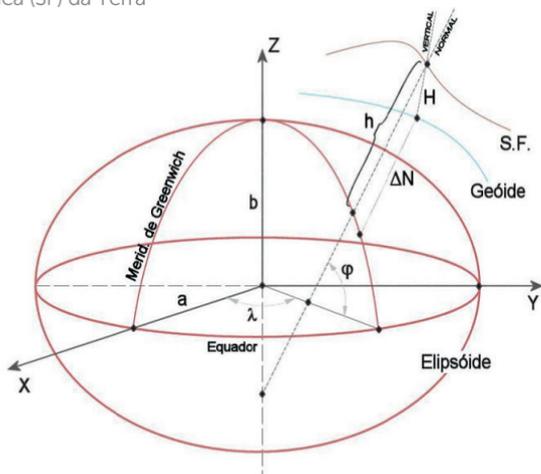
Assimile

Os **Sistemas de referência** descrevem as posições de um determinado objeto, pois identificam a posição de uma determinada feição sobre a superfície da Terra, através dos **Sistemas Geodésicos de Referência**, que estão associados a um tipo de superfície que mais se aproxima da forma terrestre (IBGE apud ROQUE et al., 2006).

Sistema Córrego Alegre

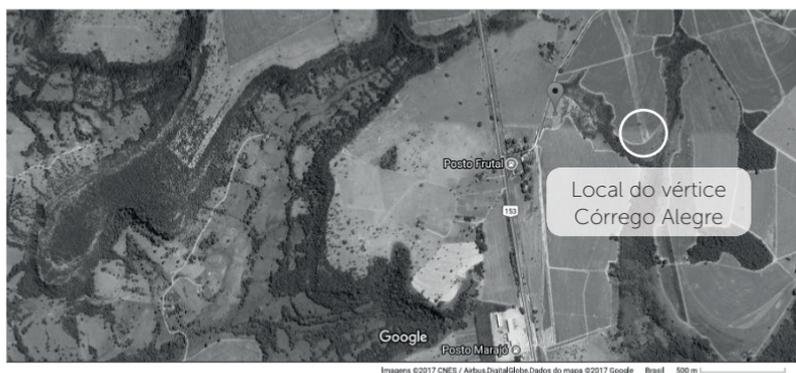
Entre as décadas de 1950 e 1970, o Datum Córrego Alegre foi utilizado oficialmente no Brasil, adotando como superfície de referência o Elipsoide Internacional de *Hayford*, de 1924, com as seguintes características (Figura 2.19): semieixo maior (a) de 6.378.388m, achatamento (f) de 1/297, coordenadas: latitude = $19^{\circ} 50' 14,91''$ S; longitude = $48^{\circ} 57' 41,98''$ W e $h = 683,81$ metros, orientação elipsoide-geóide no ponto Datum: $F_i = f\dot{A} = 0$ (componentes do desvio da vertical) e $N = 0$ metros (ondulação geoidal), tendo como origem o vértice de Córrego Alegre (Figura 2.20), situado em Minas Gerais, próximo a cidade de Frutal. (BORGES, 2016).

Figura 2.19 | Superfície elipsoidal de referência e coordenadas geodésicas de um ponto na superfície física (SF) da Terra



Fonte: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/viewFile/7357/6623>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

Figura 2.20 | Localização do Vértice do Sistema de Referência Córrego Alegre



Fonte: <<https://www.google.com.br/maps/place/19%C2%B050'14.9%22S+48%C2%B057'42.0%22W/@-19.8411081,-48.9698579,1997m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-19.837475!4d-48.9616611>>. Acesso em: 28 out. 2017.

Atualmente, ainda existe muito material cartográfico e dados de coordenadas com referências de Córrego Alegre, que aos poucos, vêm sendo atualizados, gerando novos produtos. O Sistema Córrego Alegre utilizou precisão compatível com equipamentos e técnicas daquelas décadas, bem como da baixa precisão do apoio terrestre, gerando produtos em escalas maiores que 1/10.000, apresentando definição e detalhamento inferior aos produtos gerados com base nos sistemas e equipamentos atuais. Muitos órgãos públicos, como a Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, estão migrando do sistema de Córrego Alegre para o sistema atual – SIRGAS 2000, A tabela 2.1 mostra o quantitativo das cartas produzidas neste sistema (DALAZOANA, 2001; BORGES, 2016).

Tabela 2.1 | Tabela quantitativa de cartas em Córrego Alegre no ano 2000.

ESCALA DE CARTA	QUANTIDADE
1:1.000.000	46
1:250.000	320
1:100.000	1115
1:50.000	1262
1:25.000	148
TOTAL	2891

Fonte: IBGE apud Dalazoana (2001, p. 20).

O Relatório de Estação Geodésica (IBGE, apud SAMPAIO, 2015) mostra que o vértice do Córrego Alegre (Figura 2.21) foi destruído e já possui suas coordenadas em SAD 69 e SIRGAS 2000. O seu marco teria sido destruído por trator, conforme informações colhidas no local, porém uma equipe de alunos e seu professor identificaram o marco à beira da estrada de terra, feito em tijolos e cimento, contendo em sua chapa de bronze apenas dados do antigo Conselho Nacional de Geografia (SAMPALIO, 2015).

Figura 2.21 | Fotografia do marco do Vértice de Córrego Alegre encontrado no local das coordenadas.



Fonte: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/1095/976>>. Acesso em: 29 out. 2017.

Sistema SAD 69

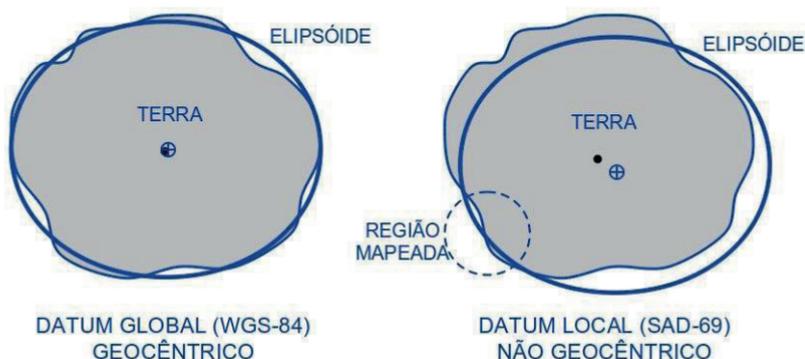
O SAD 69 (*South American Datum 1969*) tornou-se o sistema de referência oficial no Brasil no final da década de 1970, utilizando o Elipsoide de Referência Internacional de 1967, com as seguintes características: semieixo maior (a) de 6.378.160 m, achatamento (f) de 1/298,25, coordenadas: latitude = $19^{\circ} 45' 41.6527''$ S; longitude = $48^{\circ} 06' 04.0639''$ W e $h = 0$ metros, orientação elipsoide-geoide no ponto Datum e $N=0$ metros (ondulação geoidal), tendo como origem o vértice de Chuá, situado em Minas Gerais. Corresponde a um sistema clássico realizado por meio de metodologia de posicionamento terrestre, sendo de caráter regional ou local (BORGES, 2016).

De acordo com Dalazoana (2001), atualmente estão referidas ao SAD 69 mais de 5000 Estações na Rede Horizontal do Sistema Geodésico Brasileiro. O primeiro ajuste realizado em ambiente computacional foi feito pelo (DMA) *Defense Mapping Agency* através do sistema operacional HAVOC (*Horizontal Adjustment by Variation of Coordinates*). Logo após, novos levantamentos geodésicos geraram

novos dados, densificando a Rede Horizontal através do programa USHER (*User System for Horizontal Evaluation and Reduction*), considerando fixas as coordenadas das estações.

O IBGE, *apud* Fernandes (2010), afirma que “a definição da origem e a orientação do elipsoide de referência foram feitas de forma a minimizar as diferenças em relação ao geóide no continente sul-americano”. Durante a vigência do SAD 69, (Figura 2.22), diversos instrumentos e métodos foram utilizados, tornando muito complexa a verificação da precisão das coordenadas das estações.

Figura 2.22 | Comparação entre os elipsoides do Datum Global WGS84 e Datum Regional SAD 69.



Fonte: <http://www.geomatica.eng.uerj.br/docentes/araujo/_detail/te:aula33.jpeg?id=cartografia_para_geoprocessamento>. Acesso em: 29 out. 2017.

O uso dos sistemas de posicionamento por satélites por meio do TRANSIT, também conhecido como NAVSAT (*Navigation Satellite System*), iniciou-se na década de 1970, permitindo estimar parâmetros de transformação entre o SAD 69 e o NSWC922. Na década de 1970, era o sistema associado às efemérides precisas do sistema TRANSIT, adotando-se logo depois o GPS (*Global Position System*) nos trabalhos geodésicos - IBGE, *apud* FERNANDES (2010).

Conforme Fernandes (2010), “o Decreto nº. 89.817, de 20 de junho de 1984, institui o SAD69 como Datum oficial a ser utilizado em toda e qualquer representação cartográfica em território nacional”. Os Data brasileiros oficiais eram: Datum planimétrico *South American Datum* – SAD 69, e os Data altimétricos: Imbituba/SC e o do Porto de Santana/AP, até 2005.



Refleta

Pense bem... como seria possível localizar um ponto na superfície terrestre sem os sistemas de referência? O engenheiro conseguiria localizar uma obra ou fazer um fechamento de loteamento sem a utilização dos Dados e Sistemas de Referências? Reflita... Não seria possível devido a necessidade de precisão em ambos os casos.

Sistema SIRGAS 2000

Para acompanhar a evolução tecnológica, em fevereiro de 2005, o Sistema Geodésico Brasileiro sofreu outra alteração. O Decreto Federal 5334/2005, assinado em 06/1/2005 e publicado em 07/1/2005 no Diário Oficial da União, estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS, em sua realização do ano 2000 – SIRGAS 2000, como o novo sistema de referência geodésico para o Sistema Brasileiro e para o Sistema Cartográfico Nacional – SCN (IBGE, 2005 apud FERNANDES, 2010).

Conforme Fernandes (2010), o SIRGAS 2000 é um sistema de referência que compreende atividades de precisão compatíveis com as técnicas atuais de posicionamento GPS (*Global Position System*), associadas aos Sistemas de Navegação por Satélite – GNSS. Das 58 estações iniciais, 11 pertencem à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, sendo um sistema geocêntrico. Possui as seguintes características: Elipsoide de referência – GRS80, Geocêntrico; Semieixo maior (a)=6.378.137 m; Achatamento (f)=1/298,257222101; Origem: Centro de massa da Terra; Orientação: Polos e meridianos de referência consistentes em $\pm 0,005''$ com as direções definidas pelo *Bureau International de L'Heure*, em 1984,0; compreende a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC; é uma densificação do ITRF (*International Terrestrial Reference Frame*).

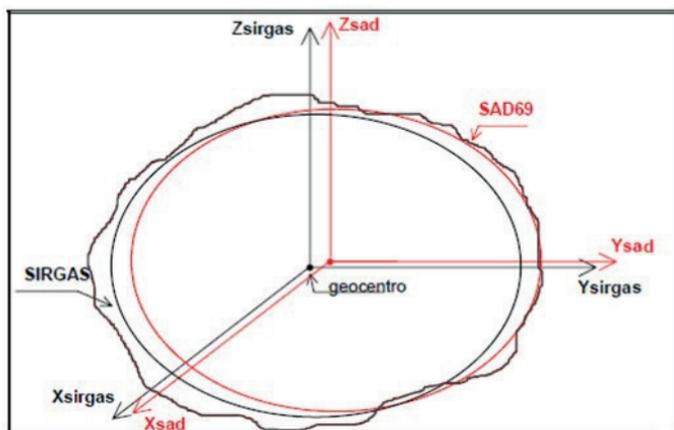


Pesquise mais

Para saber mais sobre coordenadas e transformações de Datum, visite o site do INPE, disponível em <http://www.dpi.inpe.br/calcula/> e assista ao vídeo que ensina como utilizar esta ferramenta, disponível em <https://youtu.be/JPWaoed7kc4>. Acesso em: 13 dez. 2017. Não deixe de navegar por ele!

O SIRGAS 2000, por 10 anos após a sua adoção, foi usado juntamente com o SAD 69 (Figura 2.23) e Córrego Alegre, para que os usuários pudessem fazer as adequações e os ajustes necessários nas bases de dados, métodos e procedimentos. A fim de que essa transição fosse realizada, parâmetros foram estimados através de 63 estações GPS, que possuíam coordenadas SAD 69 e coordenadas ajustadas SIRGAS 2000. Esses parâmetros, e o modelo de transformação, encontram-se nos documentos do IBGE n. 1/2005 e n. 23/1989 (IBGE, 2005 apud FERNANDES, 2010).

Figura 2.23 | Comparação entre os elipsoides do SIRGAS 2000 e Datum Regional SAD 69.



Fonte: <<http://mundogeo.com/wp-content/uploads/2014/12/Figura-6-%E2%80%93-Diferen%C3%A7a-entre-os-Datum-Sirgas-e-SAD69.jpg>>. Acesso em: 29 out. 2017.



Exemplificando

Um engenheiro precisa fazer a locação de uma reserva legal numa área rural. Para isso ele tem que conferir todos os pontos de coordenadas limitrofes da fazenda e nessa inserir a reserva legal, fazendo uso de uma área de vegetação nativa ainda existente. Para isso os pontos têm que ser o mais preciso possível, porém o mapa que ele possui está com dados em Córrego Alegre. O que ele deverá fazer?

Resposta:

Ele deverá ir ao local e, com o auxílio de um GPS, conferir os dados, já fazendo as alterações necessárias, porém, com o Datum ajustado em SIRGAS 2000, e verificar se a alteração encontrada foi muito significativa.

Relembrando: Suponhamos que você, futuro engenheiro, seja contratado para realizar o levantamento topográfico de uma grande área que será transformada em loteamento. Para que o loteamento seja aprovado, foi exigido pelos órgãos ambientais e pela prefeitura que 10% da área seja para uso de reserva legal e 15% para uso público e comercial, além de locar as vias de acesso. Para a realização deste trabalho, você recebe da contratante mapas da região para planejamento e informações do cadastro do imóvel na prefeitura, que deverão fornecer dados preliminares que lhe possibilitarão planejar o trabalho. Como o engenheiro responsável identificará o Sistema Geodésico Brasileiro que foi utilizado? Está atualizado? Existem outros sistemas? Há diferenças entre eles? Por que terá de atualizar o sistema para o sistema atual Sirgas 2000? Se o profissional alterar o Sistema de Referência, alterará o mapa?

Resolução:

- Como o engenheiro responsável identificará o Sistema Geodésico Brasileiro que foi utilizado?

No mapa, na parte inferior central da folha, estão o Datum e o Sistema Geodésico que foram utilizados.

- Está atualizado?

Provavelmente não, porque a maioria dos mapas foram confeccionados no Datum Córrego Alegre e alguns atualizados para o SAD 69, sistema que já se encontra desatualizado.

- Existem outros sistemas?

Sim, vários, porém o que está sendo utilizado no Brasil atualmente é o SIRGAS 2000.

- Há diferenças entre eles?

Sim, vai haver diferença de localização, pois nos sistemas antigos um vértice era escolhido, por exemplo, o vértice Chuá ou o Córrego Alegre, e no Sistema SIRGAS 2000, o centro de massa da Terra é que é o ponto de origem de referência.

- Por que terá de atualizar o sistema para o sistema atual Sirgas 2000?

Porque no Sistema SIRGAS 2000, o centro de massa da Terra é que é o ponto de origem de referência.

- Se o profissional alterar o Sistema de Referência, alterará o mapa?

O mapa não se alterará, mas a localização de um determinado ponto, sim, uma vez este sofrerá alteração.

Avançando na prática

Locando uma APP (Área de Preservação Permanente)

Descrição da situação-problema

Imagine você, um engenheiro formado, sendo contratado para fazer a locação de uma APP numa grande área industrial. Essa solicitação foi feita pelos órgãos ambientais e a área mais propícia seria onde existe uma vegetação de maior porte e um brejo, com nascentes e um córrego. Você recebe do contratante o levantamento topográfico do local, feito no ano de 1995 no Datum SAD 69, e um mapa de 1977, no Datum Córrego Alegre, pouco detalhado. O material que você recebeu está atualizado? É suficiente para obter as informações que precisa? Se você fizer a locação da APP no mapa e fizer a locação da APP em campo, com Datum atualizado, haverá diferença? Qual seria a metodologia mais fácil?

Resolução da situação-problema

- O material que você recebeu está atualizado?

Não, o material está desatualizado.

- É suficiente para obter as informações que precisa?

As básicas, sim: Projeções, Datum utilizado na época, Norte Geográfico, entre outros, porém, se forem necessárias mais informações, como localização precisa, não serão suficientes.

- Se ele fizer a locação da APP no mapa e fizer a locação da APP em campo com Datum atualizado, haverá diferença?

Sim, haverá, pois o Datum utilizado no mapa está desatualizado, podendo haver diferença em metros na locação da APP.

- Qual seria a metodologia mais fácil?

Para locar a APP, a metodologia mais fácil seria fazer o levantamento em campo com apoio de aparelhos, por exemplo, o GPS, atualizado no Datum SIRGAS 2000.

Faça valer a pena

1. “Os Sistemas de referência descrevem as posições de um determinado objeto, pois identificam a posição de uma determinada feição sobre a superfície da Terra, através dos Sistemas Geodésicos de Referência, que estão associados a um tipo de superfície que mais se aproxima da forma terrestre (IBGE, apud ROQUE et al. 2006)”.

Quais são os três principais Sistemas Geodésicos Brasileiros?

- a) WGS84, SIRGAS 2000, SAD 69.
- b) SAD 69, Córrego Alegre e WGS84
- c) NSW92Z, Córrego Alegre e WGS84
- d) SAD 69, SIRGAS 2000 e Córrego Alegre
- e) SIRGAS 2000, SAD 69 e NSW92Z.

2. IBGE, apud Fernandes (2010), afirma que “a definição da origem e a orientação do elipsoide de referência foram feitas de forma a minimizar as diferenças em relação ao geóide no continente sul-americano”. Durante a vigência do SAD 69, diversos instrumentos e métodos foram utilizados, tornando muito complexa a verificação da precisão das coordenadas das estações.

Quando o autor se refere à dificuldade de verificar a precisão das coordenadas nas estações, devido à utilização de diversos instrumentos, dos citados a seguir, qual instrumento, considerando a época do SAD 69, foi mais utilizado nos levantamentos?

- a) Teodolito;
- b) Gravímetro;
- c) Clinômetro;
- d) Trena eletrônica;
- e) Nível.

3. Para acompanhar a evolução tecnológica, em fevereiro de 2005, o Sistema Geodésico Brasileiro sofreu outra alteração. O Decreto Federal 5334/2005, assinado em 06/1/2005 e publicado em 07/1/2005, no Diário Oficial da União, estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS, em sua realização do ano 2000 – SIRGAS 2000, como novo sistema de referência geodésico para o Sistema Brasileiro e para o Sistema Cartográfico Nacional – SCN (IBGE, 2005 apud FERNANDES, 2010). No Sistema SIRGAS 2000, quais técnicas atuais de posicionamento foram utilizadas?

- a) GPS (*Global Position System*) e (DMA) Defense Mapping Agency.
- b) GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e (DMA) Defense Mapping Agency .
- c) GPS (*Global Position System*) e GNSS (*Global Navigation Satellite System*).
- d) GPS (*Global Position System*) e HAVOC (*Horizontal Adjustment by Variation of Coordinates*).
- e) HAVOC (*Horizontal Adjustment by Variation of Coordinates*) e GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

Seção 2.3

Sistemas e transformação de coordenadas

Diálogo aberto

Caro aluno,

Diferentes áreas de estudo utilizam dados topográficos e informações geográficas para localização e/ou referência de uma região, de um determinado terreno ou objeto. O Sistema de Coordenadas tem como objetivo localizar um ponto num mapa, carta ou planta, sendo essencial ao processo de mapeamento, de demarcação de terreno e execução de obras, e é parte importante do levantamento topográfico e do georreferenciamento (ROQUE et al., 2006).

Como dito anteriormente, um engenheiro que sabe ler um mapa ou uma planta topográfica, que compreende bem os dados disponibilizados nela, é um profissional bastante valorizado sendo requisitado por empresas de diferentes áreas. É um diferencial no mercado de trabalho o profissional que consegue utilizar aparelhos de localização como GPS, teodolitos, estação total, etc.

Suponhamos que você, engenheiro, seja contratado para realizar o levantamento topográfico de uma grande área que será transformada em loteamento. Para que o loteamento seja aprovado, foi exigido pelos órgãos ambientais e pela prefeitura que 10% da área seja destinada para uso de reserva legal e 15% para uso público e comercial, além de locar as vias de acesso. Para a realização desse trabalho você recebe da contratante, mapas da região, para planejamento, e informações do cadastro do imóvel na prefeitura, que deverão fornecer dados preliminares que lhe possibilitarão planejar o trabalho.

Você terá como identificar no mapa as coordenadas geográficas? A região do loteamento possui em sua localização as coordenadas geográficas? Conseguirá identificar qual sistema de projeções foi utilizado? Como esse sistema de coordenadas se aplicaria ao mapeamento municipal? Será necessário transformar as coordenadas?

Ao final dessa seção, esperamos que você seja capaz de compreender e entender como e para que é utilizado o Sistema de Transformação de Coordenadas.

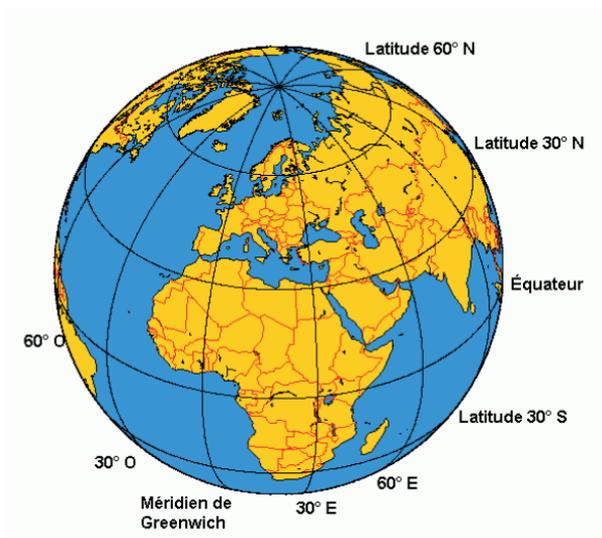
Bons estudos!

Não pode faltar

Sistemas de coordenadas

Os sistemas de coordenadas (Figura 2.24) referenciam pontos na superfície da Terra, e há uma diversidade deles. Assim, é necessário escolher o que melhor se adapte à situação para haver o mínimo de distorção. É muito difícil não haver distorção, pois será usado um sistema esférico de coordenadas que utiliza unidade de graus radianos ou decimais para quantificar a superfície terrestre. Assim, a Geodésia busca equacionar a relação entre os vários sistemas de coordenadas, permitindo sua transformação, se necessário (CORREIA, 2011).

Figura 2.24 | Sistema de coordenadas



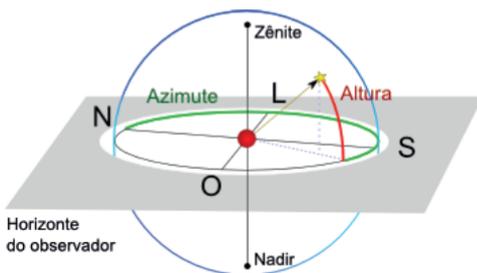
Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1e/Geodesie.png>>. Acesso em: 6 nov. 2017.

Os sistemas de coordenadas estão classificados em coordenadas geodésicas naturais, geodésicas elipsoidais e geodésicas retangulares.

a) Coordenadas naturais:

É definido por um sistema de coordenadas curvilíneas, que se utilizam da superfície de nível e vertical do lugar. Podem fazer uso também da posição aparente dos astros, obtendo a latitude, a longitude e o azimute astronômico (Figura 2.25), partindo de um ponto P localizado na superfície terrestre (CORREIA, 2011).

Figura 2.25 | Coordenadas Naturais – Sistema Horizontal

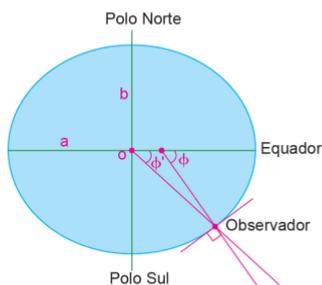


Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5d/Sistema_horizontal.png>. Acesso em: 6 nov. 2017.

b) Coordenadas geodésicas elipsoidais:

São obtidas tendo um dado elipsoide (Figura 2.26) como referência em relação à Terra, em um dado ponto P da superfície terrestre, tendo como projeção correspondente P' a normal do elipsoide. Suas longitude, latitude e altitude geodésica servem de localização tridimensional do ponto P em relação ao elipsoide de referência (CORREIA, 2011).

Figura 2.26 | Coordenadas geodésicas elipsoidais (adaptada)



- a = Semieixo maior da Terra
- b = Semieixo menor da Terra
- e = Excentricidade da Terra
- ϕ' = Latitude Geocêntrica
- ϕ = Latitude Geográfica
- ρ = Raio Terrestre em ϕ
- a = 6.378,14 Kms
- b = 6.356,755 Kms
- $\phi = \text{Atn} ((\text{Tan } \phi) / (1 - e^2)) * 180/3,1459$
- $e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$
- $\phi' = \text{Atn}((1 - e^2) * \text{tg } \phi) * 180/3,1459$
- $\rho = (1 - (e^2 * \text{Sin } \phi)^2 / 2) * a$

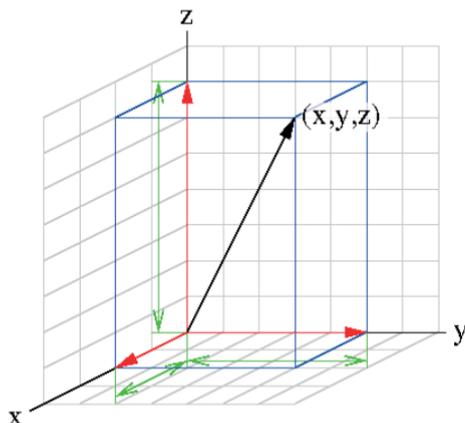
Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Latitud_Geogr%C3%A1fica_y_Geoc%C3%A9ntrica._C%C3%A1culo.jpg>. Acesso em: 6 nov. 2017.

c) Coordenadas geodésicas retangulares:



São obtidas com recurso a um sistema de coordenadas cartesiano (Figura 2.27) tridimensional, cuja origem coincide com o centro do elipsoide de referência. Com este sistema, as coordenadas de um ponto serão definidas por três coordenadas sob os respectivos eixos (X,Y, Z). (CORREIA, 2011)

Figura 2.27 | Coordenadas cartesianas



Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/65/Cartvektor.png>>. Acesso em: 6 nov. 2017.



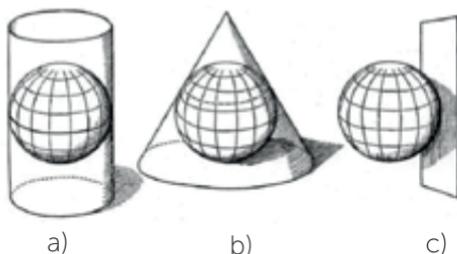
Assimile

“Os *sistemas de coordenadas* fazem referência a pontos sobre a superfície da Terra, e se classificam como: *coordenadas geodésicas naturais, geodésicas elipsoidais e geodésicas retangulares.*”

Sistema de projeções

De acordo com Corrêa (2012), a verdadeira relação entre as distâncias, os ângulos e as áreas e suas respectivas grandezas não pode ser conservada ao mesmo tempo quando a superfície da Terra é projetada sobre um plano. Por isso essa representação deve ser feita em seções, projetando em cada parte da superfície de uma figura geométrica partes da superfície terrestre, figuras geométricas como cilindro, cone e o próprio plano. Essas figuras podem tangenciar o esferoide conforme figura (Figura 2.28) a seguir:

Figura 2.28 | Sistemas de projeções cartográficas

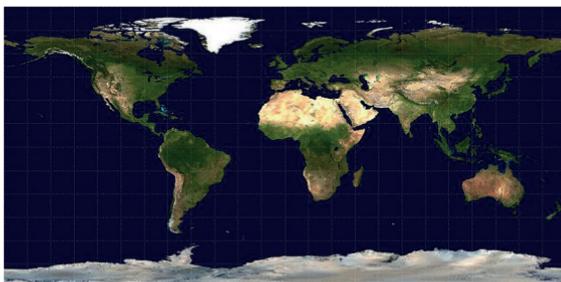


Fonte: Corrêa (2012).

a) **Cilíndrica**: circunscreve a esfera num cilindro. Os paralelos e meridianos são retos. Possibilita representar toda a superfície da Terra. Sofre menos deformação na linha do equador. Existem vários tipos:

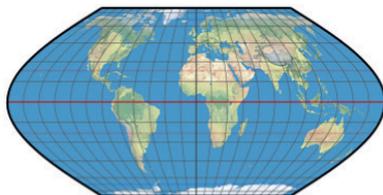
- Cilíndrica Central;
- Cilíndrica Equivalente (Figura 2.29);
- Mercator;
- Mollweide;
- Eckert (Figura 2.30);
- Sinusoidal;
- Peters;
- (UTM) *Universal Transversal de Mercator*.

Figura 2.29 | Projeção cilíndrica equivalente



Fonte: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equiarectangular-projection.jpg>>. Acesso em: 21 nov. 2017

Figura 2.30 | Projeção cilíndrica Eckert

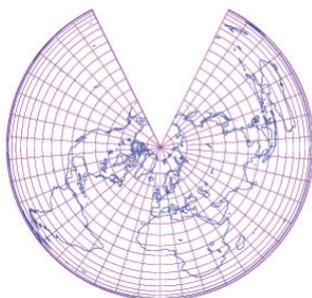


Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Eckert_VI_projection#/media/File:Eckert_VI-map.png>. Acesso em: 21 nov. 2017.

b) **Cônica**: circunscrive a esfera num cone. Os paralelos são curvos. A deformação menor está no paralelo. São classificadas como:

- Cônica Simples (Figura 2.31);
- Policônica.

Figura 2.31 | Projeção cônica simples



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Maps_with_conical_projection#/media/File:Lambert_equal-area_conical_projection_of_world_with_grid.png>. Acesso em: 21 nov. 2017.

c) **Plana ou Azimutal**: coloca um plano tangente à esfera. Permite representar hemisférios completos, sendo os paralelos circulares e os meridianos retos. Podem ser:

- Polares: Ponto central é o Polo Sul ou Polo Norte (Figura 2.32).
- Equatoriais: Um ponto no Equador é o centro da projeção.
- Oblíquas: O centro está localizado num ponto entre o equador e o polo.

Figura 2.32 | Projeção azimutal ou plana polar



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a8/Mapa_del_Oc%C3%A9ano_%C3%81rtico.png>. Acesso em: 21 nov. 2017.

Para escolher a melhor projeção, depende de qual será o objetivo. **Toda projeção possui erro de distorção!** Conforme Corrêa (2012), as projeções podem ser:

- a) **Equivalente:** Mantém a proporção exata entre a área representada na carta e a área representada no terreno (Figura 2.33).

Figura 2.33 | Projeção equivalente



Fonte: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv64669_cap2.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2017.

- b) **Conforme:** Mantém a forma das figuras pequenas conservando os limites geográficos de pequenas áreas, não conservando os contornos de grandes áreas (Figura 2.34).

Figura 2.34 | Projeção conforme



Fonte: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv64669_cap2.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2017.

- c) **Equidistante:** Todas as linhas que partem de um ponto se mantêm corretamente, com pouca ou nenhuma alteração (Figura 2.35).

Figura 2.35 | Projeção equidistante



Fonte: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv64669_cap2.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2017.

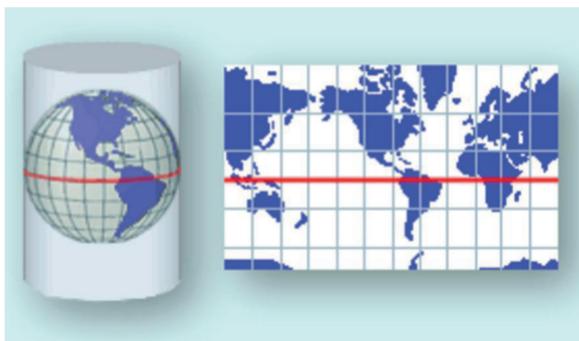
Os militares utilizam a Projeção Conforme, pois esta atende melhor as suas necessidades. A Projeção de Mercator é empregada para a navegação marítima e a Projeção Azimutal já atende as necessidades para cartas aéreas de distância e áreas polares (CORRÊA, 2012).

Projeção transversa de mercator (UTM)

A projeção de Mercator (Figura 2.36) é transversal, pois tem o eixo do cilindro rotacionado em um ângulo qualquer, partindo da sua coincidência com o eixo polar terrestre.

Nas cartas topográficas, o eixo do cilindro é rotacionado até 90° ficando inserido no plano do equador, obtendo uma forma elíptica na seção transversal. Essa projeção busca manter iguais as variações de distâncias nos sentidos da latitude e da longitude (CORRÊA, 2012).

Figura 2.36 | Projeção Transversa de Mercator.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/NationalAtlas_Mercator.gif>. Acesso em: 6 nov. 2017.

Conforme Corrêa (2012), seguem as características do sistema UTM:

- rojeção conforme a de Mercator, transversa (Gauss).
- Fusos de 6° de amplitude, limitados por meridianos nas longitudes múltiplas de 6°, coincidindo com os fusos da Carta Internacional ao Milionésimo. Cada sistema deve ser prolongado 30' sobre os contíguos, formando-se assim uma área de superposição, de 1° de largura na junção de dois fusos adjacentes.
- Adoção de um elipsoide de referência.

d) Fator de redução de escala $K_0 = 1 - \frac{1}{2500} = 0.9996$

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

f) Numeração dos fusos segundo o critério adotado pela Carta Internacional ao Milionésimo, isto é, de 1 a 60, a contar do antemeridiano de Greenwich para leste.

Foi convenicionado que o ponto de origem "0" estaria localizado na interseção da projeção do meridiano central com a linha do equador.

Sistema de coordenadas LTM e RTM aplicadas ao mapeamento municipal

Geralmente o mapeamento urbano, para evitar distorções, não é feito no sistema UTM, sendo criado então o sistema SPC (*State Plane Coordinate*) proporcionando mapeamento das áreas urbanas em grande escala, diminuindo os erros de distorções (CORRÊA, 2012).

Esse sistema usa fuso de 2°, conhecido como RTM (Regional Transverso de Mercator) e fuso de 1°, conhecido como LTM (Local Transverso de Mercator). O sistema LTM é utilizado quando há necessidade de mapeamento urbano, com a distância equivalente da medida no campo e sua respectiva projeção no mapa topográfico, utilizando-se da escala de 1:2.000 ou 1:1.000. Quando é necessário evitar a transposição de fuso próximo ao final do fuso de 1°, usa-se o sistema RTM (CORRÊA, 2012).



Refleta

Pense bem... como seria possível localizar um ponto na superfície terrestre sem o sistema de coordenadas? Você conseguiria locar uma obra sem a utilização de coordenadas atualizadas? Será que daria diferença de localização utilizar um sistema de coordenadas em um Datum antigo? O que fazer, então?



Pesquise mais

Para saber mais sobre coordenadas leia o artigo: HOLLER, W. **Além das coordenadas UTM**. 2009. Disponível em <<http://mundogeo.com/blog/2009/01/06/alem-das-coordenadas-utm/>>. Acesso em: 21 nov. 2017. Nele você encontrará informações mais detalhadas. Não deixe de ler!!!

Transformação de coordenadas: exemplos de fórmulas

A transformação de coordenadas é um assunto menosprezado por muitos profissionais da Geodésia. Com o uso mais frequente de equipamentos que utilizam a tecnologia GNSS, os conceitos ligados aos sistemas de referência e de coordenadas devem ser tratados com mais atenção (MORAIS JÚNIOR & SILVA, 2017).

De acordo com Moraes Júnior & Silva (2017) existem algumas transformações que podem ser utilizadas para compatibilizar as coordenadas existentes com as coordenadas atuais. São operações matemáticas relacionando dois sistemas de coordenadas com o objetivo comum de localizar um ponto, em um ou em outro sistema.



Exemplificando

Você, engenheiro, precisará fazer o desmembramento de um terreno para a criação de um loteamento. Para isso terá que conferir todos os pontos de coordenadas limítrofes desse terreno maior e depois localizar todos os lotes que estarão inseridos nele. Você recebeu documentos do imóvel da década de 1970. Sabendo que o sistema de referência já passou por duas atualizações, como ficarão esses pontos? As coordenadas serão as mesmas? Haverá alteração na distância dos pontos? É possível fazer a transformação das coordenadas sem ir ao local, apenas ajustando-as por meio de fórmulas? Qual seria o melhor procedimento nesse caso?

Resolução:

- Você recebeu documentos do imóvel da década de 1970. Sabendo que o sistema de referência já passou por duas atualizações como ficarão esses pontos?

Se for analisar os pontos de interesse por esses documentos e for lançá-los no GPS utilizando o sistema SIRGAS2000, os pontos não estarão localizados no mesmo lugar.

- As coordenadas serão as mesmas?

As coordenadas serão as mesmas, porém a localização dos pontos na superfície terrestre não será a mesma.

- Haverá alteração na distância dos pontos?

Sim, haverá alteração nas distâncias dos pontos.

• É possível fazer a transformação das coordenadas sem ir ao local, apenas ajustando-as por meio de fórmulas?

Sim, é possível, basta apenas aplicar a fórmula que melhor se adapte ao problema.

- Qual seria o melhor procedimento nesse caso?

Conforme a extensão da área, caso você não tenha um software que o auxilie nos cálculos, seria melhor ir ao local e fazer novos levantamentos de todos os pontos pertinentes.

Transformação é diferente de conversão, pois na transformação o processo matemático não é exato, baseando-se em medições que podem conter erros. Já na conversão o processo matemático é exato, pois o Datum permanece, altera-se apenas a representação matemática.

De acordo com Fernandes & Nogueira (2010), é possível determinar uma função matemática que permita realizar a transformação de coordenadas, considerando a inexistência de qualquer tipo de deformação, erro ou influência que viesse a descaracterizar a posição definida do ponto. Seria necessário conhecer todos os dados que definem o sistema de coordenadas, sabendo que a função poderia basear-se numa transformação geométrica, equação diferencial ou outra equação matemática. Caso não consiga estipular cálculo algum, a alternativa seria recalcular as coordenadas no novo sistema, considerando haver os dados do posicionamento das estações no sistema de origem, porém, isto ocasionaria grande desvantagem pelo volume de cálculo, associado ao conjunto dos pontos que fazem parte da rede, além de ter que reconstruir totalmente o produto que estaria ligado às coordenadas originais.

Uma das fórmulas utilizadas é a de Helmert, que é uma transformação descrita pelos dois sistemas de coordenadas

tridimensionais com rotação no sentido anti-horário (MORAIS & SILVA, 2017). Essa transformação consiste em três etapas:

- Ângulo de rotação (θ);
- Fator de escala (k);
- Translações (T_x e T_y).

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = k \cdot \begin{pmatrix} \cos\theta & -\text{sen}\theta \\ \text{sen}\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_x \\ T_y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_{X_i} \\ V_{Y_i} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & -b \\ b & a \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X'_i \\ Y'_i \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c \\ d \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \end{pmatrix}$$

$$V = A \quad X \quad L$$

Sendo:

A = matriz dos coeficientes

X = matriz das incógnitas

L = vetor das observações

V = vetor dos resíduos

Gerando a fórmula:

$$X = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot L$$

Sendo P a matriz diagonal dos pesos, composta pelos desvios das coordenadas (X,Y) do sistema de origem. Após o ajustamento, calcular o fator de escala (k) e o ângulo de rotação (θ), aplicando as equações seguintes:

$$k = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \theta = \text{arctg}\left(\frac{b}{a}\right)$$

Apesar da fórmula apresentada anteriormente e outras existentes, devido à complexidade dos cálculos existem ferramentas e sites que executam esses cálculos com precisão, alguns são citados a seguir:

- INPE. Calculadora Geográfica. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/calcula/>>. Acesso em: 7 nov. 2017.
- UFRGS. Transformação de coordenadas. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/transf_coord.php>. Acesso em: 7 nov. 2017.

- Species link - CRIA. Conversor de coordenadas geográficas. Disponível em: <<http://smlink.cria.org.br/conversor?criaLANG=pt>>. Acesso em: 7 nov. 2017.
- IBGE – ProGrid. Neste link você tem o manual, que poderá ser baixado, e o aplicativo ProGrid, em formato ZIP, deverá ser descompactado e instalado. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/sirgas/aplicativos/transformacao_coordenadas/>. Acesso em: 8 nov. 2017;
- AUTODESK. Sig Autocad Map 3d. Versão trial. O site está em inglês, mas pode ser passado para o português, ficando mais fácil o entendimento, o link para baixar o arquivo está disponível no site. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/products/autocad-map-3d/free-trial>>. Acesso em: 8 nov. 2017.
- Entre outros.



Pesquise mais

Para saber mais sobre transformação de coordenadas leia o artigo: MORAIS JÚNIOR, J. T. B.; SILVA, I. Análise da aplicação de transformação de coordenadas entre sistemas com a finalidade de georreferenciar obras de engenharia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRA DE GEOMÁTICA - SBG2017, 4., JORNADAS LUSÓFONAS - CTIG2017. **Anais...** Presidente Prudente - SP, 24-26 de julho de 2017, p. 381- 389. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/ eventos/2017_IV_SBG/_artigos/2017_SBG_CTIG_paper_27.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2017.

Nele você encontrará informações mais detalhadas, históricos e cálculos. Não deixe de ler!

Sem medo de errar

Suponhamos que você, engenheiro, seja contratado para realizar o levantamento topográfico de uma grande área que será transformada em loteamento. Para que o loteamento seja aprovado, foi exigido pelos órgãos ambientais e pela prefeitura que 10% da área seja destinada para uso de reserva legal e 15% para uso público e comercial, além de locar as vias de acesso. Para a realização desse trabalho

você recebe da contratante, mapas da região, para planejamento, e informações do cadastro do imóvel na prefeitura, que deverão fornecer dados preliminares que lhe possibilitarão planejar o trabalho. Você consegue identificar no mapa as coordenadas geográficas? A região do loteamento possui em sua localização as coordenadas locais geográficas? Consegue identificar qual sistema de projeções foi utilizado? Como esse sistema de coordenadas se aplicaria ao mapeamento municipal? Será necessário transformar as coordenadas?

Resolução:

- Você consegue identificar no mapa as coordenadas geográficas?
Se o mapa estiver georreferenciado ficará fácil identificar as coordenadas.
- A região do loteamento possui em sua localização as coordenadas locais geográficas?
Sim, porém é necessário saber se está atualizado.
- Consegue identificar qual sistema de projeções foi utilizado?
Geralmente no mapa ou planta consta qual projeção foi usada (UTM, LTM ou RTM).
- Como esse sistema de coordenadas se aplicaria ao mapeamento municipal?
Não se aplica; deverá ser feito outro levantamento utilizando LTM ou RTM.
- Será necessário transformar as coordenadas?
Se estiverem desatualizadas, sim, deverão ser transformadas para o sistema atual SIRGAS 2000.

Avançando na prática

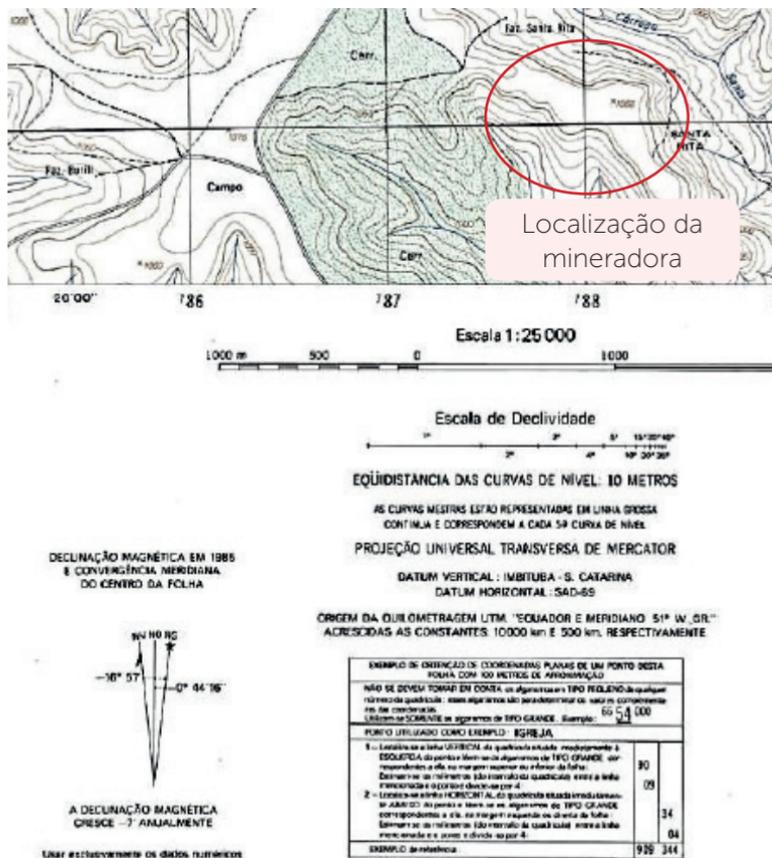
Construindo em uma área minerária

Descrição da situação-problema

Imagine você, engenheiro, sendo contratado para realizar as obras civis em uma mineradora de granito, no caso um escritório central, galpões para máquinas e equipamentos, alojamento com

sanitários e chuveiros, refeitório e vias de acesso aos mesmos. A mineradora irá fornecer um mapa topográfico e uma vista aérea com os pontos de locação e a localização da mina já em exploração. O mapa topográfico (Figura 2.37) é de 1980, quando usava-se o sistema SAD69, em graus decimais, e a vista aérea, que não sabemos se possui coordenadas tiradas no ano 2000.

Figura 2.37 | Mapa Topográfico Santo Antônio do Descoberto/MG (Adaptada)



Fonte: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBS%20-%20RJ/SD-22-Z-D-VI-3-SE.jpg>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

Você é capaz de identificar com facilidade as coordenadas, estão bem visíveis? É possível identificar o sistema de projeção utilizado? Atualmente o Datum é o SIRGAS 2000, terei que atualizar o mapa e a vista aérea? Como?

Resolução da situação-problema

- Você é capaz de identificar com facilidade as coordenadas, elas estão bem visíveis?

Sim, estão bem visíveis as coordenadas no mapa. Na vista aérea provavelmente não será fácil identificar as coordenadas, só é possível se os pontos estiverem devidamente assinalados. .

- É possível identificar o sistema de projeção utilizado?

Sim, a projeção utilizada foi a Universal Transversa de Mercator.

- Atualmente o Datum é o SIRGAS 2000, terei que atualizar o mapa e a vista aérea? Como?

Sim, terá que fazer a atualização para o SIRGAS 2000, pois pode dar diferença na distância dos pontos.

Faça valer a pena

1. Conforme Correia (2011), os sistemas de coordenadas referenciam pontos à superfície da Terra, e há uma diversidade deles; para isso é necessário escolher o que melhor se adapte à situação para haver o mínimo de distorção. É muito difícil não haver distorção, pois será usado um sistema esférico de coordenadas que utiliza unidade de graus radianos ou decimais para quantificar a superfície terrestre. Assim a Geodésia busca equacionar a relação entre os vários sistemas de coordenadas, permitindo sua transformação, se necessário.

Quais são os principais sistemas de coordenadas?

- a) coordenadas cartesianas, elipsoidais e retangulares.
- b) coordenadas naturais, elipsoidais e cartesianas.
- c) coordenadas naturais, elipsoidais e retangulares.
- d) coordenadas elipsoidais, elípticas e retangulares.
- e) coordenadas elipsoidais, retangulares e ortogonais.

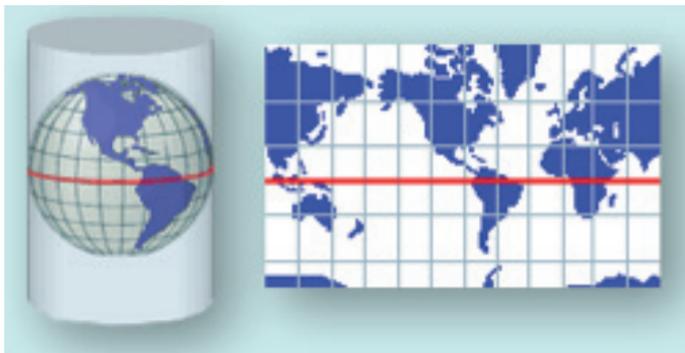
2. De acordo com Corrêa (2012), a verdadeira relação entre as distâncias, os ângulos e as áreas e suas respectivas grandezas não pode ser conservada ao mesmo tempo quando a superfície da Terra é projetada sobre um plano. Por isso essa representação deve ser feita em seções, projetando em cada parte da superfície de uma figura geométrica partes da superfície terrestre, figuras geométricas como: cilindro, cone e o próprio plano.

Marque a alternativa da projeção que é mais utilizada para atividades marítimas:

- a) Conforme.
- b) Equivalente.
- c) Azimutal.
- d) Mercator
- e) Cônica.

3. A projeção de Mercator é transversal, pois tem o eixo do cilindro rotacionado em um ângulo qualquer, partindo da sua coincidência com o eixo polar terrestre. Nas cartas topográficas, o eixo do cilindro é rotacionado até 90° ficando inserido no plano do equador, obtendo-se uma forma elíptica na seção transversal. Essa projeção busca manter iguais as variações de distâncias nos sentidos da latitude e da longitude (CORRÊA, 2012).

Figura | Projeção Transversa de Mercator.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cd/National_Atlas_Mercator.gif>. Acesso em: 6 nov. 2017.

Dentre suas características marque a que está correta.

- a) Fusos de 6° de amplitude, limitados por meridianos nas longitudes múltiplas de 6° , coincidindo com os fusos da Carta Internacional ao Milionésimo.
- b) Foi convencionado que o ponto de origem "0" estaria localizado na interseção da projeção do meridiano central com a linha do Equador.
- c) Não possui fator de redução de escala.
- d) Adoção de vários elipsoides de referência.
- e) Numeração dos fusos segundo o critério adotado pela Carta Internacional ao Milionésimo, isto é de 1 a 30, a contar do antemeridiano de Greenwich para leste.

Referências

AUTODESK. **SIG AUTOCAD MAP 3D**. Versão trial. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/autocad-map-3d/free-trial>. Acesso em: 8 nov. 2017.

BORGES, A. F. et al. Sistemas geodésicos de referência adotados no Brasil e a conversão dos dados geográficos para o sistema oficial SIRGAS2000: transformações e avaliação de erros. **Revista Geografias**: Artigos Científicos, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, jun. 2016. Disponível em: <http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/view/776/570>. Acesso em: 25 out 2017.

CARVALHO, E. A. de; ARAÚJO, P. C. de. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas I**: geografia. Natal: EDUFRN, 2008.

CASACA, J.; MATOS, J.; BAILO, M. **Topografia Geral**. 6. ed. Lisboa: Lidel, 2005.

CORRÊA, I. C. S. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. 13. ed. Porto Alegre: IG/UFRGS, 2012. Disponível em: http://www.ufrgs.br/igeo/departamentos/geodesia/trabalhosdidaticos/Topografia_Aplicada_A_Engenharia_Civil/Apostila/TopoAplicada_2012.pdf. Acesso em: 8 nov. 2017.

CORREIA, Aspirante-Aluno de Artilharia A. J. T. **A evolução da geodesia e sua importância no meio militar**. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares Especialidade de artilharia)-Academoa Militar, Lisboa, abr. 2011. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/7222/1/TIA%20ASPOF%20ART%20CORREIA%20PDF.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2017.

DALAZOANA, R. **Implicações na cartografia com a evolução do Sistema Geodésico Brasileiro e futura adoção do SIRGAS**. Curitiba: 2001. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

FERNANDES, V. de O.; NOGUEIRA, R. E. Consequências da mudança de Datum na representação cartográfica direcionada para ambiente SIG. **Portal de Cartografia**, Londrina, v. 3, n. 1, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/viewFile/7357/6623>. Acesso em: 29 out. 2017.

FRANCO, G. G.; COSTA R. P. O uso do Google Earth em dispositivos portáteis para o apoio em campo de projetos de engenharia. **Revista Online MundoGeo**, 10 set. 2014. Disponível em: <http://mundogeo.com/blog/2014/09/10/o-uso-do-google-earth-em-dispositivos-portateis-para-o-apoio-em-campo-de-projetos-de-engenharia/>. Acesso em: 29 out. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1999. Disponível em: https://www2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoas/indice.htm Acesso em: 20 out. 2017.

IBGE – PROGRID. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_sobre_posicionamento_geodesico/sirgas/aplicativos/transformacao_coordenadas/. Acesso em: 8 nov. 2017

INPE. **Calculadora Geográfica**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/calcula/>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

MARQUES, R. Apostila: **Introdução à Geodésia** - Disciplina: Leitura e Interpretação de Cartas. Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Exatas e da Natureza Departamento de Geociências. 2016.

MORAIS JÚNIOR, J. T. B.; SILVA, I. Análise da aplicação de transformação de coordenadas entre sistemas com a finalidade de georreferenciar obras de engenharia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRA DE GEOMÁTICA - SBG2017, 4., JORNADAS LUSÓFONAS - CTIG2017. **Anais...** Presidente Prudente - SP, 24-26 de julho de 2017, p. 381- 389. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/ eventos/2017_IV_SBG/_artigos/2017_SBG_CTIG_paper_27.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2017.

ROQUE, C. G. et al. Georreferenciamento. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 4, n. 1, p. 87-102, 2006. Disponível em: <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol4/10_artigo_v4_.pdf>. Acesso em: 24 out. 2017.

SAMPAIO, A. C. F. et al. Datum Córrego Alegre: monumento histórico da cartografia brasileira. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA, 6. **Atas...** Braga, Portugal, 4-7 nov. 2015.

SPECIES LINK - CRIA. **Conversor de coordenadas geográficas**. Disponível em: <<http://splink.cria.org.br/conversor?criaLANG=pt>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

UFRGS. **Transformação de coordenadas**. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/engcart/Teste/transf_coord.php>. Acesso em: 7 nov. 2017.

ZANNETTI, M. A. Z. **Geodésia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007.

Planialtimetria

Convite ao estudo

Prezado aluno, iremos abordar na unidade de Planialtimetria a aplicação da Topografia a partir de um exemplo prático. Com isso, tomaremos como exemplo prático um levantamento planialtimétrico, que utiliza os principais conceitos de Topografia, equipamentos: teodolito, estação total e nível, as operações e os cuidados que devem ser tomados com o equipamento em campo, o processamento em escritório e a avaliação, os possíveis problemas e suas resoluções.

A abordagem parte de um contexto em que você trabalha para uma empresa de Agrimensura que foi contratada para executar um levantamento planialtimétrico em uma área na qual haverá a execução de uma obra de engenharia civil. A empresa possui como equipamento de levantamento um teodolito digital, um nível ótico e um par de miras estadimétricas; quando há necessidade, aluga-se uma estação total.

O terreno em que será executada a obra encontra-se em uma região acidentada próxima à cidade de São Carlos–SP e por isso existe a necessidade de executar o levantamento planialtimétrico para a delimitação do terreno e possíveis correções do relevo por meio de terraplenagem.

Para a execução desse levantamento você deverá ter noções de topografia como, por exemplo, conhecer direções, ângulos e distâncias. Como todo trabalho de campo, esse deverá decorrer de um planejamento contendo as etapas de levantamento de campo, processamento e ajuste das observações e análise da qualidade do produto a ser entregue à empresa contratante.

O levantamento deverá ser realizado inicialmente com um reconhecimento de campo. Após o reconhecimento de campo será iniciada a planimetria do terreno, com o teodolito, onde

o terreno será materializado por vértices, e posteriormente será executada a altimetria com o nível óptico. Caso aconteça algum imprevisto com algum desses equipamentos, lembre-se de alugar uma estação total para retomar o levantamento.

Vale ressaltar que toda etapa de trabalho de topografia deve seguir as normas técnicas de levantamento topográfico e cadastro municipal (NBR 13133 e NBR 14166, respectivamente). Para iniciar o levantamento você deverá planejá-lo. É muito importante que você entenda esses fundamentos, para conseguir utilizar todo o potencial das geotecnologias. Nessa unidade iremos ajudá-lo a entender as técnicas de levantamento topográfico, para que possa utilizá-lo da melhor maneira possível. Bons estudos e vamos lá!

Seção 3.1

Planimetria e altimetria

Diálogo aberto

Prezado aluno, nessa seção iremos abordar direções, ângulos e distâncias, e as técnicas de levantamento: planimetria, altimetria e planialtimetria. Para sedimentarmos o conhecimento embasado nessa seção vamos partir de uma situação-problema que decorre de um levantamento topográfico planialtimétrico em uma área para a construção de obra de engenharia civil. Para essa aplicação dependeremos dos principais conceitos de Topografia, do conhecimento sobre direção, ângulos e distâncias. Todo trabalho de campo decorre de um planejamento bem elaborado, que deve conter todas as etapas do levantamento de campo, processamento e ajustamento das observações e análise da qualidade do produto a ser entregue à empresa contratante. Previamente ao levantamento, você deverá executar o reconhecimento de campo para verificar quais técnicas de levantamento deverão ser aplicadas em campo. A partir do conhecimento adquirido por meio dessa seção, você deverá responder as seguintes questões: Qual a importância da topografia para a execução de obras de engenharia civil? Qual a diferença entre os métodos de levantamentos topográficos? Quais as suas vantagens e as suas desvantagens? Como definir o método mais adequado para a execução de seu trabalho?

Fique tranquilo! Nessa seção abordaremos o assunto de forma que você possa entender os conceitos de direções, ângulos e distâncias, as técnicas de levantamento: planimetria, altimetria e planialtimetria, para responder a essas e outras dúvidas e questionamentos que irão surgir nas aulas.

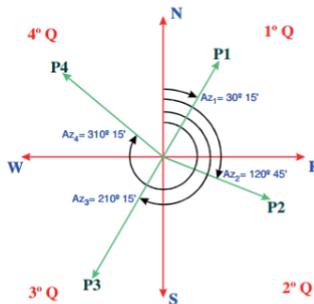
Direções, ângulos e distâncias

As direções, os ângulos e as distâncias são grandezas fundamentais na Topografia, pois determinam a posição de pontos na superfície terrestre, das diferenças de nível no terreno, nas orientações e nos alinhamentos de detalhes na superfície e em trabalhos de campo (GHILANI; WOLF, 2013; SILVA; SEGANTINE, 2015).

As direções são dadas por direção horizontal, azimutes e rumos. A partir da diferença de duas direções horizontais define-se um ângulo horizontal. De acordo com Silva e Segantine (2015), a direção horizontal é uma projeção de uma direção espacial sobre o plano horizontal, em que o valor é lido sobre um círculo graduado de um equipamento topográfico ou fornecido digitalmente pelo equipamento.

Os azimutes são ângulos horizontais observados no sentido horário a partir de qualquer meridiano de referência. São importantes, pois orientam os objetos e poligonais levantados em campo. Na Topografia, geralmente, são observados a partir do Norte magnético e podem variar de 0° a 360° (GHILANI; WOLF, 2013), como mostra a Figura 3.1.

Figura 3.1 | Exemplos de azimutes

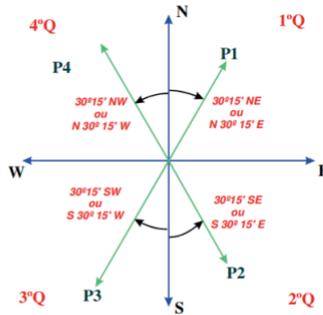


Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

O rumo de um alinhamento é definido como o ângulo horizontal agudo entre um meridiano de referência e um alinhamento de referência. O ângulo horizontal agudo é observado a partir do Norte ou do Sul em direção ao Leste ou ao Oeste, e varia de 0° a 90° indicado no sentido horário ou anti-horário (GHILANI; WOLF, 2013; SILVA; SEGANTINE, 2015), como mostra a Figura 3.2. No valor do rumo deve-se acrescentar uma sigla para determinar a direção

(NE, SE, SW, NW), em que a primeira letra indica a direção de origem e a segunda indica a direção do giro ou quadrante em que está a observação no terreno (VEIGA et al., 2012).

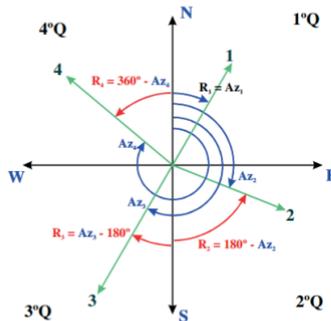
Figura 3.2 | Exemplos de rumos



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

A Figura 3.3 mostra o processo de conversão de azimute para rumo em cada quadrante do plano cartesiano, com as suas respectivas funções.

Figura 3.3 | Conversão de azimute para rumo



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

Seguindo com Veiga et al. (2012), a conversão de rumo para azimute em cada quadrante é calculada por meio das seguintes funções:

- Primeiro quadrante (NE):

$$Az_1 = R_1 \quad (1)$$

- Segundo quadrante (SE):

$$Az_2 = 180^\circ - R_2 \quad (2)$$

- Terceiro quadrante (SW):

$$Az_3 = 180^\circ + R_3 \quad (3)$$

- Quarto quadrante (NW):

$$Az_4 = 360^\circ - R_4 \quad (4)$$

Na topografia, os ângulos são divididos em horizontal e vertical. O ângulo horizontal é o ângulo formado a partir da diferença entre duas direções horizontais quaisquer, medido sempre na horizontal e com o equipamento nivelado (GHILANI; WOLF, 2013; VEIGA et al., 2012; SILVA; SEGANTINE, 2015). De acordo com Silva e Segantine (2015), um ângulo vertical é determinado a partir da diferença entre duas direções verticais quaisquer não paralelas em um mesmo plano vertical.

Possuem dois tipos de ângulos verticais (SILVA; SEGANTINE, 2015):

- Ângulo vertical de altura: ângulo em relação ao plano horizontal do observador;
- Ângulo vertical zenital: ângulo em relação à vertical do observador.

As medições de distâncias em conjunto com as direções e ângulos são fundamentais na determinação de coordenadas. Iremos abordar sobre as distâncias inclinada e horizontal. Silva e Segantine (2015) definem a distância horizontal como a menor distância medida sobre o plano horizontal, perpendicular ao plano vertical, ou seja, é a distância topográfica entre dois pontos na superfície terrestre. Já distância inclinada ou distância geométrica é a menor distância entre dois pontos situados em altitudes diferentes na superfície terrestre.



Assimile

O azimute pode ser obtido a partir do Norte magnético ou por meio de dois pontos de coordenadas conhecidas, como mostra a equação a seguir: $Az = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y}$; Em que ΔX é a diferença das coordenadas planas em X e ΔY é a diferença das coordenadas planas em Y. Dessa forma você orienta sua poligonal e seus pontos irradiados em campo.

Planimetria

A planimetria é um método de levantamento topográfico que visa representar e determinar a posição dos objetos, tanto naturais como artificiais, existentes na superfície terrestre sobre um plano horizontal de referência. Consiste apenas das distâncias horizontais e ângulos horizontais (VEIGA et al., 2007; VEIGA et al., 2012).

No Brasil, as coordenadas planimétricas são definidas por meio da Rede Planimétrica Brasileira, que possui como referência as estações geodésicas espalhadas pelo território brasileiro. A Rede Planimétrica é mantida e foi estabelecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Esse tipo de levantamento topográfico desconsidera as elevações. Entende-se por levantamento planimétrico o conjunto de operações que tem por objeto a determinação da posição relativa de feições naturais ou artificiais na superfície terrestre destinada à determinação da projeção horizontal (GHILANI; WOLF, 2013; SILVA; SEGANTINE, 2015).

De acordo com Espartel (1987), o levantamento planimétrico é constituído por três fases:

- O reconhecimento de campo.
- O levantamento de uma figura geométrica – poligonal.
- O levantamento de detalhes.

Nesse método realiza-se o levantamento de poligonais. A NBR 13133 (ABNT, 1994) classifica as poligonais em:

- Principal: aquela que determina os pontos de apoio topográfico de primeira ordem.
- Secundária: aquela que determina os pontos de apoio de segunda ordem por meio da poligonal principal.
- Auxiliar: aquela que possui seus vértices de forma que seja possível visar os pontos de detalhes que são importantes em um levantamento.

As poligonais podem ser (VEIGA et al., 2007; VEIGA et al., 2012; SILVA; SEGANTINE, 2015):

- Fechada: parte de um ponto de coordenadas conhecidas e retorna a este mesmo ponto. Permite verificar os erros de fechamento angular e linear.

- Aberta: parte de um ponto de coordenadas conhecidas e chega-se a outro distinto que se deseja determinar. Não é possível verificar os erros de fechamento.
- Enquadrada: parte de dois pontos de coordenadas conhecidas e chega-se em outros dois pontos de coordenadas conhecidas. Possibilita verificar os erros de fechamento.



Refleta

A poligonação é um dos métodos mais empregados para se determinar coordenadas de pontos sobre a superfície terrestre. O que seria uma poligonal? Como são definidas as coordenadas dos vértices de uma poligonal?

Altimetria

A altimetria tem por finalidade representar o relevo da superfície terrestre a partir da obtenção de diversos pontos com altitudes conhecidas. Segundo Silva e Segantine (2015), a altimetria estuda os métodos e os instrumentos que visam detalhar a superfície terrestre sobre um plano vertical de referência. Conhecendo-se um valor de referência inicial é possível calcular as demais cotas ou altitudes.

A altimetria é fundamental em Engenharia, pois vários projetos de obras civis necessitam dessas informações para a execução da obra, por exemplo, rede de esgoto, estradas, planejamento urbano, terraplenagem, entre outros (VEIGA et al., 2007; VEIGA et al., 2012).

O levantamento altimétrico ou nivelamento permite realizar um conjunto de operações para determinar altitudes, cotas e diferenças de cotas e de altitudes, ou seja, calcular o desnível do terreno (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Os conceitos de cota e altitude podem ser definidos como (VEIGA et al., 2012):

- Cota: é a distância medida ao longo da vertical de um ponto até um plano de referência qualquer.
- Altitude ortométrica (H): é a distância medida na vertical entre um ponto da superfície física da Terra e a superfície de referência altimétrica (nível médio dos mares).

Existem diferentes métodos que permitem determinar os desníveis, com precisões que variam de alguns centímetros até

décimos de milímetro. A precisão do nivelamento dependerá da precisão dada pelo equipamento e será de acordo com o trabalho de campo a ser realizado.

Existem vários métodos de nivelamento. Os mais utilizados são:

- Nivelamento geométrico;
- Nivelamento trigonométrico;
- Nivelamento por GNSS.

No Brasil, as altitudes são definidas por meio da Rede Altimétrica Brasileira, que possui Referências de Nível (RNs) materializadas por um conjunto de pontos pelo território brasileiro (GEMAEL, 1987; VEIGA et al., 2012). Essa Rede foi definida a partir do datum altimétrico, que é associado ao nível médio dos mares determinado pelo marégrafo em Imbituba-SC (GEMAEL, 1987; VEIGA et al., 2012). A Rede Altimétrica é mantida e foi estabelecida pelo IBGE.



Exemplificando

De acordo com Espartel (1987), Gemael (1994), Veiga et al., (2012), Ghilani e Wolf (2013), Silva e Segantine (2015), determina-se a qualidade do levantamento topográfico planimétrico a partir dos erros de fechamento angular e linear; com isso, para uma poligonal fechada, é necessário fazer a verificação dos ângulos.

O erro angular cometido deve ser menor que a tolerância. Para isso, quando considerados os ângulos externos da poligonal, utiliza-se a seguinte equação do erro angular: $e_a = (n + 2) \cdot 180^\circ$.

Em que: e_a é o somatório dos ângulos medidos; n é o número de estações.

Para calcular a tolerância angular utiliza-se a seguinte equação:

$$\varepsilon_a = p \cdot \sqrt{m}$$

Em que: ε_a é a tolerância angular; m é o número de ângulos medidos.

Obs.: caso sejam considerados os ângulos internos deve-se considerar a seguinte equação do erro angular: $e_a = (n - 2) \cdot 180^\circ$.

O erro linear deve ser menor que a tolerância linear. Para calcular o erro linear ou erro planimétrico utiliza-se a equação: $e_p = \sqrt{e_x^2 + e_y^2}$ em que: e_x é a diferença entre a coordenada calculada e a fornecida em X; e_y é a diferença entre a coordenada calculada e a fornecida em Y.

Para verificar se o erro linear está menor que a tolerância deve-se calcular:

$$Z = \frac{\Sigma d}{\sqrt{e_x^2 + e_y^2}}$$

Em que: Σd é o somatório de todas as distâncias da poligonal;
 $\sqrt{e_x^2 + e_y^2}$ é o erro linear.

$$e_p = \frac{1}{Z}$$

Obs.: Normalmente essa tolerância é definida a partir do erro fornecido pelo equipamento ou estabelecida de acordo com a precisão do levantamento.

Exemplo:

Um lote precisou ser levantado para futura divisão entre os herdeiros. Foram obtidas as seguintes informações em campo, conforme apresentado na planilha a seguir;

Ponto	Direção	Ângulo Horizontal	Distância (m)
V1	V1-V2	-	99,775
V2	V2- V3	287° 15' 43"	100,189
V3	V3- V4	213° 48' 31"	87,652
V4	V4- V1	254° 19' 52"	110,098
V1	-	324° 35' 39"	-

Conhecendo-se:

Azimute da direção V1-V2: 87° 32' 43"

Tolerância Angular: $6'' \cdot \sqrt{m}$ (m = número de ângulos medidos na poligonal)

Calcule os valores do erro angular da poligonal, assim como a tolerância a ser atingida.

Resposta:

$$e_a = 1080^\circ 00' 15'' - 1080^\circ = 15''$$

$$\text{Tolerância angular: } \epsilon_a = 6'' \cdot \sqrt{m} = 6'' \cdot \sqrt{5} = \pm 12''$$

$|e_a| > |\epsilon_a|$, assim pode-se considerar que o erro é inaceitável!

Planialtimetria

O levantamento planialtimétrico parte da realização simultânea dos levantamentos planimétrico e altimétrico, com o intuito de descrever o relevo do terreno e seus detalhes. O Brasil possui uma Rede Planialtimétrica que materializa as componentes planialtimétricas (latitude e longitude; E e N) do Sistema Geodésico Brasileiro a partir de um conjunto de estações geodésicas de monitoramento contínuo, que fazem parte da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC). Essa rede também é mantida e foi estabelecida pelo IBGE.

O levantamento planialtimétrico permite a obtenção das informações no plano horizontal e no plano vertical, o que é de suma importância para projetos de engenharia. Como esse tipo de levantamento permite o conhecimento detalhado do relevo, conseqüentemente possibilita um planejamento adequado para a execução da construção de algum projeto.

Normalmente são utilizadas estações totais para executar este tipo de levantamento, porém as técnicas GNSS e as técnicas convencionais, com o uso de teodolitos e de níveis, também possibilitam chegar a informações precisas e acuradas, obtendo-se assim uma descrição do relevo condizente com a realidade.



Pesquise mais

Para solucionar algumas dúvidas sobre a planialtimetria, acesse o link disponível em: VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**. Universidade Federal do Paraná. 2012. Disponível em: < http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 11 out. 2017

Sem medo de errar

Prezado aluno,

Que tal aplicarmos os conteúdos aprendidos nessa seção em nossa atuação profissional?

Você trabalha para uma empresa de Agrimensura, contratada para executar um levantamento planialtimétrico em uma área para a execução de uma obra de engenharia civil. Para essa aplicação você

dependerá dos principais conceitos de Topografia, do conhecimento sobre direção, ângulos e distâncias.

Como vimos nessa seção, direções, ângulos e distâncias são grandezas fundamentais na Topografia, pois determinam a posição de pontos na superfície terrestre, as diferenças de nível no terreno, as orientações e os alinhamentos de detalhes na superfície e em trabalhos de campo. Agora vamos lá! Iremos ajudar você a resolver a problemática.

A partir do conhecimento que você adquiriu por meio dessa seção, responda as seguintes questões:

- Qual a importância da topografia para a execução de obras de engenharia civil?

A Topografia determina geometricamente os objetos sobre a superfície terrestre de forma que estejam condizentes com a realidade; com isso ela se torna uma das principais etapas da construção civil.

- Qual a diferença entre os métodos de levantamentos topográficos?

O levantamento planimétrico é um método de levantamento topográfico que visa representar e determinar a posição dos objetos na superfície terrestre sobre um plano horizontal de referência. O levantamento altimétrico tem por finalidade representar o relevo da superfície terrestre a partir da obtenção de diversos pontos com altitudes conhecidas. O levantamento planialtimétrico parte da realização simultânea dos levantamentos planimétrico e altimétrico, com o intuito de descrever o relevo do terreno e seus detalhes.

- Quais suas vantagens e desvantagens?

Vantagens: O levantamento planimétrico permite verificar os erros angulares e lineares, isso quando as poligonais forem fechadas ou enquadradas. O levantamento altimétrico permite obter uma representação precisa do relevo. O levantamento planialtimétrico permite a execução simultânea dos métodos de levantamento planimétrico e altimétrico.

Desvantagens: O levantamento planimétrico não permite executar as correções angulares e lineares em poligonais abertas; com isso, deve-se tomar cuidado nas observações em campo. O levantamento altimétrico, dependendo do

método de nivelamento utilizado em campo, prejudica o andamento do levantamento, por exemplo, o nivelamento geométrico, que possui um rendimento em campo muito baixo e se torna inviável para áreas muito extensas. Como o levantamento planialtimétrico é a junção dos levantamentos planimétrico e altimétrico, as desvantagens anteriores são consideradas para este.

- Como definir o método mais adequado para a execução de seu trabalho?

Para a escolha do método de levantamento mais adequado, primeiramente deve-se levar em conta qual o objetivo ou a necessidade do levantamento de campo. Se for necessário descobrir somente o desnível, o método de levantamento é o nivelamento ou altimétrico, utilizando-se um nível. Caso tenha como intuito a retificação de uma área, o método adequado seria a planimetria, utilizando-se um teodolito ou estação total. No entanto, caso haja a necessidade de um levantamento detalhado do terreno para a obtenção das cotas/altitudes e as respectivas coordenadas planas, deve-se considerar adequado o levantamento planialtimétrico, utilizando-se uma estação total ou receptores GNSS.

Avançando na prática

Orientação de uma poligonal fechada

Descrição da situação-problema

Você está trabalhando na mesma empresa de Agrimensura. Em determinado momento, a empresa é contratada para executar um levantamento topográfico de um projeto geométrico de uma rodovia no município de Piracicaba – SP. Na primeira etapa do projeto, você deverá realizar um reconhecimento inicial do local em que será executado o projeto. Nessa etapa, você deverá verificar qual a melhor forma de desenvolver seu levantamento. Para realizar o levantamento topográfico, como devo escolher os pontos de apoio por onde a poligonal deverá passar? É necessário que os pontos da poligonal sejam visíveis entre si? Como controlar a poligonal para evitar erros inadmissíveis nos cálculos de fechamento?

Resolução da situação-problema

Como visto anteriormente, a poligonação é uma etapa importante para definição das feições em um terreno. Para uma poligonal fechada, os pontos de apoio devem ser escolhidos de forma que sejam fáceis de encontrar, pois serão os pontos considerados como controle no projeto.

Os pontos da poligonal devem ser visíveis entre dois pontos pelo menos, ou seja, em um ponto da poligonal deve ser possível visualizar outros dois pontos.

Os erros em uma poligonal podem ser controlados por meio de leituras múltiplas da estação para os pontos pertencentes à poligonal.

Faça valer a pena

1. Uma empresa de eletricidade necessita instalar uma usina solar com painéis fotovoltaicos no município de Lençóis–BA, na Chapada Diamantina. Para obter um melhor aproveitamento da luz solar na produção de energia, a orientação da usina é requisito fundamental. A orientação ideal para a instalação dos painéis, na maioria das regiões brasileiras, é voltada para o Norte.

Dois pontos com coordenadas conhecidas: $E1 = 239.277,660$ m e $N1 = 8.613.920,130$ m; $E2 = 239.251,040$ m e $N2 = 8.613.798,040$ m, foram determinados de forma que um vértice do campo da usina é coincidente com o ponto 2 de coordenadas conhecidas. Esse fator foi estabelecido em projeto. Tendo por base essas considerações, o azimute calculado entre esses dois pontos de coordenadas conhecidas é:

- a) $02^{\circ} 18' 12''$
- b) $18^{\circ} 12' 00''$
- c) $12^{\circ} 18' 00''$
- d) $05^{\circ} 18' 12''$
- e) $05^{\circ} 18' 00''$

2. Para realizar qualquer método de levantamento topográfico é necessário tomar os devidos cuidados com os possíveis erros que podem ser cometidos. Os erros podem ocorrer, porém, dentro de uma determinada tolerância. Dessa forma, é possível analisar a qualidade de seu trabalho.

Foi realizado um levantamento de campo em que os dados coletados são representados na caderneta de campo como mostrado a seguir:

Ponto	Direção	Ângulo Horizontal	Distância (m)
PA1	PA1-E1	-	105,670
E1	E1-E2	267° 13' 33"	134,243
E2	E2-E3	147° 45' 20"	98,678
E3	E3-E4	315° 39' 56"	113,441
E4	E4-PA1	189° 51' 43"	145,863
PA1	-	344° 29' 09"	-

Conhecendo-se:

Azimute da direção OPP-1: $131^{\circ} 45' 47''$

Tolerância: Angular: $10'' \cdot \sqrt{m}$

Em que:

- m = número de ângulos medidos na poligonal)

Calcule os valores do erro angular da poligonal, assim como a tolerância a ser atingida. O erro angular cometido é aceitável com relação à tolerância?

- Erro angular = $-19''$; Tolerância angular = $\pm 22''$; O erro é aceitável
- Erro angular = $-19''$; Tolerância angular = $\pm 22''$; O erro é inaceitável
- Erro angular = $-22''$; Tolerância angular = $\pm 16''$; O erro é aceitável
- Erro angular = $-46''$; Tolerância angular = $\pm 32''$; O erro é inaceitável
- Com as informações acima não é possível calcular o enunciado

3. Ao se caracterizar um projeto para a construção de uma rodovia é necessário realizar um levantamento topográfico coletando informações do terreno. Com o levantamento do terreno é possível analisar quais as características que serão encontradas no local.

Em um projeto de rodovia, deseja-se representar o desnível entre dois pontos do projeto geométrico. Qual o tipo de levantamento topográfico mais simples e adequado para realizar esta tarefa?

- Topografia.
- Planimetria.
- Planialtimetria.
- Topometria.
- Altimetria.

Seção 3.2

Levantamento topográfico: planimétrico

Diálogo aberto

Prezado aluno, nesta seção iremos abordar o planejamento e o levantamento de campo, o processamento e ajustamento de observações e a análise do produto obtido por meio da técnica de levantamento topográfico. Para sedimentarmos o conhecimento embasado nesta seção, iremos partir de uma situação problema que decorre de um levantamento topográfico planialtimétrico de uma área para a construção de obra de engenharia civil.

Esta aplicação dependerá dos principais conceitos de Topografia, do conhecimento sobre a técnica de levantamento topográfico planimétrico. Todo trabalho de campo decorre de um planejamento bem elaborado, no qual deve conter todas as etapas do levantamento, processamento e ajustamento das observações e análise da qualidade do produto a ser entregue à empresa contratante.

Antes de iniciar o levantamento de campo, você deverá exercer o reconhecimento da área e o planejamento. Após este passo, você executará a planimetria utilizando o teodolito, onde será materializada a área do terreno. Ao finalizar a planimetria, você realizará os cálculos e avaliará a qualidade do produto final. Você deverá responder as seguintes questões: É viável utilizar o teodolito para este tipo de levantamento? Se sim, quais seriam as suas viabilidades? Se não, por quê?

Fique tranquilo! Nessa seção abordaremos o assunto de forma que você possa entender os conceitos e as técnicas de levantamento planimétrico, as viabilidades do uso de certos equipamentos topográficos, de forma que você possa responder essas e outras dúvidas e questionamentos que irão surgir nas aulas.

Planejamento de campo

O planejamento de campo consiste na definição do método correto para o tipo de levantamento a ser executado, assim como os equipamentos a serem utilizados (teodolito, estação total ou receptor GNSS). Todas as etapas devem ser bem planejadas, tendo seus procedimentos bem esclarecidos. O *checklist* ou lista de verificação é um meio de controle das etapas de campo, no qual deve conter todas as atividades e informações dos instrumentos a serem utilizados, ou seja, o *checklist* é uma ferramenta usada para garantir a segurança de um levantamento topográfico.

O reconhecimento de campo é uma etapa primordial do levantamento topográfico planimétrico, pois assegura o operador das possíveis eventualidades que possam comprometer a sua realização. Esta etapa definirá quais são tipos de equipamentos a serem utilizados, os acessórios e os cuidados a serem tomados. Ao realizar o reconhecimento em campo, recomenda-se ao operador desenhar um croqui da área a ser levantada para dar suporte e orientação no dia do levantamento.

De acordo com Silva e Segantine (2015), a definição do método de poligonação a ser utilizado no campo poderá proporcionar vantagens em comparação a outros métodos de levantamento como: Triangulação, Trilateração, Triangulateração e posicionamento por satélites.

As vantagens são (SILVA; SEGANTINE, 2015):

- Menos trabalho de reconhecimento de campo;
- Menos dependência das condições do terreno;
- Independência de figuras geométricas;
- Facilmente adaptadas às condições do projeto para que os pontos de controle fiquem próximos aos elementos a serem visados.



Assimile

Definições de poligonação:

Veiga et al. (2007) e Veiga *et al.* (2012) definem poligonação como um dos métodos mais utilizados para a determinação de coordenadas de pontos no terreno e principalmente para a definição de pontos de apoio planimétricos.

Ghilani e Wolf (2013) definem a poligonização como o ato de marcar alinhamentos onde são estabelecidas as estações de uma poligonal, para que sejam realizadas as observações necessárias no terreno. É considerada uma forma básica e prática de determinar a localização de pontos no terreno.

Silva e Segantine (2015) definem a poligonização como procedimento de campo que consiste em realizar medições a partir de pontos de uma rede geodésica oficial ou determinados por medições com tecnologia GNSS, lançando novos pontos por intermédio de uma poligonal geometricamente bem definida.

Levantamento de campo

Após executar um bom planejamento, providencia-se o início do levantamento de campo por intermédio de um teodolito ou estação total. O levantamento de campo planimétrico é realizado por intermédio de uma poligonal, seja ela: aberta, fechada ou enquadrada.

Os procedimentos descritos abaixo servem de base para a realização de um levantamento¹ de uma poligonal fechada utilizando um teodolito ou uma estação total. Estes procedimentos podem ser resumidos em:

1. O tripé deve ser aberto e posicionado sobre o ponto de apoio;
2. Cravar as pontas do tripé para que ele fique firme durante as medições;
3. A base do tripé deve estar nivelada na horizontal e posicionar o tripé de forma que possibilite visualizar o ponto;
4. O teodolito ou a estação total deve ser retirado(a) com cuidado da caixa (estojo);
5. Importante deixar o estojo fechado durante o levantamento;
6. Fixar o equipamento sobre o tripé;
7. Centrar o equipamento sobre o ponto por meio fio de prumo, fio de prumo óptico ou a laser;
8. Nivelar o equipamento antes da medição – deve ser realizado o nivelamento grosseiro por meio do nível esférico e posterior-

1 OBS: Caso utilize-se teodolito, é necessário que as visadas sejam realizadas em miras stadimétricas, ou seja, miras graduadas e aplicada a técnica da Taqueometria para a obtenção dos valores das distâncias. Caso seja utilizada a estação total, as visadas serão realizadas em prismas.

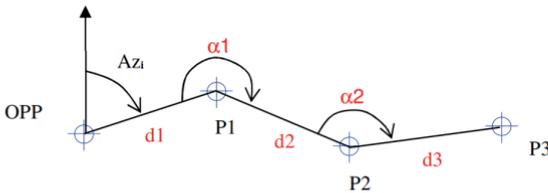
mente o nivelamento fino, ou seja, nivelar os níveis tabulares ou digitais;

9. Após a bolha calada, deve-se girar o equipamento a 90° de forma que o nível tabular esteja ortogonal a sua posição;
10. Conferir a centragem (termo técnico) do equipamento sobre o ponto, caso esteja fora, deve centralizar e novamente nivelar o equipamento. Repete-se esse procedimento até que o equipamento esteja calado e centrado sobre o ponto;
11. Medir a altura do equipamento e configurar o ponto estacionado;
12. Visar o ponto de Ré, zerando o ângulo horizontal, realizar as medidas das distâncias e dos ângulos horizontal e vertical e registrar ou anotar em planilha para o pós-processamento dos dados. E anotar a altura do prisma, que foi posicionado no ponto de Ré, ou salvar na estação total;
13. Sobre o mesmo ponto estacionado deve-se rotacionar o equipamento e visar o ponto de Vante (sem zerar o equipamento). Realizar as medidas das distâncias e dos ângulos horizontal e vertical e registrar ou anotar em planilha para o pós-processamento dos dados. E anotar a altura do prisma, que foi posicionado no ponto em Vante, ou salvar na estação total;
14. Caso seja necessário levantar detalhes do terreno, devem-se nomear na estação total os pontos irradiados e realizar as medições e salvar ou anotar estas informações;
15. Ao finalizar as medições no primeiro ponto, deve-se mudar o teodolito ou estação total para o ponto de Vante;
16. Devem-se repetir no próximo ponto de Vante as etapas de 1 a 14. Estes procedimentos de campo deverão ser realizados até que o equipamento vise em Vante o primeiro ponto de onde partiu o levantamento;
17. Finalizado o levantamento de campo, será iniciado em escritório o processamento e ajustamento de observações. Esta etapa será descrita no próximo tópico desta seção.

Segundo Veiga *et al.* (2012, p. 132), o levantamento de uma poligonal é realizado ponto a ponto por intermédio do método de caminhamento, medindo-se todos os ângulos, distâncias e definindo

a orientação da poligonal por meio de um azimute inicial, como mostra a Figura 3.4.

Figura 3.4 | Exemplo: Levantamento de uma poligonal



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

A NBR 13.133 classifica as poligonais em (ABNT, 1994, p. 7):

- Principal – determina os pontos de controle ou apoio topográfico de primeira ordem;
- Secundária – determina os pontos topográficos de segunda ordem a partir dos pontos de primeira ordem;
- Auxiliar – poligonal baseada nos pontos de apoio topográfico planimétrico de tal forma que seja possível determinar diretamente ou indiretamente os pontos de detalhe que sejam importantes para o levantamento.

As poligonais em campo podem ser do tipo: aberta, fechada ou enquadrada (VEIGA et al. 2007, p. 95-96; VEIGA et al. 2012, p. 133-134; GHILANI; WOLF, 2013, p. 195-196; SILVA; SEGANTINE, 2015 p. 275-277). Define-se poligonal:

- Aberta – parte de um ponto de coordenadas conhecidas e termina-se em outro ponto a que se deseja determinar as coordenadas, ou seja, não retornam ao ponto inicial. Os erros de fechamento não podem ser calculados;

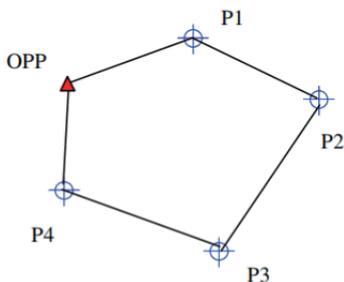
Figura 3.5 | Exemplo: Poligonal aberta



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

- Fechada – inicia em um ponto de coordenadas conhecidas e termina sobre o mesmo ponto. Sua vantagem principal é permitir verificar os erros de fechamento linear e angular;

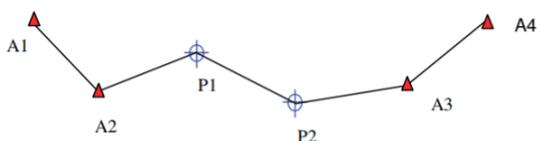
Figura 3.6 | Exemplo: Poligonal fechada



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

- Enquadrada – sob o ponto de vista geométrico é uma poligonal aberta, mas sob o ponto de vista topográfico ela é uma poligonal fechada. O levantamento desta poligonal inicia-se a partir de dois pontos de coordenadas conhecidas e termina-se em outros dois pontos de coordenadas conhecidas. Permite a verificação dos erros de fechamento angular e linear e a compensação dos erros.

Figura 3.7 | Exemplo: Poligonal enquadrada



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

O levantamento de campo pode ser iniciado de formas distintas, isso depende do operador. O equipamento pode ser: estacionado sobre um ponto de coordenadas conhecidas, estacionado sobre um ponto qualquer e visar em Ré um ponto de coordenadas conhecidas, estacionar sobre um ponto de coordenadas conhecidas e visar em Ré outro ponto de coordenadas conhecidas, ou atribuir aos vértices de uma poligonal coordenadas arbitrárias e, posteriormente, em escritório, referenciar a um sistema geodésico de referência.



Em levantamentos de poligonal é importante que os pontos sejam visíveis entre si. Normalmente em trabalhos de campo são materializados marcos de apoio, de forma que sejam fáceis de serem encontrados e possam ser mantidos conservados, da mesma forma seguem os estaqueamentos. A poligonal deve ter o mínimo possível de vértices, devem-se evitar lados com distâncias curtas para minimizar o erro de centragem. O que seria o erro de centragem? Quais outras fontes podem gerar erros em levantamentos de poligonal?

Processamento e ajustamento de observações

Normalmente, quando o levantamento de campo é realizado por meio de uma estação total, os dados são processados em *softwares* topográficos específicos como Topograph, Posição, DataGeosis, TopoEVN, entre outros.

O processamento e ajustamento de observações consistem em compensar os erros angulares e lineares dos dados coletados no campo. Os cálculos podem ser realizados no *software* Microsoft Excel, caso os dados sejam anotados em uma planilha de forma manual.

De acordo com Silva e Segantine (2015, p. 278), o cálculo de uma poligonal significa aplicar o método topométrico de transporte de coordenadas. Caso seja uma poligonal aberta, executa-se o cálculo do transporte de coordenadas. Porém, caso sejam poligonais fechadas ou enquadradas, necessitam obrigatoriamente verificar a consistência entre os valores medidos e os valores calculados.

A diferença entre os valores medidos e os valores calculados indicam os erros de fechamento angular e linear. Se estes erros forem menores que os previstos nas normas de levantamento topográfico, eles devem ser compensados nos valores medidos, senão o levantamento deverá ser refeito até que os erros sejam inferiores à tolerância (VEIGA *et al.* 2007, p. 102; VEIGA *et al.* 2012, p. 142; GHILANI; WOLF, 2013, p. 201; SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 279).

Para realizar o transporte de coordenadas entre os pontos levantados no campo, é necessário corrigir os ângulos e distâncias

observados. As correções dos erros linear e angular determinarão a qualidade do levantamento. Iremos abordar o passo a passo para realizar o cálculo de transporte de coordenadas de uma poligonal e os cálculos dos erros e suas respectivas correções:

- Cálculo da correção angular

Para uma poligonal fechada e enquadrada, antes de calcular o azimute, deve ser realizado o cálculo do erro de fechamento angular (VEIGA *et al.*, 2007, p. 102; VEIGA *et al.*, 2012, p. 142). O erro angular cometido deve ser menor que a tolerância angular. Para isso, quando considerados os ângulos externos da poligonal, utiliza-se a seguinte equação do erro angular:

$$e_a = (n + 2) \cdot 180^\circ \quad (1)$$

Em que:

e_a - somatório dos ângulos medidos;

n - número de estações.

Para calcular a tolerância angular, utiliza-se a seguinte equação:

$$\varepsilon_a = p \cdot \sqrt{m} \quad (2)$$

Em que:

ε_a - tolerância angular;

p - precisão nominal do equipamento;

m - número de ângulos medidos.

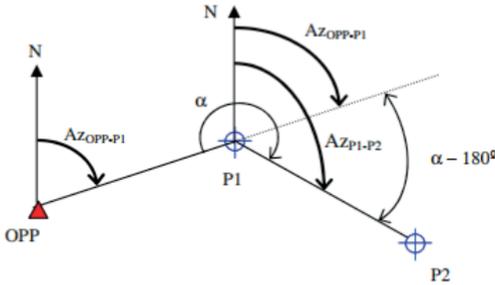
Obs.: caso sejam considerados os ângulos internos, deve-se considerar a seguinte equação do erro angular: $e_a = (n - 2) \cdot 180^\circ$.

- Cálculo dos Azimutes

A Figura 3.8 representa o cálculo em que o azimute inicial OPP-P1 e o ângulo horizontal OPP-P1-P2 (α , medido no sentido horário) permitem calcular o azimute de P1-P2 por meio da equação 3 (VEIGA *et al.*, 2007, p. 103; VEIGA *et al.*, 2012, p. 144):

$$Az_{P1-P2} = Az_{OPP-P1} + \alpha - 180^\circ \quad (3)$$

Figura 3.8 | Cálculo do Azimute



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

Se o valor do azimute for maior que 360° , deverá subtrair 360° ; caso o valor do azimute seja negativo, deve-se somar 360° . Quando se trabalha com ângulos horizontais medidos no sentido anti-horário, deve-se somar ao 180° no azimute e subtrair o valor de α (VEIGA *et al.*, 2007, p. 103; VEIGA *et al.*, 2012, p. 144; GHILANI; WOLF, 2013, p. 208; SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 280).

- Cálculo das coordenadas parciais

Com os ângulos corrigidos e os azimutes calculados de uma poligonal, o próximo passo é o cálculo das coordenadas parciais (VEIGA *et al.*, 2007, p. 104; VEIGA *et al.*, 2012, p. 145 e p. 146; GHILANI; WOLF, 2013, p. 213; SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 286). Para isso utilizam-se as equações 4 e 5:

$$X_i = X_{i-1} + d_{i-1,j} \cdot \text{sen}(Az_{i-1,j}) \quad (4)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + d_{i-1,j} \cdot \text{cos}(Az_{i-1,j}) \quad (5)$$

Em que:

X_i - coordenada X calculada;

X_{i-1} - coordenada X do ponto anterior;

Y_i - coordenada Y calculada;

Y_{i-1} - coordenada Y do ponto anterior;

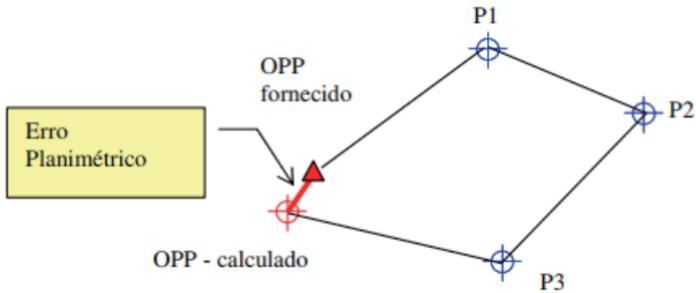
$d_{i-1,j}$ - distância entre o ponto de coordenadas conhecidas e o ponto a se determinar as coordenadas;

$Az_{i-1,j}$ - Azimute formado entre o ponto de coordenadas conhecidas e o ponto a se determinar as coordenadas.

- Cálculo erro linear

Em uma poligonal fechada, a diferença entre as coordenadas iniciais e coordenadas finais devem ser inferiores à tolerância linear. Esta consideração também segue para a poligonal enquadrada, porém, este tipo de poligonal tem mais controle que a poligonal fechada, pois parte de dois pontos de coordenadas conhecidas e termina em outros dois pontos de coordenadas conhecidas. Esta diferença é chamada de erro de fechamento linear ou erro planimétrico. Este erro é decorrente das imprecisões nas medidas das distâncias (VEIGA *et al.*, 2007, p. 104; VEIGA *et al.*, 2012, p. 146; GHILANI; WOLF, 2013, p. 211; SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 285). Para facilitar a discussão, a Figura 3.9, apresentada por Veiga *et al.* 2007 e Veiga *et al.* 2012, demonstra o erro linear de uma poligonal fechada:

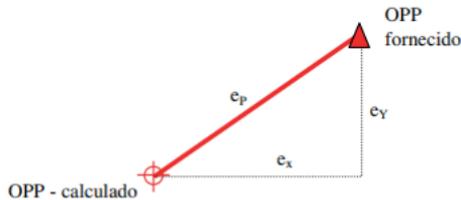
Figura 3.9 | Poligonal fechada – erro planimétrico



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

De acordo com Veiga *et al.* 2007 e Veiga *et al.* 2012, o erro linear é decomposto em uma componente na direção X e outra na direção Y, como mostra a Figura 3.10:

Figura 3.10 | Decomposição do erro planimétrico



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

Os valores são calculados a partir das seguintes equações:

$$e_x = X_{OPP}^C - X_{OPP} \quad (6)$$

$$e_y = Y_{OPP}^C - Y_{OPP} \quad (7)$$

Em que:

X_{OPP}^C e Y_{OPP}^C - coordenadas calculadas;

X_{OPP} e Y_{OPP} - coordenadas fornecidas (conhecidas).

O erro planimétrico é calculado a partir da equação 6:

$$e_p = \sqrt{e_x^2 + e_y^2} \quad (8)$$

A tolerância para a verificação do erro planimétrico é dada pelas equações 9 e 10:

$$Z = \frac{sd}{\sqrt{e_x^2 + e_y^2}} \quad (9)$$

Em que:

sd - somatório de todas as distâncias da poligonal;

$\sqrt{e_x^2 + e_y^2}$ - erro planimétrico.

$$Te_p = \frac{1}{Z} \quad (10)$$

Em que:

Te_p - tolerância do erro planimétrico.

• Correção do erro linear

Se o erro planimétrico cometido for menor que a tolerância, deve-se fazer a distribuição do erro na poligonal. Quanto maior a distância, maior a correção (VEIGA *et al.* 2007, p. 106; VEIGA *et al.* 2012, p. 148). Para isso são aplicadas as correções para as coordenadas X e para as coordenadas Y da poligonal, como mostram as equações 11 e 12:

$$C_{x_i} = -e_x \cdot \frac{d_{i-1j}}{\Sigma d} \quad (11)$$

$$C_{y_i} = -e_y \cdot \frac{d_{i-1,j}}{\Sigma d} \quad (12)$$

Em que:

C_{x_i} - correção para as coordenadas X;

e_x - erro planimétrico em X;

C_{y_i} - correção para as coordenadas Y;

e_y - erro planimétrico em Y;

Σd - somatório das distâncias;

$d_{i-1,j}$ - distância parcial;

- Coordenadas corrigidas

$$X_i^C = X_{i-1}^C + d_{i-1,j} \cdot \text{sen}(Az_{i-1,j}) + C_{x_i} \quad (13)$$

$$Y_i^C = Y_{i-1}^C + d_{i-1,j} \cdot \text{cos}(Az_{i-1,j}) + C_{y_i} \quad (14)$$



Exemplificando

Resumo dos passos para apoio em um levantamento de campo, cálculo e ajuste de uma poligonal fechada (VEIGA *et al.*, 2007; VEIGA *et al.*, 2012):

- Determinação das coordenadas do ponto de partida em campo;
- Determinação da orientação da poligonal em campo;
- Cálculo do erro de fechamento angular pelo somatório dos ângulos internos ou externos (sentido horário ou anti-horário);
- Distribuição do erro de fechamento angular;
- Cálculo dos Azimutes;
- Cálculo das coordenadas parciais (X, Y);
- Cálculo do erro de fechamento linear;
- Cálculo das coordenadas definitivas (X^c , Y^c).

Análise da qualidade do produto

Para a análise da qualidade do levantamento são considerados valores dos erros de fechamento linear e angular (ESPARTEL, 1987; GEMAEL, 1994; VEIGA *et al.*, 2012; GHILANI; WOLF, 2013; SILVA; SEGANTINE, 2015), que foram demonstrados anteriormente. Em que os erros devem ser menores que os valores de tolerância ou

valores pré-estabelecidos por normas (NBR 13133 e NBR 14166) de acordo com o levantamento a ser executado. Caso os erros sejam maiores que a tolerância, o levantamento deverá ser realizado novamente até que os erros sejam inferiores à tolerância.

Essas grandezas determinarão a qualidade de sua poligonal e conseqüentemente de seu produto final, o mapa ou carta em que será descrita a área levantada em campo com todos seus detalhes.



Pesquise mais

Aluno, conheça as importantes normas indicadas abaixo e disponíveis na biblioteca virtual:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13133: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14166: Rede de referência cadastral municipal - procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

Sem medo de errar

Prezado aluno,

Que tal aplicarmos os conteúdos aprendidos nessa seção em nossa atuação profissional?

Você trabalha para uma empresa de Agrimensura que foi contratada para executar um levantamento planialtimétrico em uma área para a execução de uma obra de engenharia civil. Esta aplicação dependerá dos principais conceitos de Topografia, do conhecimento sobre direção, ângulos e distâncias. Tendo em mente estes conceitos, devemos sedimentar outros que são importantes em Topografia, como o planejamento de campo, o levantamento, o processamento e ajustamento das observações e a análise da qualidade do produto.

Como vimos nesta seção, o planejamento de campo consiste na definição do método correto de levantamento a ser executado e a definição dos equipamentos a serem utilizados como o teodolito, a estação total ou receptores GNSS (GPS+GLONASS). Agora, vamos lá! Iremos ajudar você a resolver a situação problema.

A partir de seu conhecimento adquirido por meio desta seção, você deverá responder as seguintes questões:

- É viável utilizar o teodolito para este tipo de levantamento? Se sim, quais seriam as suas viabilidades? Se não, por quê?

É viável utilizar o teodolito em levantamentos de campo, porém o operador deverá ter domínio, agilidade e cuidado para a sua realização, podendo alcançar precisão e consistência nos dados, e concomitantemente no produto final (planta topográfica, carta topográfica ou mapa). No entanto, vale lembrar que todos os valores são anotados à mão e os cálculos são realizados pelo operador utilizando a técnica da Taqueometria, e os cálculos de correção de erro angular, transporte de coordenadas, correção do erro linear e correções deverão ser realizadas. Isso aumenta significativamente o risco da ocorrência de erros grosseiros e prejudica a qualidade do trabalho de campo. Nesse caso, seria mais viável o uso de uma estação total ou de receptores GNSS no levantamento topográfico, mas o operador também deverá possuir domínio na operação e tomar os devidos cuidados com os equipamentos. Esses tipos de equipamentos permitem obter as informações em campo com agilidade, precisão, permitem salvar as informações na memória interna e possuem *softwares* de processamento dos dados coletados no campo.

Avançando na prática

Levantamento de uma poligonal aberta

Descrição da situação-problema

Uma empresa de tratamento e distribuição de água e de tratamento de esgoto contratou você para realizar um levantamento planimétrico de uma rede de esgoto em uma avenida da cidade de Uberlândia. Com isso, você deverá definir qual será o tipo de poligonal a ser utilizada. De acordo com o tipo de poligonal escolhida, defina as vantagens ou desvantagens.

Resolução da situação-problema

Como será realizado um levantamento de uma rede de esgoto em uma avenida, o melhor tipo de poligonal a ser utilizada é a poligonal

aberta, que são aquelas que partem de pontos conhecidos por suas coordenadas e terminam em pontos de coordenadas não conhecidas. A desvantagem deste tipo de poligonal é: não permite o cálculo dos erros de fechamento angular e linear.

Faça valer a pena

1. A NBR 13.133 de 1994 especifica um levantamento planimétrico como "levantamento dos limites e confrontações de uma propriedade, pela determinação do seu perímetro, incluindo, quando houver, o alinhamento da via ou logradouro com o qual faça frente, bem como a sua orientação e a sua amarração a pontos materializados no terreno de uma rede de referência cadastral, ou, no caso de sua inexistência, a pontos notáveis e estáveis nas suas imediações. Quando este levantamento se destinar à identificação dominial do imóvel, são necessários outros elementos complementares, tais como: perícia técnico-judicial, memorial descritivo, etc.".

Para executar os levantamentos, citados na NBR 13133, deve-se fazer uso de poligonais. Existem três tipos de poligonais na topografia que são:

- a) Aberta, fechada e enquadrada.
- b) Reta, retângulo e enquadrada.
- c) Fechada, enquadrada e reta.
- d) Reta, fechada e enquadrada.
- e) Aberta, retangular e fechada.

2. Na planimetria, os erros de fechamento angular e linear são considerados as grandezas que determinarão a qualidade de sua poligonal levantada em campo. A poligonal aberta é a única que não se permite verificar esses erros.

Uma poligonal de seis vértices foi levantada com uma estação total de 5" de precisão nominal para a medida angular. Foram observados ângulos internos. O somatório dos ângulos horizontais internos foi de $e_a = 720^\circ 01' 12''$. Com isso, os respectivos valores de erro angular e de tolerância angular são:

- a) 620° e $00^\circ 00' 12,25''$
- b) 720° e $00^\circ 00' 12,25''$
- c) 720° e $00^\circ 00' 13''$
- d) 562° e $00^\circ 00' 02,25''$
- e) 820° e $00^\circ 00' 08''$

3. A projeção das distâncias em levantamentos planimétricos depende diretamente do comprimento do segmento de reta entre dois pontos, assim também como do azimute entre estes dois pontos. A distância é medida em campo e o azimute é calculado a partir das correções dos ângulos horizontais horários.

Durante um levantamento de campo, foi executada uma poligonal fechada a partir de dois vértices conhecidos. Ao realizar o processamento dos dados levantados, foi verificado que as coordenadas medidas para o ponto de partida da poligonal estavam diferentes do valor real, como é demonstrado abaixo:

Coordenadas Iniciais	
$X_a = 1.000,000 \text{ m}$	$Y_a = 5.000,000 \text{ m}$
Coordenadas Calculadas	
$X_a = 1.000,013 \text{ m}$	$Y_a = 4.999,991 \text{ m}$

Para este trabalho é adotada uma tolerância linear de $T_p = \frac{1}{20.000}$.

A somatória das distâncias entre os pontos da poligonal foi de 1.205,347 m. Calcule os valores do erro linear da poligonal. O erro linear cometido é aceitável com relação à tolerância permitida?

- a) $e_x = 0,013m$; $e_y = -0,009m$; Precisão linear: 1:76.233 ; o erro é aceitável;
- b) $e_x = -0,013m$; $e_y = 0,009m$; Precisão linear: 1:92.144; o erro é inaceitável;
- c) $e_x = 0,009m$; $e_y = -0,013m$; Precisão linear: 1:2.000 ; o erro é aceitável;
- d) $e_x = 1,300m$; $e_y = -9,000m$; Precisão linear: 1:12.144; o erro é inaceitável;
- e) Faltam informações no enunciado para realizar os cálculos.

Seção 3.3

Levantamento topográfico: altimétrico

Diálogo aberto

Prezado aluno,

Nesta seção iremos abordar sobre o planejamento e o levantamento de campo, o processamento e ajustamento de observações e a análise do produto obtido por meio das técnicas de levantamento altimétrico ou nivelamento. Para sedimentarmos o conhecimento embasado nesta seção, iremos partir de uma situação problema que decorre de um levantamento topográfico altimétrico em uma área para a construção de obra de engenharia civil.

Esta aplicação dependerá dos principais conceitos de Topografia, do conhecimento sobre a técnica de levantamento topográfico altimétrico. Todo trabalho de campo decorre de um planejamento bem elaborado, no qual deve conter todas as etapas do levantamento topográfico, processamento e ajustamento das observações e análise da qualidade do produto a ser entregue à empresa contratante.

Após a execução da planimetria, deverá ser realizada a altimetria do terreno por meio de nível óptico. Você deverá estaquear os pontos para descrever a altimetria no terreno e respectivamente a terraplenagem para que seja possível realizar a construção de alguma obra civil. Caso ocorra algum acidente com os equipamentos (nível ou teodolito), é aconselhável utilizar estação total. Ao finalizar a altimetria ou planialtimetria, você deverá realizar os cálculos e avaliar a qualidade do produto final. Tendo por base essas considerações, a planialtimetria com estação total seria uma alternativa viável? Por quê? Quais foram as dificuldades relativas à planimetria (teodolito), altimetria (nível) e planialtimetria (estação total)? Vale ressaltar que para este exemplo o teodolito está sendo utilizado para a realização de planimetria, porém, ele também pode ser utilizado em planialtimetria, assim como a estação total.

Fique tranquilo! Nessa seção iremos abordar o assunto de forma que você possa entender os conceitos e as técnicas de levantamento altimétrico e as viabilidades do uso de certos equipamentos para o nivelamento, de forma que você possa responder essas e outras dúvidas e questionamentos que irão surgir nas aulas.

Ao finalizar esta seção de levantamento topográfico altimétrico, você estará pronto para realizar um nivelamento de forma a aplicar o método e utilizar o equipamento mais adequado, tendo senso crítico sobre a execução do levantamento e das informações obtidas em campo.

Não pode faltar

Planejamento de campo

Como explicitado na seção anterior, o planejamento de campo consiste na definição do método correto para o tipo de levantamento a ser executado, assim como os equipamentos a serem utilizados, neste caso um nível, um teodolito, uma estação total ou receptores GNSS.

Vale lembrar que o *checklist* ou lista de verificação deve ser realizado, pois é um meio de controle das etapas de campo e os equipamentos que serão utilizados. No *checklist* de um nivelamento geométrico, por exemplo, devem-se colocar miras stadimétricas, o nível, tripé, trena, sapatas e caderneta de campo. Esta lista deve conter todas as atividades a serem realizadas e as informações dos instrumentos utilizados, assim como o estabelecimento do método de nivelamento a ser realizado em campo.

De acordo com Silva e Segantine (2015, p. 277), o engenheiro ou profissional responsável pelo levantamento de campo deve se preocupar com a área a ser levantada, devendo conhecê-la antes de tomar qualquer decisão. O reconhecimento de campo é primordial em qualquer tipo de levantamento topográfico, pois assegura o operador das possíveis eventualidades que possam comprometer a sua realização e a consistência dos dados a serem obtidos em campo.



Em nivelamentos ou levantamentos altimétricos, é importante se conhecer uma Referência de Nível (RN), ou seja, um marco topográfico que possua os valores das coordenadas geográficas e de altitude. Conhecendo-se a altitude de um ponto é possível determinar o desnível até outro ponto. No Brasil como as altitudes são determinadas? Essa rede foi estabelecida e é mantida por qual órgão público?

Levantamento de campo

Após o planejamento de campo, providencia-se o início do levantamento topográfico altimétrico. Este pode ser realizado utilizando nível, teodolito, estação total ou receptores GNSS.

De acordo com a ABNT (1994, p. 3), o levantamento topográfico altimétrico ou nivelamento é um tipo de levantamento que tem por finalidade determinar as alturas relativas a uma superfície de referência de pontos de apoio, visando representar a altimetria da superfície levantada.

Abaixo segue uma exemplificação dos procedimentos básicos para um nivelamento geométrico, utilizando um nível ótico:

1. A mira estadimétrica deve ser posicionada sobre a RN conhecida;
2. Posicionar o tripé a uma distância de aproximadamente 30 metros da mira estadimétrica;
3. Cravar as pontas do tripé para que ele fique firme durante as medições;
4. A base do tripé deve estar nivelada na horizontal;
5. O nível deve ser retirado da caixa (estojo) com cuidado;
6. Importante deixar o estojo fechado durante o levantamento;
7. Fixar o equipamento sobre o tripé;
8. Nivelar o equipamento – deve ser realizado o nivelamento grosseiro por meio do nível esférico e tubular;
9. Após a bolha calada, deve-se girar o equipamento a 90° de forma que o nível tubular esteja ortogonal a sua posição;

10. Visar à mira na RN, que será o ponto de partida, e registrar ou anotar em planilha os valores dos fios superior, médio e inferior, visados na mira estadimétrica;
11. Colocar a mira estadimétrica em Vante, a uma distância de aproximadamente 30 metros sobre uma "sapata";
12. Visar à mira no ponto de Vante e registrar ou anotar em planilha os valores dos fios superior, médio e inferior, visados na mira estadimétrica;
13. Manter a mira sobre o ponto de Vante. Este ponto será a Ré do novo lance do nivelamento;
14. Repetir o processo dos números: 2 ao 13, até chegar no ponto de interesse;
15. Ao finalizar o nivelamento, deve-se realizar o contranivelamento até se chegar a RN para conferir o erro de nivelamento.

OBS: Este exemplo parte de um nivelamento geométrico. Caso seja utilizada a estação total ou teodolito, emprega-se o nivelamento trigonométrico; caso sejam utilizados receptores GNSS, aplica-se o nivelamento por GNSS. Estes três tipos de nivelamento serão explicitados posteriormente.

Para a realização de um nivelamento, alguns conceitos são importantes de serem embasados, como cota, altitude ortométrica (H), altitude geométrica (h), ondulação geoidal (N), geóide e elipsoide. De acordo com Veiga *et al.* (2007, p. 130), Veiga *et al.* (2012, p. 187), Ghilani e Wolf (2013, p. 61) e Silva e Segantine (2015, p. 130):

- Cota – valor de altura de um ponto em relação a um valor de referência.
- Altitude ortométrica (H) – valor de elevação de um ponto em relação a um datum vertical. No Brasil, o ponto de referência para o datum vertical brasileiro é o marégrafo de Imbituba/SC.
- Altitude geométrica (h) – distância de um ponto na superfície terrestre até o elipsoide de referência;
- Ondulação geoidal (N) – diferença entre a altitude geométrica e a altitude ortométrica;
- Geoide – superfície equipotencial do campo da gravidade da Terra que coincide com o nível médio dos mares;

- Elipsoide – Figura matemática que representa a superfície terrestre, definida pelos parâmetros: semieixo maior, semieixo menor e achatamento. No Brasil, o SIRGAS2000 adota como elipsoide de referência o GRS80.

A definição da altitude no terreno ocorre a partir da aplicação de um tipo de método de nivelamento. Na altimetria basicamente três métodos de nivelamento podem ser empregados na determinação dos desníveis. Estes são: nivelamento geométrico, nivelamento trigonométrico e por GNSS (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 129).



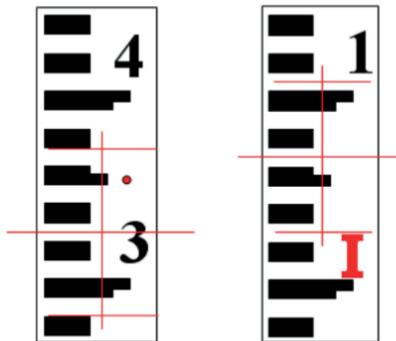
Exemplificando

Em um nivelamento geométrico foi realizado um lance para se descobrir o desnível entre os pontos A e B. O ponto A é uma RN e possui um valor de altitude de 654,354 metros. Com isso foram realizadas as seguintes leituras em miras estadimétricas por meio de um nível ótico:

Figura 3.11 | Leituras realizadas

Ponto A – Mira Ré

Ponto B – Mira Vante



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.

A partir dessas leituras, realize os cálculos para obter o nivelamento entre os pontos e preencha a tabela a seguir:

Tabela 3.1 | Padrão de apresentação dos dados do levantamento

Ponto visado	Fio superior (mm)	Fio médio (mm)	Fio inferior (mm)	Desnível de A para B (m)	Distância do nível à mira (m)	Altitude (m)
A (Ré)				-		654,354
B (Vante)						

Resolução:

Tabela 3.2 | Dados do levantamento

Ponto visado	Fio superior (mm)	Fio médio (mm)	Fio inferior (mm)	Desnível de A para B (m)	Distância do nível à mira (m)	Altitude (m)
A (Ré)	1370	1325	1280	-	9,000	654,354
B (Vante)	1105	1065	1025	0,260	8,000	654,614

OBS: O valor do desnível é a diferença entre os valores dos fios médios de Ré e Vante. Ou seja, $DN = 1325 - 1065 = 260 \text{ mm} = 0,26\text{m}$.

Processamento e ajustamento de observações

Nivelamento geométrico se realiza a partir da medida de diferença de nível entre pontos no terreno por meio de leituras de visadas horizontais, obtidas com um nível, em miras estadimétricas colocadas sobre os pontos de interesse (ABNT, 1994, p. 3). Pode ser executado para fins geodésicos ou topográficos. O que diferencia é a precisão, que para fins geodésicos são superiores, e o tipo de equipamento utilizado (VEIGA *et al.*, 2007, p. 136; VEIGA *et al.*, 2012, p. 196).

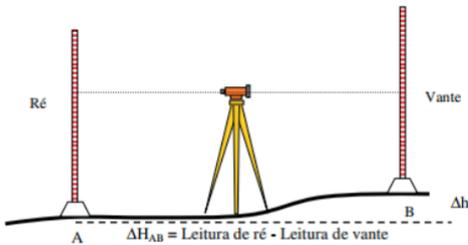
Alguns conceitos são importantes para o nivelamento geométrico, como (VEIGA *et al.*, 2007, p. 142-143; VEIGA *et al.*, 2012, p. 203-204):

- Visada – leitura efetuada sobre a mira;
- Lance – é a medida direta do desnível entre duas miras verticais;
- Seção – é a medida do desnível entre duas referências de nível e é obtida pela soma algébrica dos desníveis dos lances;
- Linha de nivelamento – é o conjunto das seções compreendidas entre duas RN chamadas principais;
- Circuito de nivelamento – é a poligonal fechada constituída de várias linhas justapostas. Pontos nodais são as RN principais, às quais concorrem duas ou mais linhas de nivelamento;
- Rede de nivelamento – é a malha formada por vários circuitos de nivelamento justapostos.

De acordo com Veiga *et al.* (2012, p. 200), o método de nivelamento geométrico pode ser dividido em quatro métodos:

Visadas iguais – é o método mais preciso e de muita aplicação pela engenharia. As miras estadimétricas são colocadas à mesma distância do nível (equipamento), sobre os pontos em que se desejam determinar o desnível (Figura 3.12). É considerado o método de nivelamento mais preciso entre os outros métodos;

Figura 3.12 | Nivelamento geométrico por visadas iguais



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2018.

$$\Delta H_{AB} = L_A - L_B \quad (1)$$

Onde,

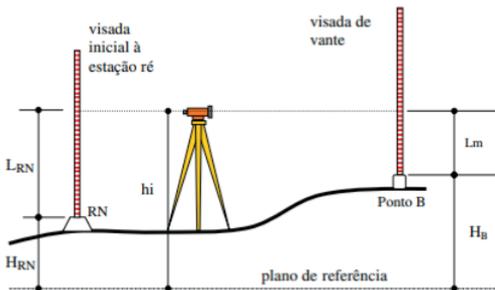
ΔH_{AB} = Diferença entre leitura de Ré e Vante;

L_A = Leitura de Ré;

L_B = Leitura de Vante.

- Visadas extremas – determina o desnível entre a posição do nível e a mira por meio da leitura realizada sobre a mira estadimétrica e a altura do nível (Figura 3.13). Este método é muito aplicado na área de construção civil;

Figura 3.13 | Nivelamento geométrico por visadas extremas



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2018.

$$h_i = H_{RN} - L_{RN} \quad (2)$$

$$H_B = h_i - L_m \quad (3)$$

$$H_B = H_{RN} + L_{RN} - L_m \quad (4)$$

Onde,

h_i = Altura do instrumento;

L_m = Leitura do fio nivelador (fio médio);

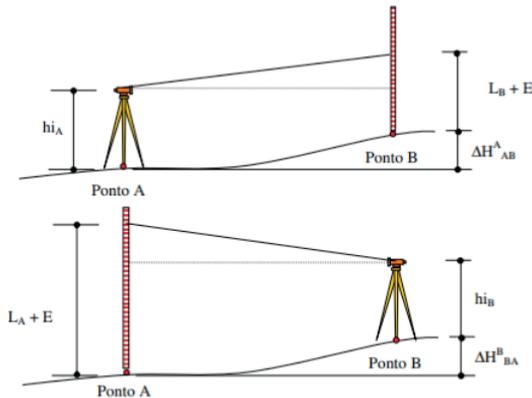
L_{RN} = Leitura na mira posicionada sobre a RN;

H_{RN} = Altitude da RN;

H_B = Altitude do ponto B;

- Visadas recíprocas – faz-se a medida duas vezes para cada lance, em que o nível deve estar sobre os pontos que definem os lances, conforme a Figura 3.14;

Figura 3.14 | Nivelamento geométrico por visadas recíprocas



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2018.

$$\Delta H_{AB}^A = h_{i_A} - (L_B + E) \quad (5)$$

$$\Delta H_{AB}^B = h_{i_B} - (L_A + E) \quad (6)$$

$$\Delta H_{AB}^B = L_A + E - h_{i_B} \quad (7)$$

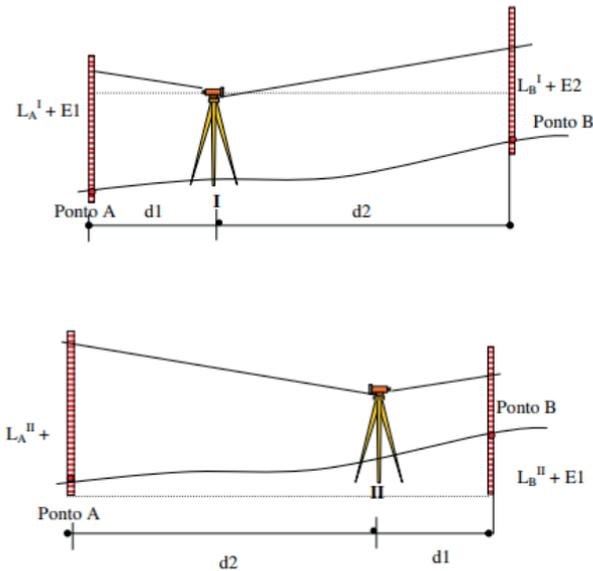
$$\Delta H_{AB} = \frac{(\Delta H_{AB}^A + \Delta H_{AB}^B)}{2} \quad (8)$$

$$\Delta H_{AB} = \frac{(L_A + E - h_i + h_i - L_B - E)}{2} \quad (9)$$

$$\Delta H_{AB} = \frac{(h_i - h_i)}{2} + \frac{(L_A - L_B)}{2} \quad (10)$$

- Visadas equidistantes – efetuam-se duas medidas para cada lance. Isso permite eliminar os erros de colimação, curvatura e refração. Porém, este método é demorado (Figura 3.15).

Figura 3.15 | Nivelamento geométrico por visadas equidistantes



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2018.

$$\Delta H_{AB}^I = L_A^I + E1 - (L_B^I + E2) \quad (11)$$

$$\Delta H_{AB}^I = L_A^I + E1 - L_B^I - E2 \quad (12)$$

$$\Delta H_{AB}^{II} = L_A^{II} + E2 - (L_B^{II} + E1) \quad (13)$$

$$\Delta H_{AB}^{II} = L_A^{II} + E2 - L_B^{II} - E1 \quad (14)$$

$$\Delta H_{AB} = \frac{(\Delta H_{AB}^I + \Delta H_{AB}^{II})}{2} \quad (15)$$

$$\Delta H_{AB} = \frac{(L_A^I + E1 - L_B^I - E2 + L_A^{II} + E2 - L_B^{II} - E1)}{2} \quad (16)$$

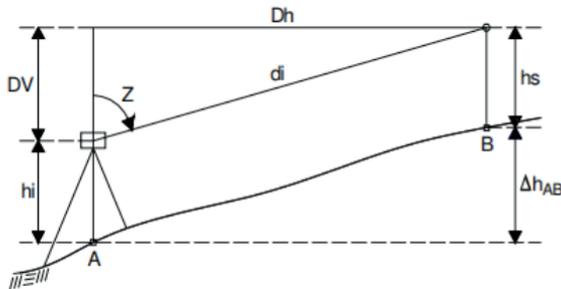
$$\Delta H_{AB} = \frac{(L_A^I - L_B^I)}{2} + \frac{(L_A^{II} - L_B^{II})}{2} \quad (17)$$

Nivelamento trigonométrico é realizado a partir da medição da diferença de nível entre pontos no terreno de forma indireta, a partir da determinação do ângulo vertical da direção que os une e da distância entre estes, levando em consideração a altura do centro do limbo vertical do teodolito ou estação total ao terreno e a altura sobre o terreno do ponto visado (ABNT, 1994, p. 4).

De acordo com Veiga *et al.* (2007, p. 162) e Veiga *et al.* (2012, p. 231), o nivelamento trigonométrico baseia-se na resolução de triângulo retângulo (Figura 3.16), quando o ângulo zenital é menor que 90°. Com isso, necessita-se dos valores obtidos em campo (distâncias inclinada ou horizontal, ângulos verticais, zenitais ou nadirais) e a altura do prisma, caso utilize-se estação total, ou mira, caso utilize-se teodolito.

Pode ser dividido em nivelamento trigonométrico de lances curtos e lances longos (VEIGA *et al.*, 2007, p. 162; VEIGA *et al.*, 2012, p. 231).

Figura 3.16 | Nivelamento trigonométrico



Fonte: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2017.

Em nivelamentos trigonométricos de lances curtos, as visadas são de até 150 m. Este método é simples e proporciona agilidade no levantamento de campo (VEIGA *et al.*, 2012, p. 231).

As equações a seguir demonstram algebricamente o cálculo do desnível entre os pontos A e B, tendo por base a Figura 3.16.

$$DV + hi = hs + \Delta h_{AB} \quad (18)$$

$$\Delta h_{AB} = hi - hs + DV \quad (19)$$

$$\text{tg}(Z) = \frac{Dh}{DV} \quad (20)$$

$$DV = \frac{Dh}{\text{tg}(Z)} \quad (21)$$

$$DV = Di \cdot \cos(Z) \quad (22)$$

$$\Delta h_{AB} = hi - hs + \left[\frac{Dh}{\text{tg}(Z)} \right] \quad (23)$$

$$\Delta h_{AB} = hi - hs + [Di \cdot \cos(Z)] \quad (24)$$

Onde,

Δh_{AB} = Desnível entre os pontos A e B sobre o terreno;

hi = Altura do instrumento;

hs = Altura do sinal (prisma);

Di = Distância inclinada;

Dh = Distância horizontal;

DV = Distância vertical;

Z = Ângulo zenital.

Em nivelamentos trigonométricos de lances longos, deve-se considerar a curvatura terrestre e os efeitos de refração atmosférica (VEIGA *et al.*, 2012, p. 233). A correção de curvatura terrestre e refração é realizada a partir da equação 25. A equação 26 demonstra o cálculo do desnível considerando a equação 25.

$$\left[\frac{Dh^2}{2 \cdot R} \cdot (1 - k) \right] = \begin{array}{l} \text{correção relativa à curvatura da} \\ \text{Terra e refração atmosférica} \end{array} \quad (25)$$

$$\Delta h_{AB} = hi - hs + \left[\frac{Dh}{\text{tg}(Z)} \right] + \left[\frac{Dh^2}{2 \cdot R} \cdot (1 - k) \right] \quad (26)$$

Onde,

Δh_{AB} = Desnível entre os pontos A e B sobre o terreno;

Dh = Distância horizontal;

h_i = Altura do instrumento;

h_s = Altura do sinal (prisma);

k = coeficiente de refração, variável para cada região, ano e para as horas do dia. No Brasil é utilizado o coeficiente médio $k = 0,13$;

R = raio aproximado da Terra, que pode ser considerado como 6.400.000 m;

Z = Ângulo zenital.

Nivelamento por GNSS utiliza receptores GNSS (GPS+GLONASS), que captam sinais emitidos por satélites e permitem obter a altitude geométrica de pontos na superfície terrestre (SILVA e SEGANTINE, 2015, p. 160). Para obter a altitude ortométrica (H) nessa situação, é necessário executar a transformação por meio do *software* MAPGEO2015 disponibilizado pelo IBGE. A diferença entre as altitudes dos pontos, obtidos a partir de receptores GNSS, é o desnível.

A distância entre o nível e a mira estadimétrica é calculada a partir da seguinte equação:

$$d = c \cdot (FS - FI) \quad (27)$$

Em que,

d = distância entre o nível e a mira estadimétrica;

c = constante do equipamento, normalmente o valor atribuído é 100;

FS = valor de leitura do fio superior na mira estadimétrica;

FI = valor de leitura do fio inferior na mira estadimétrica.

A realização de um nivelamento em conjunto com a obtenção das informações planimétricas chama-se levantamento topográfico planialtimétrico, em que se descreve o terreno tridimensionalmente.



Assimile

Modelo de ondulação geoidal:

O geóide é limitado por uma superfície equipotencial do campo de gravidade da Terra que coincide com o nível médio não perturbado dos mares. Em cada ponto o vetor gravidade será perpendicular à superfície. Para estimar a forma do geóide é introduzido um campo de





referência, conhecido como elipsoide de revolução com dimensões e características matematicamente definidas. A partir de então, podemos imaginar a superfície geoidal prolongada através dos continentes, ela tem um formato ondulatório levemente irregular que acompanha as variações da estrutura de distribuição de massa da Terra. Essa ondulação é suave e fica em torno ± 30 m, sendo o valor máximo de ± 100 m, em relação ao elipsoide de referência. (IBGE, 2017, p. 32)

Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/oquee_geoide.shtm>. Acesso em: 29 jan. 2018.

Análise da qualidade do produto

Uma série de erros pode interferir na qualidade de um nivelamento. Com isso, recomenda-se fechar o caminhamento para avaliar o erro de fechamento e obter um parâmetro para avaliar a qualidade de um levantamento (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 142). Para isso, é necessário estabelecer uma rede de nivelamento, que permite aplicar métodos de ajustamento de observações (SILVA; SEGANTINE, 2015, p. 142).

A verificação do nivelamento geométrico é realizada a partir do erro de fechamento do nivelamento (equação 28). Em que se realiza o cálculo da diferença entre a altitude do ponto de saída, no nivelamento, e a altitude calculada de chegada ao mesmo ponto, no contranivelamento (SILVA e SEGANTINE, 2015, p. 143).

$$e_n = H_{A(\text{calculado})} - H_{A(\text{conhecido})} \quad (28)$$

Em que,

e_n = erro de fechamento do nivelamento;

$H_{A(\text{calculado})}$ = altitude calculada;

$H_{A(\text{conhecido})}$ = altitude conhecida.

Segundo Veiga *et al.* (2007, p. 148) e Veiga *et al.* (2012, p. 215) indicam que as seções devem ser niveladas e contraniveladas para verificar o procedimento de campo. A tolerância altimétrica é definida pela equação 29.

$$T_{\text{altimétrica}} = n \cdot \sqrt{d} \quad (29)$$

Em que,

n = constante adotada de acordo com a classe no nivelamento empregado, e seu valor é dado em centímetros ou em milímetros;

\bar{d} = distância média nivelada em quilômetros (média da distância do nivelamento e contranivelamento).

Já o erro cometido é a diferença dos desníveis do nivelamento e contranivelamento, em módulo. Este erro cometido é definido pela equação 30.

$$e_{\text{cometido}} = \left| \Delta H_{\text{nivelamento}} \right| - \left| \Delta H_{\text{contranivelamento}} \right| \quad (30)$$

Em que,

e_{cometido} = erro cometido;

$\Delta H_{\text{nivelamento}}$ = desnível do nivelamento;

$\Delta H_{\text{contranivelamento}}$ = desnível do contranivelamento.

OBS: Este erro deve ser menor que a tolerância estabelecida, caso não seja o nivelamento de campo, deve ser refeito até que se consiga estabelecer esta condição.

Este procedimento de verificação do erro de nivelamento é realizado para os métodos de nivelamento geométrico e trigonométrico.



Pesquise mais

Pesquise mais sobre a rede altimétrica pelo IBGE. Para isso acesse o link abaixo: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/altimetrica.shtml>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

Sem medo de errar

Prezado aluno,

Que tal aplicarmos os conteúdos aprendidos nessa seção em nossa atuação profissional?

Você trabalha para uma empresa de Agrimensura que foi contratada para executar um levantamento planialtimétrico em uma área para a execução de uma obra de engenharia civil. Nesta seção,

a aplicação dependerá dos principais conceitos de um nivelamento ou levantamento topográfico altimétrico. A partir desses conceitos, devemos sedimentar outros que são importantes para a aplicação da Topografia em campo como o planejamento, o levantamento, o processamento e ajustamento das observações, e a análise da qualidade do produto.

Como vimos nessa seção, o levantamento topográfico altimétrico ou nivelamento é um tipo de levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhe. Pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando a representação altimétrica da superfície levantada (ABNT, 1994).

A partir de seu conhecimento adquirido por meio desta seção, você deverá responder as seguintes questões:

- A planialtimetria com estação total seria uma alternativa viável? Por quê?

Sim, pois permitiria a obtenção das informações planimétricas e altimétrica, em que se aplicaria no levantamento de campo algum método de poligonização e o método de nivelamento trigonométrico simultaneamente. A estação total permite obter informações com precisão e possibilita agilidade no levantamento, porém, o operador deverá ter domínio, agilidade e cuidado na realização do levantamento.

- Quais foram as dificuldades relativas à planimetria (teodolito), altimetria (nível) e planialtimetria (estação total)? Para este exemplo, o teodolito está sendo utilizado para a realização de planimetria, porém ele também pode ser utilizado em planialtimetria, assim como a estação total.

Vale ressaltar que as dificuldades da aplicação de algum tipo de levantamento topográfico, seja este planimétrico, altimétrico ou planialtimétrico, estão diretamente relacionadas ao conhecimento e habilidade de manuseio do operador com o equipamento e com os dados. Um levantamento planimétrico ou altimétrico por meio do uso de um teodolito é demorado em relação aos outros tipos de equipamentos, pois todos os valores são anotados à

mão, os cálculos são realizados pelo operador utilizando a técnica da Taqueometria e os cálculos de correção de erro angular, transporte de coordenadas, correção do erro linear e correções deverão ser realizados. Isso aumenta significativamente o risco da ocorrência de erros grosseiros e prejudicaria a qualidade do trabalho de campo. Porém, pode-se alcançar precisão com um produto final (planta topográfica, carta topográfica ou mapa) de qualidade. O nível ótico é simples de ser manuseado e de se obter as informações em campo em um nivelamento. Existem níveis analógicos e digitais. Ambos permitem precisão nos dados de campo e possibilitam agilidade em sua operação. A estação total ou o uso de receptores GNSS em levantamentos topográficos planimétrico, altimétrico ou planialtimétrico permitem ao operador obter as informações em campo com agilidade, precisão, salvar as informações na memória interna e possui *softwares* de processamento dos dados coletados no campo.

Avançando na prática

Nivelamento da rede de esgoto

Descrição da situação-problema

Uma empresa de tratamento e distribuição de água e de tratamento de esgoto na cidade de Bauru/SP contratou a empresa em que você trabalha para realizar a implantação da rede de esgoto em um novo bairro. É necessário realizar o levantamento altimétrico do terreno para verificar o desnível indicando a forma da tubulação ser construída da maneira correta. Para realizar o trabalho, você deverá utilizar um nível ótico e uma mira estadimétrica. Qual a forma adequada para realizar o levantamento altimétrico? As coordenadas planimétricas influenciam na determinação das informações altimétricas a serem medidas?

Resolução da situação-problema

O levantamento topográfico altimétrico a ser realizado é o nivelamento geométrico pelo método de visadas iguais, pois necessita de maior precisão e também aos equipamentos disponibilizados para realização dele. Para iniciar o nivelamento, será necessário

encontrar alguma RN próxima para facilitar a identificação das altitudes do terreno e encontrar os desníveis.

Nesse caso, como se trata de um levantamento altimétrico, as coordenadas planimétricas não influenciam na determinação das informações de interesse. Se fosse disponibilizada uma estação total ou teodolito para execução do trabalho, as informações planimétricas poderiam ser obtidas, mas não influenciariam em nada com relação à altimetria, somente representariam as informações planimétricas do terreno.

Faça valer a pena

1. Para se obter as informações altimétricas do terreno, é necessário aplicar algum método de nivelamento topográfico. Existem três métodos de nivelamento, que são os mais empregados. Estes são: nivelamento geométrico, nivelamento trigonométrico e nivelamento por GNSS.

Uma construtora necessita instalar um encanamento de gás, a realização de um nivelamento é necessário e a precisão é fundamental, visto o risco que esta construção proporciona. Tendo por base esta consideração, qual método de nivelamento seria o mais indicado, considerando o que permite obter a maior precisão:

- a) Nivelamento geométrico por visadas recíprocas.
- b) Nivelamento trigonométrico por visadas iguais.
- c) Nivelamento geométrico por visadas extremas.
- d) Nivelamento trigonométrico.
- e) Nivelamento geométrico por visadas iguais.

2. De acordo com a ABNT (1994, p. 3), o levantamento topográfico altimétrico ou nivelamento é um tipo de levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhe, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando a representação altimétrica da superfície levantada.

Um lance de um nivelamento geométrico por visadas extremas foi realizado em campo para se descobrir qual a altitude de um ponto A para a instalação de uma antena de transmissão. A visada de Ré foi realizada com a mira sobre uma RN com uma altitude de 800 metros. A visada de Vante

foi realizada sobre o ponto em que se necessita determinar a altitude que servirá de base para a instalação da antena. Os valores lidos nas miras estadimétricas na Ré e na Vante, por meio de um nível, estão explicitados na tabela abaixo:

A partir dessas leituras, realize os cálculos para obter o nivelamento entre os pontos e preencha a tabela a seguir:

Ponto visado	FS (mm)	FM (mm)	FI (mm)	DN A – B (m)	d (m)	Altitude (m)
RN (Ré)	2825	2715	2605	-	22,000	800,000
A (Vante)	2505	1745	985			

Calcule os valores da distância do nível até o ponto de Vante, o desnível do ponto de Ré até o ponto de Vante e a altitude do ponto de Vante.

Esses valores são, respectivamente:

- a) $d = 155,026m$; $DN = 0,970m$; $H_A = 897,000m$
- b) $d = 152,000m$; $DN = -0,970m$; $H_A = 897,000m$
- c) $d = 152,000m$; $DN = 0,970m$; $H_A = 800,970m$
- d) $d = 150,000m$; $DN = 1,823m$; $H_A = 793,000m$
- e) $d = 152,000m$; $DN = -0,970m$; $H_A = 997,000m$

3. Uma série de erros pode interferir na qualidade de um nivelamento. De acordo com Silva e Segantine (2015), para minimizar estes erros é necessário fechar o caminhamento obtendo um parâmetro de qualidade para avaliar a precisão. Para isso, é necessário estabelecer uma rede de nivelamento, que permite aplicar métodos de ajustamento de observações (GEMAEL, 1994; VEIGA et al. 2007; VEIGA et al. 2012; GHILANI; WOLF, 2013; SILVA; SEGANTINE, 2015).

Durante a realização de um levantamento de campo foi realizado o nivelamento e o contranivelamento para obter as informações altimétricas do terreno. Ao analisar as informações da RN de referência, foram verificadas as seguintes informações para a altitude:

Altitude conhecida da RN	$H_{RN} = 745,357 m$
Altitude calculada para a RN	$H_{RN} = 745,361 m$

Este trabalho foi considerado como um nivelamento geométrico de tolerância média, e sua tolerância altimétrica são dados pela relação:

$$T_{\text{altimétrica}} = 8 \cdot \sqrt{d}$$

A distância da linha de nivelamento foi de 1.347,500 m.

Calcule os valores do erro altimétrico do nivelamento. O erro altimétrico cometido é aceitável com relação a tolerância permitida?

- a) $e_n = 0,004m$; o erro é aceitável.
- b) $e_n = -0,013m$; o erro é inaceitável.
- c) $e_n = 0,009m$; o erro é aceitável.
- d) $e_n = 1,300m$; o erro é inaceitável.
- e) Não é possível realizar os cálculos.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- _____. **NBR 14166**: Rede de referência cadastral municipal - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9 ed. Rio de Janeiro: Globo, 1987.
- GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações**: aplicações geodésicas. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1994.
- GHILANI, C. D.; WOLF, P.R. **Geomática**. 13 ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Web Site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/oquee_geoide.shtm>. Acesso em: 29 jan. 2018.
- SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia** – Teoria e prática de Geomática. 2015. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda., 2015. 408p.
- VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**. Universidade Federal do Paraná. 2007. Disponível em: <<http://www.gpeas.ufc.br/disc/topo/apost04.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2018
- _____. **Fundamentos de topografia**. Universidade Federal do Paraná. 2012. Disponível em: <http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2018.

Noções de geomática

Convite ao estudo

A cartografia básica é ensinada separadamente da topografia, pois é através de uma base topográfica que a maioria dos mapas é elaborada. A topografia é uma medida obtida através de um trabalho de campo, dos aspectos físicos retirados no local do terreno, é o contato direto do homem com a área de estudo, representada na carta topográfica (AGUIRRE & MELO FILHO, 2009).

Nesta unidade, abordaremos a leitura, a interpretação e a representação das cartas topográficas, seus símbolos, convenções e características básicas, bem como a aplicação do sensoriamento remoto e do geoprocessamento na confecção de mapas, plantas e cartas ligados à topografia, e o uso do GPS na interpretação desses mapas, plantas e cartas que possibilitarão você, aluno, a conhecer a natureza local, estadual, regional ou mundial, identificando planícies, montanhas, rios, estradas, cidades e campos, viabilizando o planejamento de qualquer atividade sobre a superfície terrestre.

A primeira seção irá introduzir os conceitos de Cartografia, simbolização e características das cartas topográficas; irá ensiná-lo a fazer a leitura e interpretação de cartas topográficas, bem como o uso de fotografias aéreas na cartografia topográfica. A segunda seção irá introduzir os conceitos básicos de sensoriamento remoto, os tipos de resolução, os conceitos básicos sobre sistemas de informação geográfica e principais métodos, modelos e formas de manipular os dados geográficos. Na terceira seção, serão abordados os conceitos básicos de Sistema de Posicionamento Global, as principais técnicas de observação e princípio básico de posicionamento, serão abordados, também, os principais fatores que alteram a precisão do GPS, como altitude e modelo geoidal, bem como aplicações do GPS e Programas de pós-processamento.

Visto isso, o estudo desta Unidade será bastante completo, capacitando você, aluno, com um olhar profissional e despertando competências e habilidades para que possa executar um bom trabalho no âmbito dos estudos topográficos.

Bons estudos!

Seção 4.1

Cartografia

Diálogo aberto

Caro aluno,

Inúmeras pessoas de diversos países são usuários de mapas e cartas, sejam esses rodoviários, hipsométricos, planialtimétricos ou topográficos, hidrográficos etc. No entanto, recebem muito pouco ou nenhum treinamento sobre como fazer a leitura e a interpretação destes, sendo necessário conhecer o uso e as limitações dessas produções cartográficas. Os mapas topográficos não podem ser simplificados, pois a informação mapeada deve constar na íntegra, primando pela pureza em sua comunicação (ANDERSON, 1982).

Nesta seção, serão abordadas a leitura, a interpretação e a representação de cartas topográficas; você aprenderá sobre como utilizar, da melhor maneira, uma carta para o propósito escolhido, bem como compreenderá a influência da fotografia aérea na confecção e interpretação destes mapas.

Suponhamos que você seja contratado para atualizar o levantamento topográfico de uma fazenda numa área rural próxima, no qual deverão ser locados dois açudes próximos ao córrego perene mais volumoso, um haras e um seleiro no meio da vertente, e a casa principal e o escritório do haras na parte mais alta da vertente, não esquecendo as vias de acesso internas da fazenda. Para que essa obra seja aprovada, os órgãos ambientais sugerem que 10% da área sejam direcionadas para uso de reserva legal. Ao fazer a locação das obras, dos acessos e da reserva, você terá como ferramenta de auxílio o GPS, e com o auxílio de mapas da região e de informações fornecidas pelo cadastro do imóvel rural, poderá comparar os dados das imagens de satélite, verificando informações como acesso externo até a área, principais recursos hídricos e cidades mais próximas.

Como você fará o uso da cartografia fornecida? Terá facilidade para interpretar os símbolos e características dessas cartas/mapas? Como fará essa interpretação? O uso de fotografias aéreas e imagens de satélites o auxiliarão na interpretação desses mapas?

Ao final desta seção, esperamos que você seja capaz de aprender a ler e a interpretar uma carta topográfica e interpretar cada convenção e símbolo existente nela para auxiliar durante o levantamento preliminar de campo, podendo, assim, planejar melhor a implantação de uma obra.

Bons Estudos!!

Não pode faltar

Introdução à cartografia

De acordo com a UNESCO (1966):



A Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, voltam-se para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como o seu estudo e a sua utilização (1966 apud AGUIRRE; MELLO FILHO, 2009, p. 4).

O mapa é o objeto principal da Cartografia, é o aglutinador de toda essa área de conhecimento, seja como instrumento de uso, elaboração ou de estudo. Porém não confunda mapa/carta com Cartografia, pois mapa/carta é a representação gráfica, a imagem/objeto, o produto gerado, enquanto a Cartografia é a ciência que trata da concepção, da produção, da utilização e do estudo documental desses mapas (FERNANDES, 2008).

Um conceito atual proposto pela International Cartographic Association (2003, p. 17): “Habilidade singular para a criação e manipulação de representações, visuais ou virtuais, do espaço geográfico – mapas – permitindo a exploração, análise, compreensão e comunicação de informação acerca desse espaço”.

Conforme Fernandes (2008), a Cartografia se divide em três ramos:

Cartografia Hidrográfica, Cartografia Topográfica e Cartografia Temática. As duas primeiras se agrupam, muitas vezes identificadas apenas como Cartografia geral ou de base, ou Cartografia Topográfica, já na Cartografia Temática temos o uso de “mapas especiais” ou “mapas singulares”.

Carta Base: Representa espacialmente a informação geográfica de forma genérica, formando um conjunto de folhas que, organizadas, cobrem um país ou uma região de forma sistemática. Compõem essa carta base as cartas topográficas e hidrográficas, servindo de suporte ou fundo para uma carta temática (FERNANDES, 2008).

Carta topográfica: De acordo com Anderson (1982, p. 13), “são aquelas confeccionadas mediante um levantamento topográfico regular ou compiladas de cartas topográficas existentes e que incluem os acidentes naturais e artificiais, permitindo facilmente a determinação de altitudes”, incluem, então, informações planimétricas e altimétricas dos aspectos geográficos naturais (relevo, hidrografia, vegetação) e antrópicos (redes viárias e de comunicações, núcleos de população, moradias, usos do solo e toponímia).

Carta Hidrográfica: São mapas de base cujo objetivo é representar os oceanos, lagos, rios e as áreas adjacentes. Não são cartas náuticas, estas se destinam a apoiar a navegação (FERNANDES, 2008).

Carta Temática: Tem por objetivo principal representar a informação geográfica sobre um determinado assunto. São exemplos de cartas temáticas as cartas administrativas, meteorológicas, demográficas, geológicas, etc. Por convenção adotada, as cartas de base, topográficas e hidrográficas, bem como as cartas náuticas e aeronáuticas, não são consideradas cartas temáticas (FERNANDES, 2008).



Assimile

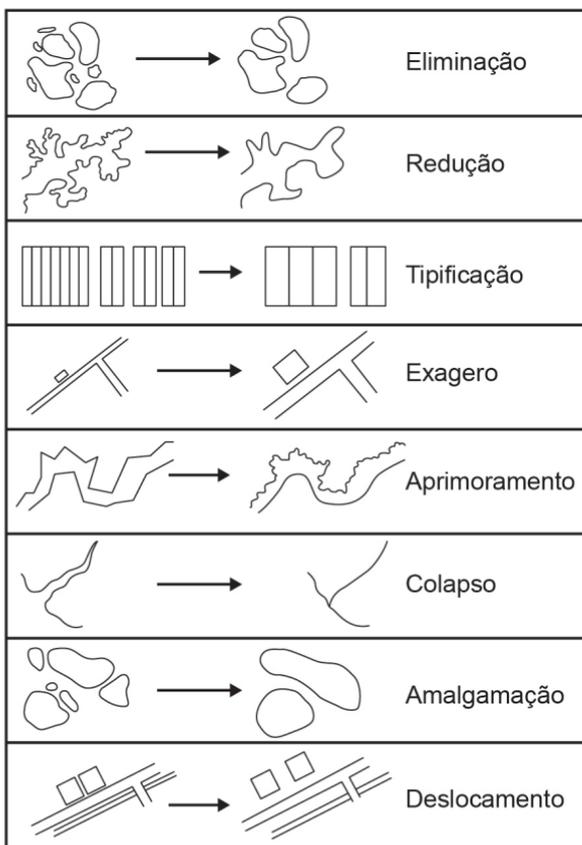
Cartografia é a habilidade de criar e manipular representações, visuais ou virtuais, do espaço geográfico – mapas – permitindo exploração, análise, compreensão e comunicação dessa informação. Divide-se em três ramos: Cartografia Hidrográfica, Cartografia Topográfica e Cartografia Temática.

Simbolização e características das cartas topográficas

A generalização cartográfica é utilizada para adequar a informação geográfica à escala do mapa, simplificando as informações, adequando esta à escala do mapa; quanto menor for a escala do mapa, maior será o grau de generalização.

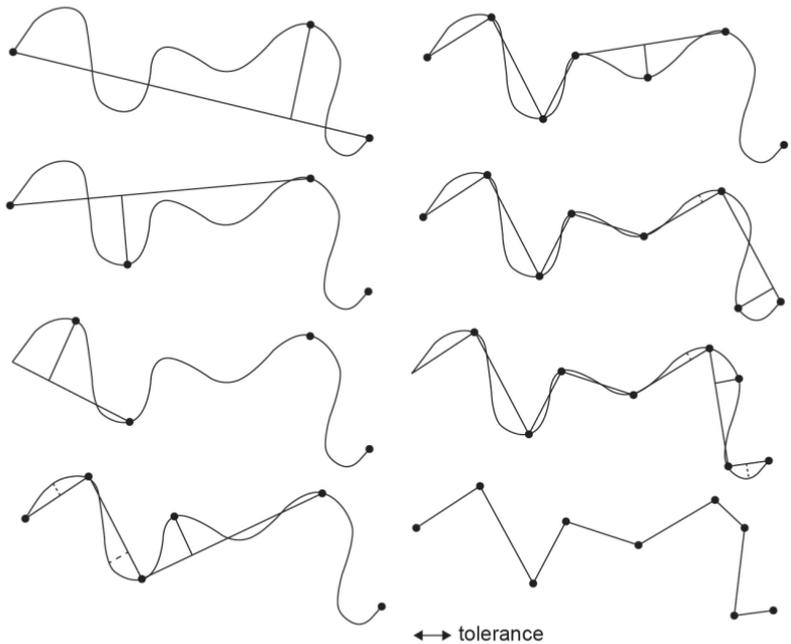
Conforme Fernandes (2008), para o processo de generalização, o primeiro passo é a prévia seleção da informação que será representada. Para isso, faz referência a alguns elementos da generalização cartográfica, como a simplificação, a classificação, a simbolização e a indução. Logo depois, identifica a classificação, a simplificação, como será o realce e qual simbologia será utilizada. Por exemplo, se haverá combinação, sobrevalorização (exagero), deslocamento, colapso, eliminação (Figura 4.1), etc. Enfatizando que a esquematização estrutural deverá ser automatizada, utilizando softwares de algoritmos que permitem, a partir de um traçado inicial bem detalhado, simplificar o desenho, mantendo a forma geral, para a utilização em escala menor (Figura 4.2).

Figura 4.1 | Operações de generalização geométrica.



Fonte: Jones (1997) *apud* Fernandes (2008, p. 28).

Figura 4.2 | Etapas de aplicação do algoritmo de Douglas-Peucker à redução de linha.



Fonte: Jones (1997) *apud* Fernandes (2008, p. 28).



Refleta

As cartas topográficas são utilizadas principalmente no planejamento de quase todas as atividades sobre a superfície terrestre. Saber corretamente onde está cada feição, cidade, via de acesso, rios etc., é muito importante para a urbanização, a construção de vias e obras civis. É um meio de comunicar o que foi levantado em campo. Já imaginou o quão difícil seria locar uma obra sem uma planta, um mapa?

Leitura e interpretação de cartas topográficas

A forma como as informações serão distribuídas na carta topográfica, ou seja, seu "*leiaute*", deverá estar de acordo com a folha modelo publicado pelo DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) de acordo com o Decreto-Lei nº 243/67, atualmente sendo parâmetro para as cartas elaboradas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). A folha modelo (Figura 4.3) tem a finalidade de estabelecer uma padronização no formato e no aspecto das cartas confeccionadas



Layout: é uma palavra inglesa, muitas vezes usada na forma portuguesa “**leiaute**”, que significa plano, arranjo, esquema, design, projeto. Consiste em um rascunho, esboço ou projeto, um trabalho prévio que dá uma ideia de como será a aparência final da página em questão. Pode ser um desenho simples em uma folha ou algo mais evoluído, quando o projeto já está em uma fase mais avançada. Fonte: <<http://www.significados.com.br/layout>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

Nesta folha modelo, constam os elementos a seguir (SANTOS, A. R. dos, 2013):

- a) **Órgão responsável pelo produto cartográfico:** constando o nome do órgão de subordinação, nome da organização, da região geográfica da área mapeada e a escala correspondente, respectivamente.
- b) **Título da folha e índice de nomenclatura:** fornecerá, através de uma carta de uso geral e básica, dados para estudos preliminares de investimento, planejamento e base para estudo de variadas ciências, bem como a construção de uma série de cartas temáticas (população, solo, geologia, vegetação, limites administrativos etc.).
- c) **Séries cartográficas:** divisões feitas em folhas de formato uniforme na mesma escala de uma área geográfica. Cada folha deve abranger uma área de 4° de latitude por 6° de longitude, na escala de 1:1.000.000. Essa série cartográfica é denominada de Carta do Brasil ao Milionésimo, da qual derivam outras séries de cartas, conforme Tabela 4.1 a seguir:

Tabela 4.1 | Escala x formato

ESCALA	FORMATO
1:1.000.000	6° x 4°
1:500.000	3° x 2°
1:250.000	1°30' x 1°
1:100.000	30' x 30'
1:50.000	15' x 15'
1:25.000	7'30" x 7'30"

Fonte: <http://www.mundogeomatica.com.br/EC/ApostilaTeoricaEC/Apostila_Elementos-Cartografia.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

d) **Articulação sistemática e localização da folha:** mostra a disposição entre a área mapeada e as que compõem sua vizinhança, indicando a cidade mais próxima e/ou o estado que ela está inserida (IBGE, 2016), conforme a seguir, Figura 4.4:

1. Primeiramente é composto pela letra N, para a latitude norte, e S, para a latitude sul.
2. Em seguida, determinamos as zonas de intervalos de 4°, nomeadas pelas letras A, B, C, D, E..., V, respectivamente, as duas calotas polares recebem a letra Z.
3. Em terceiro, indica-se o fuso correspondente à área abrangida na escala de 1:1.000.000, a partir do antemeridiano de Greenwich, a cada 6° de intervalo.

Figura 4.4 | Índice de nomenclatura



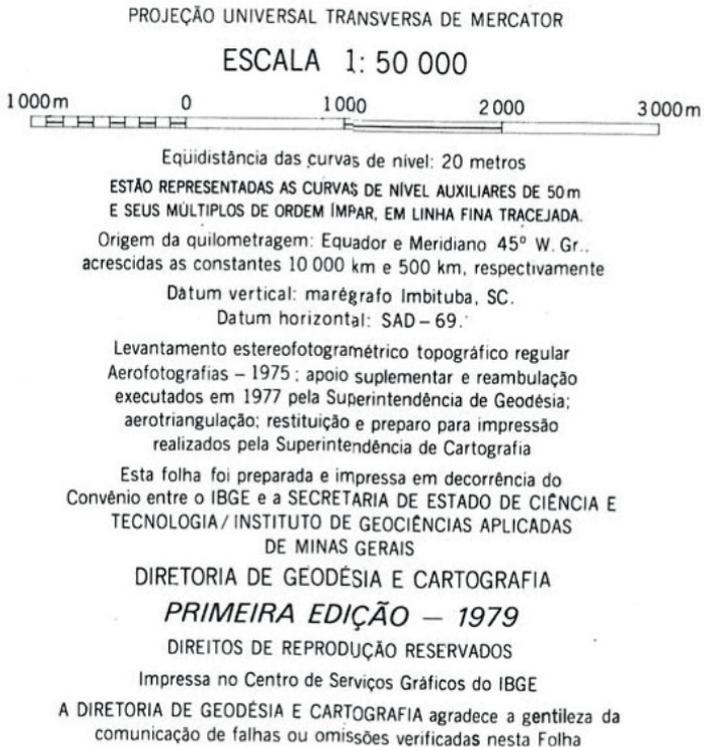
Fonte: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-X-B-V-4.jpg>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

e) **Mapa Índice:** as folhas podem ser referenciadas através de um simples número, conforme escala utilizada:

1. Na escala de 1:1.000.000, será usada a numeração de 1 a 46.
2. Na escala de 1:250.000, será usada a numeração de 1 a 550.
3. Na escala de 1:100.000, será usada a numeração de 1 a 3036.

- f) **Legenda:** consiste na tradução dos símbolos utilizados na representação das informações, precisa estar organizada, agrupando suas peculiaridades, permitindo uma leitura mais rápida e eficaz durante a compreensão do produto cartográfico. Devem estar inseridos na legenda, a representação de localidades, os limites, a via de circulação, os pontos de controle e a altitude.
- g) **Sistema de projeção e informações adicionais** (Figura 4.5): diz respeito ao Datum horizontal e vertical utilizado, a natureza da superfície, nesse caso cilíndrica, a Projeção Universal Transversa de Mercator. Deve apresentar as escalas gráficas/numéricas que permitam avaliar áreas e distâncias em curvas de nível, segundo uma equidistância predeterminada a partir da escala.

Figura 4.5 | Sistema de projeção e informações adicionais



Fonte: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-X-B-V-4.jpg>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

- h) **Hidrografia e vegetação:** também estão inseridas na legenda e estão divididas em classes para facilitar a identificação e a interpretação destas.
- i) **Divisão político-administrativa:** representada através dos limites municipais, estaduais e internacionais contidos na área mapeada.
- j) **Declinação magnética e convergência meridiana:** a declinação magnética é o desvio que a agulha magnética sofre com relação à linha Norte-Sul “verdadeiro” e a convergência meridiana é a diferença angular entre as linhas do quadriculado.



Pesquise mais

Saiba mais sobre o assunto lendo a *Apostila de elementos de cartografia*. Fonte: SANTOS, A. R. dos. **Apostila de elementos da cartografia**. Centro de Ciências Agrárias – CCA. Departamento de Engenharia Rural. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Alegre/ Espírito Santo – Brasil. 2013. <http://www.mundogeomatica.com.br/EC/ApostilaTeoricaEC/Apostila_Elementos-Cartografia.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017. Nela você encontrará informações mais detalhadas. Não deixe de ler!

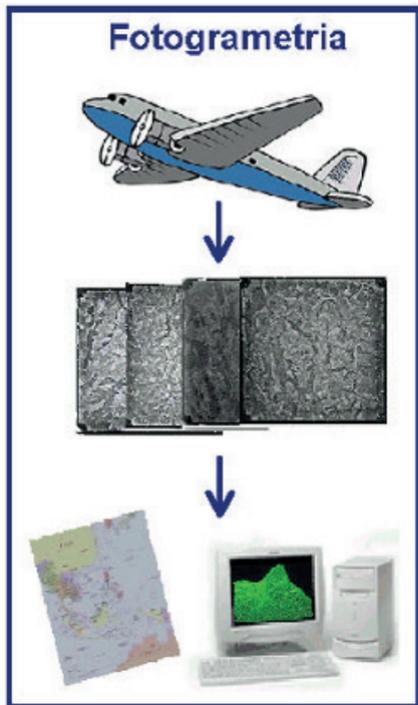
O uso de fotografias aéreas na cartografia topográfica

De acordo com Carvalho & Araújo (2009), Fotogrametria seria definida como “a ciência e a tecnologia de obter informações seguras acerca de objetos físicos e do meio, através de processos de registro, medição e interpretação das imagens fotográficas”. Propõe-se registrar, através de fotografias métricas, imagens e objetos que deverão ser medidos e interpretados.

A Fotogrametria (Figura 4.6) pode ser aplicada em estudos de caracterização dos solos (pedologia), florestais, geológicos, climatológicos, geomorfológicos, para caracterização da dinâmica da paisagem (rede de drenagem, canais de escoamento, altimetria, declividade, comprimento de vertente, etc.), elaboração de mapas topográficos planialtimétricos, caracterização de áreas para fins de tributação e cadastramento urbano e rural, projetos ambientais, ferroviários, rodoviários, de obras (pontes, canais, barragens, oleodutos,

linhas de transmissão, etc.), melhoramento de rios e portos, controle de erosão e de cheias (CARVALHO & ARAÚJO, 2009).

Figura 4.6 | Modelo de processo fotogramétrico.



Fonte: Assis (2011).

Pode ser dividida em dois ramos: o primeiro é a **fotogrametria métrica**, que trabalha com medidas precisas e softwares computacionais que estabelecem a forma e tamanho dos objetos que aparecem na fotografia. O segundo é a **fotogrametria interpretativa**, que tem por objetivo reconhecer e identificar os objetos presentes na fotografia (CARVALHO & ARAÚJO, 2009).

A Fotogrametria pode ser classificada como:

- **Fotogrametria terrestre:** São fotografias obtidas através de estações fixas sobre a superfície do terreno; o eixo ótico da câmara é na horizontal (Figura 4.7).

Figura 4.7 | Foto terrestre de Wonder Lake e Denali - Reserva e parque nacional Denali.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Wonder_Lake_and_Denali.jpg>. Acesso em: 15 nov. 2017.



Vocabulário

Eixo ótico: As lentes das câmaras fotográficas são superfícies esféricas, e a reta determinada pelo centro de curvatura dessa superfície que forma a face da lente e o centro da fotografia é denominada eixo ótico (CARVALHO & ARAÚJO, 2009).

- **Fotogrametria aérea:** São fotografias obtidas através de estações móveis no espaço (avião, ultraleve ou balão); o eixo ótico da câmara é na posição vertical ou inclinada (Figura 4.8).

Figura 4.8 | Fotografia aérea do Museu do Louvre/Paris.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bd/Louvre_Paris_from_top.jpg>. Acesso em: 15 nov. 2017.

- **Fotogrametria espacial:** São fotografias obtidas por estações móveis externas à atmosfera terrestre; pode ser feita também com câmaras balísticas (câmaras fixas na superfície da Terra e/ou da Lua) (Figura 4.9)

Figura 4.9 | Fotografia espacial do Himalaia, tirada da Estação Espacial Internacional.



Fonte: <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/Himalayas.jpg>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

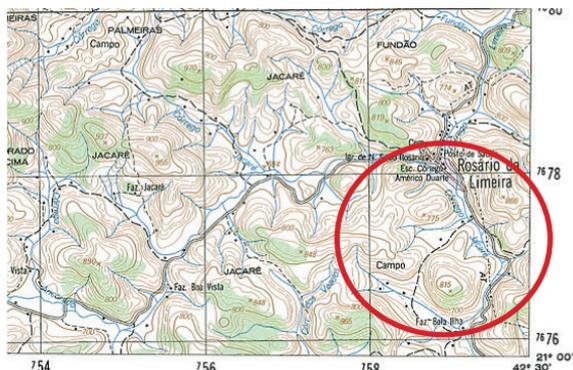


Exemplificando

Você engenheiro foi contratado para fazer um projeto de um Haras e terá que verificar o acesso ao local, já que é uma área rural, localizar as obras civis, como o escritório central, a casa da fazenda, as baias, os cercados para treinamento, o pasto, o salão de festas, entre outras obras necessárias. Você recebeu uma carta topográfica da região onde será implantado o Haras na Fazenda Bela Ilha, região rural de Campo em Ervália/MG, na seguinte área circulada em destaque (Figura 4.10).

Quais elementos você deverá analisar ao receber o mapa para fazer o planejamento e o orçamento para este cliente?

Figura 4.10 | Seção da Carta topográfica de Ervália/MG



Fonte adaptada de: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-X-B-V-4.jpg>>. Acesso em: 15 nov. 2017

Solução: para fazer o planejamento e o orçamento para este cliente, você deverá analisar os seguintes elementos a seguir:

- Legenda (estradas e rodovias).
- Sistema de projeção e informações adicionais.
- Hidrografia e Vegetação.
- A divisão político-administrativa.
- A declinação magnética.

No caso de orçar e planejar uma obra, esses elementos são essenciais, inclusive para verificar o seu custo pessoal, o tempo que terá de disponibilizar para esta obra, entre outras informações.

Sem medo de errar

Suponhamos que você seja contratado para atualizar o levantamento topográfico de uma fazenda numa área rural próxima, no qual deverão ser locados dois açudes próximos ao córrego perene mais volumoso, um haras e um seleiro na média vertente, e a casa principal e o escritório do haras na alta vertente, não esquecendo as vias de acesso internas da fazenda. Para que essa obra seja aprovada, os órgãos ambientais sugerem que 10% da área sejam direcionadas para uso de reserva legal. Ao fazer a locação das obras, acessos e da reserva, você terá como ferramenta de auxílio o GPS e o auxílio de mapas da região e de informações fornecidas pelo cadastro do imóvel rural, poderá comparar os dados das imagens de satélite, verificando informações como acesso externo até a área, principais recursos hídricos e cidades mais próximas.

Como você fará o uso da cartografia fornecida? Terá facilidade para interpretar os símbolos e características dessas cartas/mapas? Como fará esta interpretação? O uso de fotografias aéreas e imagens de satélites o auxiliarão na interpretação desses mapas?

Resolução:

- **Como você fará o uso da cartografia fornecida?**

Os mapas e informações cadastrais servirão de base para o planejamento e orçamento inicial que será feito ao cliente, pois lá terei as distâncias, acessos e possíveis dificuldades expressas nos mapas e plantas cadastrais.

- **Terá facilidade para interpretar os símbolos e características dessas cartas/mapas? Como fará essa interpretação?**

Conhecendo previamente a simbologia, ficará muito fácil identificar e analisar os elementos a seguir: Legenda (estradas e rodovias), sistema de projeção e informações adicionais, hidrografia, vegetação, a divisão político-administrativa e a declinação magnética, entre outros.

- **O uso de fotografias aéreas e imagens de satélites o auxiliarão na interpretação desses mapas?**

Sim, pois pode fornecer informações seguras acerca de objetos físicos e do meio, através de processos de registro, medição e interpretação das imagens fotográficas, como: estudos de caracterização dos solos (pedologia), florestais, geológicos, climatológicos, geomorfológicos, para caracterização da dinâmica da paisagem (rede de drenagem, canais de escoamento, altimetria, declividade, comprimento de vertente, etc.), elaboração de mapas topográficos planialtimétricos, entre outros.

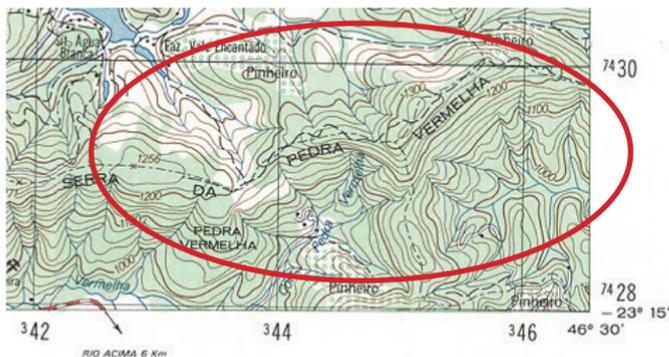
Avançando na prática

Construindo um Parque Ecológico em Mairiporã/SP

Descrição da situação-problema

Você foi contratado para executar uma obra, um parque ecológico, na Região de Mairiporã, na Serra da Pedra Vermelha (Figura 4.11). A área é pouco alterada, preservada ambientalmente, sendo necessário estar de acordo com as leis ambientais e municipais. Para se fazer um bom planejamento dessa obra, é necessário, antecipadamente, analisar a planta topográfica local e/ou carta regional, para ver em qual contexto este terreno está inserido nesta área ambiental e como é seu relevo. Quais elementos foram utilizados nesta carta topográfica que são do seu interesse analisar? Tem fácil acesso? A área urbanizada é próxima? Este terreno possui áreas íngremes ou planas? O que toda essa interpretação facilitará na execução do seu serviço como engenheiro?

Figura 4.11 | Seção da Carta topográfica de Atibaia/SP – Região de Mairiporã/SP



Fonte: adaptada de <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-Y-C-III-2.jpg>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

Resolução da situação-problema

- **Quais elementos foram utilizados nesta carta topográfica que são do seu interesse analisar?**

Deverei analisar os seguintes elementos a seguir que são do meu interesse:

- Legenda (estradas e rodovias).
- Sistema de projeção e informações adicionais.
- Hidrografia e vegetação.
- A divisão político-administrativa.

- **Tem fácil acesso?**

Não. Aparentemente a estrada asfaltada chega próximo ao local, porém, devem existir estradas de terra e/ou trilhas.

- **A área urbanizada é próxima?**

Não muito próxima, então, em termos de planejamento e orçamento, será necessário verificar a distância para toda mão de obra e infraestrutura necessária, bem como hospedagem.

- **Este terreno possui áreas íngremes ou planas?**

De acordo com a carta topográfica, o relevo apresenta áreas íngremes que podem dificultar o acesso e aumentar o tempo do levantamento em campo.

- **O que toda essa interpretação facilitará na execução do meu serviço como engenheiro?**

Auxiliará para fazer o orçamento inicial, a visita ao local e o planejamento inicial para a execução da obra do Parque.

Faça valer a pena

1. De acordo com a UNESCO (1966 apud AGUIRRE; MELLO FILHO, 2009, p. 4)

A Cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, voltam-se para a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como o seu estudo e a sua utilização.



Quais são os três principais ramos da Cartografia?

- a) Cartografia Topográfica, Climatológica e Temática.
- b) Cartografia Hidrográfica, Topográfica e Climatológica.
- c) Cartografia da Vegetação, Topográfica e Temática.
- d) Cartografia Hidrográfica, Topográfica e Temática.
- e) Cartografia de Base, Topográfica e Temática.

2. A generalização cartográfica é utilizada para adequar a informação geográfica à escala do mapa, simplificando as informações, adequando esta à escala do mapa, quanto menor for à escala do mapa, maior será o grau de generalização (FERNANDES, 2008).

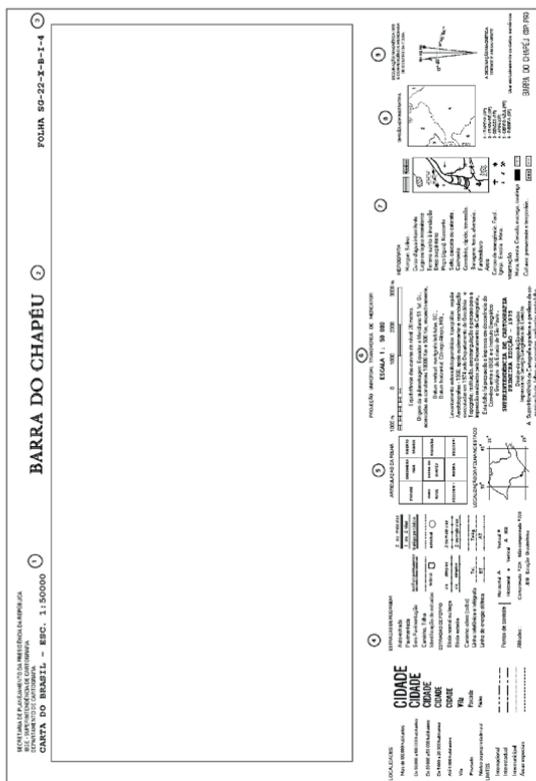
Para que a generalização cartográfica ocorra é necessário referenciar alguns elementos, são estes:

- a) Prévia seleção da informação, simplificação, indução e a classificação.
- b) Simplificação, a classificação, a simbolização e a indução.
- c) Realce, simbologia, classificação e simplificação.
- d) Sobrevalorização, deslocamento, colapso e eliminação.
- e) Eliminação, sobrevalorização, simbolização e esquematização estrutural.

3. A forma como as informações serão distribuídas na carta topográfica, ou seja, seu “leiaute”, deverá estar de acordo com a folha modelo publicado pelo DSG (Diretoria de Serviço Geográfico), de acordo com o Decreto-Lei nº 243/67, atualmente sendo parâmetro para as cartas elaboradas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

A folha modelo (figura abaixo) tem a finalidade de estabelecer uma padronização no formato e no aspecto das cartas confeccionadas por várias organizações, definindo:

Figura | Folha modelo com os elementos contidos em uma Carta Topográfica (como o formato da folha é muito maior para melhor visualização, basta acessar o [link](http://www.mundogeomatica.com.br/EC/ApostilaTeoricaEC/Apostila_Elementos-Cartografia.pdf) na fonte).



Fonte: <http://www.mundogeomatica.com.br/EC/ApostilaTeoricaEC/Apostila_Elementos-Cartografia.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

- Escalas, informações marginais, responsável técnico e espessuras das linhas das quadrículas.
- Escalas, articulação sistemática da obra, tipo de letras das inscrições e espessuras das linhas das quadrículas.
- Escalas, informações marginais, tipo de letras das inscrições e espessuras das linhas das quadrículas.
- Escalas, informações marginais, tipo de carimbos e espessuras das linhas das quadrículas.
- Escalas, informações técnicas da obra, tipo de letras das inscrições e espessuras das linhas das quadrículas.

Seção 4.2

Sensoriamento e SIG

Diálogo aberto

Caro aluno,

Atualmente, devido à qualidade da resolução espacial das imagens obtidas, pode-se obter detalhamento a 1 metro da superfície, podendo ser gerados mapas temáticos sobre levantamento de recursos naturais, monitoração ambiental, avaliação de desastres naturais, desmatamentos, cadastramentos rurais, defesa, entre outras. O sensoriamento remoto surgiu em 1960 sendo uma ferramenta de coleta automática de dados usada para levantar e monitorar recurso terrestre em escala global, que mais obteve sucesso. É uma tecnologia usada no mundo todo, capaz de reunir a maior diversidade de usuários de diversas áreas (MENESES; ALMEIDA, 2012). O Sensoriamento Remoto pode ser utilizado como uma ferramenta de gerenciamento de bens patrimoniais e prediais, em especial no setor de infraestrutura, como saneamento, telecomunicações, eletricidade e transporte, estes distribuídos por grandes extensões territoriais (COUTO, 2012). Pode ser usado também para a investigação de mudanças ambientais globais e desastres naturais, bem como para o planejamento urbano e regional, simulando possibilidades e predizendo o crescimento urbano de uma determinada região.

Retomando a situação disposta na seção anterior, suponhamos que você seja contratado para atualizar o levantamento topográfico de uma fazenda numa área rural próxima, no qual deverão ser locados dois açudes próximos ao córrego perene mais volumoso, um haras e um seleiro no meio da vertente, e a casa principal e o escritório do haras na parte mais alta da vertente, não esquecendo as vias de acesso internas da fazenda. Para que essa obra seja aprovada, os órgãos ambientais sugerem que 10% da área sejam direcionadas para uso de reserva legal. Ao fazer a locação das obras, acessos e da reserva, você terá como ferramenta de auxílio o GPS e com o auxílio

de mapas da região e de informações fornecidas pelo cadastro do imóvel rural, poderá comparar os dados das imagens de satélite, verificando informações como acesso externo até a área, principais recursos hídricos e cidades mais próximas. Se forem fornecidas imagens de satélites, como essas auxiliariam na interpretação dos mapas? A resolução da imagem interfere na interpretação e análise? Se essas imagens fossem utilizadas em programas que pudessem auxiliar você, quais programas seriam utilizados e como essas imagens poderiam ser tratadas e manipuladas para auxiliá-lo?

Ao final desta seção, esperamos que você, aluno, seja capaz de compreender a definição de Sensoriamento Remoto e suas aplicações em diversas áreas da Engenharia.

Bons Estudos!

Não pode faltar

Introdução ao sensoriamento remoto

Meneses & Almeida (2012, p. 3) define **Sensoriamento Remoto** como:



Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres.

De acordo com a definição acima, podemos afirmar que o objeto imageado é registrado pelo sensor através da medida da radiação eletromagnética, tal como a luz solar é refletida na superfície de qualquer objeto. No entanto, não se pode considerar que apenas imagens transmitidas por satélites compõem o Sensoriamento Remoto (Figura 4.12), mas que as fotografias aéreas também são uma classe de sensores remotos, pois também é uma forma de observar a Terra.

Figura 4.12 | Imagem via satélite da América do Sul



Fonte: <<https://pixabay.com/pt/am%C3%A9rica-do-sul-continente-terra-74073>>. Acesso em: 26 nov. 2017.

Radiação Eletromagnética é definida como algo que se propaga pelo espaço vazio, como a luz solar, possui duplo comportamento, sendo, ao mesmo tempo, um tipo de onda e um tipo de energia, somente assim poderá analisar qualquer tipo de imagem de sensoriamento remoto, explicando o todo observado com referências às características dos objetos. É uma medida da interação da radiação eletromagnética com a superfície dos objetos (MENESES & ALMEIDA, 2012).



Assimile

A energia eletromagnética não precisa de um meio material para se propagar, sendo definida como uma energia que se move na forma de ondas eletromagnéticas à velocidade da luz ($c = 300.000 \text{ Km.s}$, em que "c" é a velocidade da luz).

Tipos de resolução

A **Resolução das imagens** é definida, de acordo com Meneses & Almeida (2012, p. 25), como a capacidade operacional de um sistema de sensoriamento remoto de produzir uma imagem nítida e bem definida. É dividida em quatro tipos: **Resolução Espacial, Espectral, Radiométrica e Temporal**.

Resolução Espacial: é uma propriedade importante da imagem, representa o tamanho individual do elemento de área imageada no terreno que aparece em qualquer tipo de sensor; está relacionada ao pixel da imagem. Determina o tamanho do menor objeto que pode ser identificado em uma imagem; quanto menor a unidade imageada (pixel), mais nítida, mais detalhada, é a imagem, conforme Figura 4.13 (MENESES & ALMEIDA, 2012).

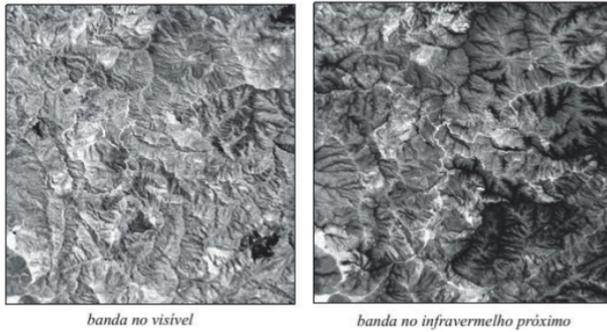
Figura 4.13 | Imagens dos satélites, Landsat com resolução espacial de 30 m, Spot com 10 m e Ikonos com 1 m, de parte do lago Paranoá em Brasília.



Fonte: Meneses & Almeida (2012, p. 26).

Resolução Espectral: é a obtenção simultânea de imagens em múltiplas bandas espectrais; é uma medida de largura das faixas espectrais e da sensibilidade do sensor em distinguir entre dois níveis de intensidade do sinal de retorno da imagem. Um sensor tem melhor resolução espectral se ele possui maior número de bandas situadas em diferentes regiões espectrais e com larguras estreitas de comprimento de onda. Esta resolução geralmente é utilizada para um determinado tipo de alvo. Cada alvo na superfície terrestre tem um comportamento espectral diferente, ou seja, emite e reflete diferentes comprimentos de onda, e a capacidade do sensor em distinguir esses diferentes comprimentos permite melhor distinção dos alvos, como observado na Figura 4.14 (MENESES & ALMEIDA, 2012, p. 27).

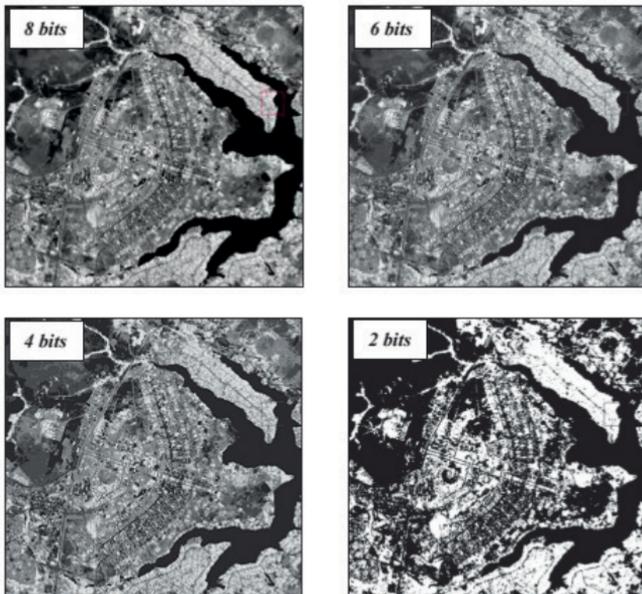
Figura 4.14 | Imagem focada na identificação de estradas de terra em áreas de densa vegetação, com dimensão inferior à resolução espacial de 30 m da imagem.



Fonte: Meneses & Almeida (2012, p. 29).

Resolução Radiométrica: é a medida da intensidade da radiância (capacidade do sensor em distinguir diferentes tons de cinza) da área de cada pixel unitário. Quanto maior for a resolução radiométrica (Figura 4.15), maior será a capacidade do detector para medir as diferenças de intensidades dos níveis de radiância, resumindo, maior será a resolução radiométrica (MENEZES & ALMEIDA, 2012, p. 30).

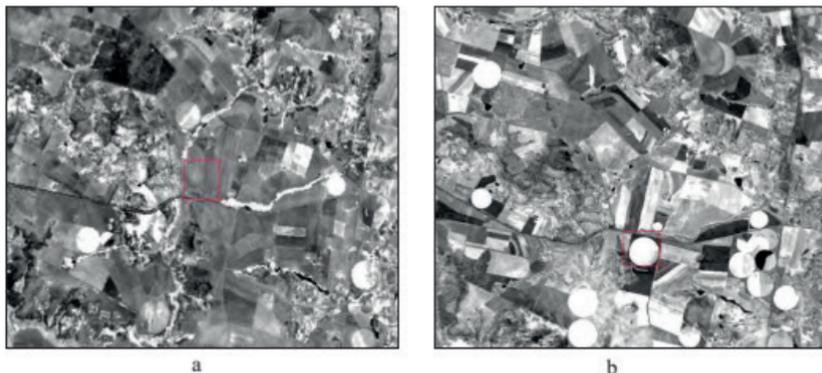
Figura 4.15 | Imagens com diferentes níveis de resolução radiométrica



Fonte: Meneses & Almeida (2012, p. 30).

Resolução Temporal: é a frequência que o sensor revisita uma área obtendo imagens (Figura 4.16) em períodos de tempo durante sua vida útil. Isso é possível, pois o plano de órbita do satélite é fixo e ortogonal em relação ao sentido de rotação da Terra, podendo passar sobre um mesmo ponto na superfície terrestre na mesma hora (MENESES & ALMEIDA, 2012, p. 31).

Figura 4.32 | Imagem do satélite Landsat em uma área agrícola, obtida em 2000 (a) e em 2009 (b), para comparação de crescimento de pivôs centrais e do parcelamento das terras.



Fonte: Meneses & Almeida (2012, p. 33).



Refleta

Pense bem... Como seria possível acompanhar o crescimento urbano regional e municipal sem o auxílio do Sensoriamento Remoto? E a evolução de grandes áreas rurais cultiváveis? Como verificar o parcelamento das terras, o uso e ocupação desse solo? Como analisar o impacto ambiental, por exemplo, de uma grande mineradora? Seria possível fazer tudo manualmente sem o auxílio desse sistema informacional?

E qual é a aplicação do Sensoriamento Remoto no dia a dia de diversos profissionais?

Com a necessidade de se adaptar o planejamento de nossas cidades aos modelos atuais computadorizados, e em vista à vastidão dos problemas ambientais que as degradam devido às práticas abusivas, engenheiros, arquitetos, geógrafos, geólogos e profissionais relacionados têm buscado soluções metodológicas e práticas para

estas questões. Nessa busca, o profissional deve considerar os atributos físicos locais, como localização, topografia, relevo, solos, vegetação, clima etc., bem como atributos sociais e populacionais, dentre eles a densidade populacional e a classe social.

Através da resolução espacial das imagens orbitais, o Planejamento Urbano e Regional teve a possibilidade de reconhecer o ambiente regional e interpretar as inter-relações ambientais naturais e antrópicas. O Planejamento Municipal teve seu favorecimento devido ao estudo detalhado do uso do solo, tanto no meio urbano quanto no rural, evidenciando potenciais problemas para elaboração de propostas de Leis de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo e planos Diretores, e também permitiu monitorar e estudar a evolução dos processos urbanos (MALTA & VIEIRA, 2004, p. 3).



Pesquise mais

Para saber mais, leia o artigo "Aplicação dos sistemas de sensoriamento por imagens e o planejamento urbano regional", p. 101 a 120.

Fonte: ALMEIDA, C. M. Aplicação dos sistemas de sensoriamento remoto por imagens e o planejamento urbano e regional. Arq. Urb. Revista Eletrônica de Arquitetura e Urbanismo (USJT), V. 3, 2010, p. 98-123. Disponível em: <www.usjt.br/arq.urb/numero_03/8arqurb3-claudia.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2017. Nele você encontrará informações mais detalhadas. Não deixe de ler!

Conceitos básicos sobre sistemas de informação geográfica

Para que haja um bom planejamento urbano e regional, atualmente usam-se ferramentas de geoprocessamento e/ou SIG (Sistema de Informações Georreferenciados) que facilitam a obtenção de dados geográficos, ou seja, de qualquer parte da superfície terrestre, automatizando a produção de documentos cartográficos.

De acordo com Silva (2006, p. 16), o objetivo principal de um sistema de geoprocessamento é processar dados referenciados geograficamente, utilizando-se de mapas convencionais, relatórios, arquivos digitais e gráficos, para exibir informações desde a coleta até a geração destes. Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) processa dados gráficos e não gráficos com ênfase nas análises

espaciais e nas modelagens de superfícies.

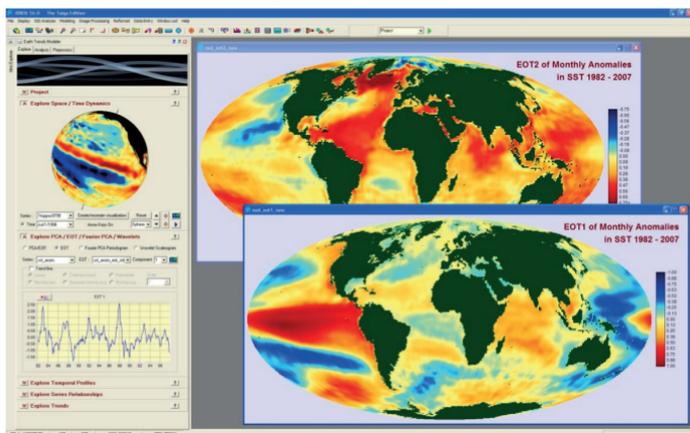
Câmara (2005, p. 2) define Sistema de Informação Geográfica (SIG) como:

”

Sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos.

De acordo com Franciscan (2012, p. 11), o termo Sistema de Informação Geográfica (Figura 4.17) é direcionado aos sistemas que fazem o tratamento computacional dos dados geográficos e recuperam informações com características alfanuméricas e localização espacial.

Figura 4.17 | Captura de tela do desktop IDRISI GIS e processamento de imagens que mostra a ferramenta de modelagem de séries temporais de imagens Earth Trends Modeler.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/IDRISI_GIS.jpg>. Acesso em: 27 nov. 2017.

Métodos, modelos e manipulação de dados geográficos

De acordo com Lisboa Filho (1995, p. 17), os componentes dentro de um SIG podem ser classificados em três categorias principais:

Dados convencionais: Atributos alfanuméricos usados para descrever os objetos (ex: nome e população de uma cidade); **dados espaciais:** descrevem a geometria, a localização e os relacionamentos topológicos dos objetos geográficos; e **dados pictóricos** atributos que armazenam imagens (ex: fotografia de uma cidade).



Os dados em um SIG podem ser fenômenos ou entidades geográficas distribuídas pela superfície da terra; podem ser naturais ou criadas pelo homem, como tipos de solos, cidades, vegetação, escolas, aspectos climáticos, hospitais, etc. Também podem resultar de objetos que ainda não existem, como o planejamento de uma barragem para captação de água em uma mineradora. A coleta de dados é baseada em tecnologias como a fotogrametria, o sensoriamento remoto e levantamento de campo, o produto resultante desses processos é que são as verdadeiras fontes de dados do SIG (LISBOA FILHO, 1995, p. 18).

Os métodos mais comuns de aquisição de dados são: digitalização manual, escaneamentos, digitalização via teclado e fontes secundárias de armazenamento. Esses métodos permitem a transferência do dado capturado para a base de dados SIG (LISBOA FILHO, 1995, p. 18).

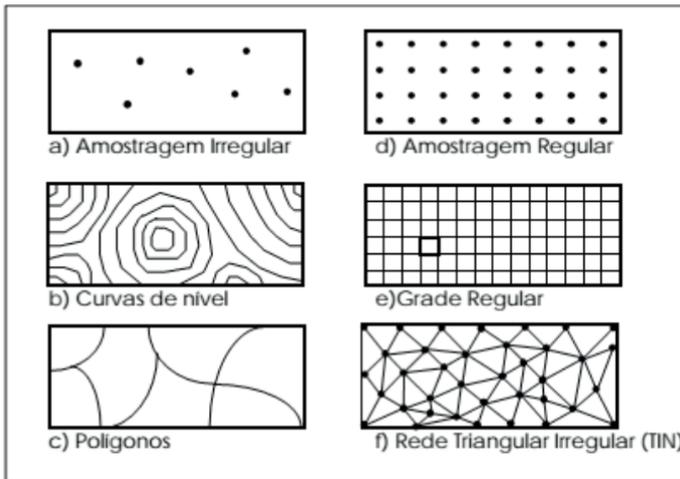
Conforme Lisboa Filho (1995), um Banco de Dados Geográfico é uma coleção de dados referenciados espacialmente, é um modelo da realidade. A modelagem desses dados geográficos é o processo que converte uma base geográfica complexa em finitos registros ou objetos de um banco de dados. Este se divide em duas visões: **modelo de campo** - que possui uma distribuição contínua no espaço, como a temperatura ou o relevo; e o **modelo de objetos** - que possui dimensões bem definidas e pode representar situações em que mais de um objeto compartilha uma mesma posição geográfica, como um cruzamento de avenidas.

Lisboa Filho (1995) afirma que o modelo de campo pode ser dividido em seis tipos diferentes de modelos (Figura 4.18):

- a) **Amostragem irregular de pontos:** o banco de dados possui conjuntos (x, y, z) representando valores coletados em localizações irregularmente espaçadas (ex.: Temperatura).

- b) **Contornos:** o banco de dados contém um conjunto de linhas, sendo cada uma associada a um valor <z> (ex.: Curvas de nível).
- c) **Polígonos:** a área é dividida em um conjunto de polígonos, em que cada localização pertence a um único polígono (ex.: Tipos de solos).
- d) **Amostragem regular de pontos:** o banco de dados possui conjuntos (x, y, z) representando valores coletados em localizações regularmente espaçadas (ex.: Modelo de elevação do terreno).
- e) **Grade de células:** a área é dividida em uma grade de células, cada uma correspondendo ao valor de uma variável dentro dessa célula (ex.: Imagens de satélite).
- f) **Rede triangular irregular:** a área é dividida em triângulos irregulares. Cada vértice do triângulo possui uma variável linear sobre o triângulo (ex.: TIN – rede irregular triangularizada).

Figura 4.18 | Modelo de dados – Visão de Campo.



Fonte: Lisboa Filho (1995, p. 26).

O autor supracitado também afirma que, no Modelo de Objetos, os objetos são pontos, linhas ou áreas e podem estar nas mesmas posições geográficas. São mais adequados para aplicações socioeconômicas, situações criadas pelo homem, já os modelos de campo são mais adequados a situações ambientais.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) necessita manipular dados espaciais e recuperar informações baseadas em conceitos como proximidade, pertinência a uma área, interseção entre objetos, etc. Existe uma enorme variedade de funções de manipulação e análise de dados, porém não existe uma padronização dos nomes dessas funções. Essas funções, conforme Lisboa Filho (1995), estão agrupadas em quatro categorias principais: "(1) Manutenção e análise de dados espaciais; (2) Manutenção e análise de atributos descritivos; (3) Análise integrada de dados espaciais e descritivos; e (4) Formatação de saída":

- 1) **Manutenção e análise de dados espaciais:** Funções utilizadas na fase de pré-processamento dos dados espaciais, preparam e reorganizam os dados para serem utilizados para análise e consulta.
- 2) **Manutenção e análise de atributos descritivos:** São operações de análise que podem ser resolvidas sem a necessidade de acessar os atributos espaciais; consulta e manipula dados disponíveis nos SGBD's (Sistemas Gerenciador de Banco de Dados).
- 3) **Análise integrada de dados espaciais e descritivos:** Nesta categoria as funções são utilizadas para recuperação, classificação, medidas, sobreposição, análise de vizinhança e conectividade. Envolvem busca seletiva, manipulação e geração de resultados.
- 4) **Formatação de saída:** São os resultados das análises espaciais gerados na forma de relatório, gráfico ou mapas.

De acordo com Câmara & Ortiz (2005), os principais Sistemas de Informações Geográficas são:

- **ARC/GIS** – Perfeito para a criação de mapas temáticos, através do cruzamento de dados. Desenvolvido pela ESRI. Disponível em: <<http://www.img.com.br/pt-BR/arcgis-online>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- **ARC/INFO:** desenvolvido pela ESRI - Redlands, EUA. Disponível em: <www.esri.com>. Acesso em: 27 nov. 2017. O pacote básico é composto por ARCDATA, ARCPLOT, TABLES, LIBRARIAN, que possibilitam a importação de diversos formatos

matriciais e vetoriais, ferramentas de edição e gerência de base de dados espaciais.

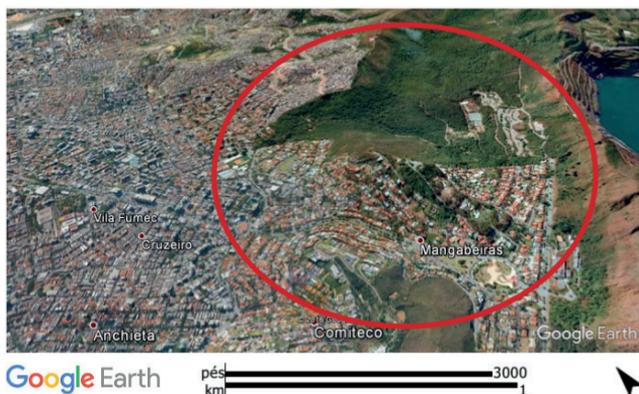
- **ARC/VIEW**: desenvolvido pela ESRI, para ambientes PC/Windows, originalmente com uma interface dirigida para apresentação de dados produzidos no ARC/INFO, e cuja funcionalidade vem sendo continuamente aprimorada pelo fabricante.
- **AUTOCADMAP**: sistema para mapeamento cadastral, desenvolvido pela Autodesk (EUA), com base na funcionalidade do AutoCAD.
- **EASI/PACE**: sistema para processamento digital de imagens de satélite, desenvolvido pela PCI Remote Sensing Corp., do Canadá.
- **ERDAS**: É um sistema modular de processamento digital de imagens e análise espacial, desenvolvido pela ERDAS Inc. (EUA).
- **ER MAPPER**: para processamento de imagens de satélite, desenvolvido pela Earth Resources Mapping Ltd., da Austrália.
- **IDRISI**: sistema de análise geográfica e processamento de imagens para ambiente PC, desenvolvido pela Clark University (EUA).
- **MAPINFO**: software de para ambientes PC/Windows, desenvolvido pela MapInfo Corp., EUA.
- **MODULAR GIS ENVIRONMENT (MGE)**: desenvolvido pela Integraph, possui vários módulos para as várias funções de Geoprocessamento.
- **SPRING**: desenvolvido pelo INPE.



Exemplificando

Suponhamos que você seja contratado para participar do planejamento urbano de uma região da cidade de Belo Horizonte (Figura 4.19), analisando o crescimento urbano local e o avanço da urbanização sobre áreas de mata preservadas. Qual seria a melhor ferramenta que você poderia fazer uso para analisar tais parâmetros? De acordo com a imagem a seguir, quais informações podem ser obtidas?

Figura 4.19 | Imagem via satélite da Região sul da cidade de Belo Horizonte/MG



Fonte: adaptada de Google Earth (2017). Acesso em: 28 nov. 2017.

Solução:

- Qual seria a melhor ferramenta que você poderia fazer uso para analisar tais parâmetros?

Você precisará utilizar o sistema de sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento para analisar de forma integrada o avanço urbano nessa região.

- De acordo com a imagem acima, quais informações podem ser obtidas?

Através da imagem acima, você poderá analisar o avanço urbano sobre a área de preservação permanente, áreas de novas construções, ruas e avenidas, parques e escolas, áreas comerciais etc. Analisar o meio ambiente, verificar encaixe de drenagens e microbacias hidrográficas, bem como as áreas afetadas.

Sem medo de errar

Suponhamos que você seja contratado para atualizar o levantamento topográfico de uma fazenda numa área rural próxima, no qual deverão ser locados dois açudes próximos ao córrego perene mais volumoso, um haras e um seleiro no meio da vertente, e a casa principal e o escritório do haras na parte mais alta da vertente, não esquecendo as vias de acesso internas da fazenda. Para que essa obra seja aprovada, os órgãos ambientais sugerem

que 10% da área sejam direcionados para uso de reserva legal. Ao fazer a locação das obras, acessos e da reserva, você terá como ferramenta de auxílio o GPS e com o auxílio de mapas da região e de informações fornecidas pelo cadastro do imóvel rural, poderá comparar os dados das imagens de satélite, verificando informações como acesso externo até a área, principais recursos hídricos e cidades mais próximas.

Se forem fornecidas imagens de satélites, como essas auxiliariam na interpretação dos mapas? A resolução da imagem interfere na interpretação e análise? Se essas imagens fossem utilizadas em programas que pudessem auxiliar você, quais programas seriam utilizados e como essas imagens poderiam ser tratadas e manipuladas para auxiliá-lo?

Resolução:

- Se forem fornecidas imagens de satélites, como essas auxiliariam na interpretação dos mapas?

As imagens poderão fornecer informações como: Vias de acesso; Áreas verdes, plantações e vegetação nativa; Córregos e rios; Bacia Hidrográfica; Relevo e topografia. Pode também verificar o sentido do crescimento urbano e rural, bem como deficiências sociais, tamanho da área de implantação da obra, contato urbano com o rural etc.

- A resolução da imagem interfere na interpretação e análise?

Sim, caso a imagem não possua boa resolução ficará difícil enxergar os elementos e identificá-los.

- Se essas imagens fossem utilizadas em programas que pudessem auxiliar você, quais programas seriam utilizados e como essas imagens poderiam ser tratadas e manipuladas para auxiliá-lo?

Poderiam ser utilizados ArcGis, Esdras, Spring, entre outros e as imagens poderiam ser recuperadas, classificadas, medidas, sobrepostas, passar pela análise de vizinhança e verificar conectividades com outros atributos.

Avançando na prática

Reformando a área externa do Aeroporto Viracopos em Campinas/SP

Descrição da situação-problema

Suponhamos que você tenha sido contratado para fazer a reforma da área externa do Aeroporto Viracopos em Campinas/SP. Através da imagem de satélite a seguir (Figura 4.20), quais informações úteis você pode retirar? Qual o grau de detalhamento dessa imagem? Possui boa resolução?

Figura 4.20 | Imagem da região do Aeroporto Viracopos em Campinas/SP



Fonte: Google Earth. 2016. Acesso em: 28 nov. 2017.

Lembre-se

O profissional deve considerar os atributos físicos locais, como localização, topografia, relevo, solos, vegetação, clima etc., bem como atributos sociais e populacionais, dentre eles a densidade populacional e a classe social.

Resolução da situação-problema

- Através da imagem de satélite acima, quais informações úteis você pode retirar?

Você pode retirar informações como: Vias de acesso; Bairros de entorno; Áreas verdes e Parques; Córregos e rios; Bacia Hidrográfica; Relevo e topografia. Pode também apurar o sentido do crescimento urbano e populacional, verificando as imagens de diferentes períodos, bem como deficiências sociais (aglomerados e favelas), tamanho da área de implantação da obra, presença de áreas verdes, contato urbano com o rural etc.

- Qual o grau de detalhamento dessa imagem? Possui boa resolução?

Sim, possui boa resolução. Seu grau de detalhamento permite visualizar o solo com bastante precisão. Nesse caso, a visualização está a 4 km do solo.

Faça valer a pena

1. A Resolução das imagens é definida, de acordo com o Dicionário SELPER apud Meneses & Almeida (2012), como a capacidade operacional de um sistema de sensoriamento remoto de produzir uma imagem nítida e bem definida. É uma propriedade importante da imagem.

Qual dessas resoluções representa a obtenção simultânea de imagens em múltiplas bandas?

- a) Resolução Espacial.
- b) Resolução Espectral.
- c) Resolução Temporal.
- d) Resolução Radiométrica.
- e) Resolução Magnética.

2. Com a necessidade de se adaptar o planejamento de nossas cidades aos modelos atuais computadorizados, e em vista à vastidão dos problemas ambientais que as degradam devido às práticas abusivas, engenheiros, arquitetos, geógrafos, geólogos e profissionais relacionados têm buscado soluções metodológicas e práticas para estas questões. Nessa busca, o profissional deve considerar os atributos físicos locais como localização, topografia, relevo, solos, vegetação, clima etc., bem como atributos sociais e populacionais, dentre eles a densidade populacional e a classe social.

Através da resolução espacial das imagens orbitais, é possível reconhecer o ambiente regional e interpretar suas relações ambientais e naturais. Para qual propósito essas relações ambientais, naturais e urbanas são utilizadas?

- a) Planejamento sócio ambiental.
- b) Planejamento social.
- c) Planejamento sócioeconômico.
- d) Planejamento Urbano e Regional.
- e) Planejamento econômico.

3. Para que haja um bom planejamento urbano e regional, atualmente usam-se ferramentas de geoprocessamento e/ou SIG (Sistema de Informações Georreferenciados) que facilitam a obtenção de dados geográficos, ou seja, de qualquer parte da superfície terrestre, automatizando a produção de documentos cartográficos.

O objetivo principal de um sistema de geoprocessamento é _____ dados referenciados geograficamente, utilizando-se de mapas _____, _____, _____ digitais e gráficos, para exibir informações desde a coleta até a geração destes.

Complete o enunciado acima na ordem correta:

- a) Processar – relatórios – arquivos – convencionais.
- b) Convencionais – processar – relatórios – arquivos.
- c) Processar – convencionais – relatórios – arquivos.
- d) Relatórios – processar – convencionais – arquivos.
- e) Arquivos – processar – convencionais – relatórios.

Seção 4.3

Sistema de posicionamento global – GPS

Diálogo aberto

Caro aluno,

No geoprocessamento ocorre o processamento dos dados georreferenciados, criando um banco que permite fazer complexas análises integrando dados de diversas fontes, utilizando técnicas computacionais e matemáticas que refinem e tratem as informações geográficas obtidas. Pode influenciar áreas como a Cartografia, o Planejamento Urbano e Regional, a Análise de Recursos Naturais, entre outras (CÂMARA *et al.*, 2015, p. 1). É possível planejar sem conhecer algo? No estudo da topografia, o uso do GPS nos dá o posicionamento na superfície terrestre e através de ferramentas computacionais tratamos os dados obtidos em campo. Após o tratamento dos dados, podemos usar o produto deste para base do mapa topográfico, para cadastro urbano e rural, para organização de dados demográficos, econômicos e sociais, para fins de zoneamento, para análise ambiental, entre outros.

Retomando a situação disposta na seção anterior, suponhamos que você seja contratado para atualizar o levantamento topográfico de uma fazenda numa área rural próxima, no qual deverão ser locados dois açudes próximos ao córrego perene mais volumoso, um haras e um seleiro no meio da vertente, e a casa principal e o escritório do haras na parte mais alta da vertente, não esquecendo as vias de acesso internas da fazenda. Para que essa obra seja aprovada, os órgãos ambientais sugerem que 10% da área sejam direcionados para uso de reserva legal. Ao fazer a locação das obras, acessos e da reserva, você terá como ferramenta de auxílio o GPS e com o auxílio de mapas da região e de informações fornecidas pelo cadastro do imóvel rural, poderá comparar os dados das imagens de satélite, verificando informações como acesso externo até a área, principais recursos hídricos e cidades mais próximas. Você usará o sistema GPS como principal ferramenta para locação e fechamento de terreno?

Quais são as informações obtidas ao usar esse aparelho? Se estiver nublado poderá sofrer interferência de sinal? Quais outras aplicações você terá com o receptor GPS em campo? Quais programas deverão ser utilizados no pós-processamento dos dados?

Ao final desta seção, esperamos que você, aluno, seja capaz de aprender sobre o uso do GPS e suas aplicações em diversas áreas da Engenharia.

Bons Estudos!

Não pode faltar

Introdução ao sistema de posicionamento global – conceitos básicos, sinais e satélites

De acordo com Timbó (2000, p. 2), o Sistema de Posicionamento Global – GPS/ NAVSTAR (Navigation Satellite Time And Ranging) surgiu para substituir o sistema NNNS/TRANSIT, que possuía diversas limitações operacionais.



Assimile

O sistema GPS pode fornecer a localização em tempo real em qualquer lugar do mundo, instantaneamente, através de no mínimo quatro satélites localizados acima do horizonte do observador. O GPS mede a distância de pontos com coordenadas conhecidas e pontos na terra, no mar e no ar que estejam por determinar.

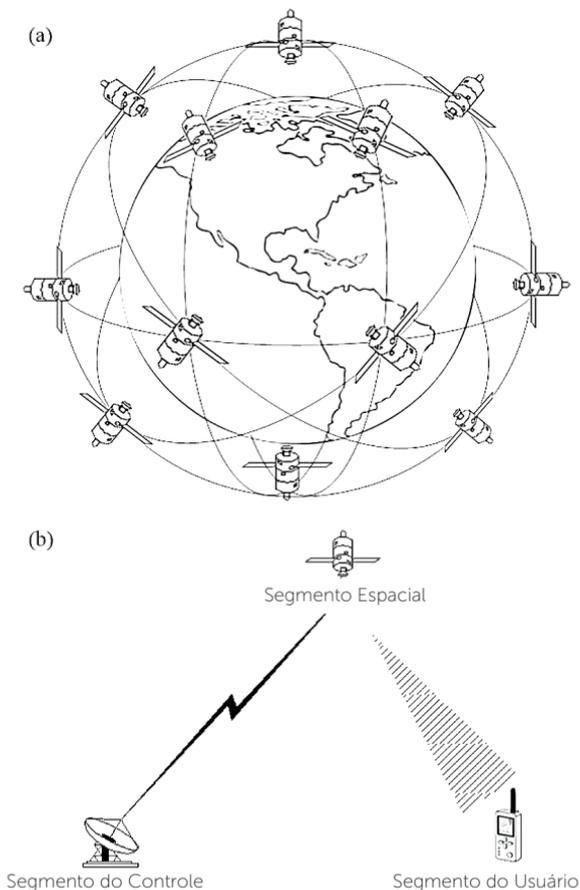
Divide-se em três segmentos: **Espacial**, **Controle** e **Usuário**.

- **Segmento espacial:** possui uma constelação de satélites, vinte e quatro satélites titulares (Figura 4.21a) e sete reservas, não geostáticos, localizados a 20.200 km de altitude, em seis planos orbitais, com inclinação de 55° em relação ao Equador, com 12 horas de revolução periódica. A função deste segmento (Figura 4.21b) é gerar e transmitir os sinais GPS (códigos, portadoras e mensagens de navegação).
- **Segmento de Controle:** é responsável pela operação do sistema GPS (Figura 4.21b), tem como principal função monitorar, corrigir e modificar parâmetros orbitais, além de manter atualizadas as mensagens de navegação transmitidas pelos satélites. É composto

por estações de monitoramento estrategicamente espalhadas na superfície terrestre, localizadas em Ilha de Ascencion (Atlântico Sul), Colorado (EUA – Estação Master), Diego Garcia (Oceano Índico), Kwajalien (Oceano Pacífico), Cabo Kennedy (Flórida – EUA) e Hawaii (EUA – Oceano Pacífico); rastreiam continuamente todos os satélites visíveis pelas antenas das estações.

- **Segmento do Usuário:** representa toda a comunidade usuária (Figura 4.21b) que utiliza aparelhos que determinam a posição, velocidade e/ou tempo, englobam os receptores, algoritmos, programas, metodologias e técnicas de levantamento.

Figura 4.21 | (a) Constelação de Satélite GPS (as linhas representam os planos orbitais) e (b) Segmentos do sistema.



Fonte: Zanotta et al (2011, p. 3).

Conforme Zanotta *et al* (2011, p. 3), o funcionamento do GPS é relativamente simples, os satélites componentes do sistema transmitem continuamente um sinal de rádio, através de ondas eletromagnéticas, contendo informações sobre a sua posição orbital, juntamente com um referencial geodésico e um relógio atômico interno, marcando o tempo. Na terra está localizado um receptor GPS que recebe as informações de no mínimo quatro satélites diferentes, para calcular sua posição no globo terrestre. A onda portadora ou o sinal eletromagnético transmitido pelos satélites recebe esse nome, pois a onda é modulada imediatamente antes de ser transmitida pelo espaço, modificando o sinal eletromagnético para que este transporte as informações necessárias de posição e tempo do satélite no momento da emissão do mesmo.

De acordo com Zanotta (2011, p. 3), os satélites calculam a distância linear a partir da subtração dos tempos medidos pelo relógio interno dos receptores e os valores de tempo registrado pelos relógios internos de cada satélite ao enviar a onda portadora.

Sabendo que as ondas viajam na velocidade da luz (aproximadamente c) e o receptor registrou uma diferença de um centésimo de segundo ($1 \cdot 10^{-2} \text{ s}$) entre o valor do seu relógio e o relógio do satélite, significa que a onda eletromagnética demorou esse tempo para se deslocar até a antena do receptor. Aplicando-se a equação $\Delta S = Vm \cdot \Delta t$, conclui-se que a distância entre o satélite e o receptor no momento da emissão da onda era de $3 \cdot 10^6 \text{ m}$ ou 3.000 km. (ZANOTTA, 2011 p. 3).



Refleta

Pense bem... Seria possível definir uma Reserva Legal, numa mineradora, sem o uso do Sistema GPS e do receptor? Como haveria um controle total de todas as áreas rurais brasileiras se não houvesse um Cadastro Nacional de Imóveis Rurais Georreferenciados? Como seria possível locar uma área de exploração minerária sem localizar suas coordenadas no globo?

Para que serve o aparelho **GPS**? Como este é utilizado?

De acordo com Silva (2009), o aparelho **GPS** é uma geotecnologia de uso crescente em estudos ambientais de diversas naturezas, envolvendo a Engenharia e a Geociência. É o instrumento, na

atualidade, mais eficiente para a coleta de informações especializadas pontuais, lineares e poligonais. O GPS permite que o usuário em terra, mar e ar determine suas posições tridimensionais (latitude, longitude e altitude), velocidade e hora. Existem diversos modelos e fabricantes de receptores no mercado, desde os portáteis de bolso até os sofisticados computadores de bordo para aviões e navios, incluindo GPS para levantamento geodésico topográfico (Figura 4.22).

Figura 4.22 | GPS Geodésico Topográfico.



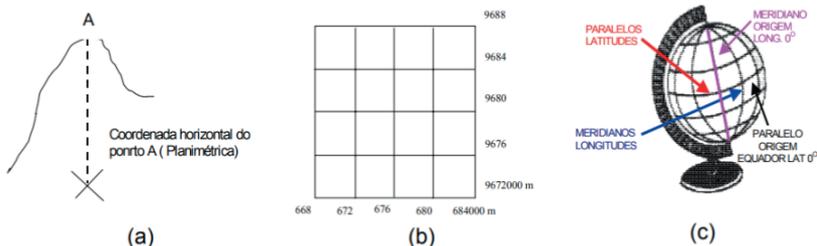
Fonte: <<https://pixabay.com/pt/receptor-gps-ci%C3%Aancia-instrumento-1054713>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

Os receptores são pequenos computadores, pois recebem e decodificam os sinais dos satélites, obtendo vários dados: sistema de medidas, sistema de referência, sistema de coordenadas e armazenamento de dados. E troca de dados com outro receptor e/ou computador. Alguns possuem até mapas salvos em sua memória.

Princípio básico do posicionamento e técnicas de observação

O GPS fornece coordenadas (Figura 4.23) de pontos do terreno ou bem próximas a ele em vários sistemas, destacando as coordenadas geodésicas e UTM. Também fornece coordenadas planimétricas que são constituídas de um par de números ou caracteres alfanuméricos que descrevem a posição de um ponto no espaço, no caso cartográfico adota-se a latitude e a longitude na forma angular (coordenadas geodésicas) ou métrica (UTM) (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2003, p. 18).

Figura 4.23 | Exemplos de Sistema de coordenadas: (a) Coordenada altimétrica; (b) Longitude e Latitude na projeção UTM (Coordenadas UTM) e (c) Latitude e Longitude no Globo (são coordenadas geodésicas).

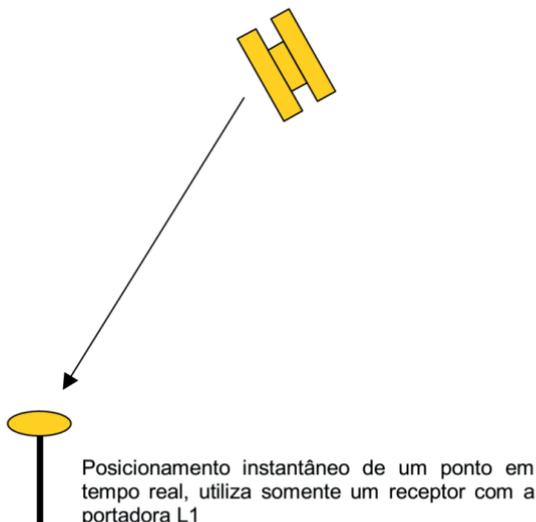


Fonte: Albuquerque & Santos (2003, p. 18).

Só é possível conseguir a determinação da latitude e longitude (coordenadas geodésicas) com precisão, através do posicionamento relativo, em especial com o DGPS. Existem diversos tipos de posicionamento, citam-se os três principais: Posicionamento por ponto; Posicionamento Relativo Estático e Posicionamento Relativo Cinemático (ALBUQUERQUE & SANTOS, 2003, p. 19):

- **Posicionamento por ponto** (Figura 4.24): utiliza um receptor GPS de uma frequência. Geralmente utilizado para navegação de baixa precisão e levantamentos expeditos.

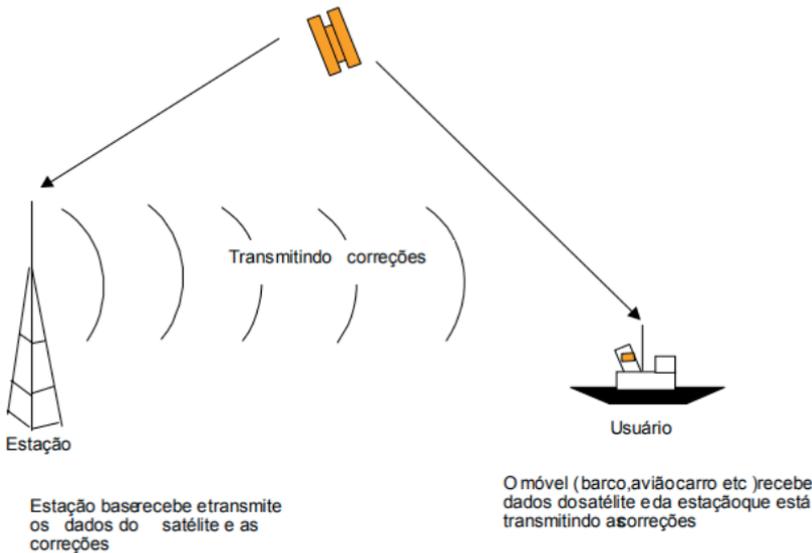
Figura 4.24 | Posicionamento por ponto.



Fonte: Albuquerque & Santos (2003 p. 20).

- **Posicionamento Relativo Estático:** Usam dois ou mais receptores fixos, ocupam simultaneamente as estações (base e móvel), observando os mesmos satélites para a determinação de uma de base maior que 20 km. As estações são ocupadas por uma hora ou mais, o que confere ao método grande precisão.
- **Posicionamento Cinemático** (Figura 4.25): Usam-se no mínimo dois receptores, um fixo (base) e outros móveis que permitem a determinação da posição do ponto de interesse. A gravação dos dados pode ser feita pela estação base e móvel respectivamente.

Figura 4.25 | Posicionamento cinemático em tempo real.



Fonte: Albuquerque & Santos (2003, p. 22).

Segundo Timbó (2000, p 13), as técnicas de observação serão abordadas, segundo os aspectos clássicos, separadamente, para facilitar o entendimento:

- **Técnica de observação dos códigos enviados e recebidos:** utilizada para aplicações de navegação em tempo real, os satélites e os receptores são programados para gerarem sinais de códigos no mesmo instante do tempo GPST ("Constitui uma escala estável e foi sincronizada com o UTC (Tempo Universal Coordenado) às 00:00:00 do dia 06/01/1980 (Domingo)"

(TIMBÓ, 2000, p. 11)). Como a distância dos satélites é maior que 2000 km, o sinal emitido chega com atraso ao receptor que correlaciona o código recebido com a réplica do código gerado pelo seu oscilador e determina o atraso. A posição dos satélites é calculada baseando-se nos dados das órbitas transmitidos e das distâncias do satélite ao receptor. Conforme fórmula abaixo:

$$Drs - \varepsilon_r = [(Xs - Xr)^2 + (Ys - Yr)^2 + (Zs - Zr)^2]^{1/2}$$

Em que:

- Xs, Ys, Zs são coordenadas do satélite;
 - Xr, Yr, Zr são coordenadas do receptor;
 - ε_r é o erro do relógio do receptor.
- **Técnica da observação das fases das portadoras:** Os receptores nesta técnica são capazes de contar a quantidade de ondas recebidas a partir do início da observação, porém não conseguem medir o número inteiro de ondas completas no início da observação. Neste caso, a distância é medida contando o total de ciclos da onda portadora, multiplicado pelo comprimento nominal da onda. Conforme fórmula abaixo:

$$Drs = (N + \Delta\Phi rs) \cdot \lambda + \varepsilon_r$$

Em que:

- N é número inteiro de ciclos da onda.
- $\Delta\Phi rs$ é a fase.
- ε_r é o erro do relógio do receptor.
- λ é o comprimento de onda.

As duas técnicas acima foram abordadas separadamente para melhor compreensão didática e para focar os diferentes princípios envolvidos, porém atualmente é comum que as duas técnicas sejam usadas concomitantemente. As mesmas envolvem aparelhagem eletrônica muito avançada e algoritmos muito sofisticados. Atualmente, há no mercado inúmeros receptores de valores diferenciados que utilizam processamento de todos os recursos e sinais possíveis (TIMBÓ, 2000, p. 14).

Fatores que alteram a precisão do GPS

De acordo com Timbó (2000, p. 24) e Tolentino (2003, p. 85), por ser o GPS um sistema que recebe sinais de fora da atmosfera terrestre, o mesmo está sujeito a sofrer interferências de vários elementos e fatores, alguns descritos abaixo:

- **Disposição geométrica da constelação (DOP – Dilution of precision):** A forma como os satélites estão dispostos no espaço no instante da observação influencia diretamente a precisão GPS. A geometria dos satélites torna-se importante principalmente ao usar o receptor GPS próximo a edifícios, montanhas, vales, cânions ou florestas.
- **Técnica utilizada e sinal observado na medição (Código/Fase/Estática/Cinemática):** geralmente a fase possui melhor precisão e as aplicações estáticas geram resultados melhores. Então, se deve escolher bem a técnica e o sinal de acordo com o objetivo do uso.
- **Modelagem ou eliminação dos efeitos atmosféricos:** A precisão relativa sofre um retardo no sinal devido aos efeitos causados pela ionosfera, quanto mais afastada a estação base estiver, maior será o efeito sofrido na estação móvel.
- **Ionosfera:** Possui elementos livres que causam obstrução de sinal. É a região da atmosfera entre 100 e 1000 km acima da superfície da Terra.
- **Troposfera:** Possui componentes secos e úmidos que atrasam a transmissão de sinal. É a região gasosa da atmosfera que se inicia na superfície terrestre e alcança até 40 km de altura, possui vapores de água seca e úmida.
- **Ângulo de elevação do satélite:** Quanto mais elevado o ângulo do satélite, melhor o resultado da transmissão. Este deve ser sempre maior do que 15 graus.
- **Rotação da Terra:** o movimento de rotação da Terra não é regular, sofre variações de longo e curto período que devem ser consideradas.
- **Erro do relógio do satélite:** "diferença entre o tempo do satélite e o tempo do sistema GPS" (TOLENTINO, 2003, p. 85).
- **Erro do relógio do receptor:** "diferença entre o tempo recebido e o tempo do sistema GPS" (TOLENTINO, 2003, p. 85).

- **A leitura da altitude de um ponto:** quanto mais próximo do nível do mar, maior será a variação do erro, pois o sinal terá que ultrapassar a troposfera e a ionosfera em suas diversas camadas, podendo ser afetado ou refratado. Quanto mais alto for o local da posição do GPS, menor será a variação do erro, pois atravessarão menos camadas da atmosfera.



Pesquise mais

Para saber mais, assista ao vídeo "Porque existe erro no sistema GPS?".

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=v4kZnTcK5Gs>>.

Acesso em: 18 dez. 2017. Nele você encontrará informações mais detalhadas. Não deixe de ver!

Aplicações do sistema GPS e programas de pós-processamento

Conforme Tolentino (2003, p. 90), o sistema GPS pode ser utilizado por diversos profissionais e usuários comuns, e pode, também, ser usado na navegação aeronáutica, na navegação náutica, na navegação terrestre no campo (caminhadas e veículos 4x4), na navegação terrestre urbana de veículos, com a função de orientar o deslocamento em grandes cidades, na agrimensura para demarcação de terrenos, nas máquinas usadas na agricultura, para orientação de guarda florestal, em trabalhos de prospecção e exploração de recursos naturais, na orientação de geólogos, geógrafos, arqueólogos e bombeiros, como auxílio para resgates e buscas, orientando helicópteros e ambulâncias, e para o lazer de caminhantes, ciclistas, balonistas, pescadores, ecoturistas e viajantes em geral.

Qualquer um dos usuários acima de receptor GPS poderá acoplar o aparelho a um microcomputador ou notebook e, através de um editor, inserir, modificar ou excluir as coordenadas de pontos geradas no receptor. O software editor tem que ser específico para essa finalidade, os mais utilizados são:

- **TrackMaker:** O programa foi feito para usuários que utilizam o GPS profissionalmente, ou seja, necessitam de cálculo de área, transferência de dados para o Excel®, exportação para o AutoCad® e ArcView®, e outras funções avançadas. O software é pago e está disponível para compra e download no *site*: <<http://www.trackmaker.com/main/pt>>. Acesso em:

10 dez. 2017.

- **MapSource:** É um dos programas da GARMIN que permite criar, visualizar e editar waypoints, rotas e trilhas no seu computador e transferi-los para seus dispositivos GPS (e vice-versa). O software está disponível no *site*: <http://www8.garmin.com/support/download_details.jsp?id=209>, em inglês e grátis. Acesso em: 10 dez. 2017.
- **BaseCamp:** É um dos programas da GARMIN que permite criar, visualizar e editar waypoints, rotas e trilhas, desenhar trajetos, importar e desenhar mapas em 2D e 3D, etc., no seu computador e transferi-los para seus dispositivos GPS (e vice-versa). O software está disponível no *site*: <<https://www.garmin.com/pt-BR/shop/downloads/basecamp>>, em português e grátis. Acesso em: 10 dez. 2017.

Esses programas permitem ao usuário, inclusive, o uso de mapas para a localização dos pontos durante a transferência das coordenadas do aparelho para o computador (TOLENTINO, 2003, p. 91)



Pesquise mais

Para saber mais, leia o texto "GPS (Global Position System) – Sistema de Posicionamento Global".

TOLENTINO, R. J. V. GPS (Global Position System) - Sistema de Posicionamento Global. **Revista Pretexto**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 77-100, jul. 2003. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/pretexto/article/download/395/391>>. Acessado em 10 dez. 2017.

Nele você encontrará informações mais detalhadas. Não deixe de ler!

A cada avanço tecnológico, torna-se cada vez mais amplo o leque de aplicações do GPS, transformando-o num sistema imprescindível para o dia a dia, pois até as ferramentas de busca na internet do celular (Figura 4.26), solicitam a localização para maior precisão no fornecimento da informação.

Figura 4.26 | Uso do GPS pelo Celular.



Fonte: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/female-driver-sitting-car-holding-black-222893365?irgwc=1&utm_medium=Affiliate&utm_campaign=Hans%20Braxmeier%20und%20Simon%20Steinberger%20GbR&utm_source=44814&utm_term=>. Acesso em: 10 dez. 2017.



Exemplificando

Suponhamos que você seja contratado para fazer a atualização do Cadastro Rural de algumas fazendas na cidade de Piracicaba/SP (Figura 4.27), sabendo-se que já existe cadastro rural na região. Será necessário atualizar a localização de cada propriedade? Fará uso do receptor GPS? Nesse terreno, qual tipo de obstrução o sinal de GPS poderá sofrer?

Figura 4.27 | Zona Rural de Piracicaba/SP



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/89/Fazendas_em_Piracicaba_SP.jpg>. Acesso em: 10 dez. 2017.

Solução:

- Será necessário atualizar a localização de cada propriedade? Sim, porém, é necessário obter as informações no INCRA, verificar os dados de localização e atualizá-los.
- Fará uso do receptor GPS?

Sim, o GPS é uma importante ferramenta de localização nesse processo.

- Nesse terreno, qual tipo de obstáculo poderá obstruir o sinal GPS?

A obstrução, nesse caso, virá da atmosfera, como a formação de umidade, nuvens e chuvas.

Sem medo de errar

Retomando a situação disposta na seção anterior, suponhamos que você, engenheiro, seja contratado para atualizar o levantamento topográfico de uma fazenda numa área rural próxima, no qual deverão ser locados dois açudes próximos ao córrego perene mais volumoso, um haras e um seleiro na média vertente, e a casa principal e o escritório do haras na alta vertente, não esquecendo as vias de acesso internas da fazenda. Para que essa obra seja aprovada, os órgãos ambientais sugerem que 10% da área sejam direcionados para uso de reserva legal. Ao fazer a locação das obras, acessos e da reserva, você terá como ferramenta de auxílio o GPS e, com o auxílio de mapas da região e de informações fornecidas pelo cadastro do imóvel rural, poderá comparar os dados das imagens de satélite, verificando informações como acesso externo até a área, principais recursos hídricos e cidades mais próximas. Você usará o sistema GPS como principal ferramenta para locação e fechamento de terreno? Quais são as informações obtidas ao usar esse aparelho? Se estiver nublado poderá sofrer interferência de sinal? Quais outras aplicações você terá com o receptor GPS em campo? Quais programas deverão ser utilizados no pós-processamento dos dados?

Resolução:

- Você usará o sistema GPS como principal ferramenta para locação e fechamento de terreno?

Sim, para uma rápida execução da tarefa, o receptor de sinal GPS será a principal ferramenta para locação e fechamento do terreno.

- Quais são as informações obtidas ao usar esse aparelho?

Ao usar o aparelho, você obtém as coordenadas em graus decimais (latitude e longitude), bem como a altitude de um determinado ponto e as coordenadas planas – UTM, conforme a configuração desejada.

- Se estiver nublado poderá sofrer interferência de sinal?

Sim, qualquer alteração na umidade da atmosfera pode causar obstrução do sinal GPS.

- Quais outras aplicações você terá com o GPS em campo?

Posso elaborar uma trilha caso saia das estradas rurais, posso fazer uma rota após a locação dos pontos e, principalmente, me localizar em caso de emergência no mapa da região.

- Quais programas deverão ser utilizados no pós-processamento dos dados?

Podem ser utilizados os softwares *TrackMaker*, *MapSource* ou *BaseCamp*.

Avançando na prática

Levantamento de loteamento para criação de condomínio na cidade de Ourinhos/SP

Descrição da situação-problema

Suponhamos que você, engenheiro, seja contratado para projetar e locar uma grande obra de um condomínio fechado de casas, em um loteamento novo. A área é pouco alterada, urbana ainda, porém próxima à área rural (Figura 4.28), sendo necessário estar de acordo com as leis ambientais e municipais, por exemplo, criar uma área de preservação ambiental, executar abertura de acessos com pouco impacto e sabendo que os terrenos devem possuir no mínimo 3500 m². Será necessário fazer o levantamento da área em campo com receptor GPS rural. Quais informações poderão ser obtidas através do receptor de GPS? O sinal de GPS poderá sofrer interferência? Poderei utilizar os dados para cadastramento urbano?

Figura 4.28 | Zona Rural de Ourinhos/SP



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Ourinhos#/media/File:Rio_Paranapanema_e_zona_rural_de_Ourinhos_SP.jpg>. Acesso em: 10 dez. 2017

Resolução da situação-problema

- **Será necessário fazer o levantamento da área em campo com receptor GPS?**

Sim, para atualização e locação de vias de acesso e das áreas, será necessário fazer o levantamento em campo com o GPS.

- **Quais informações poderão ser obtidas através do receptor de GPS?**

O receptor fornecerá os dados de localização do ponto, as coordenadas geográficas, latitude e longitude e altitude local.

- **O sinal de GPS poderá sofrer interferência?**

Sim, poderá sofrer interferência caso os satélites não estejam geometricamente posicionados e das condições atmosféricas, umidade, nuvens e chuvas.

- **Poderei utilizar os dados para cadastramento urbano e rural?**

Sim, os dados obtidos através do receptor GPS preencherão uma parte importante no cadastramento urbano e rural, os dados de localização do imóvel.

Faça valer a pena

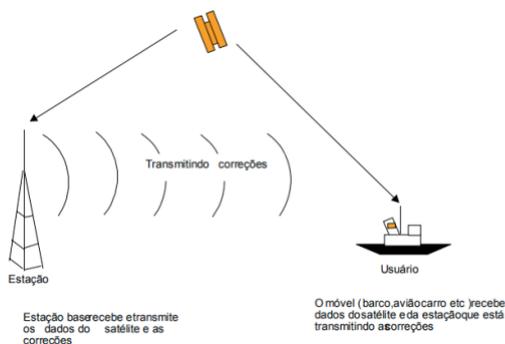
1. De acordo com Timbó (2000, p. 2), o Sistema de Posicionamento Global – GPS/ NAVSTAR (Navigation Satellite Time And Ranging) surgiu para substituir o sistema NNNS/TRANSIT, que possuía diversas limitações operacionais. O sistema GPS pode fornecer a localização em tempo real em qualquer lugar do mundo, instantaneamente, através de, no mínimo, quatro satélites localizados acima do horizonte do observador. O GPS mede a distância de pontos com coordenadas conhecidos e pontos na terra, no mar e no ar que estejam por determinar.

O sistema GPS se divide em três segmentos. O segmento que possui uma constelação de satélites é:

- a) Segmento Controle.
- b) Segmento Espacial.
- c) Segmento Usuário
- d) Segmento Global.
- e) Segmento Regional.

2. O GPS fornece coordenadas de pontos do terreno ou bem próximas a ele em vários sistemas, destacando as coordenadas geodésicas e UTM. Só é possível conseguir a determinação da latitude e longitude com precisão, através do posicionamento relativo, em especial com o DGPS. Existem diversos tipos de posicionamento.

De acordo com a figura abaixo, identifique o tipo de posicionamento utilizado.



Fonte: Albuquerque & Santos (2003 p. 22).

- a) Posicionamento relativo.
- b) Posicionamento por ponto.
- c) Posicionamento cinemático.
- d) Posicionamento semicinemático.
- e) Posicionamento estático.

3. Segundo Timbó (2000, p. 14), a técnica de observação dos códigos enviados e recebidos é utilizada para aplicações de navegação em tempo real, os satélites e os receptores são programados para gerarem sinais de códigos no mesmo instante do tempo GPST. Como a distância dos satélites é maior que 2000 km, o sinal emitido chega com atraso ao receptor que correlaciona o código recebido com a réplica do código gerado pelo seu oscilador e determina o atraso.

A posição dos satélites é calculada baseada nos dados das órbitas transmitidos e das distâncias do satélite ao receptor. Qual das fórmulas abaixo é utilizada na técnica de observação dos códigos enviados e recebidos?

a) $Drs - \varepsilon_r = [(Xs - Xr)^2 + (Xs - Xr)^2]^{1/2}$

b) $Drs = (N + \Delta\Phi rs) \cdot \lambda + \varepsilon_r$

c) $Drs - \varepsilon_r = [(Xs - Xr)^2 + (Ys - Yr)^2]^{1/2}$

d) $Drs = (N + \Delta\Phi rs)$

e) $Drs - \varepsilon_r = [(Xs - Xr)^2 + (Ys - Yr)^2 + (Xs - Xr)^2]^{1/2}$

Referências

- AGUIRRE, A. J.; MELLO FILHO, J. A. de. **Introdução à Cartografia**. Santa Maria: UFSM / CCR / Departamento de Engenharia Rural, 2009.
- ALBUQUERQUE, P. C. G; SANTOS, C. C. dos. GPS para iniciantes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 11., 2003. **Resumos...** Belo Horizonte, 5-9 abr. 2003. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/06.02.09.16/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 6 dez. 2017.
- ANDERSON, P. S. **Princípios de Cartografia Básica**. [s.l.]: DSG - Diretoria de Serviço Geográfico e FIBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1982.
- ASSIS, I. do C. **Aplicação de fotogrametria terrestre digital na amostragem de mina subterrânea [manuscrito]**: exame comparativo com técnicas tradicionais. Monografia (especialização em Geoprocessamento) - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2011. f. 27. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/IsabelladoCarmoAssis.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- CÂMARA, G. C. et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. INPE, 2015. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd>>. Acesso em: 6 dez. 2017.
- CÂMARA, G. ORTIZ, M. J. **Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais**: uma visão geral. Divisão de Processamento de Imagens - DPI - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2005.
- CÂMARA, G. Representação computacional de dados geográficos. In: CASANOVA, M. A. et al. **Banco de dados geográficos**. Curitiba: Mundogeo, 2005.
- CARVALHO, E. A. de; ARAÚJO, P. C. de. **Leituras cartográficas e interpretações estatísticas II**. Natal: EDUFRN, 2009. 12 v.
- COUTO, R. A. S. **O uso de ferramentas de geoprocessamento para o gerenciamento de bens patrimoniais e prediais**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)- Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.
- BRASIL. **Decreto de lei nº 243, de 28 de fevereiro de 1967**. Diretrizes e Bases da Cartografia Brasileira e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del0243.htm>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- FERNANDES, M. G. **Cartografia**: programa, conteúdos e métodos de ensino. Departamento de Geografia da Faculdade de Letras da Universidade do Porto. 2008. Disponível em: <<http://ler.letras.up.pt/uploads/ficheiros/5901.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2017.
- FRANCISCON, L. **Sistema de informações geográficas aplicado à gestão territorial da fazenda experimental da EMBRAPA florestas em Colombo/PR**. Monografia (Pós-Graduação em Geoprocessamento)-Universidade Federal do Paraná, 2012. Disponível em: <<https://dspace.c3sl.ufpr.br/bitstream/handle/1884/39093/R%20-%20E%20-%20LUZIANE%20FRANCISCON.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

GOMES, T. S. **Fundamentos de GPS: Conceitos, Operação e Configuração**. Brasília/DF. 2010. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/user_arquivos_383/Apostila%20de%20GPS%20-%20Curso%20Sig@livre%20Sist%C3%AAmico.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Carta topográfica de Ervália/MG**. Minas Gerais: IBGE/Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia/ Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais.1979a. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-X-B-V-4.jpg>>. Acesso em: 15 nov. 2017

_____. **Carta topográfica de Mairiporã/SP**. Minas Gerais: IBGE/Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia/Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais.1979b. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/mapas/GEBIS%20-%20RJ/SF-23-Y-C-III-2.jpg>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

_____. **Manual de Noções de Cartografia** – Representação. 2016. [on-line]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/manual_nocoos/representacao.html>. Acesso em: 15 nov. 2017.

INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC ASSOCIATION. A Strategic Plan for the International Cartographic Association - 2003-2011. As adopted by the ICA General Assembly, 2003-08-16, I.C.A. 2003.

LISBOA FILHO, J. **Introdução a SIG - Sistemas de Informações Geográficas**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS. Disponível em: <<http://www.dpi.ufr.br/~jugurta/papers/ti.pdf>>. Acessado em 27 nov. 2017.

MALTA, F. J. N. C.; VIEIRA, I. M. **Sensoriamento Remoto na formação do arquiteto e urbanista: novos problemas, novos caminhos**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. 4ª jornada de Educação em Sensoriamento Remoto no Âmbito Mercosul – 11 a 13 de agosto de 2004 – São Leopoldo, RS.

MENESES & ALMEIDA (org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. ed. Brasília: UnB/CNPq, 2012.

SANTOS, A. R. dos. **Apostila de elementos da cartografia**. Centro de Ciências Agrárias – CCA. Departamento de Engenharia Rural. Alegre/ Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo/ UFES, 2013.

SILVA, J. X. da. **O que é Geoprocessamento?** Coordenador do Laboratório de Geoprocessamento (LAGEOP) da UFRJ. Revista do Crea-RJ – outubro/novembro de 2009.

SILVA, M. S. **Sistemas de Informações Geográficas: elementos para o desenvolvimento de bibliotecas digitais geográficas distribuídas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Faculdade de Filosofia e Ciências – Universidade Estadual Paulista, Campus de Marília, 2006. Disponível em: <https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/CienciadaInformacao/Dissertacoes/santos_ms_me_mar.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.

TIMBÓ, M. A. **Levantamento através do sistema GPS**. Departamento de Cartografia.

Editora: UFMG. Belo Horizonte/MG. 2000. Disponível em: <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/Lev_gps.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2017.

TOLENTINO, R. J. V. GPS (Global Position System) – Sistema de Posicionamento Global. **Revista Pretexto**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p. 77-100, jul. 2003. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/pretexto/article/download/395/391>>. Acessado em 10 dez. 2017.

ZANOTTA, D. C.; CAPPELLETTO, E.; MATSUOKA, M. T. O GPS: unindo ciência e tecnologia em aulas de física. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 1-6, jun. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000200014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 6 dez. 2017.

ISBN 978-85-522-0731-3



9 788552 207313 >