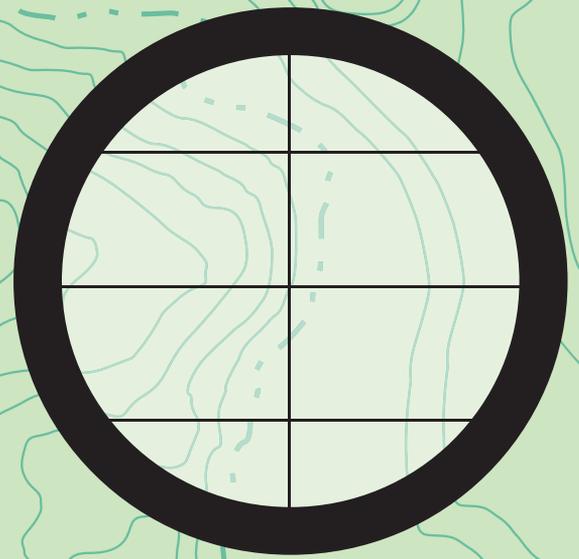


**ALBERTO DE  
CAMPOS BORGES**

# **TOPOGRAFIA**



**Aplicada à  
Engenharia  
Civil**

**Blucher**

**VOLUME 2**

# Topografia

**Blucher**

ALBERTO DE CAMPOS BORGES

Foi:

Professor Titular de Topografia e Fotometria da Universidade Mackenzie

Professor Titular de Construções Civas da Universidade Mackenzie

Professor Pleno de Topografia na Escola de Engenharia Mauá

Professor Pleno de Construção de Edifícios na Escola de Engenharia Mauá

Professor Titular de Topografia da Faculdade de Engenharia da

Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP)

# Topografia

## aplicada à Engenharia Civil

VOLUME 2

2ª edição

*Topografia* – vol. 2

© 1992 Alberto de Campos Borges

2ª edição – 2013

Editora Edgard Blücher Ltda.

---

# Blucher

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar

04531-012 – São Paulo – SP – Brasil

Tel 55 11 3078-5366

[contato@blucher.com.br](mailto:contato@blucher.com.br)

[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

Segundo Novo Acordo Ortográfico, conforme 5. ed.  
do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*,  
Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

É proibida a reprodução total ou parcial por quaisquer  
meios, sem autorização escrita da Editora.

---

Todos os direitos reservados pela Editora  
Edgard Blücher Ltda.

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

Borges, Alberto de Campos

Topografia aplicada à engenharia civil – v. 2 /  
Alberto de Campos Borges. – 2. ed. – São Paulo:  
Blucher, 2013.

### Bibliografia

ISBN 978-85-212-0766-5

1. Topografia 2. Engenharia civil I. Título

13-0549

CDD 526.98

---

### Índices para catálogo sistemático:

1. Topografia

## *Homenagem*

Este trabalho não seria viável sem as primeiras aulas que tive com o emérito e inesquecível professor Serafim Orlandi na Universidade Mackenzie.

Tive depois o privilégio de ser seu assistente, antes de assumir a disciplina após sua aposentadoria. O professor Orlandi sempre quis publicar este livro e certamente o teria feito muito melhor, se sua vida não tivesse terminado cedo. Creio que todos os seus milhares de ex-alunos se associam a esta homenagem.

O autor



# Apresentação

O volume 1 foi publicado em 1977 e nele já era anunciado um novo trabalho onde seriam tratadas as aplicações da topografia na Engenharia Civil. A complexidade dos assuntos abordados justificam, em parte, essa demora.

Pode ser verificado, na sequência dos diversos capítulos, que de fato a Topografia está inserida em todas as atividades da Engenharia Civil. Desde a obtenção de plantas com curvas de nível, indispensáveis para a elaboração de qualquer projeto, até a locação destes projetos. Quando aparece a necessidade de executar um trabalho de terraplenagem, é indispensável que, antes de qualquer máquina começar a operar, se faça um levantamento planialtimétrico para se conhecer o modelo original do terreno; em seguida deverá ser feito um planejamento do que se precisa executar, calculando-se com relativa precisão os volumes de corte e aterro necessários. Esse planejamento, desde que racionalmente feito, resultará em economia, pela diminuição de horas trabalhadas pelas máquinas, e num correto pagamento pelo trabalho.

Mas é no projeto, locação e execução de estradas que a aplicação da Topografia atua de forma mais intensa. Essas aplicações estão abordadas desde o capítulo 9 até o capítulo 17. Não foi encontrada uma publicação em português que trate dessas aplicações da Topografia. Mesmo entre obras internacionais são poucos os livros sobre esses temas.

Os trabalhos de arruamentos e loteamentos necessitam de grande ajuda da Topografia, quer no levantamento da gleba, seguindo no projeto e finalmente para locação do projeto.



# Conteúdo

- 1** Medidas indiretas de distâncias 11
- 2** Teste de distanciômetro eletrônico – levantamento de um quadrilátero 18
- 3** Divisão de propriedades – partilhas 27
- 4** Efeito C & R – curvatura e refração 31
- 5** Convergência dos meridianos 36
- 6** Curvas de nível – formas – métodos de obtenção 39
- 7** Terraplenagem para plataformas 66
- 8** Medição de vazões 89
- 9** Curvas horizontais de concordância 100
- 10** Curvas verticais de concordância 116
- 11** Superelevação 126
- 12** Superlargura nas curvas 129

- 13** Espiral de transição – clotoide 132
- 14** Locação dos taludes 142
- 15** Cálculo de volumes – correções prismoidal e de volumes em curvas 159
- 16** Diagrama de massas (Bruckner) 171
- 17** Sequência de atividades no projeto do traçado geométrico de estradas 179
- 18** Problema dos três pontos – Pothenot 192
- 19** Arruamentos e loteamentos 198
- 20** Locação de obras 203
- Bibliografia 215

# 1

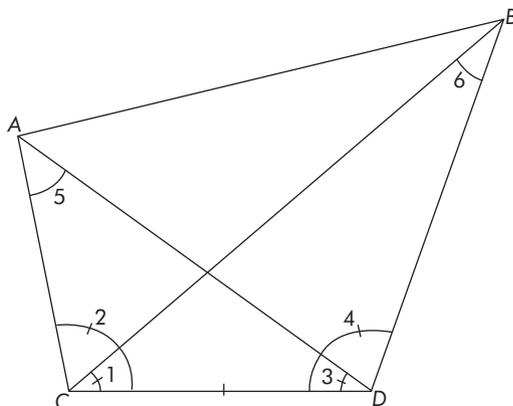
## Medidas indiretas de distâncias

---

---

Quando acontecem dificuldades ou impossibilidades de obtenção de distâncias por medidas diretas, podemos conseguir indiretamente. É apenas a utilização de uma solução matemática que nos é dada pela trigonometria, onde os valores angulares e lineares necessários são obtidos pelos equipamentos e métodos topográficos. Lembrando que os teodolitos podem medir ângulos horizontais e verticais com grande precisão e uma ou mais distâncias diretas podem também ser medidas com grande exatidão, os resultados finais poderão satisfazer ao grau de certeza necessário, seja qual for. Apenas para exemplificar, vamos mostrar dois modelos de aplicação.

**EXEMPLO 1** Na Figura 1.1, vista em planta, a distância  $AB$  é que deve ser determinada. Para isso, foram escolhidos dois outros pontos auxiliares,  $C$  e  $D$ . Para a solução planimétrica, isto é, para a obtenção da distância horizontal  $AB$ , devemos medir os quatro ângulos horizontais  $\hat{1}$ ,  $\hat{2}$ ,  $\hat{3}$  e  $\hat{4}$  e a distância também horizontal  $CD$ . A solução matemática é muito simples e vamos apresentar a sequência de cálculo apenas como sugestão.



**Figura 1.1** Planta; valores medidos: ângulos horizontais  $\hat{1}$ ,  $\hat{2}$ ,  $\hat{3}$  e  $\hat{4}$  e distância horizontal  $CD$ .

---

### Solução planimétrica – sequência de cálculo

a) no triângulo  $ACD$  (Figura 1.1)

Valores conhecidos: ângulos horizontais  $\hat{2}$  e  $\hat{3}$  e distâncias horizontais  $CD$ .

Valores a serem calculados: distâncias horizontais  $CA$  e  $DA$  pela lei dos senos.

b) *no triângulo BCD:*

Valores conhecidos: ângulos horizontais  $\hat{1}$  e  $\hat{4}$  e distância horizontal  $CD$ .

Valores a serem calculados: distâncias horizontais  $CB$  e  $DB$  pela lei dos senos.

c) *no triângulo ABC:*

Valores conhecidos: ângulo horizontal  $\hat{2}-1$  e distâncias horizontais  $CA$  e  $CB$ .

Valor a ser calculado: distância horizontal  $AB$ , aplicando a lei dos cossenos.

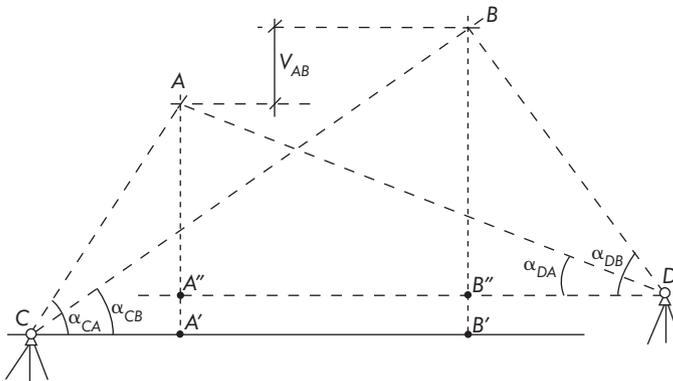
d) *no triângulo ABD:*

Valores conhecidos: ângulo horizontal  $\hat{4}-3$  e distâncias horizontais  $DA$  e  $DB$ .

Valor a ser calculado: distância horizontal  $AB$ , aplicando lei dos cossenos.

Verifica-se que a distância horizontal  $AB$ , ( $H_{ab}$ ) é obtida pelos dois triângulos finais  $ABC$  e  $ABD$ . Trata-se apenas de uma verificação de cálculo, porque como em ambas as soluções partimos dos mesmos dados, obviamente os resultados devem ser iguais, salvo engano de cálculo. Significa que se houver erro nos dados, os dois resultados serão iguais, logicamente ambos errados. Por isso, a verificação dos dados deve ser efetuada no campo com medidas repetidas, quantas vezes forem necessárias para dar o grau de confiança que se deseje.

### Solução altimétrica: seqüência dos cálculos (Figura 1.2)



**Figura 1.2** Vista em elevação; valores medidos: ângulos verticais de C para A ( $\alpha_{CA}$ ), de C para B ( $\alpha_{CB}$ ), de D para A ( $\alpha_{DA}$ ) e de D para B ( $\alpha_{DB}$ ).

e) *triângulo CAA'*

Valores conhecidos: ângulo vertical  $\alpha_{CA}$  e distância horizontal  $CA'$ .

Valor a ser calculado:  $AA' = CA' \operatorname{tg} \alpha_{CA}$ .

f) *triângulo CBB'*

Valores conhecidos: ângulo vertical  $\alpha_{CB}$  e distância horizontal  $CB'$ .

Valor a ser calculado:  $BB' = CB' \operatorname{tg} \alpha_{CB}$ .

g) *triângulo DAA''*

Valores conhecidos: ângulo vertical  $\alpha_{DA}$  e distância horizontal  $DA''$ .

Valor a ser calculado:  $AA'' = DA'' \operatorname{tg} \alpha_{DA}$

h) *triângulo DBB''*

Valores conhecidos: ângulo vertical  $\alpha_{DB}$  e distância horizontal  $DB''$ .

Valor a ser calculado:  $BB'' = DB'' \operatorname{tg} \alpha_{DB}$ .

Cálculo da distância vertical ( $V_{AB}$ ):

$V_{AB} = BB'' - AA''$  verificado por  $V_{AB} = BB'' - AA''$ .

Na hipótese das duas distâncias verticais não coincidirem, pode ter ocorrido erro de cálculo ou erro nos dados. Por isso, deve-se proceder inicialmente a uma verificação nos cálculos. Caso o resultado se repita, o erro será nos dados e pela disparidade maior ou menor, optar pela sua aceitação ou não.

### EXERCÍCIO 1.1

Dados planimétricos:

$$\hat{1} = 31^\circ 15' 41''$$

$$\hat{2} = 99^\circ 20' 08''$$

$$\hat{3} = 35^\circ 33' 52''$$

$$\hat{4} = 102^\circ 04' 39''$$

$$\overline{CD} = 345,428 \text{ m}$$

Dados altimétricos:

$$\alpha_{CA} = 18^\circ 04' 34''$$

$$\alpha_{CA} = 18^\circ 38' 08''$$

$$\alpha_{CA} = 15^\circ 12' 45''$$

$$\alpha_{CA} = 38^\circ 20' 12''$$

Solução planimétrica

$$\hat{2} - \hat{1} = 68^\circ 04' 27''$$

$$\hat{4} - \hat{3} = 66^\circ 30' 47''$$

$$\hat{5} = 180^\circ - (\hat{2} + \hat{3}) = 45^\circ 06' 00''$$

$$\hat{6} = 180^\circ (\hat{1} + \hat{4}) = 46^\circ 29' 40''$$

$$\overline{CA} = \overline{CD} \frac{\operatorname{sen} \hat{3}}{\operatorname{sen} \hat{5}} = 283,631 \text{ m}$$

$$\overline{DA} = \overline{CD} \frac{\operatorname{sen} \hat{2}}{\operatorname{sen} \hat{5}} = 481,200 \text{ m}$$

$$\overline{CB} = \overline{CD} \frac{\operatorname{sen} \hat{4}}{\operatorname{sen} \hat{6}} = 464,428 \text{ m}$$

$$\overline{DB} = \overline{CD} \frac{\operatorname{sen} \hat{1}}{\operatorname{sen} \hat{6}} = 246,467 \text{ m}$$

$$H_{AB} = \sqrt{\overline{CA}^2 + \overline{CB}^2 - 2(\overline{CA} \times \overline{CB}) \cos(\hat{2} - \hat{1})} = 444,7080 \text{ m}$$

$$H_{AB} = \sqrt{\overline{DA}^2 + \overline{DB}^2 - 2(\overline{DA} \times \overline{DB}) \cos(\hat{4} - \hat{3})} = 444,7086 \text{ m}$$

Solução altimétrica

$$\left. \begin{array}{l} AA' = GA' \operatorname{tg} \alpha_{CA} = 92,5740 \text{ m} \\ BB' = CB' \operatorname{tg} \alpha_{CB} = 156,6182 \text{ m} \end{array} \right\} V_{AB} = 64,0442 \text{ m}$$

$$\left. \begin{array}{l} AA' = DA' \operatorname{tg} \alpha_{DA} = 130,8519 \text{ m} \\ BB' = DB' \operatorname{tg} \alpha_{DB} = 194,9041 \text{ m} \end{array} \right\} V_{AB} = 64,0522 \text{ m}$$

A diferença verificada entre as duas distâncias verticais, como foi comentado no texto, ocorre por pequenos erros nos ângulos verticais. No exemplo, a diferença foi de 0,008 m, que, em geral, pode ser aceita.

**EXEMPLO 2** Neste exemplo os dois pontos auxiliares  $C$  e  $D$  estão colocados entre os pontos  $A$  e  $B$ , cuja distância queremos determinar. Será medida a distância horizontal  $CD$  e os quatro ângulos horizontais  $\hat{1}$ ,  $\hat{2}$ ,  $\hat{3}$  e  $\hat{4}$ . Na sequência de cálculo vamos seguir um caminho mais topográfico, utilizando rumos e coordenadas parciais.

### Solução planimétrica – Sequência de cálculo

a) no triângulo  $ACD$  (Figura 1.3)

Valores conhecidos: ângulos horizontais  $\hat{1}$  e  $\hat{2}$  e distância horizontal  $CD$ .

Valores a serem calculados: distâncias horizontais  $CA$  e  $DA$  pela lei dos senos.

b) no triângulo  $BCD$

Valores conhecidos: ângulos horizontais  $\hat{3}$  e  $\hat{4}$  e distância horizontal  $CD$ .

Valores a serem calculados: distâncias horizontais  $CB$  e  $DB$  pela lei dos senos.

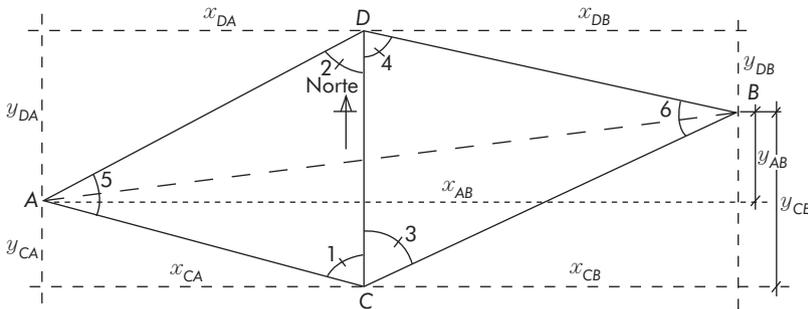
c) assumida a direção  $CD$  e o sentido  $CD$  como norte; como consequência temos:

rumo de  $CA = N \hat{1} W$

rumo de  $DA = S \hat{2} W$

rumo de  $CB = N \hat{3} E$

rumo de  $DB = N \hat{4} W$



**Figura 1.3** Planta; valores medidos: ângulos horizontais  $\hat{1}$ ,  $\hat{2}$ ,  $\hat{3}$  e  $\hat{4}$  e distância horizontal  $CD$ .

d) cálculo das coordenadas parciais dos quatro lados

e) cálculo das coordenadas parciais do lado  $AB$

$$x_{AB} = x_{CA} + x_{CB} = x_{DA} + x_{DB} \quad y_{AB} = y_{CB} - y_{CA} = y_{DA} - y_{DB}$$

f) cálculo de  $H_{AB}$  por Pitágoras

$$H_{AB} = \sqrt{x_{AB}^2 + y_{AB}^2}$$

**Solução altimétrica – sequência dos cálculos (Figura 1.4)**g) no triângulo vertical  $CAA'$ 

$$AA' = CA' \operatorname{tg} \alpha_{CA}$$

h) no triângulo vertical  $CBB'$ 

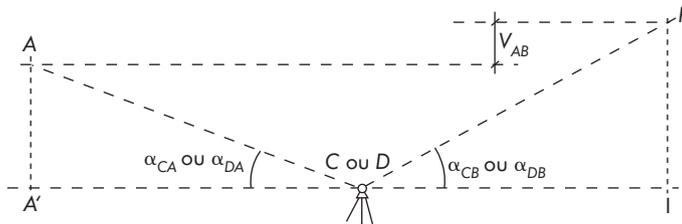
$$BB' = CB' \operatorname{tg} \alpha_{CB}$$

i)  $V_{AB} = BB' - AA'$ j) no triângulo  $DAA'$ 

$$AA' = DA' \operatorname{tg} \alpha_{DA}$$

k) no triângulo  $DBB'$ 

$$BB' = DB' \operatorname{tg} \alpha_{DB}$$

l)  $V_{AB} = BB' - AA'$ **Figura 1.4** Elevação: valores medidos: ângulos verticais $\alpha_{CA}$ ,  $\alpha_{DA}$ ,  $\alpha_{CB}$  e  $\alpha_{DB}$ .**EXERCÍCIO 1.2**

$$\hat{1} = 78^\circ 41' 37'' \quad \alpha_{CA} = +11^\circ 47' 21''$$

$$\hat{2} = 66^\circ 21' 16''$$

$$\hat{3} = 54^\circ 09' 12'' \quad \alpha_{CB} = +22^\circ 54' 01''$$

$$\hat{4} = 79^\circ 55' 20''$$

$$CD = 322,813 \text{ m} \quad \alpha_{DA} = +8^\circ 18' 43''$$

$$\hat{5} = 180^\circ - (\hat{1} + \hat{2}) = 34^\circ 57' 07'' \quad \alpha_{DB} = 23^\circ 41' 53''$$

$$\hat{6} = 180^\circ - (\hat{3} + \hat{4}) = 45^\circ 55' 28''$$

$$CA = CD \frac{\operatorname{sen} \hat{2}}{\operatorname{sen} \hat{5}} = 516,1748 \text{ m} \quad DA = CD \frac{\operatorname{sen} \hat{1}}{\operatorname{sen} \hat{5}} = 552,5468 \text{ m}$$

$$CB = CD \frac{\operatorname{sen} \hat{4}}{\operatorname{sen} \hat{6}} = 442,4027 \text{ m} \quad DB = CD \frac{\operatorname{sen} \hat{3}}{\operatorname{sen} \hat{6}} = 364,2255 \text{ m}$$

rumo  $CA = N 78^\circ 41' 37'' W$ rumo  $DA = S 66^\circ 21' 16'' W$ rumo  $CB = N 54^\circ 09' 12'' E$ rumo  $DB = S 79^\circ 55' 20'' E$

Tabela 1.1

Lado	Comprimento	Rumo	Coordenadas parciais			
			x		y	
			E	W	N	S
C-A	516,1748	-		506,1573		
D-A	552,5468	-		506,1572	101,1989	221,6141
C-B	442,4027	-	358,6059			
B-B	364,2255	-	358,6059		259,0790	63,7340

$$x_{AB} = 506,1573 + 358,6059 = 864,7632$$

$$y_{AB} = 259,0790 - 101,1989 - 157,8801$$

verificação:

$$x_{AB} = 506,1572 + 358,6059 - 864,7631$$

$$y_{AB} = 221,6141 - 63,7340 = 157,8801$$

$$AB = \sqrt{864,7632^2 + 157,8801^2} = 879,0572 \text{ m}$$

$$AA' = 516,1748 \operatorname{tg} 11^\circ 47' 21'' = + 107,7327 \text{ m}$$

$$V_{AB} = 79,1480 \text{ m}$$

$$BB' = 442,4027 \operatorname{tg} 22^\circ 54' 01'' = + 186,8807 \text{ m}$$

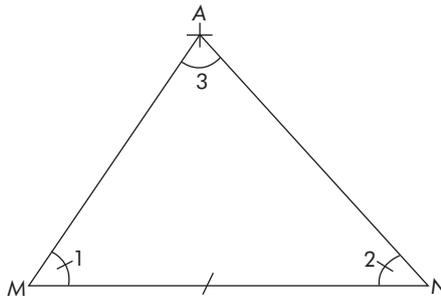
$$AA'' = 552,5468 \operatorname{tg} 8^\circ 18' 43'' = + 80,7255$$

$$V_{AB} = 79,1427 \text{ m}$$

$$BB'' = 364,2255 \operatorname{tg} 23^\circ 41' 53'' = + 159,8682$$

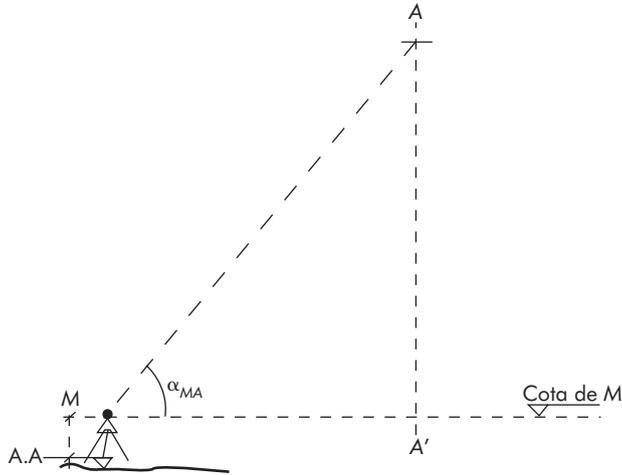
## DETERMINAÇÃO DA COTA DE UM PONTO INACESSÍVEL

Um ponto  $A$  está situado em lugar inacessível; podemos determinar sua cota (elevação) por medidas indiretas. Para isso usamos dois pontos auxiliares  $M$  e  $N$  (Figura 1.5). Devemos medir a distância horizontal  $MN$  e os ângulos também horizontais  $\hat{1}$  e  $\hat{2}$ .  $N$  vista em elevação, vemos que o ângulo vertical  $\alpha_{MA}$  também deve ser medido; trata-se do ângulo vertical que a linha de vista de  $M$  para  $A$  faz com o plano horizontal.



**Figura 1.5** Planta; valores a serem medidos: distância horizontal  $MN$ ; ângulos horizontais 1 e 2. Ângulo vertical de visada de  $M$  para  $A$  ou de  $N$  para  $A$ .

A sequência do cálculo é bastante simples e rápida. Pela lei dos senos, calculamos a distância horizontal  $MA$ , que na vista em elevação é representada por  $MA'$ . Em seguida calculamos  $AA' = MA' \operatorname{tg} \alpha_{MA}$ . A cota de  $A$  será a cota de  $M$  somada com  $AA'$ . A cota de  $M$  é a cota da estaca colocada no solo somada com a altura do aparelho (A.A.) Acompanhar com as Figuras 1.5 e 1.6.



### EXEMPLO 1.3

$$MN = 248,325$$

$$\hat{1} = 41^{\circ} 19' 33''$$

$$\alpha_{MA} = +28^{\circ} 53' 54''$$

$$\hat{2} = 52^{\circ} 28' 01''$$

$$AA = 1,524$$

Cota da estaca em  $M = 741,348$  m

$$\hat{3} = 180^{\circ} - (\hat{1} + \hat{2}) = 86^{\circ} 12' 26''$$

$$MA = 248,325 \frac{\operatorname{sen} 52^{\circ} 28' 01''}{\operatorname{sen} 86^{\circ} 12' 26''} = 197,3545$$

$$AA' = 197,3545 \operatorname{tg} 28^{\circ} 53' 54'' = +108,938$$
 m

$$\text{Cota } A = 741,348 + 1,524 + 108,938 = 851,810$$
 m

**Figura 1.6** Vista em elevação.