

TOPOGRAFIA APLICADA NA EXECUÇÃO DA TERRAPLENAGEM DE UM PROJETO VIÁRIO

Autores do original:

Adriana Pires Pereira; Reginaldo Adair Justino; Ricardo de Moura Costa

Orientação:

Prof. Fernando César Zanette

Adaptação:

Iran Carlos Stalliviere Corrêa. Diretor do Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe. Departamento de Geodésia - Instituto de Geociências-UFRGS, Porto Alegre-Brasil. <http://www.ufrgs.br/museudetopografia/> - iran.correa@ufrgs.br

Introdução

Desde o início da civilização, observa-se que o homem tem a necessidade de demarcar sua posição e seu domínio, mesmo sem saber, ele já utilizava a topografia e a cartografia, ciências que tratam do estudo da representação e posição detalhada de uma porção da superfície terrestre (Fig. 1).



Figura 1. Mapa Urbano de Nippur (1.300 a.C.)

Estudos relatam que a topografia teve seu início no antigo Egito às margens do rio Nilo, onde os egípcios desenvolveram métodos e equipamentos que permitiram a demarcação e remarcação de suas terras e os limites de suas cidades que eram constantemente destruídos pelas inundações do rio Nilo.

Aproximadamente 2.600 a.C, os egípcios já utilizavam, como ferramenta, uma corda para medir as distâncias e um fio de prumo, sendo este na verdade, um cordel com um peso preso em uma de suas extremidades, que era utilizado para se obter um alinhamento vertical, dando a possibilidade de se construir estruturas mais altas e com uma maior estabilidade (Fig.2).

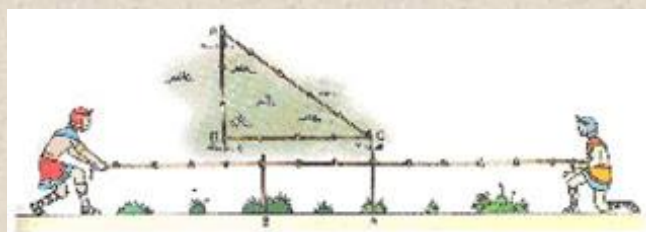


Figura 2. Esticadores de corda

À medida que o homem descobria novos métodos de levantamentos, padronização de medidas e de elaboração de mapas, outros equipamentos foram sendo criados para aperfeiçoar a metodologia.

A Groma Egípcia (Figs.3 e 4), o Gnomom (Fig.5), a Dioptra (Fig.6), o Quadrante (Fig.7) e o Astrolábio (Fig.8), sendo esse último considerado o antecessor do teodolito, foram exemplos dessa evolução.



Figura 3. Groma egípcia

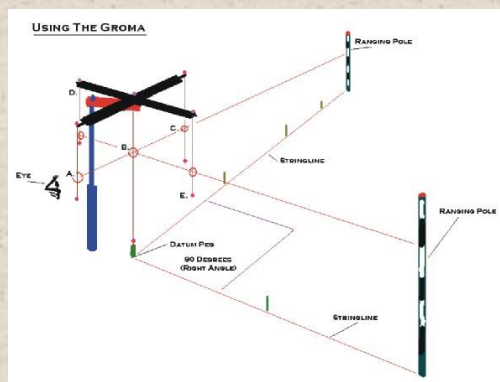


Figura 4. Uso da Groma

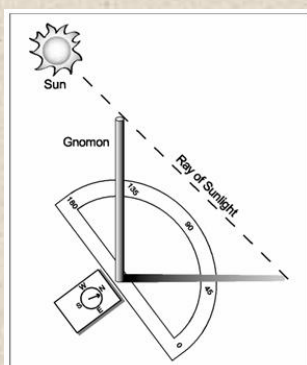


Figura 5. Gnomon

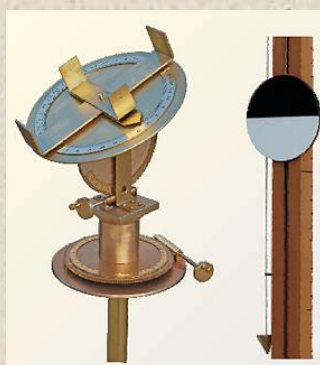


Figura 6. Dioptra



Figura 7. Quadrante

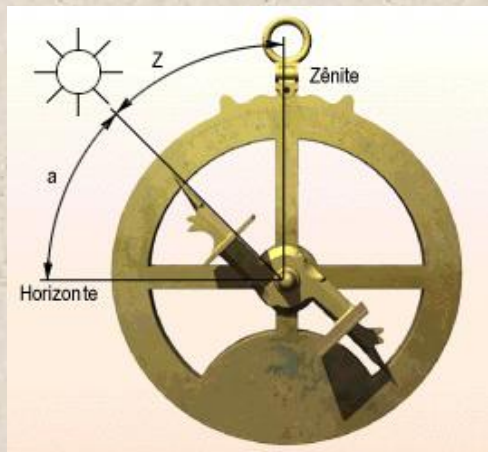


Figura 8. Astrolábio

Segundo dados arqueológicos, uma das primeiras aplicações de terraplenagem foram na construção das primeiras estradas, pelos romanos no ano de 312 a.C. (Fig.9). Estas estradas eram recobertas por grandes pedras de basalto e, apesar de não oferecerem conforto, essas estradas se mostraram muito resistentes e seus revestimentos podem ser encontrados em vias preservadas por mais de 2.000 anos após sua construção.



Figura 9. Estradas romanas pavimentadas

No Brasil, as estradas construídas no período do ciclo do ouro deram o início à grande malha viária existente nos dias de hoje. Na primeira estrada pavimentada, onde se usaram pedras como revestimento, conhecida como caminho do ouro, ligava Minas Gerais ao Rio de Janeiro. Esta era utilizada para levar o ouro retirado das minas gerais até o porto de Paraty, onde era embarcado para Portugal (Fig.10).

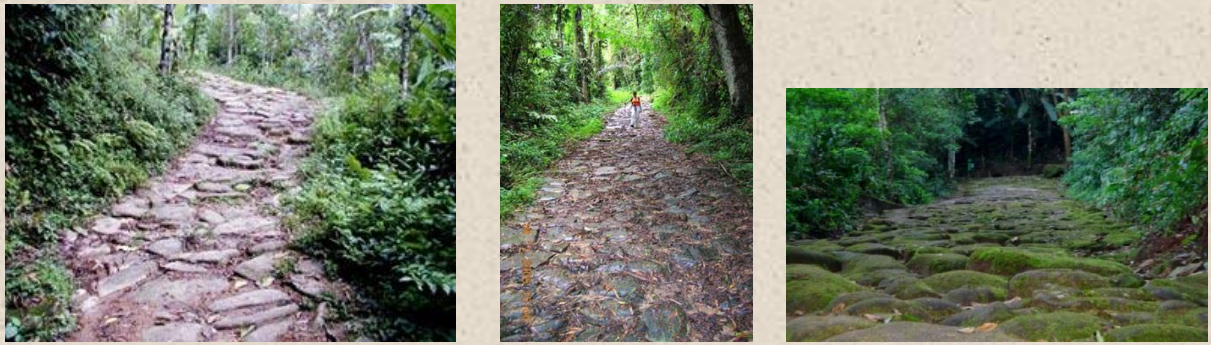


Figura 10. Estradas do Caminho do Ouro no Brasil

Ao longo dos anos, as pedras empregadas nos revestimentos foram dando lugares ao macadame, concreto e asfalto. Esses revestimentos que proporcionam maior segurança e conforto foram fundamentais para acompanhar o desenvolvimento dos veículos automotores que se tornavam cada vez mais velozes.

Hoje no Brasil, as rodovias são de vital importância para o deslocamento de pessoas e escoamento de produtos manufaturados e alimentícios, isso se dá devido ao pouco investimento aplicado nas estruturas ferroviárias e marítimas e essa continuará sendo a tendência, pois os investimentos nestes setores de transporte ainda são pequenos. Daí a importância de estudo que contribua para a compreensão das atividades de execução da terraplenagem, com foco voltado para área de rodovias.

Para isso a topografia tem um importante papel na construção das mesmas, pois através de levantamentos dos terrenos e seus relevos, pode-se avaliar os melhores traçados reduzindo os custos com o volume de terra movimentado.

Assim sendo, a abordagem principal deste estudo é apresentar as etapas da execução da terraplenagem de um Projeto Rodoviário, os obstáculos e soluções que ocorrem nos levantamentos e marcações relacionados à topografia.

A falta de investimento em grandes obras no Brasil tem dificultado a expansão deste conhecimento e por consequência, a falta de mão-de-obra qualificada. Este estudo pretende contribuir para a compreensão das atividades de execução de um projeto, com ênfase em terraplenagem de rodovias.

Em um projeto rodoviário, são necessárias várias técnicas para a materialização em campo, desde os levantamentos em solo natural até a finalização da obra, incluindo nivelamento do terreno com marcações de corte e aterro, contenção de taludes, transposição de obstáculos através de túneis e viadutos, pavimentação, dentre outras. A topografia deve estar presente do primeiro ao último momento deste tipo de obra de engenharia (Fig.11).

Pretende-se ao longo deste trabalho, abordar de forma clara e objetiva a aplicação das técnicas de locação para a execução das etapas citadas acima, com textos e ilustrações para cada situação.



Figura 11. Levantamento topográfico

Materiais e Métodos

Materiais

As Estações Totais são os equipamentos mais utilizados para esse tipo de atividade devido à alta precisão angular e linear (Fig.12), porém para levantamentos deve-se observar os requisitos da norma 13133/2010 sobre classificação dos equipamentos.

Os softwares de processamento utilizados para esse trabalho podem ser o *Topograph*, *Datageosis*, o *Civil 3D*, entre outros. Será utilizado como exemplo o *Topograph* (Fig.13) para apresentação dos dados. Esses sistemas executam as tarefas de:

- Armazenar dados de campo;
- Processar cálculos;

- Apresentar dados e gráficos calculados;
- Emitir relatórios.



Figura12. Estação Total

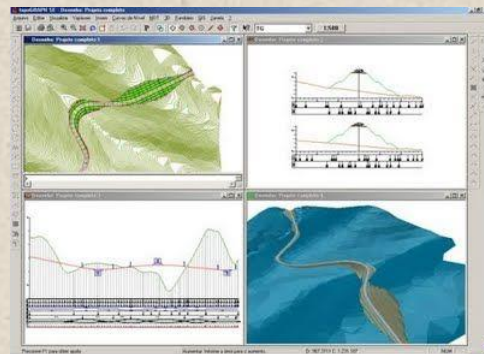


Figura 13. Topograph

Metodologia

Locação do Eixo

A implantação do projeto geométrico inicia-se com a locação do eixo a partir dos marcos de apoio. Esse eixo é definido, estaqueado e referenciado com coordenadas X, Y e Z no projeto e através destas coordenadas materializar-se-á o eixo de acordo com o estaqueamento de projeto, respeitando os trechos de tangente e em curvas.

Esta materialização é feita usando piquete e estaca de madeira. O piquete é cravado até o nível do terreno e a estaca é fixada ao lado do piquete servindo de testemunho, neste será identificado o número da estaca conforme mostra a figura 14.



Figura 14. Piquete e estaca. Fonte: Obra SUDECAP (2011).

• Trecho em Tangente

A locação é feita por estaqueamento (Fig.15). Uma estaca corresponde a vinte metros. Quando essa distância não for inteira, adicionamos a medida à estaca como mostra o exemplo abaixo:

20 metros = 1 estaca

30 metros = 1 estaca + 10 metros

55,30 metros = 2 estacas + 15,30 metros

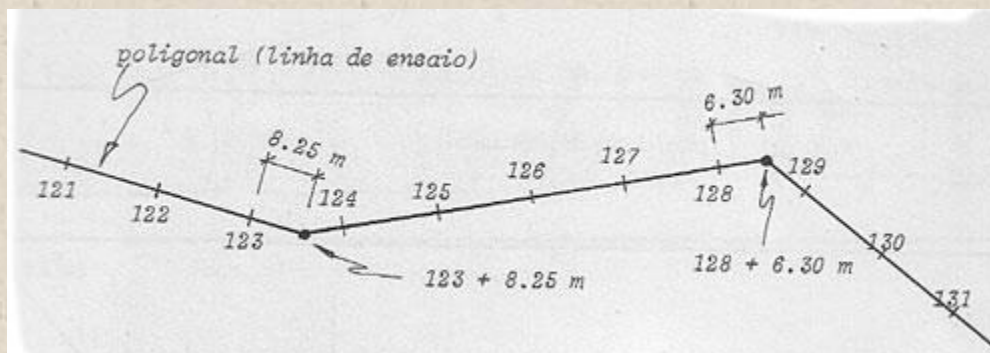


Figura 15. Estaqueamento do eixo da estrada

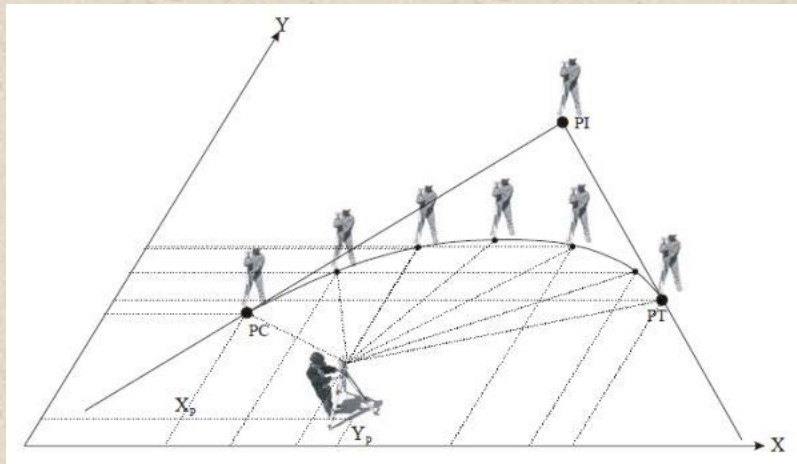
• Trecho em Curva

Para o trecho em curva, o estaqueamento é feito de acordo com o raio da curva, velocidade diretriz, distância de visibilidade, etc. Esses fatores podem alterar o estaqueamento mudando a distância entre uma e outra podendo ser de 5, 10 ou 20 metros.

A locação das curvas deve seguir os dados de projeto e ainda ter uma planilha de cálculo complementar para se implantar ponto a ponto o seu eixo. As curvas podem ser locadas por irradiação ou por deflexão.

A locação de uma curva por coordenadas geralmente é executada por equipamentos eletrônicos. Este deve ter uma visão abrangente da curva a locar, podendo estar posicionado em qualquer local, de forma a obter as coordenadas desta estação, através de visadas a três pontos coordenados no mínimo.

Normalmente é feita implantando-se piquetes no eixo da estrada, ponto a ponto, com a tomada da distância e ângulo de forma eletrônica, onde o operador orienta o auxiliar na implantação dos pontos, conforme a figura 16.



*Figura 16. Locação por coordenadas.
Fonte: Fundamentos da Topografia*

A locação de uma curva por deflexão é feita implantando-se piquetes no eixo da estrada, ponto a ponto, com o equipamento instalado no PC, conforme mostra a figura 17.

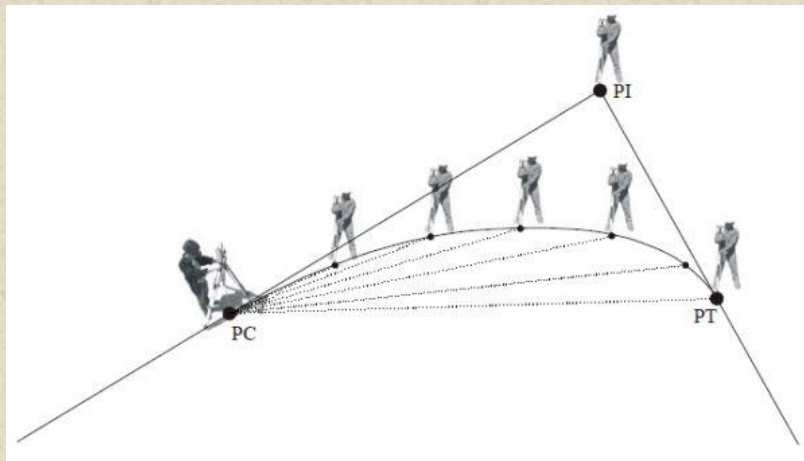


Figura 17. Locação por deflexão. Fonte: Fundamentos da Topografia

Nivelamento do eixo

O nivelamento é feito usando um dos marcos como referência, isto é, instala-se a estação total em um ponto estratégico, com o prisma apurado em um dos marcos, faz-se a leitura inicial e em seguida o prisma é emparelhado em cada piquete de cada estaca (Fig.18).

A partir desta leitura inicial é feito o cálculo para determinação da cota de cada piquete.



Figura 18. Nivelamento de estrada

Limpeza

Com o eixo já locado e nivelado tem-se a área a ser trabalhada, ou seja, limpa. Desta área será retirado todo material descartado (entulho, vegetação, lixo e outros rejeitos). Este material é denominado de bota fora, devendo ser transportado para um local previamente determinado para receber este tipo de rejeito.

A limpeza é medida em metros quadrados e a espessura desta limpeza varia de acordo com o tipo de vegetação, isto é feito para calcular o volume de material de bota fora para pagamento ao transporte já que o mesmo é pago em metro cúbico.

Terraplenagem

Após a limpeza, é iniciada a terraplenagem onde um greidista (profissional que dá as diretrizes para o operador de máquina) acompanha os cortes (gabaritando as rampas), e aterros conferindo as camadas, como mostra a figura 19.



Figura 19. Greidista.

Fonte: http://www.3becnst.com.br/goiana_diario23a05.htm

O gabarito de madeira pode ter os seus lados com tamanhos diferentes de acordo com a necessidade de cada rampa. Para o alinhamento, é necessário fixar um nível de mão na base do gabarito. Para o correto uso deste, deve-se fixar a ponta da base no piquete do "offset", abaixar ou levantar o gabarito até o mesmo alinhar ao nível de mão. Feito isso, teremos o alinhamento da hipotenusa à referência para o corte da rampa. Caso não seja possível fazer o alinhamento, significa que o corte será muito maior, neste caso é necessário realizar um corte aproximado e somente depois fazer o alinhamento.

Constrói-se um gabarito, em triângulo retângulo, com madeira, cujos catetos obedecem à mesma relação do ângulo do talude, ou seja, no caso mais comum, 3:2, ficando os respectivos catetos com as dimensões de 1,5 metros e 1,0 metros (Fig.20).

Aplica-se o triângulo com a hipotenusa sobre a superfície do talude e coloca-se um nível de bolha sobre o cateto superior. Quando a bolha estiver centrada, a hipotenusa deve se assentar perfeitamente sobre o talude.

Essas verificações necessitam ser feitas a cada 3 metros de escavação, altura alcançada, em média, pela lâmina da moto-niveladora, para executar as correções que se fizerem necessárias.

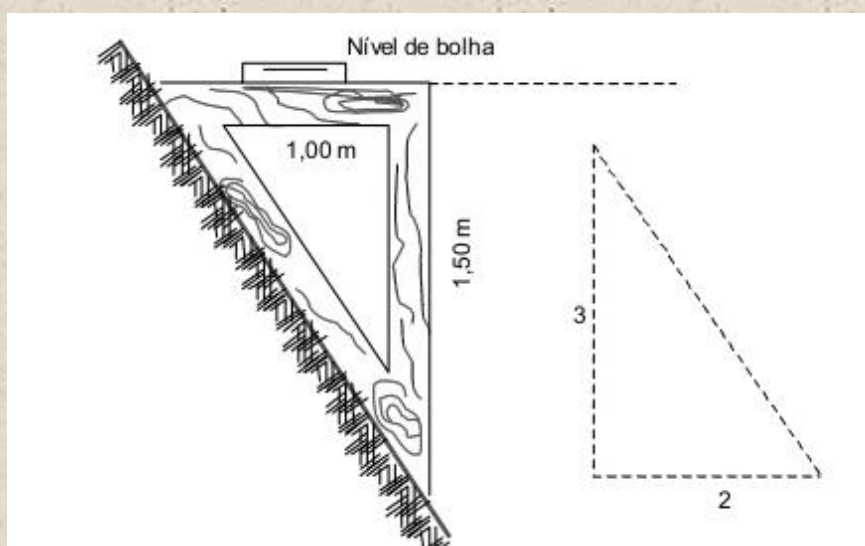


Figura 20. Gabarito de Madeira

Quando a rampa existente está próxima da inclinação adequada, é feito um corte, uma linha de referência que vai do piquete do "offset" até o pé do corte. Esta linha é uma referência para o patroleiro ou o

tratorista efetuar o corte. O Greidista é responsável por gabaritar e verificar os cortes em cada estaca de "offset".

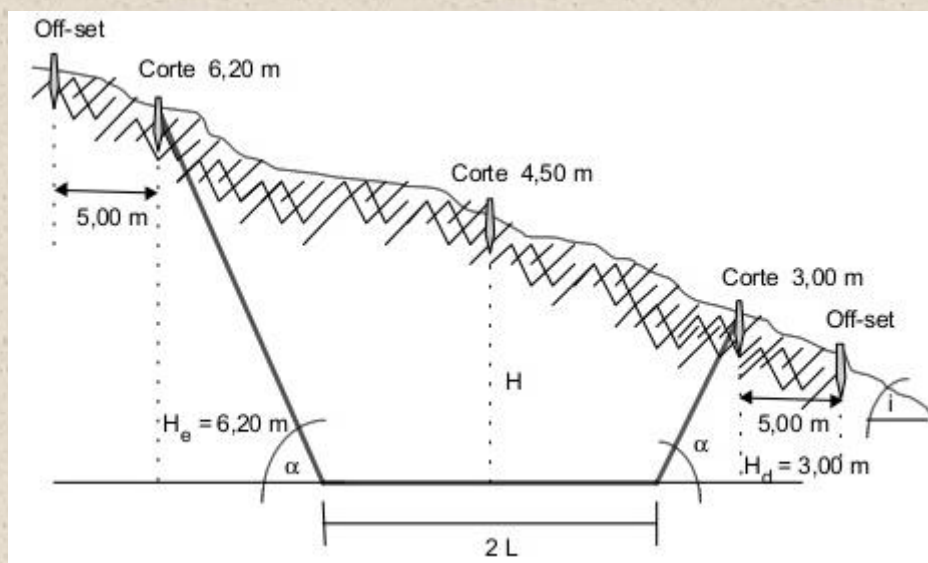


Figura 21. Marcação Topográfica dos Cortes

H : altura do corte no eixo – cota vermelha do projeto; $2L$: largura da plataforma; α : ângulo de talude de corte (do projeto); i : ângulo de inclinação do terreno natural, na seção.

Na realidade, as estacas dos "offset" não são colocadas na posição exata ficando as mesmas afastadas, para maior segurança, 5 metros de cada lado, já que as máquinas começam a escavação exatamente nesses pontos e os piquetes podem desaparecer na primeira passada dos equipamentos.

Nos pontos de "offset" são colocados piquetes com a indicação da altura de corte (H_e e H_d)(Fig.21). Através dessas marcações será feito o controle da altura de escavação pois a estaca do eixo, com a indicação da cota vermelha, desaparece logo no início dos trabalhos, não podendo ser restaurada, a não ser quando a profundidade de corte desejada seja atingida.

Assim, a escavação deve prosseguir até as imediações das alturas H_e e H_d quando os trabalhos serão paralisados. Faz-se nova locação do eixo, na plataforma inacabada do fundo do corte, a partir dos referidos pontos de "offset".

Para as rampas de aterro, usa-se um mesmo gabarito, mas com dimensões diferentes, tendo 1,5 metros de base, 1 metro de cateto oposto e hipotenusa de 1,80 metros.

Para a execução dos aterros a providência inicial é a marcação dos pontos de "offset" dos aterros (Fig.22).

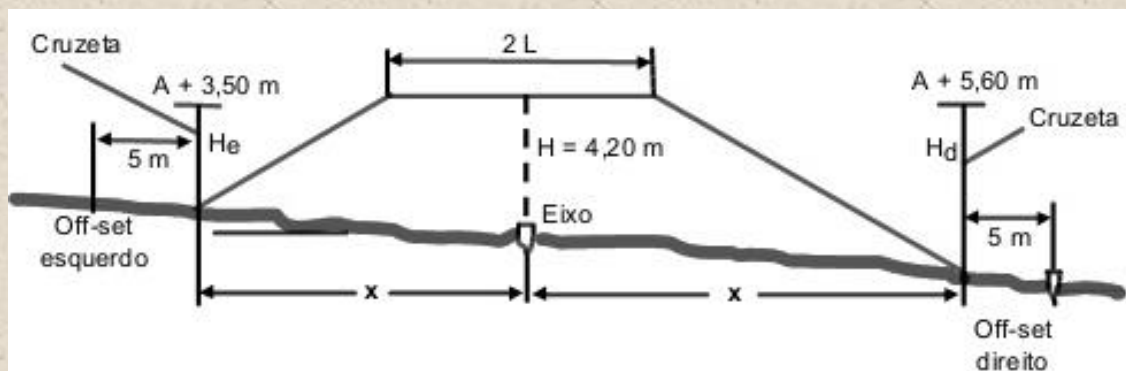


Figura 22. Marcação Topográfica dos Aterros

As estacas de "offset" também são colocadas, para maior segurança, a 5 metros do local exato. Nos pés do aterro são fixadas cruzetas de armação indicando as alturas da plataforma em relação aos pontos de "off-set"

Essas cruzetas servem para o controle de altura do aterro, o que não é possível através de estacas do eixo locado, logo recobertas de terra.

Na hipótese de aterros de grande altura, as cruzetas devem ser escalonadas até que se atinja a cota do greide definitivo da plataforma (Fig.22).

Executados todos os cortes e aterros escritos nos "offset" o eixo é novamente relocado para marcação de regularização do subleito.

Na regularização do subleito, são locados os bordos direito, esquerdo e definidas as cotas.

Por último são preparadas as camadas de pavimentação (sub-base, base e capa asfáltica).

Conclusão

Os projetos rodoviários representam eficientes ferramentas utilizadas na integração e no processo de custo e vida útil de uma rodovia. A diversificação de atividades envolvidas nos trabalhos rodoviários, seja na implantação em terrenos virgens ou melhorias e restaurações que garantem as condições de fluidez, segurança, conforto dos usuários e a durabilidade da própria rodovia, além de minimizar os custos totais da obra.

Visto que as fases e os procedimentos técnicos adotados na implantação têm sido atualizados e complementados com o uso de modernos equipamentos e programas computacionais que vêm nos auxiliar no desenrolar das inúmeras dificuldades encontradas, apresentamos de forma clara e objetiva os métodos para a execução da terraplenagem em um projeto viário.

Esta monografia tem como objetivo principal, somar e servir de instrumento de consulta diante da falta de material didático disponível à área de Agrimensura, pois é de costume tais conhecimentos serem repassados apenas na prática aos profissionais que pretendem seguir a carreira.

Bibliografia Consultada

Apostila Fundamentos da Topografia. 2011. CEFET-MG.

Borges, A. C. 1977. Topografia 1. Ed. Edgard Bluncher. São Paulo.

Borges, A. C. 2004. Topografia 2. Ed. Edgard Bluncher (Revista e ampliada). São Paulo.

BRASIL. Ministério da Defesa. Manual de Campanha Estradas – Exército Brasileiro.

Disponível em:

http://www.esao.ensino.eb.br/paginas/cursos/cav/downloads/C_2_30.pdf.

Acesso em: 04/07/2011.

Comastri, J. A. ; Tuler, J. C. 2003. Topografia – Altimetria. 3º Ed. Viçosa: UFV.

Corrêa, I. C. S. 2010. Topografia Aplicada à Engenharia Civil. UFRGS. Disponível em: www.ufrgs.br. Acesso em: 10/09/2011.

DER. Departamento de Estradas e Rodagens de Minas Gerais. www.der.mg.gov.br. Acesso em: 02/11/2011.

Fórum de Engenharia Civil. Sistema Topograph 98. Disponível em: <http://forum.ecivilnet.com/about5555.html>. Acesso em: 10/09/2011.

GOOGLE. Disponível em: www.google.com.br. Acesso em: 04/07/2011.

Ministério da Defesa. 2001. Manual de Campanha C 5-38-Estradas. Estado Maior do Exército. Rio de Janeiro. 130p.

Pontes Filho, G. 1998. Estradas de Rodagem: Projeto Geométrico. São Carlos.

SENAI. Disponível em: www.senai.com.br. Acesso em: 20/09/2011.