

AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA EM LEVANTAMENTOS CINEMÁTICOS EM TEMPO REAL APLICANDO A TÉCNICA RTK

RAPHAEL EDUARDO FERREIRA FERNANDES
AFONSO DE PAULA DOS SANTOS
MOISES FERREIRA COSTA
FELIPE FERNANDES DA COSTA

Universidade Federal de Viçosa - UFV
Departamento de Engenharia Civil - DEC
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Viçosa - MG
{raphael.fernandes, afonso.santos, moises, felipe.fernandes}@ufv.br

RESUMO - Este trabalho tem o intuito de analisar o comportamento da acurácia em função do comprimento da linha de base em levantamentos cinemáticos em tempo real, aplicando a técnica RTK. Assim, foram instituídas onze estações distribuídas na Zona da Mata mineira, abrangendo os municípios de Viçosa e Coimbra. Primeiramente, as coordenadas de referência das estações teste foram obtidas utilizando o posicionamento relativo estático. Em seguida, foi efetuado o levantamento RTK, a fim de comparar as coordenadas obtidas nesta fase com as coletas no levantamento estático. Devido ao alcance do *link* de comunicação (rádio) e obstruções do sinal em virtude do relevo acidentado da área de estudo entre o receptor instalado na estação de referência e o receptor móvel não foi possível realizar a ocupação de todas as estações teste pretendidas. Contudo constatou-se que com o aumento do comprimento da linha de base as componentes das coordenadas sofreram certa degradação posicional.

Palavras chave: Acurácia, RTK, Métodos de Posicionamento, Linha de Base.

ABSTRACT - The objective of this study is to analyze the behavior of accuracy in function of the baseline length in real-time kinematic surveys, by applying the RTK technique. Thus, eleven stations were established and distributed in the region of Zona da Mata Mineira, comprising the municipalities of Viçosa and Coimbra. At first, the reference coordinates of the test stations were obtained by static relative position. Next, the RTK survey was conducted, aiming to compare the coordinates obtained at this phase with the collections from the static surveying. Because of the range of the communication link (radio) and obstructions in the signal due to the rugged terrain of the area of study between the receptor installed at the reference station and the mobile receptor, it was not possible to have the occupation of all test stations intended. However, it was verified that with increase in the baseline length, the coordinate components went through some positional degradation.

Key words: Accuracy, RTK, Positioning Methods, Baseline.

1 INTRODUÇÃO

Para que as técnicas de posicionamento em tempo real, tais como o DGPS (Differential GPS) e o RTK (Real Time Kinematic) sejam exercidas deve-se ter um receptor a funcionar como referência num ponto de coordenadas conhecidas, sendo denominado de base. Um outro receptor móvel, denominado *rover*, realiza o posicionamento dos pontos desejados, deslocando de ponto para ponto. Na base, calculam-se as correções das pseudodistâncias ou as correções posicionais, que por meio de uma ligação adequada (rádio ou celular) são transmitidas da base para o receptor móvel (SILVA e CÂMARA, 2005). Nesse método pode-se considerar um

decréscimo da sua precisão em função do aumento da sua linha de base a uma taxa de aproximadamente 10 ppm, ou seja, 1 cm a cada quilômetro (HOFMANN-WELLENHOF et. al., 1994).

Desse modo, o presente trabalho pretende analisar o comportamento da acurácia em função do comprimento da linha de base em levantamentos cinemáticos em tempo real. Para isso, foram estabelecidas um conjunto de onze estações distribuídas nos municípios de Viçosa e Coimbra no estado de Minas Gerais. Na primeira fase, foram determinadas as coordenadas de referência das estações teste utilizando o posicionamento relativo estático. A segunda fase consistiu da realização dos levantamentos RTK, de modo a comparar as coordenadas obtidas nesta

fase com as da primeira. Assim é esperado que com a ampliação da extensão da linha de base ocorra um decréscimo da acurácia posicional nos levantamentos RTK.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Posicionamento relativo cinemático em tempo real

No método relativo cinemático convencional as coordenadas do receptor móvel só podem ser determinadas com boa acurácia após o pós-processamento dos dados. Todavia, muitas aplicações, dentre elas a locação de obras, seriam beneficiadas com a obtenção das coordenadas do receptor em tempo real. Com esse intuito, desenvolveram-se nas últimas décadas algumas técnicas de posicionamento em tempo real, como o DGPS, o WADGPS (Wide Area DGPS), o RTK e RTG (Real Time GIPSY) (PRADO e KRUEGER, 2003).

Essas técnicas partem do princípio que duas estações rastreando simultaneamente os mesmos satélites têm seus erros, dentro de certas distâncias, correlacionados. Assim, a ocupação de uma estação de coordenadas conhecidas (estação de referência) permitirá a quantificação dos erros próprios do posicionamento absoluto. Esses erros transmitidos à estação móvel como correções diferenciais serão empregadas para posicioná-la relativamente à estação de referência em tempo real. No entanto, à medida que a distância entre essas estações (linha de base) aumenta, os erros que anteriormente eram semelhantes, passam a ser cada vez mais não correlacionados, o que acarreta uma degradação progressiva da precisão (PRADO e KRUEGER, 2003).

2.2 Fundamentos da técnica RTK

A arquitetura de uma rede RTK, como ilustra a Figura 1, é composta por um conjunto de estações de referência GNSS, um centro de controle e um ou mais sistemas de comunicações (exemplo: rádio, etc), que permita receber dados GNSS das estações de referência e comunicar com os usuários, enviando-lhes as correções diferenciais. (AFONSO, 2006).

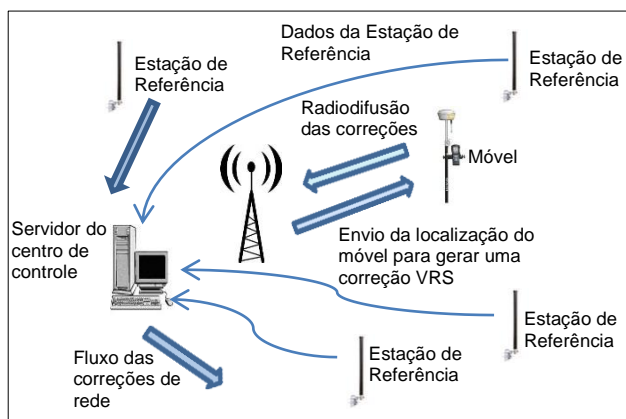


Figura 1 - Componentes do sistema e fluxo de dados (adaptado de TALBOT et. al., 2002).

O posicionamento RTK baseia-se na transmissão das medições puras da fase da portadora ou das correções diferenciais da fase da portadora. No primeiro caso, a estação móvel forma duplas diferenças de fase (DDF), já na segunda, adota-se uma abordagem similar ao posicionamento DGPS. O benefício do emprego das DDF em face das correções diferenciais de fase corresponde a uma modelagem mais apropriada ao levantamento, assim como da eliminação dos erros dos relógios, dos satélites e dos receptores, fornecendo precisão centimétrica em tempo real (PRADO E KRUEGER, 2003; RAMOS, 2007).

Para todo o sistema operar em condições ideais, é imprescindível um bom sistema de comunicações de dados entre as estações de referência GNSS e o centro de controle (*control server*), sendo uma baixa latência da rede um fator essencial para um rápido fluxo de dados (AFONSO, 2006). Considerando uma latência de 1 segundo, as duplas diferenças apresentam erros centimétricos (MONICO, 2008).

Segundo RAMOS (2007), o posicionamento relativo de precisão é alcançado a partir da fixação inicial das ambiguidades inteiras, isto é, a operação de inicialização. A partir daí, a estação móvel é capaz de calcular a pseudodistância por meio da fase da portadora acumulada. Contudo, caso haja alguma perda de sinal, o cálculo da pseudodistância sofrerá uma alteração de certo número de ciclos inteiros, sendo necessária nova inicialização.

RAMOS (2007) afirma que o enlace de dados entre a estação de referência e o móvel irá depender do volume de dados a ser transmitido, do número de satélites rastreados, tipo e formato dos dados, requisitos de integridade e confiabilidade, condições de operação, comprimento da linha de base (EL-MOWAFY, 2000). Além da taxa de atualização requerida na estação móvel. Atualmente, os canais de comunicação que atendem essas especificações são rádio, telefonia celular, internet e satélites geostacionários.

2.3 Acurácia e precisão em levantamentos RTK

De acordo com MONICO et al. (2009) em qualquer medida é verificado os mais diversos tipos de erros, quer sejam de caráter grosseiro, sistemático ou aleatório. Nas áreas de Ciências Geodésicas e Cartográficas comumente é encontrado o termo acurácia e precisão, que é de extrema importância na análise da qualidade de produtos cartográficos, geodésicos e os obtidos por imageamento, sendo tanto por fotogrametria quanto por sensoriamento remoto. O conceito do termo precisão está vinculado unicamente com os erros aleatórios enquanto o termo acurácia engloba tanto os erros aleatórios quanto sistemáticos. Fica evidenciado que para um conjunto de medidas que não apresenta efeitos sistemáticos, os valores de acurácia e precisão se confundem. Portanto, para as situações em que não há uma tendência, a acurácia se resume à medida da precisão.

A melhor forma de se fazer uma avaliação da acurácia é em termos de tendência e precisão (incerteza) possibilitando a diferenciação entre erros sistemáticos e aleatórios. MONICO et al. (2009) apresentam uma medida de acurácia dada pela Equação 1:

$$m^2 = \sigma_p^2 + b^2 \quad (1)$$

onde: σ_p^2 representa a dispersão das medidas (variância ou incerteza), b representa a tendência (discrepância), e m representa a acurácia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na Zona da Mata mineira, abrangendo os municípios de Viçosa e Coimbra, como ilustra a Figura 2, e está delimitada pelas coordenadas UTM N=7691688,975m e N=7702438,049m e E=721819,128m e E=728948,856m, fuso 23, Hemisfério Sul, e vinculadas ao sistema geodésico WGS 84 (World Geodetic System 1984).

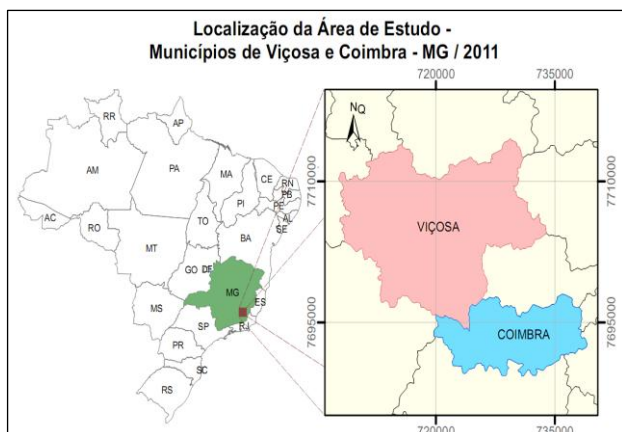


Figura 2 - Localização da área de estudo.

3.2 Metodologia

Neste estudo foram utilizadas dez estações teste e uma estação de referência (Estação LEA1) utilizada nos levantamentos cinemáticos em tempo real situada no Laboratório de Engenharia de Agrimensura, no campus da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG. As demais estações foram instaladas em pontos estratégicos nos municípios de Viçosa e Coimbra, com comprimentos da linha de base variando de 1 km a 13 km, conforme se observa na Figura 3.

Devido à inexistência de coordenadas de referência das estações teste, procedeu-se a ocupação das mesmas por meio de levantamentos estáticos, por um período de no mínimo 45 minutos de rastreamento e com uma taxa de gravação dos dados de 5 segundos. Tal procedimento foi efetuado utilizando o receptor GNSS de dupla frequência Leica 900 CS, com precisão horizontal de 5 mm + 0,5 ppm e vertical de 10 mm + 0,5 ppm, ambas precisões no

modo estático. Foi aplicado um ângulo de elevação (máscara de elevação) de 10°, de modo a minimizar as degradações devido à troposfera e ao multicaminhamento (PRADO e KRUEGER, 2003). Com os arquivos obtidos, realizou-se o pós-processamento empregando o software Ashtech Solution 2.60 e dados da RBMC VICO. É importante lembrar que, a exemplo de SILVA e CÂMARA (2005), não se realizou qualquer procedimento de exclusão de satélites, aumento de máscara de elevação ou mudanças de parâmetros do software de pós-processamento para buscar uma solução fixa. No levantamento RTK, as estações teste foram ocupadas, mantendo a antena GNSS estacionária, por um período de 10 minutos.

Na estação de referência instalou-se um receptor geodésico TechGeo GTR-G², com precisão horizontal de 5 mm + 0,5 ppm e vertical de 10 mm + 0,5 ppm, no modo estático. E precisão horizontal de 10 mm + 0,5 ppm e vertical de 20 mm + 0,5 ppm, no modo cinemático. O receptor GNSS foi responsável pela recepção dos sinais dos satélites GNSS, pelo cálculo das correções diferenciais e envio dessas correções no formato RTCM SC-104 versão 3.0 por meio de uma onda de rádio UHF. É importante frisar que no rádio transmissor foi selecionaram-se ondas de alto alcance para o envio dessas correções.

Desse processo resultaram arquivos de textos (*.TXT, *.RW5) contendo informações das estações como: coordenadas UTM, altitude elipsoidal, descrição do ponto, dentre outras. Assim para a transferência desses dados coletados em campo fez necessário o emprego do software SurvCom Carlson versão 1.41.

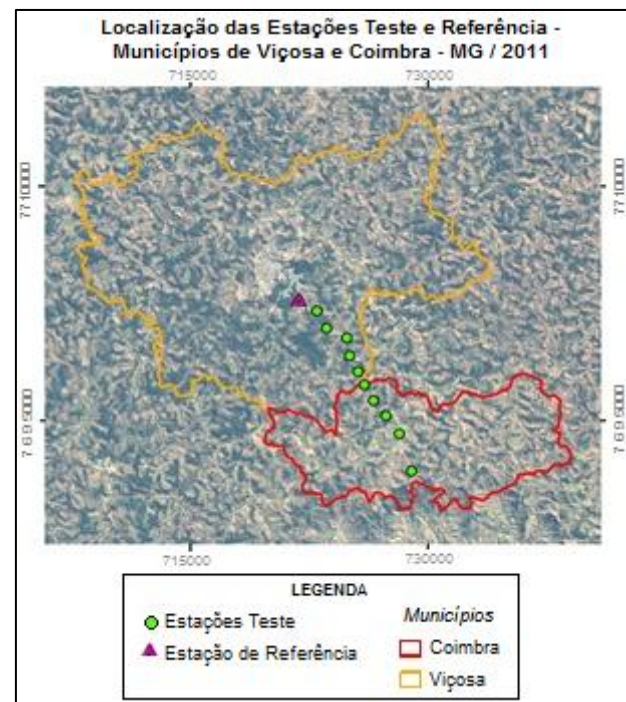


Figura 3: Localização das estações teste e de referência na área de estudo.

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

Feita a devida transferência das informações coletadas em campo pelo receptor geodésico TechGeo GTR-G² para o computador, e o processamento dos dados oriundos do GNSS Leica 900 CS, foram geradas duas tabelas constituídas pelas coordenadas UTM vinculadas ao sistema geodésico WGS 84, sendo utilizada a altitude elipsoidal como componente altimétrica, bem como dos respectivos desvios padrão associado a cada componente, provenientes dos levantamentos estáticos conforme a Tabela 1 e RTK conforme a Tabela 2. As coordenadas da estação LEA1, Tabela 1 passam a ser tomadas como referência, possibilitando a análise dos resultados obtidos com o levantamento RTK.

Tabela 1: Coordenadas tridimensionais e precisões do processamento estático.

| Estação | E (m) | σ_E (m) | N (m) | σ_N (m) | h (m) | σ_h (m) |
|---------|------------|----------------|-------------|----------------|---------|----------------|
| LEA1 | 721819,128 | 0,002 | 7702438,050 | 0,002 | 649,909 | 0,003 |
| LESA | 722949,545 | 0,004 | 7702027,422 | 0,004 | 671,781 | 0,007 |
| EDIT | 723628,368 | 0,005 | 7700894,111 | 0,006 | 685,269 | 0,010 |
| CRUZ1 | 724878,323 | 0,007 | 7700243,593 | 0,008 | 682,234 | 0,014 |
| CRUZ2 | 725041,708 | 0,009 | 7699071,377 | 0,010 | 694,662 | 0,018 |
| CRUZ3 | 725620,697 | 0,012 | 7698078,500 | 0,010 | 733,865 | 0,024 |
| CRUZ4 | 725990,144 | 0,011 | 7697259,873 | 0,013 | 739,553 | 0,022 |
| CRUZ5 | 726540,413 | 0,016 | 7696256,453 | 0,018 | 699,478 | 0,024 |
| CRUZ6 | 727183,715 | 0,020 | 7695425,384 | 0,020 | 703,774 | 0,027 |
| SERR | 728257,820 | 0,016 | 7694135,454 | 0,018 | 703,839 | 0,035 |
| COIM | 728948,856 | 0,022 | 7691688,975 | 0,020 | 716,243 | 0,041 |

Tabela 2: Coordenadas tridimensionais e precisões do levantamento RTK.

| Estação | E (m) | σ_E (m) | N (m) | σ_N (m) | h (m) | σ_h (m) |
|---------|------------|----------------|-------------|----------------|---------|----------------|
| LESA | 722949,544 | 0,004 | 7702027,451 | 0,004 | 671,774 | 0,015 |
| EDIT | 723628,391 | 0,006 | 7700894,078 | 0,005 | 685,284 | 0,014 |

A partir da análise dos dados da Tabela 1, é possível verificar que, em virtude do alcance do link de comunicação (rádio) e obstruções do sinal em função da topografia acidentada da região de estudo, como ilustra a Figura 4, entre a estação de referência e o receptor móvel não foi possível realizar a ocupação das estações teste CRUZ1, CRUZ2, CRUZ3, CRUZ4, CRUZ5, CRUZ6, SERR e COIM pela técnica RTK. Para a confecção do perfil topográfico da área de estudo utilizou-se o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) versão 4, vinculado ao datum horizontal WGS84 e ao datum vertical EGM96 (Earth Gravitational Model 1996).

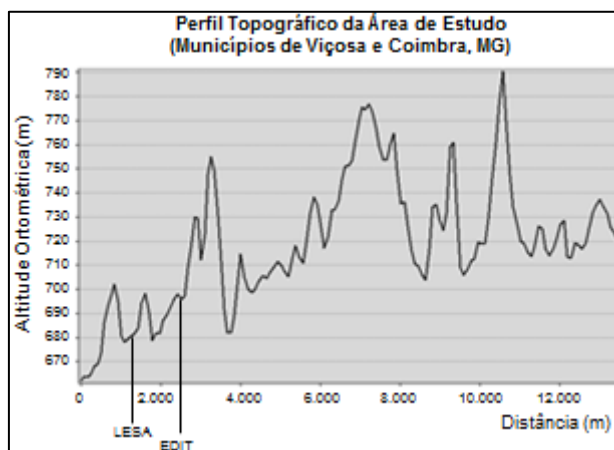


Figura 4: Perfil topográfico da área de estudo.

Na Tabela 3 são apresentados alguns fatores que exercem influência na qualidade dos posicionamentos GNSS.

Tabela 3: Fatores determinantes na qualidade dos posicionamentos.

| Estação | Comprimento da Linha Base (m) | Latência (s) | Número de Satélites | | PDOP | |
|---------|-------------------------------|--------------|---------------------|----------|---------------|----------|
| | | Lev. RTK | Lev. Estático | Lev. RTK | Lev. Estático | Lev. RTK |
| LESA | 1202,688 | 1,2 | 8 | 15 | 1,300 | 1,613 |
| EDIT | 2378,465 | 2,5 | 7 | 14 | 1,400 | 1,580 |

Ao se realizar uma análise da Tabela 3, nota-se que o levantamento RTK abrangiu um maior número de satélites “visíveis”, o que não garantiu uma maior probabilidade de se obter um menor PDOP em função de uma melhor geometria dos satélites. Em ambos os tipos de levantamento, os valores do PDOP das estações LEA1 e EDIT apresentaram valores abaixo de 1,7, sendo satisfatórios para tais posicionamentos.

Ainda em relação à Tabela 3, tem-se que no processamento em tempo real, as correções devem ser enviadas para o receptor móvel com suas respectivas variações, já que existe uma latência. Assim se as correções forem aplicadas à pseudodistância da estação móvel, com uma latência de até 10 segundos para o link de comunicação via rádio, os erros comuns às duas estações serão praticamente eliminados, o que acontece nas duas estações analisadas, onde os valores das latências são inferiores ou iguais a 2,5 segundos.

É importante salientar que ocorreu a resolução da ambiguidade tanto no levantamento estático quanto no levantamento RTK para as estações LEA1 e EDIT.

Em seguida, procedeu-se ao cálculo das discrepâncias das componentes Este e Norte das coordenadas UTM, além da altitude elipsoidal, bem como da resultante planimétrica para cada estação teste. A discrepância foi calculada pela diferença absoluta entre as coordenadas obtidas no levantamento RTK com o levantamento estático. Em seguida, com esses valores calculados confeccionou-se a Tabela 4.

Tabela 4: Discrepâncias em relação aos tipos de levantamento.

| Discrepância (m) - Levantamento Estático x Levantamento RTK | | | | |
|---|----------------|----------------|-----------------------------|----------------|
| Linha de Base (km) | ΔE (m) | ΔN (m) | Resultante Planimétrica (m) | Δh (m) |
| 1,2 | 0,001 | 0,029 | 0,029 | 0,007 |
| 2,4 | 0,023 | 0,033 | 0,040 | 0,015 |

Analisando a Tabela 4, verifica-se que a discrepância da componente Norte não sofreu grande variação ao longo da linha de base, o que não aconteceu para a componente Este, que apresentou a maior variação (0,001 m – 0,023 m) dentre as componentes estudadas. Observou-se que a componente da resultante planimétrica teve a maior magnitude e que a mesma apresentou um valor de discrepância muito próximo da componente Norte para a linha de base de 1,2 km. Ainda constou-se que as discrepâncias das componentes Este, Norte e da resultante planimétrica são crescentes para a linha de base de 2,4 km.

Abaixo, na Tabela 5, é apresentada a precisão das componentes das coordenadas UTM em função da linha de base para os levantamentos estático e RTK.

Tabela 5: Precisão das componentes Este, Norte e Altitude Elipsoidal em função da linha de base.

| Linha de Base (km) | σ_E (m) | | σ_N (m) | | σ_h (m) | |
|--------------------|----------------|----------|----------------|----------|----------------|----------|
| | Lev. Estático | Lev. RTK | Lev. Estático | Lev. RTK | Lev. Estático | Lev. RTK |
| 1,2 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,007 | 0,015 |
| 2,4 | 0,005 | 0,006 | 0,006 | 0,005 | 0,010 | 0,014 |

Primeiramente, procedeu-se uma análise visual, na Tabela 5, da precisão da componente Este em função da linha de base para os levantamentos estáticos e RTK. Desse modo, nota-se que, para a linha de base igual a 1,2 km, a precisão da componente, 0,004 m, possui o mesmo valor nos dois tipos de levantamento. Além disso, para a linha de base de 2,4 km o levantamento estático proporcionou uma precisão de 0,004 m enquanto o levantamento RTK 0,006 m. Pode-se inferir também, como esperado, que com o aumento do comprimento da linha de base ocorreu uma degradação da precisão nos dois tipos de levantamentos, evidenciando um decréscimo na precisão do levantamento RTK. Conforme mencionado anteriormente, isso ocorre devido a diversos fatores, como o aumento do tempo de fixação das ambiguidades, latência do sistema e limitação do alcance do enlace de comunicação.

Para a componente Norte, semelhante ao que ocorre para a Este, a linha de base de 1,2 km possui o mesmo valor de precisão, 0,004 m, nos dois tipos de levantamento. Mas, para linha de base de 2,4 km o levantamento RTK obteve uma precisão de 0,005 enquanto o levantamento estático 0,006 m. Ainda constata-se que o comportamento da precisão com o aumento da linha de base seguiu a mesma tendência que a

componente Este, ou seja, houve um decréscimo da precisão.

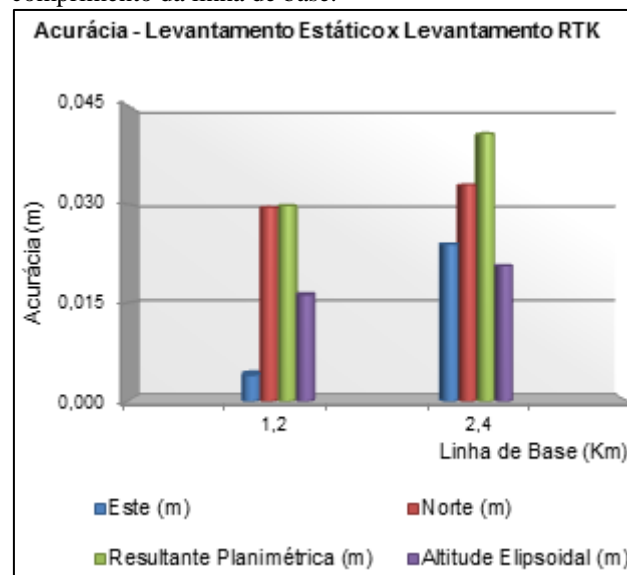
Na componente da Altitude Elipsoidal, a precisão no levantamento estático sofreu uma degradação com o aumento do comprimento da linha de base. É interessante notar que, para o levantamento RTK, a precisão da componente altimétrica teve uma melhoria em seu valor com o aumento da linha de base. O que pode ter sido originado a partir de alguma falha no envio das correções em tempo real.

A análise da acurácia em função do comprimento da linha de base foi realizada através dos valores de discrepância calculados na Tabela 4, e dos valores de precisão advindos do levantamento estático e RTK presentes na Tabelas 5, aplicados na Equação 1. Assim confeccionou-se a Tabela 6, bem como o Gráfico 1, que tratam do comportamento da acurácia em função do comprimento da linha de base. Vale ressaltar que os usos das coordenadas do posicionamento relativo estático passam a ser consideradas como absolutas (fixas) após o processamento, para assim proceder a comparação entre essas e as oriundas do levantamento RTK.

Tabela 6: Comportamento da acurácia em função do comprimento da linha de base.

| Acurácia (m) - Levantamento Estático x Levantamento RTK | | | | |
|---|-----------|-----------|---------------------------------|-----------|
| Linha de Base (km) | m_E (m) | m_N (m) | m Resultante Planimétrica (m) | m_h (m) |
| 1,2 | 0,004 | 0,030 | 0,030 | 0,016 |
| 2,4 | 0,024 | 0,033 | 0,041 | 0,021 |

Gráfico 1: Comportamento da acurácia em função do comprimento da linha de base.



Em análise ao Gráfico 1 verifica-se que a componente Este para a linha de base de 1,2 km é a mais acurada em relação às demais apresentadas no mesmo. Já a componente da resultante planimétrica para a linha de base de 2,4 km foi o dado que teve a maior magnitude, ou

seja, o menos acurado dos dados estudados. Observou-se que para a linha de base de 1,2 km a componente da resultante planimétrica apresentou um valor de acurácia praticamente igual ao da componente Norte. Ainda constatou-se que com o aumento do comprimento da linha de base as componentes das coordenadas sofreram certa degradação posicional.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Para a técnica RTK, constatou-se que a relação entre a degradação posicional e o aumento do comprimento da linha de base ficou mais evidente nas componentes Este e Norte das coordenadas UTM. Uma vez que para a componente altimétrica ocorreu um acréscimo da precisão com o aumento do comprimento da linha de base, o que pode ter sido proporcionado a partir de alguma falha no envio das correções em tempo real, entre a estação de referência e o receptor móvel.

Baseado na abordagem metodológica aqui empregada pode-se concluir que a não ocupação das estações teste CRUZ1, CRUZ2, CRUZ3, CRUZ4, CRUZ5, CRUZ6, SERR e COIM pela técnica RTK, foi impossibilitada devido às restrições do *link* de comunicações. O volume de dados a serem transmitidos ao receptor móvel requer uma maior largura de banda, do que, por exemplo, no método DGPS. Isso limita o emprego de frequências de rádio às faixas do VHF/UHF, cujo alcance máximo é de poucas dezenas de quilômetros. Uma solução para esse problema é a possibilidade de transmissão via internet, superando as limitações de largura de banda dos *links* de rádio. Outra alternativa seria situar a estação de referência em um ponto de maior altitude para atenuar a obstrução do sinal entre a estação de referência e as demais estações teste, provocada pelo relevo acidentado da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, A. J.G. **Implementação de uma Rede de Estações de Referência GPS para Posicionamento em Tempo Real**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica e Geoinformática), Departamento de Matemática, Universidade de Lisboa. Lisboa, 2006.

EL-MOWAFY, A. **Performance analysis of the RTK technique in an urban environment**. The Australian Surveyor, v. 45, n° 1. p. 47-54. Sydney, 2000.

HOFMANN-WELLENHOF, B.; LICHTENEGGER, J.; COLLINS, J. **GPS: Theory and Practice**. Springer Verlag Wien, 3rd Ed. 326p. New York, 1994.

MONICO, J. F. G.; PÓZ, A. P. D.; GALO, M.; SANTOS, M. C.; OLIVEIRA, L. C. **Acurácia e precisão: revendo os conceitos de forma acurada**. Bol. Ciênc. Geod., sec. Comunicações, Curitiba, v. 15, no 3, p.469-483, jul-set, 2009.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS – Descrição, fundamentos e aplicações**. 2ª ed., 476 p. Presidente Prudente: Editora UNESP, 2008.

PRADO, A.; KRUEGER, C. P. **Análise da acurácia nos posicionamentos diferenciais aplicando as técnicas DGPS e RTK**. Revista Brasileira de Cartografia N° 55/01, Julho 2003.

RAMOS, A. M. **Aplicação, investigação e análise da metodologia de reduções batimétricas através do método GPS diferencial preciso**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas), Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007.

SILVA, L. H. S.; CÂMARA, M. J. C. **Avaliação da acurácia das coordenadas pós-processadas com dados rinex obtidos por meio de um receptor GPS de navegação**. Monografia (ESPECIALIZAÇÃO EM GEORREFERENCIAMENTO DE LIMITES RURAIS COM GPS). UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO. Campo Grande, 2005.

TALBOT, N., G. LU, AND T. ALLISON. **“Broadcast Network RTK – Transmission standards and results.” Proceedings of The Institute of Navigation GPS 2002**, pp. 2379- 2387. Portland, September 24-27, 2002.