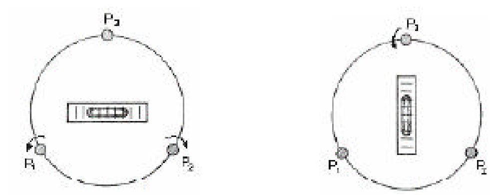
1.

a) Verticalizar o eixo principal do teodolito ou, de forma equivalente, horizontalizar o limbo azimutal (pois por construção o eixo principal é perpendicular ao limbo azimutal do aparelho).

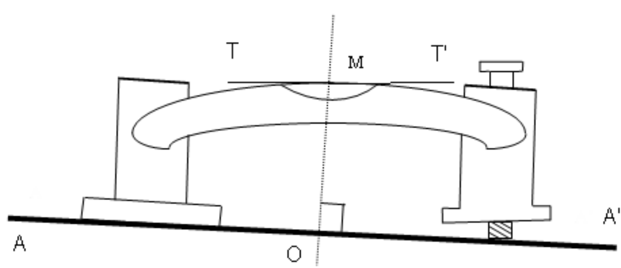
b) Nos teodolitos as nivelas estão geralmente solidárias com o eixo principal do aparelho, tendo como finalidade colocá-lo vertical. O eixo principal é suportado por uma base triangular munida de três parafusos nivelantes que permitem variar a inclinação conjunta do eixo principal e da nivela, sendo utilizados para calar a bolha da nivela. Supondo que a nivela está rectificada, deve ser efectuado o seguinte procedimento:

- colocar a nivela de tal forma que a respectiva directriz fique aproximadamente paralela ao plano vertical que contém dois dos parafusos nivelantes
- rodar estes parafusos em sentidos contrários até calar a bolha (o eixo principal do aparelho pertence então ao plano vertical anterior)
- rodar a alidade e, por consequência, a nivela 90º em torno do eixo principal
- calar a bolha da nivela utilizando o parafuso nivelante restante (o eixo principal, que já está contido no plano vertical que passa por P_1 e P_2, fica igualmente contido no plano vertical que passa por P_3, tornando-se portanto vertical, de tal forma que ao rodar o teodolito em torno do eixo principal a bolha da nivela não se desloca)



c) A sensibilidade da nivela define-se a partir do deslocamento da bolha devido à variação do ângulo α, de tal forma que quanto maior for o raio de curvatura da nivela tórica, maior é a respectiva sensibilidade. A nivela A tem raio 2R e a nivela B tem raio R, tendo-se que para um mesmo ângulo α no 1º caso a bolha tem um deslocamento igual a <u>2a</u> (=2Rα) e no 2º caso a bolha tem um deslocamento igual a <u>a</u> (=Rα).

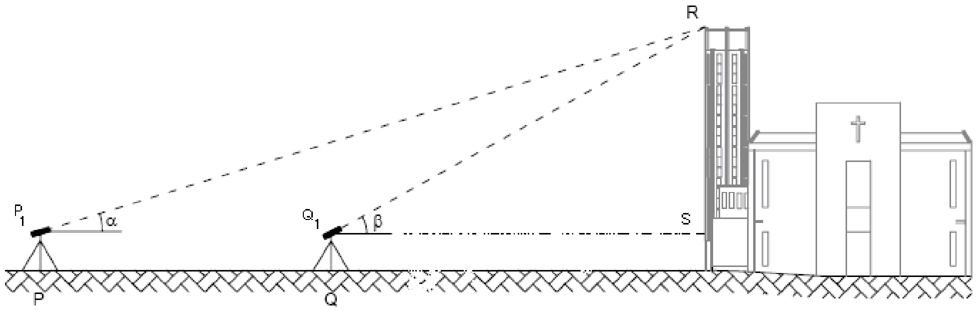
d) Sejam AA' a linha de apoio da nivela, M o ponto médio da graduação da nivela tal que OM é perpendicular a AA', TT' a directriz da nivela. A nivela está rectificada quando TT' for paralelo a AA'.



A nivela está desrectificada quando a directriz não é paralela à linha de apoio ou quando estando a bolha calada a linha de apoio não está horizontal ou quando estando a linha de apoio horizontal a bolha não está calada. Nestas condições, quando a bolha se encontra calada numa dada posição, deixa de estar calada quando se roda a alidade 180º.

2. $C_A+1.226-2.548=24.912=C_B$; $C_A+0.891-2.206=24.919=C_B$; $C_B=(24.912+24.919)/2=24.916$ m

3.



$$\tan\alpha = \frac{RS}{P_1S} \Rightarrow RS = P_1S\tan\alpha = (P_1Q_1 + Q_1S)\tan\alpha \quad ; \quad \tan\beta = \frac{RS}{Q_1S} \Rightarrow Q_1S = \frac{RS}{\tan\beta}$$

$$RS = (20 + \frac{RS}{\tan\beta})\tan\alpha \Rightarrow \frac{RS}{\tan\alpha} = 20 + \frac{RS}{\tan\beta} \Rightarrow RS = \frac{20}{\frac{1}{\tan\alpha} - \frac{1}{\tan\beta}} = 14 \text{ m}$$

A igreja mede 15.5 m de altura.

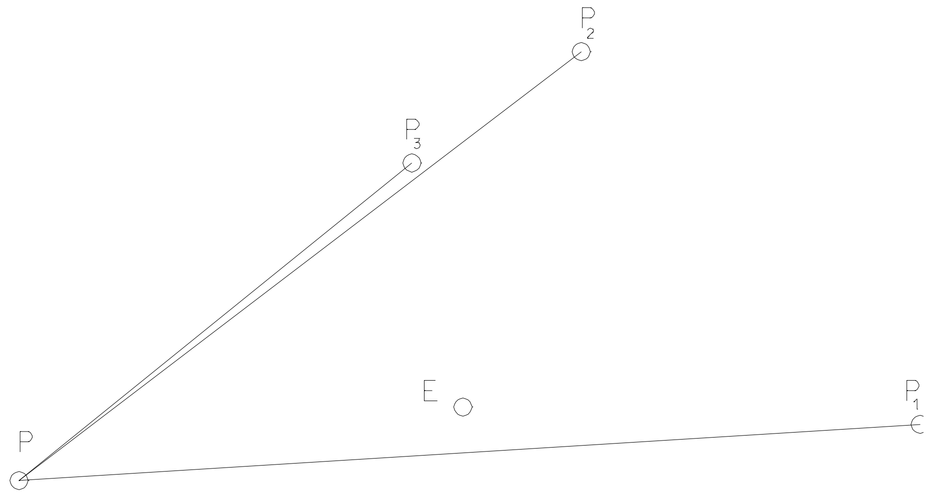
4. Supondo M_E = 100.00 m, P_E = 100.00 m, C_E = 100.00 m, R_{0E} = 0.000 g, tem-se que as leituras azimutais correspondem a rumos, donde:

$M_{P1} = M_E + d_h \sin R$ = 100.00 + 231.63*sin 97.321*sin 102.361 = 331.27 m
$P_{P1} = P_E + d_h \cos R$ = 100.00 + 231.63*sin 97.321*cos 102.361 = 91.42 m
$C_{P1} = C_E + a_i + d_h \text{cotg } z - a_v$ = 100.00 + 1.70 + 231.63*sin 97.321*cotg 97.321 – 1.50 = 109.94 m

$M_{P2} = M_E + d_h \sin R$ = 100.00 + 189.46*sin 97.852*sin 20.382 = 159.59 m
$P_{P2} = P_E + d_h \cos R$ = 100.00 + 189.46*sin 97.852*cos 20.382 = 279.73 m
$C_{P2} = C_E + a_i + d_h \text{cotg } z - a_v$ = 100.00 + 1.70 + 189.46*sin 97.852*cotg 97.852 – 1.50 = 106.59 m

$M_{P3} = M_E + d_h \sin R$ = 100.00 + 126.39*sin 98.849*sin 386.931 = 74.24 m
$P_{P3} = P_E + d_h \cos R$ = 100.00 + 126.39*sin 98.849*cos 386.931 = 223.72 m
$C_{P3} = C_E + a_i + d_h \text{cotg } z - a_v$ = 100.00 + 1.70 + 126.39*sin 98.849*cotg 98.849 – 1.50 = 102.48 m

$M_P = M_E + d_h \sin R$ = 100.00 + 227.81*sin 101.231*sin 289.632 = -124.75 m
$P_P = P_E + d_h \cos R$ = 100.00 + 227.81*sin 101.231*cos 289.632 = 63.07 m
$C_P = C_E + a_i + d_h \text{cotg } z - a_v$ = 100.00 + 1.70 + 227.81*sin 101.231*cotg 101.231 – 1.50 = 95.80 m



Posição relativa dos pontos

a) Passando a conduta 1 m abaixo dos pontos P_1, P_2 e P_3, tem-se:

Comprimento horizontal do troço P_1P: $\sqrt{(331.27+124.75)^2+(91.42-63.07)^2} = 456.90$ m

Declive do troço P_1P: $\frac{95.80-108.94}{456.90} = -2.88\%$

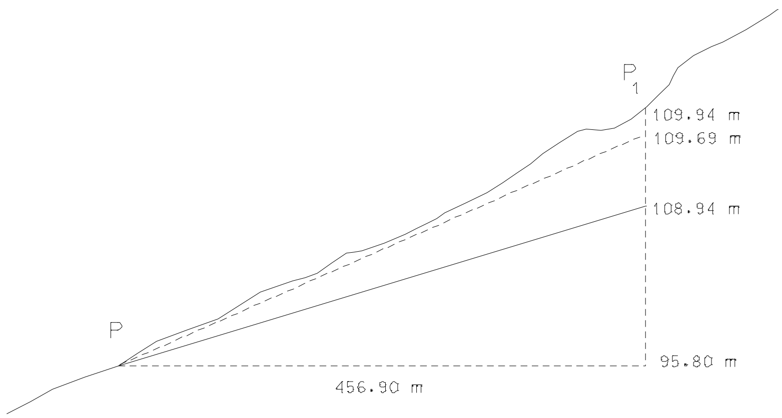
Comprimento horizontal do troço P_2P: $\sqrt{(159.59+124.75)^2+(279.73-63.07)^2} = 357.48$ m

Declive do troço P_2P: $\frac{95.80-105.59}{357.48} = -2.74\%$

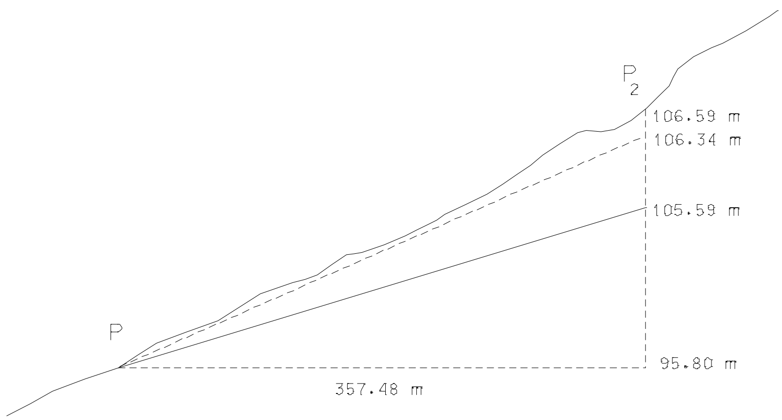
Comprimento horizontal do troço P_3P: $\sqrt{(74.24+124.75)^2+(223.72-63.07)^2} = 255.75$ m

Declive do troço P_3P: $\frac{95.80-101.48}{255.75} = -2.22\%$

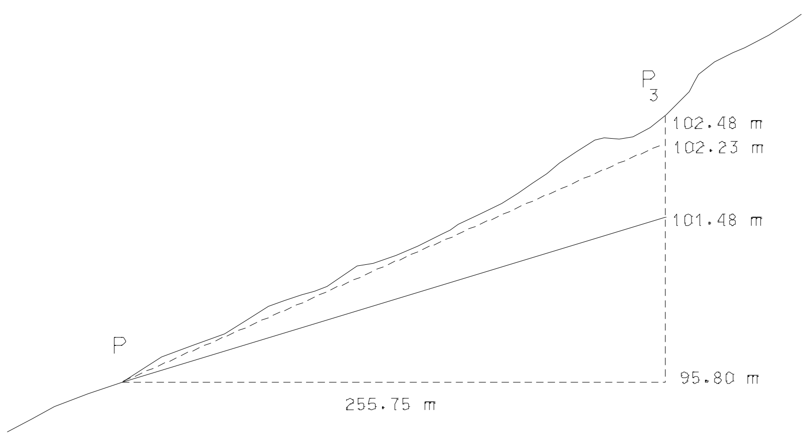
b)



Declive máximo: $\dfrac{95.80-109.69}{456.90}=-3.04\%$, correspondente à profundidade mínima de 0.25 m em P_1, que ultrapassa o declive máximo admissível. A conduta tem assim que passar mais abaixo do que 0.25 m sobre P_1: $-3\%=\Delta/456.90 \Rightarrow \Delta=-13.71\,\text{m}$. Então a profundidade da conduta em P_1 é igual a 95.80+13.71=109.51 m



Declive máximo: $\dfrac{95.80-106.34}{357.48}=-2.95\%$, correspondente à profundidade mínima de 0.25 m em P_2



Declive máximo: $\dfrac{95.80-102.23}{255.75}=-2.51\%$, correspondente à profundidade mínima de 0.25 m em P_3

5.

Tendo a poligonal n estações, tem-se:

$$R_{frente}(1) = R_0(1) + Az_{frente}(1)$$

$R_{frente}(i) = R_{frente}(i-1) + 200 + Az_{frente}(i) - Az_{trás}(i)$, i=2,…,n-1

O erro de fecho angular da poligonal é dado por:

$$Erro_{fecho}\ angular = R_{frente}(n-1) + 200 - Az_{trás}(n) - R_0(n)$$

Assim, tem-se:

$$R_0^A = R_{A,B} - L_{A,B}^{az} = a\tan\frac{M_B - M_A}{P_B - P_A} - L_{A,B}^{az} = a\tan\frac{3942.35 - 3264.87}{-4967.50 + 5703.03} - 120.300 = 47.386 - 120.300 + 400 = 327.086\ g$$

$$R_{A,C} = R_0^A + L_{A,C}^{az} = 327.086 + 68.445 = 395.531\ g$$

$$R_{C,D} = R_{A,C} + 200 + L_{C,D}^{az} - L_{C,A}^{az} = 395.531 + 200 + 356.435 - 239.330 - 400 = 312.636\ g$$

$$R_{D,E} = R_{C,D} + 200 + L_{D,E}^{az} - L_{D,C}^{az} = 312.636 + 200 + 153.160 - 104.825 - 400 = 160.971\ g$$

$$R_{E,A} = R_{D,E} + 200 + L_{E,A}^{az} - L_{E,D}^{az} = 160.971 + 200 + 30.090 - 299.730 - 400 = 91.331\ g$$

Erro de fecho angular: $\varepsilon_\alpha = R_{E,A} + 200 - L_{A,E}^{az} - R_0^A = 91.331 + 200 - 364.160 - 327.086 + 400 = 0.085\ g$

Os rumos compensados são obtidos por:

$$R_{frente}^{compensados}(i) = R_{frente}(i) - i \times Erro_{fecho\ angular}$$

$$R_{A,C}^c = R_{A,C} - \frac{0.085}{4} = 395.510\ g$$

$$R_{C,D}^c = R_{C,D} - \frac{2 \times 0.085}{4} = 112.594\ g$$

$$R_{D,E}^c = R_{D,E} - \frac{3 \times 0.085}{4} = 160.907\ g$$

$$R_{E;A}^c = R_{E,A} - 0.085 = 291.246\ g$$