

AValiação DA EFICIÊNCIA DO MÉTODo DE RELAção DA LINHA DE REFERência

Evaluation of the efficiency of the Reference Line Ratio Method

**Fabiani das Dores Abati Miranda
Luís Augusto Koenig Veiga**

Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas
Caixa Postal 19001, CEP 81531-970, Curitiba, Paraná, Brasil.
fabi.miranda@ufpr.br
kngveiga@ufpr.br

RESUMO

As medidas de distâncias obtidas com estações totais são influenciadas por diversos fatores, dentre os quais, a refração e o erro de escala. Estes podem ser minimizados entre duas épocas de levantamentos pela aplicação do Método de Relação da Linha de Referência. Entretanto, outras maneiras são utilizadas para se corrigir a distância dos efeitos atmosféricos, podendo-se citar a aplicação das fórmulas adotadas pela International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) e, o ábaco ou as fórmulas que constam em manuais de equipamentos. Com o intuito de se avaliar a eficiência do Método de Relação da Linha de Referência, experimentos foram realizados. A avaliação da precisão das distâncias obtidas pela aplicação desse método foi realizada comparando-se as mesmas com as distâncias corrigidas pelas fórmulas adotadas pela IUGG e pelas fórmulas que constam no manual da estação total Zeiss Elta S20. As diferenças encontradas nesta comparação foram da ordem de milímetros, porém, para fins de levantamentos topográficos, os resultados foram considerados satisfatórios, visto que tais diferenças encontram-se dentro da precisão nominal do equipamento.

Palavras chaves: Correções Atmosféricas, Método de Relação da Linha de Referência.

ABSTRACT

The distances measurements obtained with total stations are influenced by several factors, amongst which, the refraction and scale error. These can be minimized between two survey epochs by application of the Reference Line Ratio Method. However, other ways are used to correct the distance of atmospheric effects, we can quote the application of the formulas adopted by International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) and, the abacus or the formulas that consist in the equipment manuals. With the intention of evaluating the efficiency of the Reference Line Ratio Method, experiments have been carried out. The evaluation of the precision of the distances obtained by the application of this method was carried out comparing them to the distances corrected by the formulas adopted by IUGG and by the formulas included in the manual of total station Zeiss Elta S20. The differences found in this comparison were of the order of few millimeters, however, for topographical surveys purposes, the results were considered satisfactory, since such differences are within the nominal accuracy of the equipment.

Keywords: Atmospheric Corrections, Reference Line Ratio Method.

1. INTRODUÇÃO

A velocidade de propagação da luz utilizada para determinar a distância entre dois pontos, é a velocidade de propagação da luz no vácuo, tendo em vista que é a única passível de ser determinada por procedimentos físicos. Porém, a que interessa é a velocidade de propagação no meio. Para realizar esta transformação, o fabricante determina um índice de refração em laboratório. Mesmo assim continua sendo necessária a medida de temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica no momento das observações, devido ao índice de refração determinado em laboratório não ser o mesmo do local onde está sendo efetuada a medição, e com estes valores realizar a correção para o local de medição (FAGGION, 2001).

As variações nas condições atmosféricas causam um aumento ou diminuição da velocidade de propagação da onda eletromagnética e provocam conseqüentemente, os erros sistemáticos nas medidas de distâncias (FAGGION, 2001). Esses fatores afetam o sinal durante o trajeto que ele faz do equipamento até o prisma e durante a devolução do sinal de medida pelo prisma (KRICKEL, 2004). Estas influências podem ser minimizadas entre duas épocas de levantamentos, sem que seja necessário o cálculo de correções, pela aplicação do Método de Relação da Linha de Referência.

Este artigo apresenta uma avaliação da eficiência do Método de Relação através da comparação de seus resultados, com os obtidos com as fórmulas adotadas pela *International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG)*, citadas em RÜEGER (1996) e as fórmulas que acompanham o manual da estação total Zeiss Elta S20, para correções atmosféricas.

2. CORREÇÃO NAS MEDIDAS DE DISTÂNCIA

Devido a influência que os fatores atmosféricos provocam nas medidas de distâncias, faz-se necessário corrigi-las de tais elementos. Esta correção pode ser obtida das seguintes maneiras (FAGGION, 2001; MIRANDA, 2007):

- Utilizando o ábaco que acompanha o manual do equipamento onde as informações necessárias para se obter a correção em parte por milhão (ppm) são a temperatura e a pressão;
- Utilizando as fórmulas que acompanham o manual do equipamento. Neste caso as informações necessárias são: a temperatura, a pressão atmosférica e a umidade relativa;
- Utilizando as fórmulas adotadas pela IUGG, apresentadas em RÜEGER (1996), para redução de medidas obtidas em levantamento de alta precisão.

Um método alternativo que será estudado neste trabalho é o Método de Relação da Linha de Referência,

que consiste na medida de alguns pontos fixos, onde a distância é exatamente conhecida de forma que um fator de escala possa ser calculado diretamente e empregado para corrigir as medidas restantes (ANGUS-LEPPAN, 1972; US ARMY, 2002).

2.1 Correções - fórmulas que acompanham o manual do equipamento

Como exemplo é apresentada a equação fornecida pelo fabricante da Estação total Zeiss Elta S20 (ZEISS, 2001):

$$K_w = 281,8 - \left[\frac{0,29065}{1 + \alpha t} P - \frac{4,126 \cdot 10^{-4} \cdot h}{1 + \alpha t} E \right] \quad (1)$$

$$\text{onde: } E = 10^{\frac{7,5t}{t+237,3} + 0,7857}$$

K_w - correção atmosférica em ppm;

P - pressão atmosférica em hPa;

t - temperatura em (°C);

h - umidade relativa (%);

α - constante que vale 1/273,16.

Normalmente cada fabricante apresenta a fórmula a ser empregada com seu instrumento em função de características particulares do mesmo. Também são normalmente apresentados nos manuais ábacos que permitem obter o valor de conexão a partir da temperatura seca e pressão, sendo estes construídos para um determinado valor de umidade.

2.2 Correções - fórmulas adotadas pela IUGG

Outra forma de se calcular essas correções é através das fórmulas adotadas pela IUGG, citadas em RÜEGER (1996). Onde a correção é dada por:

$$d = \left(\frac{n_R}{n_L} \right) d_M \quad (2)$$

onde: d - distância corrigida; n_L - índice refrativo do ambiente; n_R - índice refrativo de referência; d_M - distância medida

A redução é essencialmente uma aplicação do fator de escala n_R/n_L para a distância medida. O fator de escala relaciona o índice de refração de referência do instrumento com o índice de refração baseado nas condições atmosféricas ambientes.

E o valor do índice de refração de referência n_R é obtido das especificações do fabricante para uma estação total dada.

2.3 Método de Relação da Linha de Referência

Nas linhas medidas por Medidores Eletrônicos de Distância (MED), a relação de dois comprimentos, medidos da mesma estação e ao mesmo tempo, tenderá

a ser mais constante que os comprimentos reais. A razão é que certos erros, os causados por incertezas nos parâmetros atmosféricos, são proporcionais ao comprimento das linhas; e, portanto, minimizados na relação dos comprimentos (ROBERTSON, 1977).

Segundo ROBERTSON (1977); ANGUS-LEPPAN (1972) e US ARMY (2002), este método baseia-se no fato de que medidas de distâncias observadas sobre comprimentos de linhas e condições atmosféricas semelhantes, são igualmente afetadas pela refração. Se as medidas são observadas inicialmente entre duas estações de controle (linha de referência) separadas por uma distância conhecida, da relação entre a distância medida e a conhecida resultará um fator de escala.

A distância para qualquer outra estação será proporcional a escala determinada para a linha de referência. Isso também é válido para levantamentos realizados em qualquer época posterior, onde as condições atmosféricas serão diferentes, mas a relação entre a linha de referência e a linha medida poderá ser usada para encontrar mudanças nas relações de suas distâncias. Sendo assim, não é necessário determinar explicitamente o erro de escala ou índice refrativo do equipamento ao usar este método (US ARMY, 2002).

As técnicas para minimizar erros de índice de refração em medidas usando relações ou linhas de referência, devem respeitar duas regras, a saber (ROBERTSON, 1977; ANGUS-LEPPAN, 1972; US ARMY, 2002):

- a) Erros de índice de refração, resultando de medidas de temperatura e pressão, tendem a ser os mesmos para todas as linhas medidas de um ponto, dentro de um curto período de tempo (inferior ou igual a 30 minutos);
- b) As relações das distâncias observadas, medidas de um ponto dentro de um curto período de tempo (inferior ou igual a 30 minutos), são constantes.

2.3.1 Relações Corrigidas e Observadas

De acordo com US ARMY (2002), existem dois tipos de relações, as corrigidas (mais precisas) e as observadas. Quando são formadas relações de medidas que foram corrigidas do índice de refração, elas serão chamadas relações corrigidas. Ângulos podem ser calculados diretamente dessas relações usando uma fórmula de cosseno modificada, estes serão mais precisos do que os determinados a partir dos comprimentos.

Já as relações observadas podem ser obtidas das mesmas medidas usando os dados antes da aplicação das correções de índice de refração, ou seja, são formadas com linhas que não foram corrigidas de temperatura e pressão.

Esta relação é considerada constante. Isto significa que a relação observada de duas linhas medidas hoje concordará com a relação observada das mesmas duas linhas medidas meses ou anos depois. Como não muda com o tempo, esta relação pode ser utilizada para detectar mudanças em posição.

3 METODOLOGIA

Com o intuito de avaliar a eficiência do Método de Relação da Linha de Referência um experimento foi realizado e será apresentado a seguir.

3.1 Avaliação do Método de Relação da Linha de Referência

A área teste utilizada para a coleta de dados neste experimento consistiu na Base de Classificação de Teodolitos e Estações totais, situada nas dependências do Centro Politécnico – UFPR. A localização da mesma dentro do Campus da UFPR pode ser vista na figura 1.

Esta foi definida levando-se em conta algumas considerações:

- a) Base constituída de cinco pilares com dispositivo de centragem forçada, o que possibilitou a reocupação dos pontos;
- b) Distâncias desiguais entre os pilares, permitindo assim que o Método fosse testado com distâncias variadas;

Deve-se ressaltar que para esse experimento apenas quatro pilares foram utilizados.

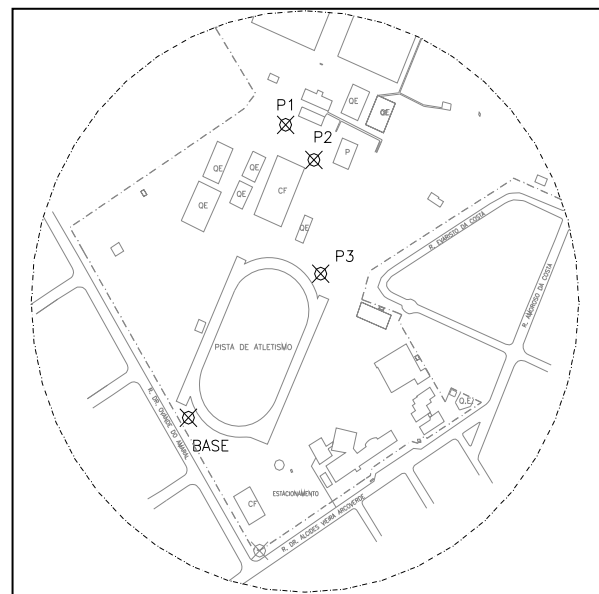


Fig. 1 – Mapa de Localização
Fonte: Adaptado de VEIGA, 2001

3.1.1 Equipamentos

Para a coleta dos dados os seguintes equipamentos/instrumentos foram utilizados:

- Estação total Trimble Zeiss Elta S20, cuja precisão nominal $\sigma_a = 3''$ e $\sigma_D = 2 \text{ mm} + 2 \text{ ppm}$; classificada segundo a NBR 13.133 como uma estação de precisão média;
- Três prismas refletores Leica;
- Psicrômetro;
- Barômetro Aneróide Paulim ;
- Três bases nivelantes e três adaptadores de encaixe do prisma na base;
- Três pinos para encaixe do prisma no adaptador.

3.1.2 Procedimento de Campo

Foram realizados levantamentos de campo nos dias 8, 9, 13 14, 15, 17, 20 e 22 de fevereiro, no dia 20 de abril e no dia 5 de maio de 2006, totalizando 10 dias de observações. Estes foram realizados em épocas diferentes, com o propósito de avaliar a eficácia do Método de Relação aplicado a medidas obtidas nas mais diversas condições meteorológicas.

A metodologia seguida consistiu em estacionar a Estação total no pilar BASE, e instalar os prismas nos pilares P1, P2 e P3. Foi definida como linha de referência a distância da Base até o pilar P1.

A partir dessa disposição dos pontos, foram feitas três séries de observações, com leituras em posição direta e inversa, de ângulos zenitais e distâncias inclinadas para cada pilar, bem como, coleta de parâmetros ambientais (pressão e temperatura seca) e o horário das observações.

Pelo Método de Relação, medidas de temperatura e pressão só precisariam ser feitas a primeira vez que um projeto é levantado, e somente quando fossem observadas distâncias em linhas de referência, ou seja, as únicas medidas de parâmetros ambientais utilizadas para a aplicação desse método são as realizadas sobre a linha de referência Base – P1, no primeiro dia de levantamento. Apesar disso, para efeito de comparação dos resultados encontrados pela aplicação desse método com os obtidos pela aplicação das fórmulas de correções atmosféricas, as existentes no manual da estação total (equação 1), bem como, as adotadas pela IUGG, equação (2). Para cada comprimento medido foram registradas a temperatura seca e úmida, pressão atmosférica e a hora, junto ao pilar Base.

Alguns cuidados foram tomados na execução dos levantamentos:

- Desabilitou-se a função existente na Estação Total que permite as correções das distâncias dos efeitos ambientais;
- O Aneróide foi verificado e retificado no Laboratório de Instrumentação Geodésica (LAIG), utilizando uma coluna de

mercúrio, cuja precisão nominal é de 0,1 mmHg;

- As bases foram niveladas e os prismas foram direcionados para o pilar Base;
- Os conjuntos prisma-pino-adaptador-base foram numerados, garantindo assim que o mesmo conjunto fosse instalado sobre o mesmo pilar durante toda a campanha.

De posse dos dados coletados partiu-se para a aplicação do Método de Relação da Linha de Referência. O primeiro passo trata da correção do índice de refração da linha de referência, isso deve ser feito a fim de dar a escala apropriada a figura. Esta correção foi obtida através da aplicação das fórmulas adotadas pelo IUGG, citadas em RÜEGER (1996), equação (2). Depois da distância da linha de referência ter sido corrigida ela foi reduzida ao plano.

Sendo o comprimento corrigido da linha de referência D_{cor} e o comprimento observado da mesma linha D_{obs} , da relação entre esses dois comprimentos resulta o fator de escala (k):

$$D_{cor} = D_{obs} \cdot k \quad (3)$$

onde: k - é na ocasião uma constante devido às condições atmosféricas ao longo da linha de referência.

O passo seguinte consistiu na redução ao plano das demais distâncias observadas, mas em trabalhos onde as linhas excedem 1 km, a superfície na qual um levantamento está sendo feito não pode ser considerada um plano, devendo, portanto ser reduzida ao elipsóide. Para a redução de distância ao plano topográfico tem-se que:

$$D_h = D_i \cdot \text{sen } z \quad (4)$$

onde: D_h - distância horizontalizada; D_i - distância inclinada; z - ângulo zenital.

Como a linha de referência atravessa aproximadamente a mesma camada atmosférica que as demais linhas medidas, k também é uma constante atmosférica para essas outras linhas. Se P_{obs} for o comprimento observado sobre os demais pilares, então, P_{cor} pode ser encontrado por:

$$P_{cor} = P_{obs} \cdot k \quad (5)$$

Esta técnica permite corrigir o índice de refração sem usar equipamentos que medem temperatura e pressão. Porém, k realmente não é uma constante, pois muda lentamente com o tempo, por isto, deve ser remedido a aproximadamente um intervalo de 30 minutos, ou seja, a distância Base – P1, e deve ser assumido que muda em uma forma linear com o tempo.

4 RESULTADOS

Para demonstrar as variações de temperatura que ocorreram durante os dias de levantamento, um gráfico foi gerado (gráfico 1). Este apresenta a variação máxima, mínima e média das temperaturas ao longo da realização do experimento, bem como, pressão atmosférica.

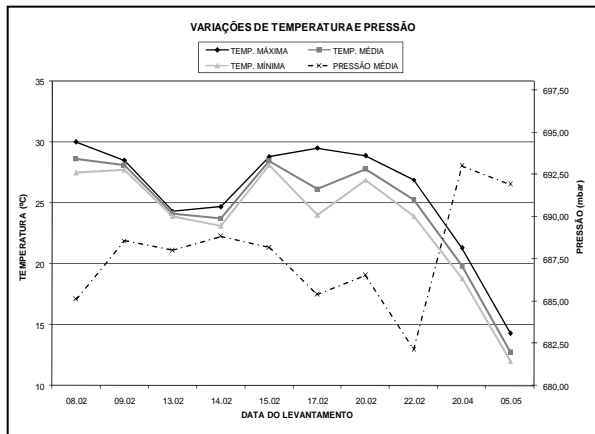


Gráfico 1 – Variações de temperatura e pressão durante os dias de levantamento

Na tabela 1 são apresentadas as distâncias horizontais, calculadas através da equação (3), o horário de tomada das distâncias, o fator de escala (k) e as distâncias corrigidas.

A seguir são apresentados os cálculos para obtenção do fator de escala, bem como, para correção das distâncias.

a) Correção e horizontalização da Linha de Referência

A distância entre o Pilar Base e o ponto P1 (Linha de Referência) obtida no primeiro dia de levantamento, ou seja, às 15h39min do dia 8 de fevereiro, foi corrigida do índice de refração, através das fórmulas adotadas pela IUGG, equação (2), a fim de se dar a escala apropriada a figura. Após feita a correção, a Linha de Referência foi reduzida ao plano do horizonte, através da equação (4). O resultado encontrado foi de 285,452m (D_{cor}). Após isso, as demais distâncias observadas foram reduzidas ao plano através da equação (4).

b) Cálculo do fator de escala (usar todas as casas decimais para efetuar os cálculos a seguir)

O fator de escala (k) às 15h39min, do dia 8 de fevereiro, foi então determinado dividindo-se a distância corrigida (D_{cor}) pela distância observada reduzida ao horizonte (D_{obs}) da linha de referência, ou seja:

$$k_1 = \frac{D_{cor}}{D_{obs}} = \frac{285,452177183285}{285,43998929143} = 1,00004269861$$

Como k não é exatamente uma constante, pois muda lentamente com o tempo, a distância Base – Pilar P1 foi remeida dentro de um intervalo de aproximadamente 30 minutos. O fator de escala às 15h48min, quando a Linha de Referência foi observada novamente foi de:

$$k_2 = \frac{D_{cor}}{D_{obs}} = \frac{285,452177183285}{285,439990036141} = 1,00004269600$$

Assumindo que a mudança no fator de escala foi linear, como uma função de tempo sobre um intervalo de 9 minutos (15h39min – 15h48min), pode-se calcular o fator de escala às 15h42min e 15h45min, quando foram observadas medidas de distâncias sobre P2 e P3. Dentro do intervalo de 9 minutos a variação do fator de escala foi de 0,00000000261. Portanto:

$$(BASE, P1 - BASE, P1) \quad 15h39min - 15h48min \longrightarrow 9 \text{ min} \longrightarrow \frac{k_1 - k_2}{0,00000000261}$$

Aplicou-se uma regra de três e obteve-se variação do fator de escala para os demais intervalos:

$$(BASE, P1 - BASE, P2) \quad 15h39min - 15h42min \longrightarrow 3 \text{ min} \longrightarrow 0,00000000087$$

$$(BASE, P1 - BASE, P3) \quad 15h39min - 15h45min \longrightarrow 6 \text{ min} \longrightarrow 0,00000000017$$

Os fatores de escala para o ponto P2 e P3 são então calculados através da subtração de suas variações do fator de escala obtido para a Linha de Referência, ou seja:

$$k_{P2} = 1,00004269861 - 0,00000000087 = 1,00004269774$$

$$k_{P3} = 1,00004269861 - 0,00000000017 = 1,00004269687$$

c) Correção das distâncias

Multiplicando-se as distâncias observadas reduzidas (D_{obs}) pelo fator de escala correspondente, obtiveram-se as distâncias corrigidas (D_{cor}), para P2 e P3.

$$D_{cor, P2} = 1,00004269774 \times 265,786 = 265,797$$

$$D_{cor, P3} = 1,00004269687 \times 173,144 = 173,151$$

Para as demais observações, o mesmo procedimento foi adotado.

Assim, na tabela 1, os valores em negrito, na coluna 6, são os comprimentos da linha de referência inicialmente medidos e corrigidos, e os demais valores são os comprimentos corrigidos que foram calculados a partir do fator de escala da linha de referência.

TABELA 1 – DISTÂNCIAS CORRIGIDAS PELO MÉTODO DE RELAÇÃO DA LINHA DE REFERÊNCIA - PARA O DIA: 08/02/2005

Data	Base p/	Hora	Dist. Horiz. (m)	Fator de Escala (k)	Dist. Corr. (m)
8/fev	1	15:39	285,440	1,00004269861	285,452
	2	15:42	265,786	1,00004269774	265,797
	3	15:45	173,144	1,00004269687	173,151
	1	15:48	285,440	1,00004269600	285,452
	2	15:53	265,786	1,00004269621	265,797
	3	15:58	173,144	1,00004269641	173,151
	1	16:04	285,440	1,00004269665	285,452
	2	16:09	265,786	-	-
	3	16:13	173,144	-	-

Para avaliar a qualidade desses resultados, as distâncias foram também corrigidas por meio de outros procedimentos, equações (1) e (2), a comparação de todos esses valores pode ser vista na tabela 2 e nos gráficos 2, 3, 4, 5 e 6.

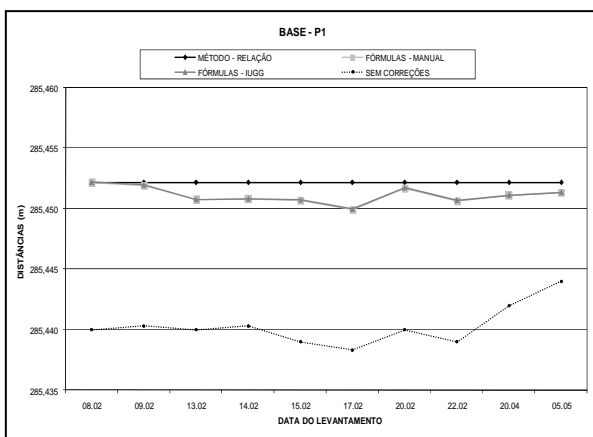


Gráfico 2 – Distâncias corrigidas (Base – Ponto P1)

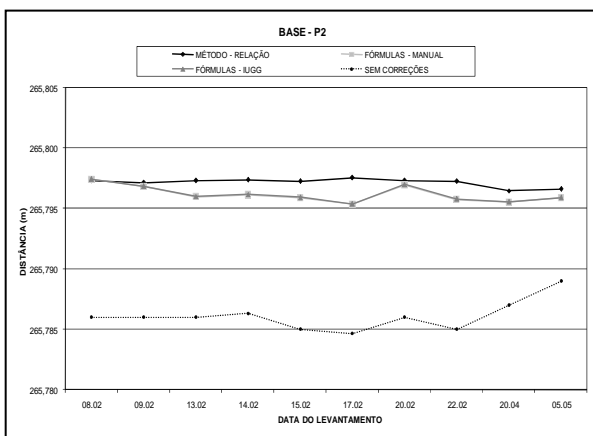


Gráfico 3 – Distâncias corrigidas (Base – Ponto P2)

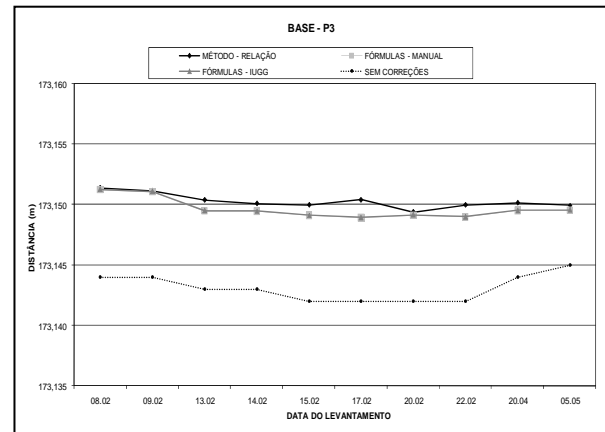


Gráfico 4 – Distâncias corrigidas (Base – Ponto P3)

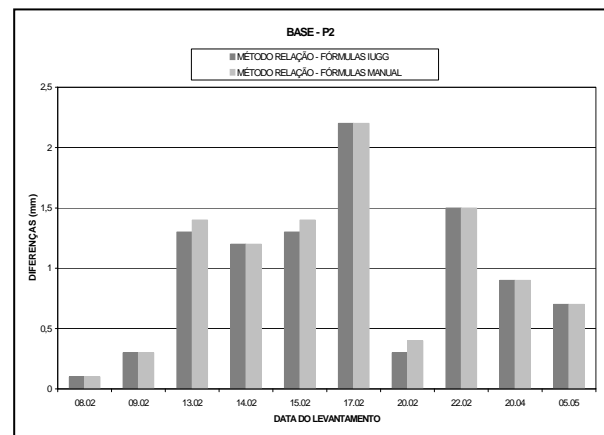


Gráfico 5 – Comparação das distâncias corrigidas (Base – Ponto P2)

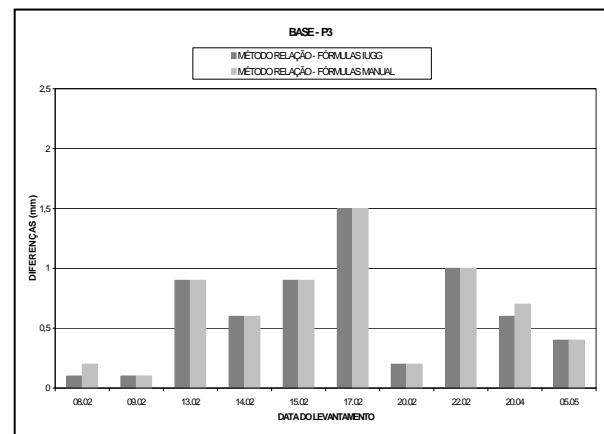


Gráfico 6 – Comparação das distâncias corrigidas

TABELA 2 – COMPARAÇÃO DAS DISTÂNCIAS CORRIGIDAS OBTIDAS PELO MÉTODO DE RELAÇÃO, FÓRMULAS ADOTADAS PELA IUGG E FÓRMULAS DO MANUAL DO EQUIPAMENTO

DATA	DISTÂNCIA HORIZONTAL - MÉDIA (m)	DISTÂNCIA CORRIGIDA - MÉDIA (m)					
		M. RELAÇÃO	σ (mm)	F. IUGG	σ (mm)	F. MANUAL	σ (mm)
8/fev	285,440	285,452	0,0	285,452	0,2	285,452	0,2
	265,786	265,797	0,0	265,797	0,2	265,797	0,2
	173,144	173,151	0,0	173,151	0,0	173,151	0,0
9/fev	285,440	285,452	0,0	285,452	0,6	285,452	0,6
	265,786	265,797	0,3	265,797	0,0	265,797	0,0
	173,144	173,151	0,3	173,151	0,1	173,151	0,1
13/fev	285,440	285,452	0,0	285,451	0,1	285,451	0,1
	265,786	265,797	0,0	265,796	0,0	265,796	0,0
	173,143	173,150	0,0	173,150	0,0	173,149	0,0
14/fev	285,440	285,452	0,0	285,451	0,6	285,451	0,6
	265,786	265,797	0,8	265,796	0,5	265,796	0,5
	173,143	173,150	0,2	173,149	0,1	173,149	0,1
15/fev	285,439	285,452	0,0	285,451	0,0	285,451	0,0
	265,785	265,797	0,0	265,796	0,1	265,796	0,1
	173,142	173,150	0,0	173,149	0,0	173,149	0,0
17/fev	285,438	285,452	0,0	285,450	0,4	285,450	0,3
	265,785	265,798	0,5	265,795	0,1	265,795	0,1
	173,142	173,150	0,3	173,149	0,4	173,149	0,4
20/fev	285,440	285,452	0,0	285,452	0,1	285,452	0,1
	265,786	265,797	0,0	265,797	0,2	265,797	0,2
	173,142	173,149	0,0	173,149	0,1	173,149	0,1
22/fev	285,439	285,452	0,0	285,451	0,3	285,451	0,3
	265,785	265,797	0,0	265,796	0,3	265,796	0,3
	173,142	173,150	0,0	173,149	0,2	173,149	0,2
20/abr	285,442	285,452	0,0	285,451	0,2	285,451	0,2
	265,787	265,796	0,0	265,796	0,3	265,796	0,3
	173,144	173,150	0,0	173,150	0,2	173,150	0,2
5/mai	285,444	285,452	0,0	285,451	0,2	285,451	0,2
	265,789	265,797	0,0	265,796	0,2	265,796	0,2
	173,145	173,150	0,0	173,150	0,2	173,150	0,2

5 CONCLUSÕES

O teste realizado demonstrou que a diferença entre os valores das distâncias obtidas pela aplicação das fórmulas adotadas pela IUGG e das fórmulas constantes no manual do instrumento, é inferior ao décimo de milímetro. Porém, quando comparadas com as distâncias corrigidas pelo fator de escala, a discrepância encontrada variou de centésimos de milímetros até 3 mm. Apesar de terem sido encontradas diferenças nos valores na ordem de milímetros, tais diferenças têm a mesma ordem de grandeza da precisão nominal do equipamento utilizado no experimento.

Para fins de levantamentos topográficos convencionais os resultados foram considerados satisfatórios, porém, para aplicação em Monitoramento de Pontos mais estudos devem ser realizados para comprovar a eficiência do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGUS-LEPPAN, P. V. Adjustment of trilateration using length ratios. *Survey Review*, XXI, 166. 1972

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.133 – Execução de Levantamentos Topográficos**. Rio de Janeiro, 1994.

FAGGION, P. L. **Obtenção dos elementos de calibração e certificação de medidores eletrônicos de distância em campo e laboratório**. Curitiba: 2001. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas), Universidade Federal do Paraná.

KRICKEL, B. **Leistungskriterien zur Qualitätskontrolle von Robottachymetern**. Bonn: 2004. Mitteilungen aus den Geodätischen Instituten der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität.

MIRANDA, F. D. A. **Metodologia para o monitoramento de pontos em áreas instáveis empregando-se estações totais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba.

ROBERTSON, K. D. The use of atmospheric models with trilateration. **Survey Review**, XXIV, 186. October, 1977.

RÜEGER, J. M. **Electronic Distance Measurement: an introduction**. Berlin: 1996. Springer-Verlag. 3th Edition.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. **Structural Deformation Surveying**. Engineer Manual. USA, 2002.

VEIGA, L. A. K. et al. **Mapa: Universidade Federal do Paraná - Campus Cidade Universitária**. Curitiba, 2001. Escala 1:2000.

ZEISS ELTA S. **User Guide**. USA, 2001.