

Medição de Área georreferenciada com Precisão usando diferentes Métodos e Equipamentos

Valdecir Ferrari
Adriane Brill Thum

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
Curso de Especialização em Informações Espaciais Georreferenciadas
Ciências Exatas e Tecnológicas
93022-000 São Leopoldo RS
beigrupo@beigrupo.com
adrianebt@unisinis.br

Resumo: Com a finalidade de avaliar os equipamentos em medições precisas de áreas rurais georreferenciadas, foram medidas duas áreas com aproximadamente dois hectares de características diferentes, com os equipamentos GNSS/ RTK, além dos equipamentos foram testados os métodos de pós-processamento com efemérides e sem efemérides e ainda foram efetuadas avaliações com os pontos navegados e por PPP. Testou-se a interação do GNSS com a Estação Total, com os métodos de poligonal fechada apoiada em dois pontos e enquadrada em quatro pontos. Avaliou-se a diferença da área aproximada que ocorre no Plano Topográfico Local para UTM, nos municípios de Carlos Barbosa e Garibaldi no Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos trouxeram dados para avaliações futuras, são fundamentais outros trabalhos similares a fim de comparar resultados e extrair conclusões definitivas. Uma delas é com respeito à Estação Total, pois tanto na poligonal fechada como na enquadrada consorciada com o GNSS, obteve-se dados de qualidade em posicionamento georreferenciado, com vantagens da poligonal fechada em relação à enquadrada na avaliação da precisão do levantamento.

Palavras chaves: medição de área georreferenciada com precisão usando métodos e equipamentos diferentes.

Abstract: In order to evaluate the equipment for accurate measurements of georeferenced rural areas, two areas were measured with approximately two acres of different features, with the equipment GNSS / RTK, and the equipment was tested methods of post processing with and without ephemeris ephemeris and further assessments were made with sections navigated and PPP. We tested whether the interaction with the GNSS Total Station, with the methods of closed polygonal supported at two points and framed by four points. We evaluated the difference of the approximate area that occurs in the Topographical Location to UTM in the cities of Garibaldi and Carlos Barbosa in Rio Grande do Sul. The results brought data for future evaluations, other similar works are essential in order to compare results and to draw definitive conclusions. One is with respect to the total station, as well as in the closed polygonal framed intercropped with GNSS, we obtained data quality geo-referenced position, with the advantages of closed polygonal framed in relation to the assessment of the accuracy of the survey.

1 Introdução

Com o objetivo de avaliar equipamentos e métodos foi realizada a medição de duas áreas na Serra Gaúcha, mais precisamente nos municípios de Garibaldi e Carlos Barbosa com aproximadamente dois hectares cada. As medições foram executadas utilizando aparelhos GNSS, RTK e Estação Total. No uso dos aparelhos GNSS e RTK, foram utilizados os métodos de processamento diferentes, ou seja, utilizou-se o pós-processamento da base por triangulação com a rede RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), antenas de Santa Maria e Porto Alegre, com efemérides precisas e sem efemérides precisas, definiu-se a base também pelos métodos de PPP preciso e por fim se efetuou os cálculos de posicionamento GNSS de forma navegada, o mesmo foi feito com o RTK. Com a Estação Total foram

feitas as medições das duas áreas utilizando o método de poligonal fechada, amarrada em dois pontos de coordenadas conhecidas e também pelo método de enquadramento em quatro pontos de coordenadas conhecidas. Ambos os métodos utilizaram pontos de coordenadas conhecidas, definidas por GNSS pós-processado, usando o método de triangulação com efemérides precisas. Também se efetuou o cálculo das áreas utilizando dois softwares, a fim de comparar os resultados.

As duas áreas foram escolhidas com o objetivo de realmente testar os equipamentos e métodos, a área do Levantamento A é praticamente limpa de vegetação e com declividade mínima, já o Levantamento B foi realizado em uma área bem dobrada e com bastante cobertura vegetal, retratando a realidade da região.

O trabalho também trouxe informações importantes quanto à redução da área quando comparados os métodos de medição em plano topográfico Local e em coordenadas UTM, as áreas medidas se encontram numa área de redução alta em termos de UTM, por estar próximo ao meio do fuso e também tem uma redução pela altitude da região.

2 Objetivos

Este artigo tem por finalidade demonstrar o nível de qualidade nas medições georreferenciadas com o uso de diferentes equipamentos e métodos em áreas pequenas da Serra Gaucha, além de apresentar a diferença da área aproximada que ocorre no Plano Topográfico Local para UTM nos municípios de Carlos Barbosa e Garibaldi.

3 Revisão Bibliográfica

O GNSS (Global Navigation Satellite System) abrange os principais sistemas de radio navegação baseado em satélites artificiais. É composto pelos sistemas GPS (norte-americano), GLONASS (russo) e, mais recentemente, o Galileu (europeu) e o Compass (Chinês). O Navigation System With Time And Ranging/Global Positioning System - NAVSTAR-GPS, ou apenas GPS – é um sistema de radio navegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos – Dod (*Department of Defense*), vindo a ser, o principal sistema de navegação das Forças Armadas norte-americanas. O sistema obteve um rápido crescimento em aplicabilidade e popularidade no uso em posicionamento e em navegação. Posteriormente, outros sistemas de navegação baseados em satélites artificiais foram desenvolvidos. O sistema GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikowaya Sistema*) foi concebido ainda em 1970, na então União Soviética. Da mesma forma que o GPS, o GLONASS é um sistema militar. No final da década de 1990 a União Européia, através da ESA (*European Space Agency*) iniciou um projeto para desenvolver, também, o seu próprio sistema GNSS. Denominado Galileu, o sistema foi projetado para ser um sistema aberto, com controle civil, compatível com o GPS (MONICO, 2008). No entanto até o momento poucos satélites estão no espaço. Quanto ao Compass, é um sistema que está sendo desenvolvido pela China, porém, ainda está restrito.

O GPS é caracterizado pela constelação de satélites, os quais enviam ininterruptamente sinais codificados para a Terra. Os satélites estão distribuídos ao longo da superfície terrestre em seis planos distintos onde formam um ângulo de 55° com o plano do Equador. Esta angulação permite a visualização de pelo menos quatro satélites acima da linha do horizonte, fundamental para eliminação de erros. O segmento de controle é caracterizado pelas estações localizadas em terra. As estações terrestres são responsáveis pelo gerenciamento dos satélites, bem como a correção do sinal. Os segmentos de controle são estruturados com estações terrestres de apoio instaladas próximas a linha do Equador. O segmento dos usuários é caracterizado pelos receptores GPS onde, os mesmos podem apresentar três categorias: receptores de navegação, receptores topográficos e receptores geodésicos (MONICO, 2008).

Os receptores GNSS, apesar de cada vez apresentarem melhor receptividade de sinal, ainda recebem sinais com informações que não correspondem à realidade. Os erros ocorridos são proporcionados pela deflexão do sinal do GNSS; freqüentemente enfrentado pelos usuários do sistema, sendo que para a correção dos mesmos faz-se uso de um cálculo matemático conhecido como trilateração, ou seja, o sinal de três satélites é usado para correção do erro gerado por interferência atmosférica e baixa precisão do relógio do receptor. Para resolver o problema os dados de um quarto satélite são acrescentados para eliminar a imprecisão e tornar as informações coletadas confiáveis e precisas do ponto de vista científico. Ainda são encontradas outras fontes de erro como, o multi-caminhamento ou multi-trajeto, é o erro causado pela recepção de mais de um sinal proveniente da mesma fonte e não é facilmente detectável,

pois depende da zona de recepção do sinal. Esses sinais são rebatidos pelos obstáculos e sofrem reflexão além do retardo do tempo. O que modifica a informação a ser processada pelos softwares. Apesar de considerável apenas afeta medições de alta precisão, sendo sua magnitude de 50m.

Existe outra técnica associada ao GNSS que é a técnica Real Time Kinematic (RTK) vem sendo cada vez mais utilizada no Brasil. O posicionamento por esta técnica vem sendo aos poucos incorporado nas atividades que envolvem levantamentos topográficos e outros. O princípio básico de funcionamento da técnica RTK é simples, alia a tecnologia de navegação por satélites a um rádio-modem ou a um telefone GSM para obter correções instantâneas e transmiti-las. Consiste no posicionamento em tempo real de uma estação móvel a partir das correções diferenciais geradas em uma estação base. A acurácia alcançada é centimétrica, segundo LEICA (2007). A estação base retransmite à unidade móvel a fase da portadora que foi rastreada, e as unidades móveis comparam sua própria fase da portadora rastreada com a recebida da estação de referência. Isto permite que as estações móveis calculem suas posições relativas com precisão centimétrica, ao mesmo tempo em que suas posições absolutas são relacionadas com as coordenadas da estação base. Segundo PRADO & KRÜEGER (2001) a ocupação de uma estação de coordenadas conhecidas (estação base) possibilitará a quantificação dos erros inerentes ao posicionamento absoluto. Estes erros transmitidos à estação móvel como correções, designadas comumente por “correções diferenciais”, serão utilizadas para posicioná-la relativamente à estação de referência em tempo real. Esta técnica exige a disponibilidade de pelo menos uma estação de referência, com as coordenadas conhecidas, dotada de um receptor GNSS e um rádio modem transmissor. À medida que aumenta a distância entre as duas estações, móvel e base, os dados são degradados. Este fato ocorre porque para uma distância menor que 10 km entre as estações móvel e a base, a constelação de satélites rastreada é a mesma e os erros provenientes do relógio dos satélites, das efemérides bem como da refração atmosférica são correlacionados. Segundo RAMOS & KRÜEGER (2006) ambas as estações devem rastrear pelo menos cinco satélites, para se ter uma boa solução das ambigüidades. As correções diferenciais, nesta técnica de levantamento, são transmitidas para a estação móvel através de ondas de rádios transmissores que normalmente operam nas faixas de frequência VHF/UHF. O formato das correções diferenciais é definido pela Radio Technical Committee for Maritime Service (RTCM). Outros equipamentos transmissores também podem ser utilizados, tais como, telefones celulares. Atualmente existem equipamentos que permitem trabalhos num raio maior que 10 km, quando as condições topográficas são favoráveis.

Para Transporte de coordenadas por pós-processamento podemos usar diferentes métodos de processamento, com efemérides transmitidas, precisas e por PPP. Segundo Monico (2008), as transmitidas, são dados que estão contidos nos satélites sem sofrer correções pelas estações bases terrestres, enquanto que as precisas são corrigidas de diferentes formas pelas informações das estações bases terrestres, existe mais de um tipo de efemérides precisas, porém a melhor é a chamada efemérides precisas final que se obtém após 12 a 13 dias do levantamento de campo. As efemérides são controladas pela DMA – Defense Mapping Agency e distribuídos por órgãos governamentais, como IGS, International Geodynamics GPS Service. O Brasil está integrado a rede IGS através da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) e os dados podem ser obtidos através da internet. O PPP, Posicionamento por Ponto Preciso, controlado pela CSRS, Canadian Spatial Reference System, este é disponibilizado na internet após 12 a 15 dias do levantamento de campo, é só enviar os dados brutos do levantamento de campo e o centro processa as orbitas precisas e o relógio dos satélites, eliminando a necessidade do segundo equipamento para correção diferencial.

A medição de área georreferenciada sem duvida nenhuma é o caminho correto, o questionamento é de que forma e como devemos fazer estas medições. Na sociedade existe a falsa ilusão que medição por satélite é sinônimo de qualidade e garantia de estar certo, não se conhece realmente as grandes diferenças das formas e da precisão que estas medições podem ser obtidas. Temos ainda o setor publico usando diferentes DATUMS de Georreferenciamento, criando uma verdadeira Torre de babel, felizmente neste caso estamos vendo uma luz no fim do Túnel que é a definição do Datum Horizontal Sirgas 2000 (S, 2000) – IBGE – Brasil. Sistema de coordenadas plano retangulares UTM (Universal Transversa de Mercator). Superfície de referência: Elipsóide do Sistema Geodésico de Referência de 1980 (Geodetic Reference System 1980 – GRS80). Semi – eixo maior: 6378137 metros, achatamento: 1/298, 257222101. Sistema oficial do IBGE e que todos os setores públicos brasileiros deverão passar a usar nos próximos anos.

Sabemos e não temos duvidas que o uso da topografia clássica com equipamentos modernos como a Estação Total nos permite medirmos uma área com relativa precisão, pois ela é uma evolução dos teodolitos cuja aplicação é a leitura de distâncias e ângulos. Este instrumento nada mais é que a junção do teodolito eletrônico (medida angular), o distanciômetro eletrônico (medida linear) e um processador matemático associado. Além de ser claramente mais vantajosa que um teodolito; possibilita a entrada de

dados em softwares de processamento; permite a correção de dados ainda no equipamento.

Diante dos problemas que envolvem o trabalho de campo é necessário o uso integrado de sistemas de posicionamento que segundo Monico (2008), essa integração irá revolucionar ainda mais todas as atividades que necessitem de posicionamento georreferenciado. Sendo assim, podem existir casos em que há necessidade de integrar informações obtidas com GNSS e equipamentos como Estação Total para o levantamento dos dados.

Além de todos os equipamentos é necessária a utilização de softwares especiais para trabalhar os diversos dados, a integração de todas as informações coletadas por estes equipamentos é impossível de ser feita de forma ágil e precisa sem o domínio de mais de um software específico.

4 Desenvolvimento

4.1 Descrições dos Equipamentos e Softwares Utilizados

Os equipamentos utilizados foram todos do mesmo Fabricante, Leica. A Estação Total Utilizada foi a TS 02 com precisão angular de 7 segundos e leitura em segundos, a precisão Linear é de 1,5 mm, mais 2 ppm. O aparelho GNSS é o par medidor modelo Leica Viva GS15 L1/L2 Pós-Processado e RTK composto de dois receptores GS15, uma coletora de dados CS15. A capacidade de rastreamento é de até 60 satélites simultaneamente, rastreia todos os sinais da constelação GPS (Código e Fase L1, L2, L2C e preparado para L5) e Glonass (código e Fase L1 e L2) e está preparado para o sistema Galileo e Compass, através de atualizações via software sem alteração de hardware. Permite levantamentos RTK e Pós-Processados nos modos Estático, Estático Rápido e Cinemático. A precisão possível é de 3 mm + 0,5ppm (horizontal), 6mm + 0,5ppm (vertical) para ocupações no modo Estático, 5mm + 0,5ppm (horizontal), 10mm + 0,5ppm (vertical) no modo Estático rápido, 10mm + 1ppm (horizontal), 20mm + 1ppm (vertical) no modo Cinemático e precisão típica de 25 cm para posicionamento em código diferencial DGNSS. Os Softwares utilizados foram o Posição 3.4.1.5, aonde se descarregou os dados da Estação e se calculou direto as coordenadas UTM e o TopoEVN 6.5.1.2 para converter as coordenadas UTM em Plano Topográfico Local, além de calcular as áreas nos dois sistemas. Para o processamento dos dados do GNSS e o RTK foi utilizado o Geo Office 7. No aparelho GNSS foram utilizados no rastreamento apenas sinais da constelação de satélites GPS. Todos os equipamentos estavam aferidos e em perfeita condição de uso bem como os Softwares e os computadores utilizados.

4.2 Descrições da Metodologia utilizada nos Levantamentos

Os dois Levantamentos foram realizados em áreas de aproximadamente dois hectares, de forma quase que retangular. A área A com quatro vértices, uma base e mais três pontos para enquadramento, além da Base. A área B com cinco vértices, um base e três pontos para enquadramento, além da Base. A Base e os pontos de enquadramento foram selecionados próximos as glebas levantadas, em local de bom funcionamento para o GNSS e RTK. O processamento das Bases e conseqüentemente dos pontos foi realizado com Base Navegada, com Base Triangulada, com as antenas de Santa Maria e Porto Alegre, utilizando-se os métodos de triangulação sem efemérides e com efemérides precisas, determinou-se também o posicionamento por PPP preciso, todas essas formas de calcular a posição dos pontos foi aplicada ao Pós-Processamento e ao RTK. A Base foi determinada em duas seções em dias diferentes, com tempo superior a 4 horas e foi escolhida a base de melhor qualidade para determinar os demais pontos. Os pontos de enquadramento (Pt) e os vértices (m) foram obtidos através do modo estático. Para fins de Pós-Processamento coletaram-se os pontos (Pt) com o tempo de rastreamento de 20 minutos no Levantamento A e B, os vértices (m) foram coletados com o tempo de 20 minutos no Levantamento A e 30 minutos no Levantamento B, pois as condições no Levantamento B não eram favoráveis. Com o RTK procedeu-se a coleta de dados de forma estática, porém de duas maneiras, com tempo de 20 a 30 segundos e por precisão (o aparelho avisava quando atingia determinada precisão), porém o método estático por precisão só foi usado nos vértices e pontos que permitiam atingir uma precisão de dois cm, isto ocorreu em todos os pontos do Levantamento A, já no Levantamento B, somente os pontos (Pt) atingiram a precisão determinada. A fixação da Base foi realizada com Tripé parecido com o utilizado na Estação Total, e a antena transmissora do RTK, foi anexada junto a Base, enquanto a Base coletava os dados foi feito o levantamento com o RTK e o Pós-Processado dos pontos e vértices, utilizando um bastão de 1,80 metros de altura, com variação para 2 metros e o mesmo era posicionado sobre o ponto com um tripé, este tripé permitia apurar os aparelhos, evitando erros grosseiros, poderia ter sido utilizado um bastão de maior altura para melhorar o sinal, no entanto como o interesse do trabalho é precisão, uma

maior altura do bastão, tipo 8 metros, melhoraria o sinal GPS e RTK, porém teríamos imprecisão na colocação do bastão pela altura, a taxa de gravação dos sinais recebidos pelos satélites pelo receptor GNSS foi de 1 segundo e a máscara de elevação 15 Graus.

O Levantamento com a Estação Total foi realizado utilizando o método de poligonal fechada apoiada em dois pontos de saída e chegada de coordenadas conhecidas e a poligonal enquadrada com saída em dois pontos de coordenadas conhecidas e chegada em outros dois pontos de coordenadas conhecidas, estas coordenadas foram determinadas através do Pós-Processamento com Triangulação, usando efemérides Precisas. No Levantamento A, na poligonal fechada foram utilizadas nove estações e na enquadrada sete estações e os vértices todos foram irradiados, a precisão na fechada foi de 1/ 21.006 na Linear, 6 segundos na angular e na altimétrica foi de 0,038 m, já na enquadrada a precisão linear foi de 1/ 8.909, há angular 1 minuto e 43 segundos e na altimétrica foi de 0,051 m. No Levantamento B na poligonal fechada teve-se 14 estações e na enquadrada também 14 estações e os vértices foram irradiados, a precisão na fechada foi de 1/ 21.333 na Linear, 13 segundos na angular e na altimétrica foi de 0,049 m, já na enquadrada a precisão linear foi de 1/ 10.892, há angular 1 minuto e 22 segundos e na altimétrica foi de 0,017 m. Os resultados de fechamento nos Levantamento com a Estação Total, foram bons na poligonal fechada, porém na enquadrada o fechamento angular ficou fora dos padrões de qualidade, no entanto repetimos mais de uma vez os mesmos levantamentos e todos ficaram próximos a esta qualidade, o que nos leva a crer que as coordenadas dos pontos de enquadramento tenham certa diferença, que somada leva a este erro maior, principalmente angular. O prisma utilizado foi um simples com bastão de 1,5 m a 2,40 m, somente algumas visadas foram feitas com altura superior a 1,5 m. A fixação do prisma nos pontos foi executada com tripé aprumado, todos os pontos levantados com a estação, tanto da poligonal como os irradiados foram feitos com uma seção de visada direta e indireta, tanto para a vante, como para a ré.

4.3 Descrições da área e do Levantamento A

A área de terras do levantamento A, foi escolhida com o propósito de que todos os equipamentos utilizados para o levantamento pudessem funcionar com uma boa precisão, para isso definiu-se uma área de aproximadamente dois hectares com quatro vértices, com diferença de cotas inferiores a 8 m entre os vértices e os pontos de enquadramento. O terreno apresentava condições boas para a recepção dos sinais GNSS e também do sinal RTK, havia pouca cobertura vegetal que se resumia a alguns pinheiros que ficaram afastados dos pontos trabalhados. Os vértices formaram um retângulo praticamente perfeito e foram escolhidos e medidos primeiramente com Estação Total, fazendo um caminhamento com quatro estações diretas nos quatro vértices, pois os pontos eram intervisíveis. A materialização dos vértices foi realizada com piquetes de madeira com um prego no centro. A Base foi materializada num marco, modelo de concreto triangular conforme norma do INCRA, na Coordenada Oficial em 2000.4 no Sistema de Referência Sirgas em Latitude $-29^{\circ} 13' 47,1298''$, Longitude $-51^{\circ} 31' 35,2653''$ e Altitude Geométrica 713,08m, fora da gleba medida, a uma distância máxima dos vértices de 181,80m e mínima de 57,14m, o ponto utilizado para enquadramento com a base ficou a 48,16 m da base, os outros dois pontos ficaram a uma distância entre eles de 44,72 m e a uma distância máxima dos vértices de 234,88 m e mínima de 14,70 m. Os três pontos para enquadramento, além da base, foram materializados com piquetes iguais aos vértices. As medidas acima foram extraídas do levantamento em UTM, SIRGAS 2000.

4.4 Croqui do levantamento A

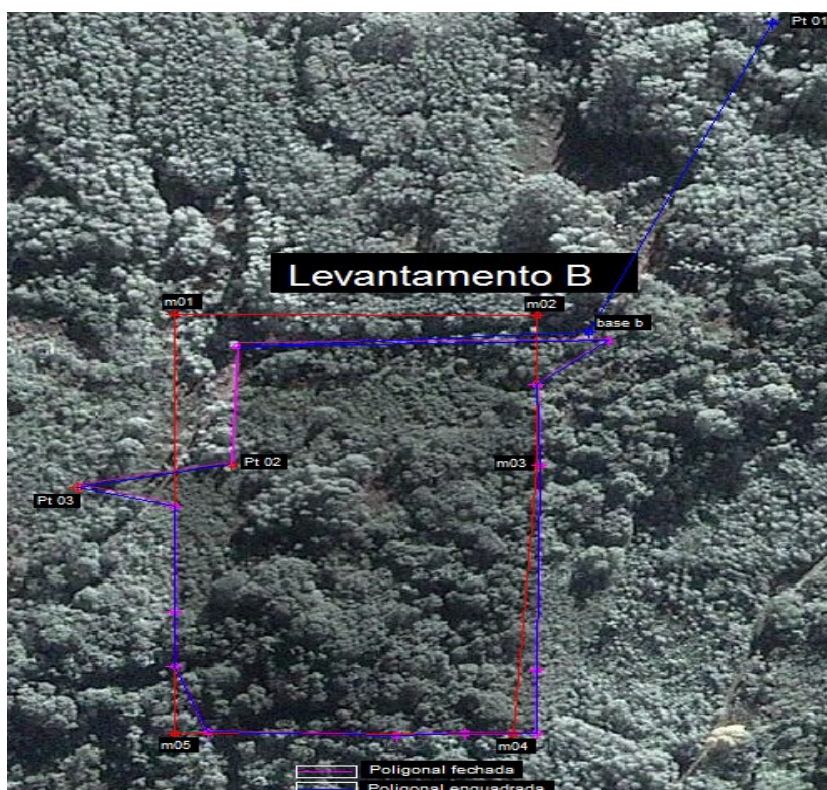


Fonte: Google: Imagem de 07/05/2005.

4.5 Descrições da área e do Levantamento B

A área de terras do levantamento B foi escolhida com o propósito de retratar as características da maioria das áreas da Serra Gaúcha, para isso definiu-se uma área de aproximadamente dois hectares com cinco vértices, com diferença de cotas aproximada de 51 metros entre os vértices e os pontos de enquadramento. O terreno apresenta condições regulares e ruins para a recepção dos sinais GNSS e também do sinal RTK, havia cobertura vegetal de plantas nativas secundárias e de acácia e eucaliptos próximo aos vértices trabalhados, além de acidentes geográficos naturais. Os vértices formam uma figura parecida com um retângulo, a área tinha sido medida, com Estação Total anteriormente, para fins de divisão de área, a materialização dos vértices já existia com marcos de concreto piramidal, conforme Norma do INCRA. A Base foi materializada num piquete de madeira, na Coordenada Oficial em 2000.4, no Sistema de Referência Sirgas em Latitude $-29^{\circ} 20' 33,3199''$, Longitude $-51^{\circ} 37' 33,9356''$ e Altitude Geométrica 630,25 m, fora da gleba medida a uma distância máxima dos vértices de 214,55 m e mínima de 17,16 m, o ponto utilizado para enquadramento com a base ficou a 125,90 m da base, os outros dois pontos ficaram a uma distância entre eles de 47,85 m e a uma distância máxima dos vértices de 357,36 m e mínima de 67,42 m. Os três pontos para enquadramento além da base foram materializados com piquetes iguais aos da Base. As medidas acima foram extraídas do Levantamento B, em coordenadas UTM, SIRGAS 2000.

4.6 Croqui do levantamento B



Fonte: Google: Imagem de 21/05/2009.

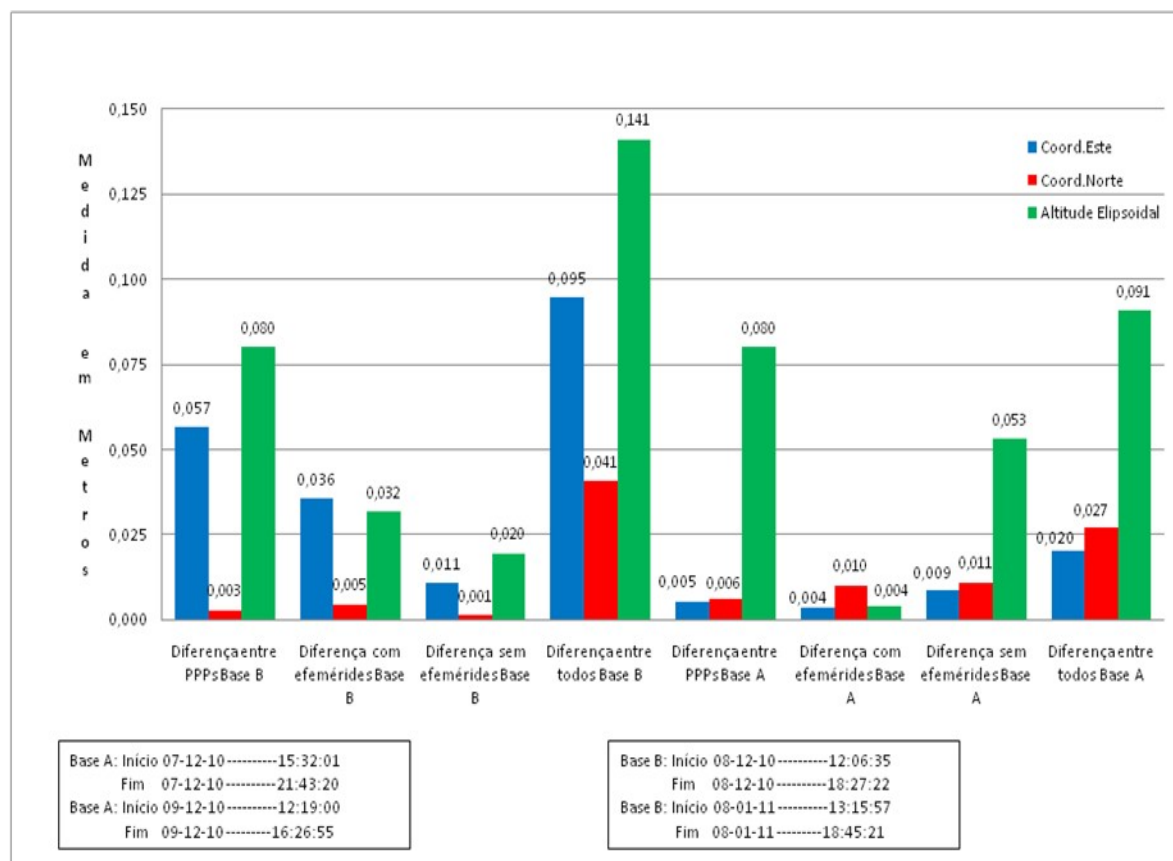
5 Demonstrações de Resultados

5.1 Resultados Comparativos das Bases A e da B com duas datas diferentes de ocupação

O rastreamento das bases foi realizado em duas seções com datas diferentes e a quantidade de satélites foi de no mínimo sete satélites, usou-se apenas a constelação GPS. A ocupação da Base A, ocorreu no dia sete de dezembro de 2010 com seis horas onze minutos e dezenove segundos e no dia nove de janeiro de 2011, com o tempo de quatro horas, sete minutos e cinquenta e cinco segundos. A ocupação da Base B ocorreu dia oito de dezembro de 2010 com a duração de seis horas vinte minutos e quarenta e sete segundos e dia oito de janeiro de 2011 com a ocupação de cinco horas vinte nove minutos e vinte quatro segundos. O pós-

processamento das bases foi realizado utilizando-se o método de triangulação com as bases da RBMC de Santa Maria e Porto Alegre, com efemérides precisas finais e sem efemérides, tendo desta forma dois resultados de triangulação e um terceiro dado foi obtido pelo método PPP. Os resultados estão demonstrados a seguir no gráfico I.

Gráfico I) Comparativo de Posicionamento entre as Mesmas Bases do Levantamento B e do Levantamento A com Ocupação em duas Datas Diferentes
(conforme SIRGAS 2000-UTM- Meridiano Central 51° Hemisfério Sul/Oeste)



5.2 Avaliações dos dados do Gráfico I

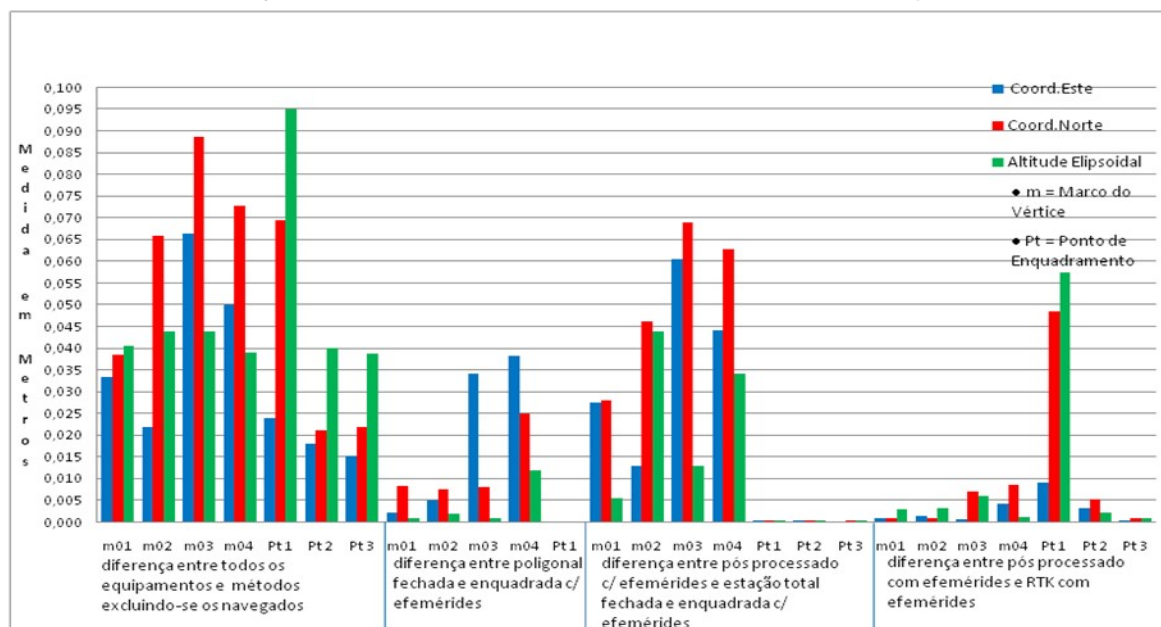
As diferenças dos resultados das duas seções de rasteio das Bases A e B são mais significativas, quando comparadas entre métodos diferentes de Pós-Processamento, quando comparadas entre métodos iguais as diferenças caem. O método que mais apresentou diferença somando os três eixos, nas duas bases em especial na altimetria é o método do PPP, já os outros dois métodos se assemelham, tendo um melhor desempenho no levantamento A e o outro no Levantamento B. Na localização das Bases a Base A está em uma região mais aberta e sem limitação com o horizonte, já a Base B tem uma pequena limitação com o Norte em termos de horizonte, com relação à vegetação também ocorre um pouco mais de interferência, próximo ao limite angular de 15 Graus da máscara de elevação, isso acabou se refletindo nos resultados, pois as diferenças na Base A são menores que na Base B.

Saber com que método de pós-processamento é obtido às coordenadas é de suma importância numa futura realocação. A boa localização da Base em termos de receptividade de sinal aumenta significativamente a precisão, confirma-se também, que a maior diferença apresentada na média é realmente a altitude, confirmando o que já se sabia pela precisão apresentada na descrição técnica dos aparelhos utilizados. Os métodos de Triangulação com as antenas da RBMC apresentaram a menor variação, portanto tem uma melhor precisão em termos de relocação de pontos se comparados com o método PPP.

5.3 Comparativos de Resultados entre Métodos e Equipamentos no Levantamento A

O levantamento A foi realizado com o propósito que todos os equipamentos e métodos funcionassem e que se se cria possibilidade de comparação entre eles em termos de qualidade, a fim de obter segurança sobre determinado método e equipamento.

Gráfico II) Comparativo das Diferenças entre Métodos e Equipamentos do Levantamento A
(conforme SIRGAS 2000-UTM- Meridiano Central 51° Hemisfério Sul/Oeste)



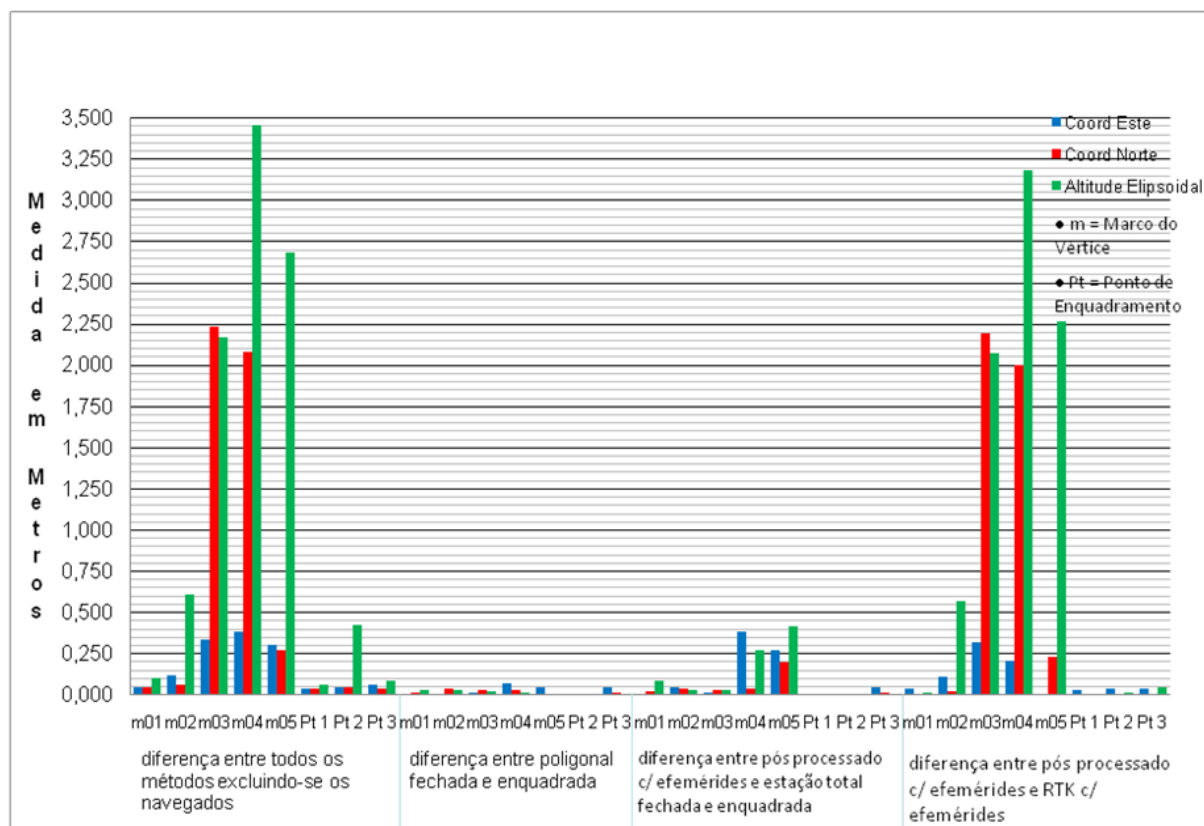
5.4 Análises dos dados obtidos no Gráfico II

As diferenças apresentadas nos pontos de enquadramento e vértices do Levantamento A, seguem um padrão já visto no gráfico I, em termos de variação por métodos de pós-processamento utilizados. Quando comparamos os dados obtidos com a estação total, entre os dois métodos utilizados com ela, temos uma variação baixa, dando uma maior segurança nos dados obtidos, a variação entre o posicionamento da Estação Total e do GNSS pós-processado com efemérides aumenta, porém sem comprometer a boa qualidade do posicionamento, confirmando que a interação Estação Total e GNSS, pode ser feita e com qualidade, tanto na enquadrada, como na poligonal fechada, o mesmo ocorre, quando comparamos o pós-processado com efemérides e RTK com efemérides, até com uma qualidade melhor, confirmando que o RTK em condições boas de rastreamento apresenta soluções de qualidade. O resultado mais significativo deste gráfico é a confirmação que a Estação Total com a precisão de sete segundos, pode sim, ser utilizada em georreferenciamento, quando associada ao GNSS, bem como o uso do método de poligonal fechada ou enquadrada.

5.5 Diferenças de dados entre métodos e Equipamentos no Levantamento B

A área escolhida no Levantamento B condiz com a realidade da Região Serrana do Rio Grande do Sul e permite realmente testar quais equipamentos e métodos são confiáveis na determinação de posicionamento georreferenciado com qualidade.

Gráfico III) Comparativo das Diferenças entre Métodos e Equipamentos do Levantamento B (conforme SIRGAS 2000-UTM- Meridiano Central 51° Hemisfério Sul/Oeste)



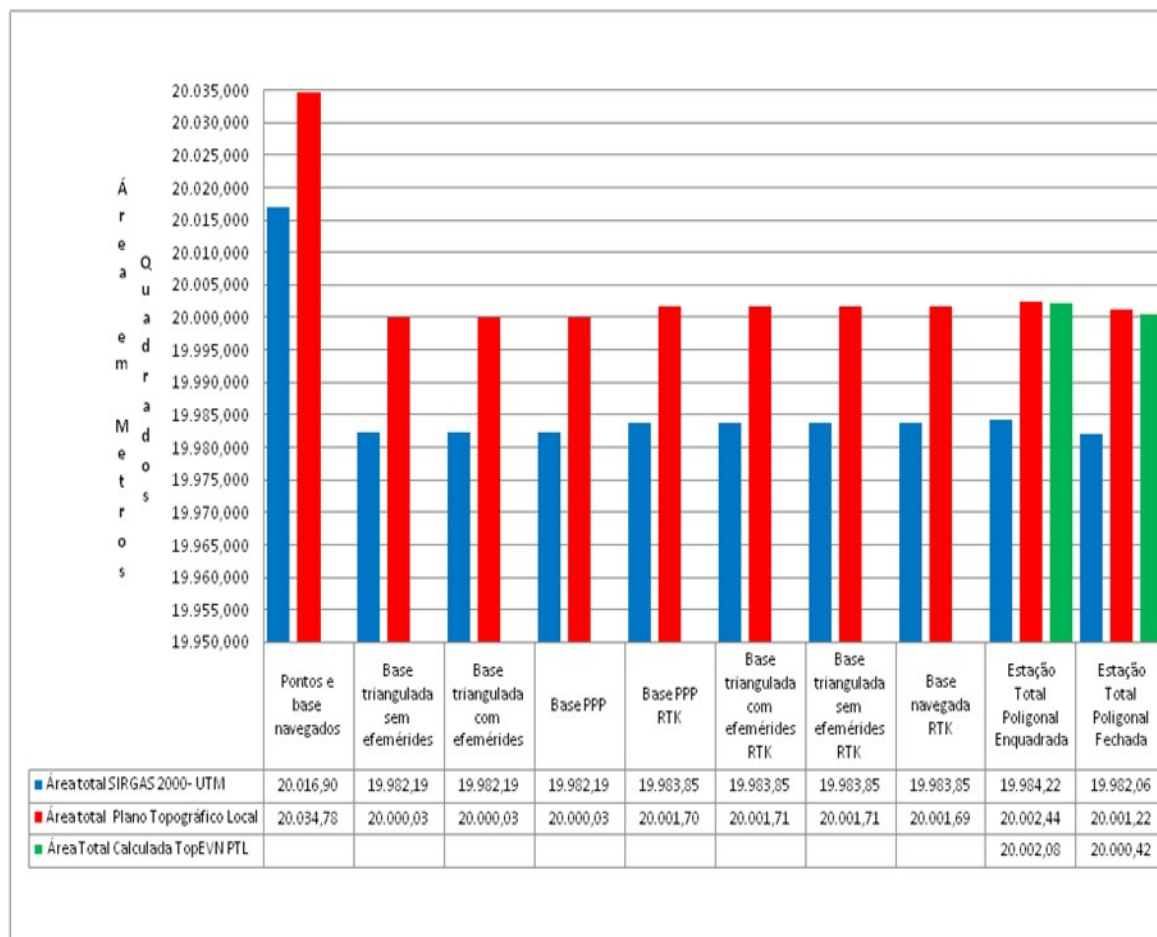
5.6 Avaliações do Levantamento B apresentadas no Gráfico III

O Levantamento B apresenta um bom posicionamento dos pontos de enquadramento, por estes estarem em local melhor de rasteio, já os vértices apresentam diferenças significativas, comprometendo a qualidade do posicionamento dos pontos, os dados confiáveis se apresentam, nos dois métodos utilizados pela Estação Total, com variações que não comprometem a qualidade, confirmando mais uma vez que a interação GNSS e Estação Total possibilitam bons posicionamentos incluindo o método de poligonal enquadrada e poligonal fechada, a variação entre os dois métodos é de no máximo até 7 cm em apenas um ponto e nos demais é inferior a 5 cm. A variação do posicionamento dos métodos da Estação Total com o pós-processamento com efemérides é significativa em dois pontos, chegando a mais de 25 cm, nos demais as diferenças caem para menos de 10 cm, permitindo um posicionamento com boa qualidade, o próprio GNSS nos dois pontos com diferenças superiores a 25 cm já acusava problemas de qualidade de sinal e no pós-processamento também acusou, embora tenha atingido uma precisão razoável. Considerando a localização dos vértices e a baixa altura do bastão utilizado o posicionamento do GNSS, pós-processado foi excelente, mesmo tendo baixa qualidade de precisão, poderia atingir uma qualidade melhor nos dois pontos críticos se fosse utilizado um bastão de 8 m de altura. Quando comparamos RTK e pós-processamento, ambos com efemérides temos diferenças comprometedoras, chegando a mais de 2 metros de diferença, somente nos pontos de enquadramento houve melhor qualidade, confirmando que o RTK é um aparelho que deve ser utilizado em terrenos de boa receptividade de sinal e não neste caso.

5.7 Áreas obtidas do Levantamento A com os diferentes equipamentos e métodos utilizados

Os cálculos da área foram realizados utilizando o software Posição, no entanto nos dois métodos da Estação Total utilizamos também para fins de comparação o TopoEVN, a fim de observar possíveis variações de resultados por diferentes softwares. A área também foi calculada de acordo com as coordenadas navegadas (pontos posicionados pela Base com os dados brutos obtidos pelo satélite, sem amarrar a uma rede de monitoramento). Também é possível observar a variação da área em Plano Topográfico Local e UTM.

Gráfico IV) Comparativo de Resultados de Áreas Calculadas do Levantamento A
Conforme os Diferentes Tipos Utilizados de Equipamentos e Métodos
(conforme SIRGAS 2000-UTM- Meridiano Central 51° Hemisfério Sul/Oeste)



5.8 Análises comparativas das áreas calculadas do Levantamento A conforme Gráfico IV

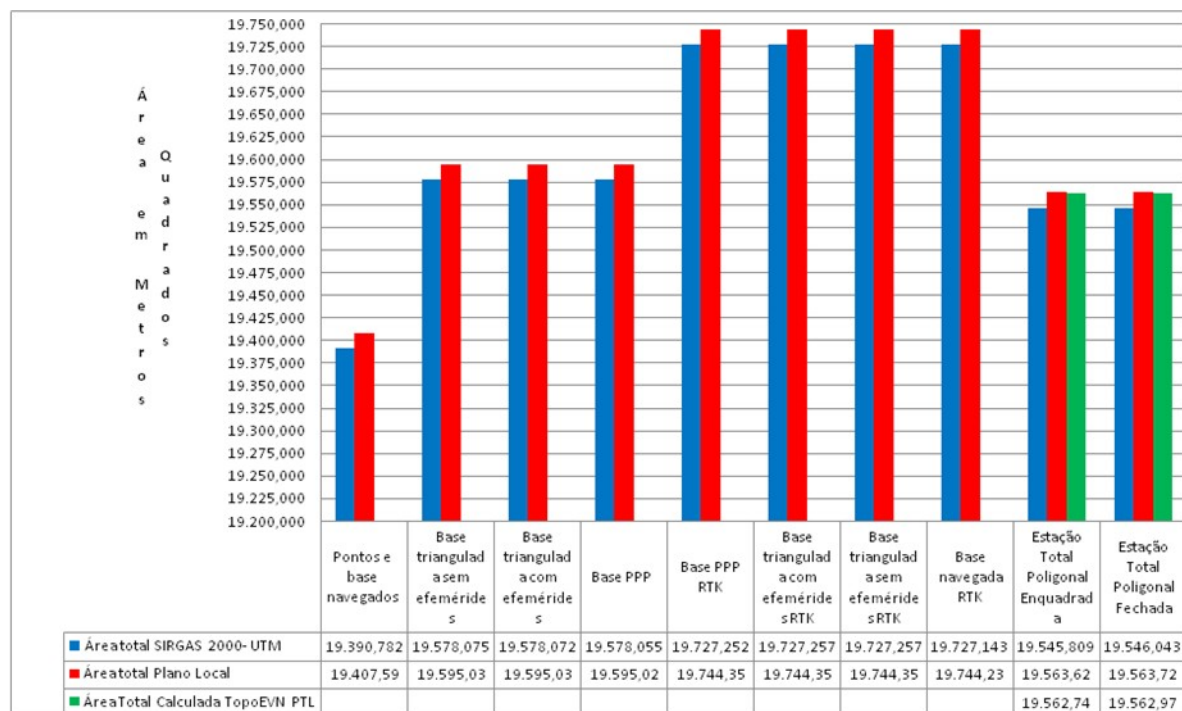
As áreas obtidas no Levantamento A são tecnicamente precisas em praticamente todos os métodos, as variações são mínimas, chegam a serem em alguns casos inferiores as variações apresentadas por cálculos em softwares diferentes, a variação comprometedora foi a área obtida com os pontos navegados com o uso do GNSS. A variação entre os métodos do GNSS é zero, com exceção dos pontos navegados, que é de 34,75 m², ficando fora do padrão de qualidade. O RTK não tem variação entre os métodos, inclusive com os pontos navegados, já a Estação Total, apresenta pequena variação entre os dois métodos utilizados, que é de 1,22 m², variação que não compromete a qualidade. Entre os equipamentos a variação máxima, excluindo os navegados com GNSS é de 2,41 m², que são os resultados obtidos com o GNSS e com a poligonal enquadrada, através da Estação Total. A poligonal fechada apresentou menor diferença no cálculo de área 1,19 m², inferior a diferença entre os métodos do GNSS e RTK, que foi de 1,68 m², estas variações não comprometem a qualidade do Levantamento. A diferença por software chega a ser de 0,78 m² em Plano Topográfico Local.

A redução da área quando comparadas as calculadas em Plano Topográfico Local para Coordenadas UTM são aproximadamente de um m² para cada 1.100 m² de área. Entre os dois métodos utilizados pela Estação Total a poligonal fechada apresentou melhor confiabilidade, pois além de ter apresentado a menor variação com relação ao GNSS e RTK se comparada com a poligonal enquadrada, os erros de fechamento angular e linear são inferiores a poligonal enquadrada.

5.9 Áreas calculadas do Levantamento B

Com a baixa qualidade da precisão dos pontos levantados ficou comprometida uma melhor comparação, porém os dados são bons para a avaliação dos equipamentos e métodos.

Gráfico V) Comparativo de Resultados de Áreas Calculadas do Levantamento B
Conforme os Diferentes Tipos Utilizados de Equipamentos e Métodos
(conforme SIRGAS 2000-UTM- Meridiano Central 51° Hemisfério Sul/Oeste)



5.10 Avaliações comparativas do Levantamento B apresentadas no Gráfico V

O Levantamento B apresenta a mesma tendência que o Levantamento A, que são os resultados iguais entre os métodos dos equipamentos GNSS e RTK, além de confirmar que os pontos navegados por GNSS não devem ser usados para cálculo de área, pois os resultados são incorretos, já com o RTK, podem ser usados para fins de cálculo de área que são certos. Os métodos da Estação Total apresentam resultados diferentes entre si, porém parecidos, com uma diferença de apenas 0,10 m². Pelos dados coletados e apresentados no gráfico III, fica evidente que o cálculo da área B só é confiável com o resultado dos dois métodos utilizados com a Estação Total. A redução da área quando comparadas as calculadas em Plano Topográfico Local para Coordenadas UTM são aproximadamente de um m² para cada 1.100 m² de área.

6. Resultados para avaliações futuras

A Estação Total, com sete segundos de precisão, permite tanto na poligonal fechada como na enquadrada consorciada com o GNSS, obter dados de qualidade em posicionamento georreferenciado, a vantagem da poligonal fechada em relação à enquadrada, nestes casos, é a possibilidade de avaliação da qualidade do levantamento com maior segurança, pelos métodos de cálculos clássicos, sem ter que fazer seções extras de medição, pois os dados de fechamento na poligonal enquadrada deixam dúvidas, quanto à qualidade do levantamento.

O cálculo de áreas com os pontos determinados em Base navegada, só é correto com o uso do RTK, com os dados diretos do GNSS, apresentam variação, que compromete a qualidade das áreas obtidas.

A redução da área na região dos municípios de Carlos Barbosa e Garibaldi no Rio Grande do Sul, quando comparadas as calculadas em Plano Topográfico Local para Coordenadas UTM são aproximadamente de um metro quadrado para cada mil e cem metros quadrados.

A utilização de softwares diferentes no cálculo das áreas, Posição e TopoEVN, pode apresentar variações.

7. Conclusões

Analisando o conjunto do trabalho e os dados obtidos, pode-se concluir que em áreas de boa receptividade de sinal, pode-se obter com qualidade o posicionamento de pontos com os aparelhos GNSS e RTK. Em terrenos de baixa qualidade de sinal o RTK não oferece soluções confiáveis. O uso de GNSS em locais de baixa qualidade de sinal pode oferecer resultados melhores, desde que o tempo de rastreamento seja maior.

Uma boa localização para a receptividade dos sinais de satélites para o ponto Base e seus pontos de amarração é fundamental para um levantamento de qualidade, bem como as informações complementares do tipo de pós-processamento utilizado, Datum e data do levantamento.

Para a conclusão dos itens apresentados nos resultados e discussões são necessários novos trabalhos similares.

8. Referências Bibliográficas

MONICO, J. F. G. *Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações*. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

VEIGA, L. A. K., ZANETTI, M. A. Z. & FAGGION, P. L. *Fundamentos de topografia*. 2007

JUNIOR, J. F.; KRÜEGER, C. P. *Precisão e confiabilidade do posicionamento RTK com o emprego do GNRT*. III Colóquio brasileiro de ciências geodésicas, 2003, p02.

LEICA – Disponível em www.leica-geosystems.com. Acesso em 09/01/2011.

PRADO, A.; KRUEGER C. P. *Análise da acurácia nos posicionamentos diferenciais aplicando as técnicas DGPS e RTK*. Revista brasileira de Cartografia. N° 55, 2001.

RAMOS, A. M.; KRÜEGER, C. P. *Observações maregráficas empregando a técnica RTK OTF em apoio a levantamentos hidrográficos para atualização da CARTA NÁUTICA*. COBRAC – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, 2006, p03-05.

REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTINUO – Disponível em http://www.ibge.com.br/home/geociencias/download/tela_inicial.php?tipo=8. Acesso dia 09/01/2011.

POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO – Disponível em <http://www.ibge.com.br/home/geociencias/geodesia/ppp/default.shtm>. Acesso em 09/01/2011.

CALENDÁRIO GNSS COM EFEMÉRIDES – Disponível em <http://www.rvdi.com/freebies/gpscalendar.html>. Acesso em 09/01/2011.

Agradecimentos

Aos que colaboraram com o presente artigo a começar pela equipe da Beitoop, nas pessoas dos colaboradores Djonathan Fontanive e Alteris Roque Baroni, o estagiário da UFRGS, do curso de Agronomia Rafael Friedrich de Lima, a direção e equipe da MANFRA, em especial ao Analista de Suporte Técnico da Manfra, Geógrafo Matheus Rodrigues de Oliveira, a professora orientadora Engenheira Florestal Adriane Brill Thum, ao professor Engenheiro Agrônomo Cezar Augusto Cauduro, ao colega de curso Engenheiro Agrícola Leonardo Costa Garcia.

Aos que durante o Curso foram fundamentais para o aprendizado, que são os Professores e colegas. Meus agradecimentos também a quem contribuiu financeiramente e me incentivaram a fazer o curso, que são meus sócios Antonio Agostini e Reinaldo Broch. Aos que sempre contribuíram com minha busca de conhecimento, meu pai Waldemar e mãe Osmilda, a minha esposa Andréia e meus filhos Luigi e Lorenzo, que compreenderam minha ausência e me incentivaram para mais esta busca.