

## GPS x GNSS: Constelação GLONASS maximizando a precisão e acurácia dos dados

### GPS x GNSS: GLONASS constellation by maximizing the precision and accuracy of data

Bruno Zucuni Prina<sup>1</sup>, Romario Trentin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Geografia, Departamento de Geociências, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

<sup>2</sup>Doutor em Geografia, Departamento de Geociências, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil

#### Resumo

Nesse trabalho comparou-se o pós-processamento de dados GNSS, analisando o resultado do processamento dos dados com a constelação GPS e, posteriormente, com a adição da constelação GLONASS. Os pontos analisados estão localizados no perímetro urbano do município de Jaguari/RS e foram coletados pelo método de posicionamento relativo estático rápido. No total, analisaram-se 108 pontos, e os mesmos foram pós-processados no aplicativo Topcon Tools®. Posteriormente, os dados foram analisados estatisticamente por meio de uma planilha eletrônica (Excel®). Assim, compararam-se os RMS dos pontos (horizontal e vertical), as coordenadas (planimétrica e altimétrica), o número de satélites e a solução dos pontos em ambos os pós-processamentos. Assim, notificou-se que com a junção dos dados do GLONASS com os do GPS há um ganho significativo na precisão e na acurácia dos dados pós-processados.

**Palavras-chave:** Pós-processamento. Geotecnologias. GPS. GLONASS. GNSS.

#### Abstract

In this paper was compared the GNSS data post-processing, analyzing the result of the processing of data with the GPS constellation and, later, with the addition of GLONASS constellation. The points analysed are located in the urban perimeter of the municipality of Jaguari/RS and were collected by relative positioning method fast static. A total of 108 points were analyzed, and the same were post-processed in Topcon Tools® application subsequently the data were statistically analyzed by means of a spreadsheet (Excel®). Thus, compared to the RMS of the points (horizontal and vertical), the coordinates (planimetric and altimetry), the number of satellites and the solution of the points in both software. Thus, notified that with the junction of GLONASS data with the GPS there is a significant gain in the precision and accuracy of the post-processed data.

**Keywords:** Post-processing. Geotechnologies. GPS. GLONASS. GNSS.

## 1 Introdução

Nesse trabalho realizou-se uma análise do pós-processamento de arquivos oriundos da tecnologia GNSS (*Global NavigationSatellite System*), com duas etapas: a primeira realizando o pós-processamento com apenas os dados da constelação GPS (*Global Positioning System*), e a segunda, com o incremento da constelação GLONASS (*Global NavigationSatellite Systems*), caracterizando o GNSS por englobar mais de uma constelação.

É mister diferenciar dois conceitos, o de precisão e o de acurácia, pois dessa forma não haverá confusão deles perante o EMQ (medida estatística de dispersão), o qual será utilizado. Baseando-se na pesquisa de Monico et. al. (2009), a acurácia é um termo que “envolve tanto erros sistemáticos como aleatórios”, já a terminologia precisão “está unicamente vinculada com erros aleatórios”. Mais detalhes podem ser encontrados na referida bibliografia explicitada.

Em muitas situações de coleta de pontos, existe a necessidade de atingir coordenadas com um alto grau de precisão e acurácia e, desta feita, o usuário deve dispor de metodologias alternativas a encaixá-las nos requisitos necessários. Visto que a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais – 2ª edição revisada – (NTGIR) estima precisões específicas para cada classe de vértices, há, assim, a necessidade de, através do pós-processamento de dados GNSS, estimar precisões mínimas. Essa é a principal justificativa da escolha do tema proposto, ou seja, estimar o menor RMS (*Root MeanSquare*) possível dos pontos. Sendo assim, buscou-se analisar a qualidade dos dados levantados perante os valores oriundos do RMS na horizontal e vertical.

Os valores encontrados para as precisões posicionais dos dados GNSS com certeza passarão a ter uma melhora de precisão e acurácia perante a modernização do sistema GPS bem como da adição dos receptores da constelação Galileo (*Sistema de Posicionamento desenvolvido pela Comunidade Europeia*). Sabe-se que o projeto inicial do Galileo prevê que o mesmo seja um sistema de navegação aberto e global, bem como sendo compatível ao GPS. Dessa forma, após a consolidação do Galileo e à modernização do GPS, espera-se que os usuários possam captar sinais de até 25 satélites com uma máscara de elevação de 5°. E, ao adicionar ainda a constelação GLONASS, até 30 diferentes sinais de satélites poderão estar dispostos ao usuário. Além da imensidão de sinais disponíveis, os erros referentes ao multicaminhamento e aos efeitos ionosféricos, poderão sofrer uma redução significativa (POLEZEL, 2010). Dessa maneira, os receptores passarão a coletar informações referentes a três constelações, obtendo muito mais redundância nos dados, coletando informações de aproximadamente 30 satélites, e com certeza o tempo mínimo para solucionar a ambiguidade de um ponto será mínima.

Deve-se destacar que os pontos analisados nesse trabalho foram coletados no perímetro urbano do município de Jaguari/RS, no dia 19 de setembro de 2014. A Figura 1 referencia a localização dos mesmos.

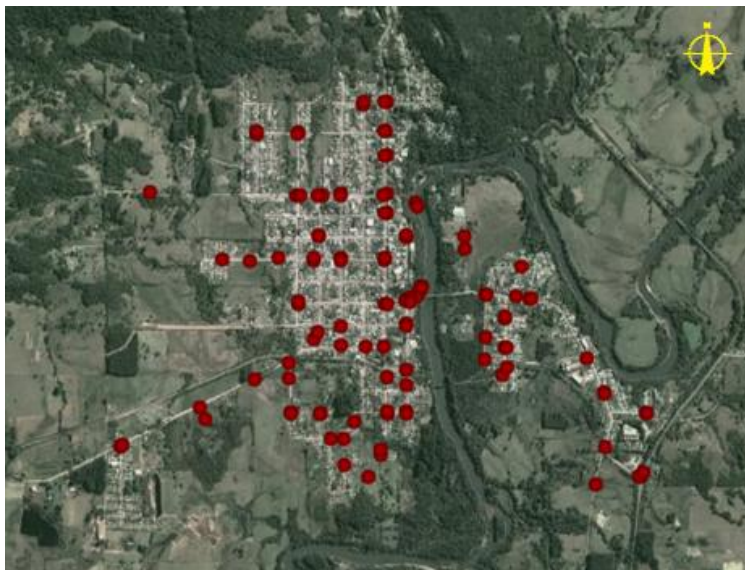


Figura 1 –Localização dos pontos pós-processados no município de Jaguari/RS.

Fonte: Google Earth.

O homem sempre teve o instinto de saber a sua localização. Antigamente, a principal forma de proceder desse artifício era através dos satélites naturais, porém a determinação acurada de sua posição sempre foi um grande desafio (MONICO, 2007). A solução para os problemas de posicionamento surgiu, de fato, na década de 1970, quando os americanos lançaram a proposta do *Navigation System with Timing and Ranging* (NAVSTAR) *Global Positioning System* (GPS). Essa foi uma etapa que marcou a história da navegação pelo fato de que revolucionou praticamente todas as atividades que dispunham do interesse de determinar posições no espaço. Destaca-se que os russos, em paralelo aos americanos, desenvolveram um sistema muito similar ao GPS, o qual foi denominado de GLONASS (MONICO, 2007).

Salienta-se, ainda, que as atividades de posicionamento estão em plena ascensão, visto que as duas constelações já citadas estão passando por uma modernização, e em paralelo, novas constelações estão sendo lançadas ao espaço, como é o caso do Galileo (sistema europeu) e do *Beidou*, ou *Compass* (sistema chinês) (MONICO, 2007).

Assim, tem-se como objetivo principal do sistema GNSS a determinação de coordenadas para objetos posicionados na superfície terrestre. Visto que o ser humano sempre buscou solucionar esse problema científico, pois sua curiosidade sempre foi extrema a respeito de saber sua localização, bem como a de outras feições terrestres (MONICO, 2007).

O cálculo da posição adequada de um ponto na superfície terrestre, as coordenadas espaciais são calculadas baseando-se nas efemérides transmitidas pelos satélites conforme um algoritmo previamente definido. As efemérides definem a posição de um objeto no espaço (satélite). A partir dessa análise, há a triangulação das localizações entre o satélite, o seu receptor de sinal e o centro da Terra, dando-nos ao seu final as coordenadas geográficas (latitude, longitude, altura) de qualquer ponto da superfície terrestre (MIRANDA, 2005).

O sinal das constelações GNSS é transmitido através de códigos e fases das ondas portadoras, podendo assim haver a interação com receptores desse sinal extraindo suas informações transmitidas. Para haver essa interação é necessário que o receptor (de sinal GNSS) esteja visível para no mínimo quatro estações orbitais (SÁ, s.d.).

Ainda, deve-se salientar que a solução do GNSS pode ser de duas formas: solução fixa (*fixed*) ou solução *float*. A diferenciação de ambas está em função da solução da ambiguidade dos pontos, ou seja, para um vetor ficar fixo (*fixed*) os parâmetros da ambiguidade devem possuir valores inteiros, e esse problema é constatado, na maioria das vezes, em vetores que possuem dados insuficientes, na qual caracterizam-se como *floats* (ARTECH HOUSE, 2014).

Portanto, salienta-se que o problema desse trabalho está contido na resolução da seguinte questão: “A junção da constelação GLONASS à GPS melhora a qualidade final dos dados pós-processados?”.

O objetivo geral do trabalho é o de comparar os dados pós-processados da constelação GPS com a junção do GPS ao GLONASS (GNSS).

## 2 Metodologia

Antes de segmentar os procedimentos metodológicos desenvolvidos neste trabalho, há de citar os aplicativos os quais foram utilizados. Assim, destaca-se que todo o processo metodológico teve como suporte a utilização do aplicativo *Topcon Tools*®, versão 7.5.1, para realização do pós-processamento dos dados. Destaca-se, ainda, que os pontos foram coletados com a utilização de dois receptores de sinal GNSS de dupla frequência (L1/L2), modelo *Hiper* da marca *Topcon*, sendo um necessário para a coleta dos dados e o outro serviu para a fixação de um ponto base para transposição e definição da base local. Ressalta-se a explicação de Polezel (2010) o qual menciona que o aplicativo “[...] *Topcon Tools* processa qualquer formato dos equipamentos de sua própria fabricação, bem como de receptores de outros fabricantes. Além de processar dados GPS e GLONASS, o mesmo também processa dados de estação total, GIS e aceita imagens para serem georreferenciadas e inseridas como plano de fundo do levantamento”. Sendo assim, justifica-se o uso do referido aplicativo pelo fato do mesmo ser de grande abrangência de informação além de possuir uma interface amigável para a manipulação dos dados.

A fim de identificar os procedimentos teórico-práticos implementados neste trabalho, os mesmos, a seguir, estarão endereçados cronologicamente.

A primeira fase desse trabalho consistiu na coleta de dados com uso do GNSS. Assim, coletaram-se 108 pontos no perímetro urbano do município de Jaguari/RS, no dia 19 de setembro de 2014.

Em uma segunda fase, realizou-se o pós-processamento dos dados. Nessa etapa, realizou-se, em primeira instância, o ajustamento da base local, por meio da utilização do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP), referenciado no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponível em <<http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>>. Logo, os pontos foram importados para o *Topcon Tools*® e pós-processados. Cabe salientar que foram utilizados, no pós-processamento, as efemérides precisas, maximizando, dessa forma, a precisão e acurácia dos dados.

A etapa do pós-processamento dos dados foi dividida em duas fases. A inicial com a configuração do processamento como “*GPS Only*” (apenas com os dados da constelação GPS) e a seguinte como “*GPS+*” (com dados da constelação GPS e GLONASS, sendo assim GNSS). Ainda, salienta-se, que, o aplicativo *Topcon Tools*® foi configurado com uma máscara de elevação de 15° e como sistema de referência o SIRGAS 2000.

A terceira fase englobou a análise dos dados em uma planilha eletrônica (*Excel*®), verificando as discrepâncias entre os dados pós-processados.

## 3 Resultados e Discussão

Inúmeros resultados foram alcançados perante o desenvolvimento dessa pesquisa, entre eles destacam-se a análise do número de satélites entre a comparação GPS e GNSS; a quantificação de dados *floats* e fixos; a quantificação e comparação do RMS entre os sistemas, na qual pode ser destacada como uma análise da precisão dos pontos; e, por fim, a confrontação entre as coordenadas planimétricas (em UTM) e altimétrica (altitude), podendo, dessa forma, analisar a acurácia dos dados.

Deve-se salientar que todas as análises referem-se aos pontos (no total de 108) pós-processados, inicialmente com a utilização da constelação GPS, e posteriormente, incrementando os dados da constelação GLONASS, passando a ser, essa segunda, uma constelação GNSS. Destaca-se, ainda, que, em média, os pontos foram coletados com tempo de coleta médio de 2 minutos (120 segundos), com uma taxa de coleta de 3 segundos, gerando, em 1 minuto, 20 épocas. Ainda, ressalva-se que as linhas-bases médias foram de 1,16 km, sendo a maior de 2,06 km.

A técnica utilizada para a coleta dos dados foi o posicionamento relativo estático rápido. Relativo, pelo fato de empregar dois receptores os quais coletam informações simultâneas dos satélites

(mesmas épocas), gerando linhas-base, com seus respectivos deltas ( $\Delta x$ ,  $\Delta y$ , e  $\Delta z$ ) entre o receptor móvel (também denominado de *Rover*) e a base, gerando um produto final altamente preciso (KAVANAGH, 2003). Estático Rápido pelo fato de que procede de um levantamento em que o tempo de rastreamento de um ponto é inferior a 10 minutos (KAVANAGH, 2003).

A primeira analogia desenvolveu-se com a comparação do número de satélites, pois, teoricamente, quanto maior o número de satélites, maior o número de informações armazenadas nos arquivos RINEX, havendo mais redundâncias de informações, e, logicamente, há uma melhora de precisão e acurácia dos pontos. Sendo assim, a Tabela 1 resume o resultado obtido nessa fase da pesquisa, notificando que a constelação GPS totalizou em média 8,89 satélites (por ponto), sendo que o máximo obtido foi de 12 satélites em um dos pontos, e o mínimo obtido foi de 5 satélites. Com a junção da constelação GLONASS, caracterizando o sistema GNSS, o total de satélites disponíveis foi, em média, de 15,01 (por ponto), sendo que o máximo de satélites em apenas um ponto foi de 19 e o mínimo de 8.

Tabela 1 – Análise do número de satélites de cada ponto.

	GPS	GLONASS	GNSS
<b>Média de satélites</b>	8,89	6,12	15,01
<b>Nº máximo</b>	12	9	19
<b>Nº mínimo</b>	5	2	8

Uma das formas para avaliar a qualidade dos pontos, bem como para comparar ambos os métodos, é analisarmos a solução dos pontos, os quais podem ser de dois tipos: fixos (*fixed*) ou *floats*. Com esse foco, com o uso da constelação GNSS, todos os pontos pós-processados ficaram com solução fixa, porém, com a análise exclusiva da constelação GPS, 5 pontos apresentaram a solução *float*. No que tange a essa análise, verificaram-se as informações particulares desses 5 pontos *floats*. Assim, no pós-processamento exclusivo do GPS, foi constatado que a contribuição dos erros desses pontos foi muito grande.

Tal fato pode ser justificado com o somatório do RMS horizontal dos 108 pontos coletados. Assim, apenas com os 5 pontos, 67,6% do RMS esteve englobado com essa minoria (os 5 pontos). Na análise do RMS na vertical o valor do RMS para os 5 pontos totalizou 49,0%. Os valores são bem acima do normal, principalmente se compararmos ao resultado, idôneo a este, porém do pós-processamento do GNSS. Com o GNSS, o RMS horizontal, para os mesmos 5 pontos, nesse caso com solução fixa, totalizaram apenas 6,7% e 6,8% para o RMS horizontal e vertical, respectivamente. Esses valores intensificam, que houve uma grande concentração dos erros em apenas 5 pontos, fato não encontrado no GNSS, justificando a importância do uso da constelação GNSS, e não apenas do GPS.

Analisaram-se, inclusive a quantidade de satélites para cada um desses pontos *floats*, e, assim, verificou-se que a constelação GPS teve números de satélites abaixo da média, sendo este um dos prováveis motivos pelos pontos ter atingido a solução *float* (Figura 2). Tal fato é constatado, também, para a constelação GLONASS, porém, como que a análise é entre GPS e GNSS, esse fato acaba por não interessar, visto que com o GNSS, os satélites (observações) do GPS somam-se aos do GLONASS. Assim, por mais que o número de satélites da constelação GLONASS seja baixa, os mesmos são adicionados ao GPS, idealizando o GNSS.

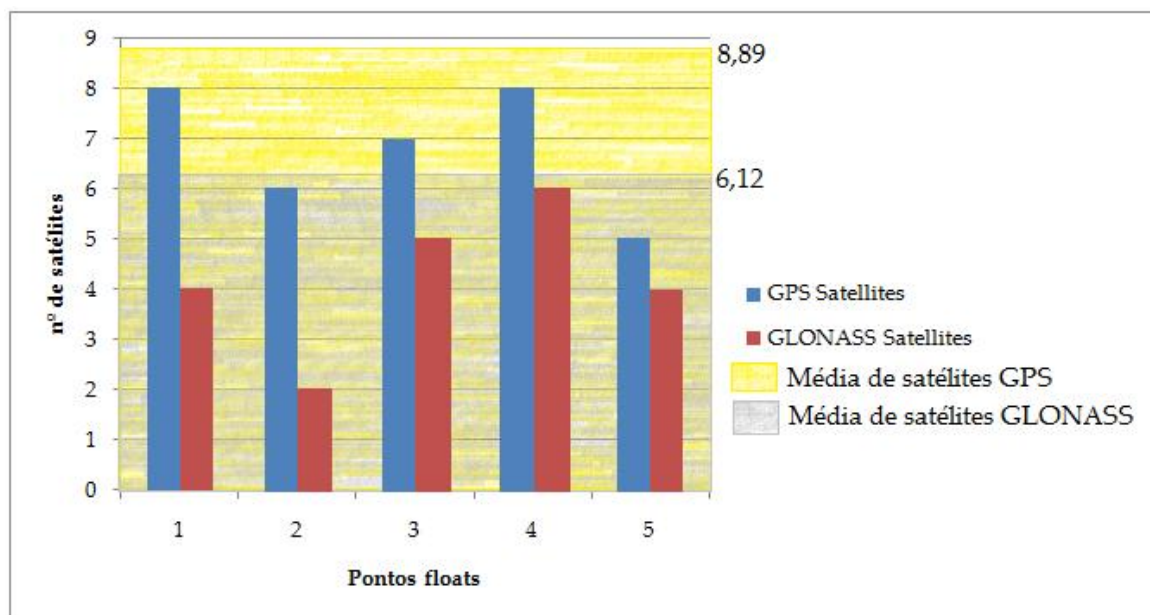


Figura 2 – Análise do número de satélites dos 5 pontos com solução *float* (para o pós-processamento do GPS).

Organização: Prina, B. Z.

Outra análise geral persistiu no intuito de verificar a precisão posicional dos pontos. Assim, compararam-se os RMS horizontal e vertical entre os pontos pós-processados com o uso da constelação GPS e do sistema GNSS. Para desenvolver a análise subtraiu-se o valor do RMS do GPS a do GNSS, sendo assim, quanto maior o valor dessa diferença, maior foi a disparidade entre ambos os dados. Para proceder dessa análise, incluíram-se os 5 pontos *floats*, pois os mesmos, concentram a maior parte dos erros. Por meio dessa análise constatou-se que houve um aumento médio de 53 mm e 93 mm no RMS dos pontos na horizontal e vertical, respectivamente. Salienta-se, inclusive, que a maior variação ocorreu com o valor de 4,80 cm na horizontal e 11,60 cm na horizontal e vertical, respectivamente, concluindo que com a união das constelações GPS e GLONASS (GNSS) houve um ganho na qualidade posicional dos pontos, que apesar de baixos, são diferenças que devem ser levadas em conta. A disposição do RMS horizontal e vertical de todos os pontos está representada na Figura 3.

Referente à Figura 3, deve-se salientar que os pontos que apresentaram as maiores discrepâncias (no total de 5) são os que atingiram a solução *float*, na análise apenas da constelação GPS, sendo assim, com exceção desses 5 pontos, os demais, obtiveram diferenças abaixo dos 15 cm.

Ainda, para analisar o RMS, quantificou-se o número total de pontos que atingiram um melhor resultado no pós-processamento. Sendo assim, na análise horizontal, para o GNSS, 87 pontos tiveram melhores resultados no pós-processamento horizontal (e 21 para o GPS) e 85 na vertical (23 para o GPS). Para analisar, ainda, com mais detalhes esse resultado, verificaram-se apenas os pontos que atingiram uma melhor precisão na horizontal e vertical (juntos) para o GPS, na qual totalizou 16 pontos. Porém, esse resultado não é muito significativo, pois, embora que o GPS tenha obtido melhores resultados que o GNSS, os valores são ínfimos, na ordem do milímetro, com o máximo de 3mm de diferença na horizontal e 6mm na vertical. No total, para esses pontos, o GPS na horizontal totalizou um RMS de 6,6 cm e na vertical de 11,8 cm, e o GNSS um somatório de 7,8 cm e 14,6 cm na horizontal e vertical, respectivamente.

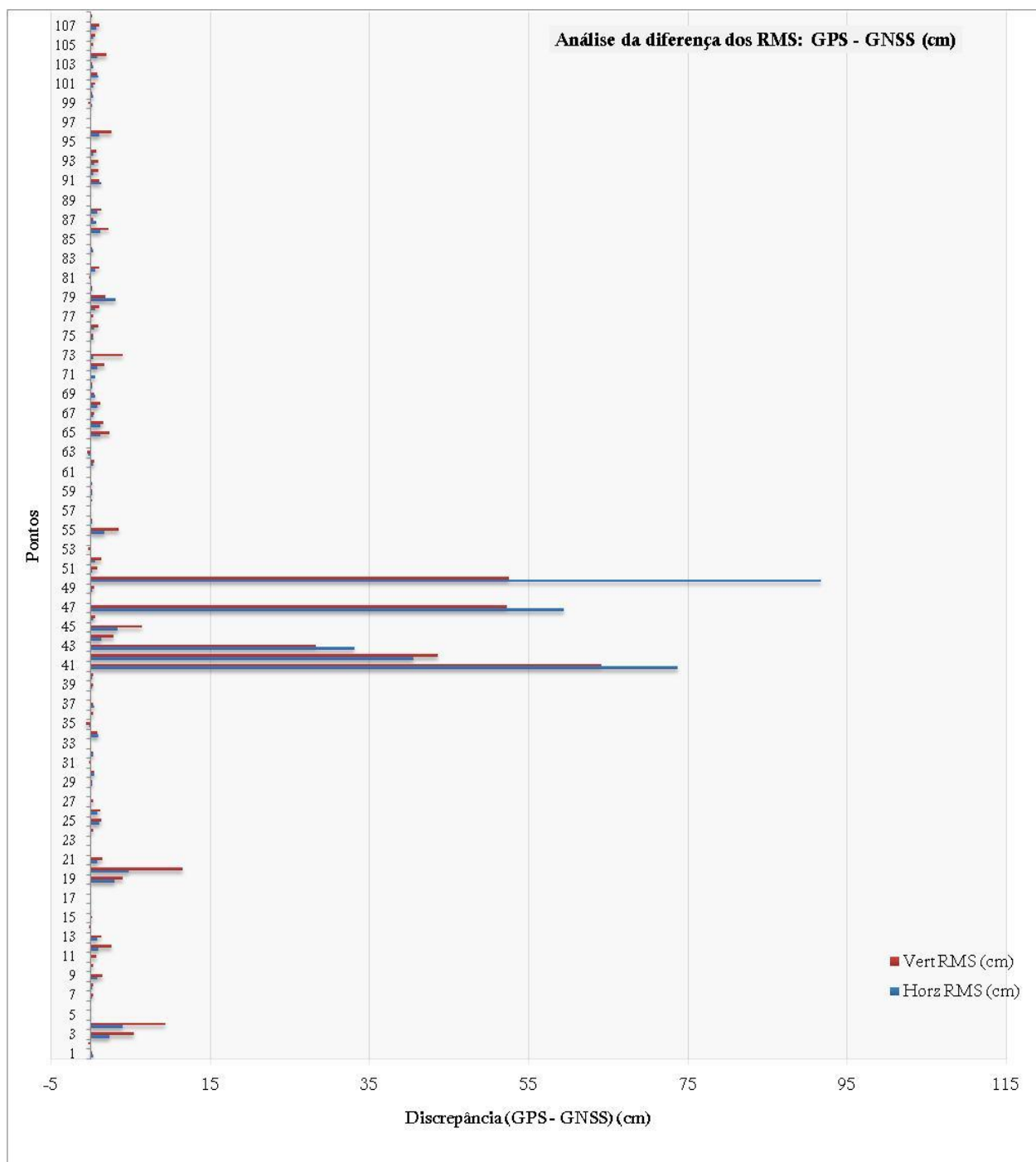


Figura 3 –Análise do RMS dos pontos.

Fonte: Prina, B. Z.

Outra etapa de análise baseou-se na verificação da acurácia dos dados. Dessa forma, comparam-se as coordenadas (em UTM) pós-processadas, subtraindo a constelação GNSS como GPS. Assim, com o resultado do cálculo (Figura 4), os valores positivos possuem um significado de que a coordenada do GNSS obteve um valor maior, caso contrário, se o valor for negativo, a coordenada do GNSS obteve um valor menor. Com a referida análise, observou-se o comportamento dos pontos, verificando a discordância dos dados, e, ainda, a constatação de que a união de ambas as constelações resulta em diferenças para com as do GPS (análise individual).

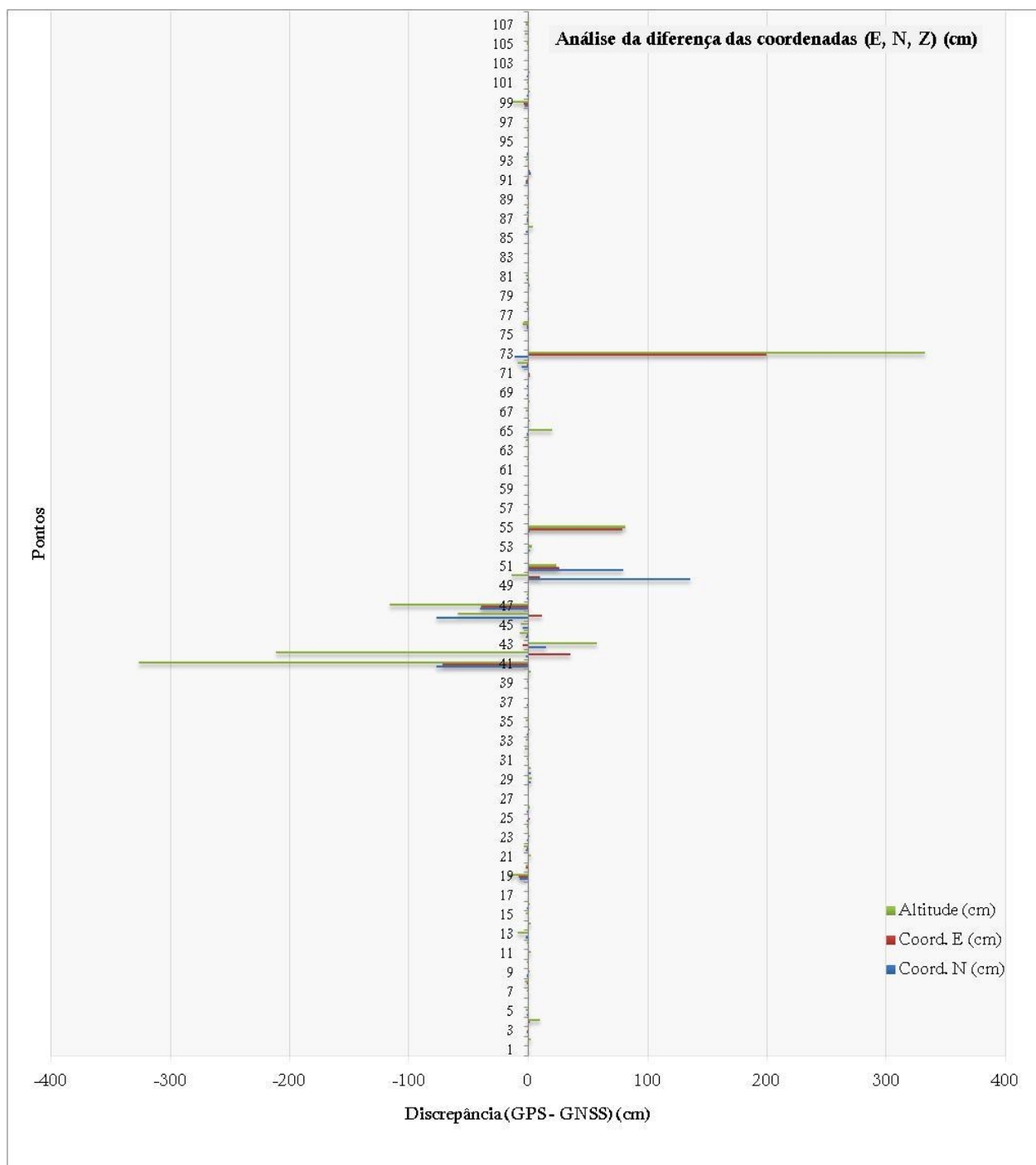


Figura 4 –Análise das coordenadas dos pontos.

Fonte: Prina, B. Z

## 4 Conclusões

Considera-se de extrema importância a análise envolvente nesse trabalho, pois assim podem ser realizadas as comparações entre os dados pós-processados oriundos da tecnologia GNSS. Com isso, alcançou-se o objetivo proposto neste trabalho, o de comparar os dados pós-processados, e, dessa forma, verificar que há um acréscimo na qualidade dos dados pós-processados com o incremento da constelação GLONASS, fato que pode estar associado, inclusive, com o aumento do número de satélites.

A utilização do aplicativo *Topcon Tools*® mostrou-se ideal à análise dos dados, pois com o mesmo, pode-se simular o pós-processamento com os dados da constelação GPS e GNSS.



Analisa-se, por fim, que por mais que os resultados, na maioria dos dados forem pequenas, as diferenças existem, e é visto que a adição da constelação GLONASS à GPS gera melhores resultados no pós-processamento de dados. Porém, conforme já evidenciado nos resultados, 5 pontos, pós-processados apenas com os dados do GPS atingiram soluções *float*. Com isso, ficou visível, na análise dos resultados desse trabalho, que o GNSS obteve melhores resultados do que a união ímpar do GPS. Provavelmente, com a evolução dos sistemas, e incrementos de outros (como o Galileo), com certeza, os resultados dos pós-processamento tenderão a ser menores e em menores tempos de coleta.

## Agradecimentos

Agradecemos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa de estudos ao primeiro autor.

## Referências

Artech House (2014). **GPS Positioning Modes - Introduction to GPS: The Global Positioning System**. Disponível em <[http://www.artechhouse.com/uploads/public/documents/chapters/El-Rabbany\\_016-CH05.pdf](http://www.artechhouse.com/uploads/public/documents/chapters/El-Rabbany_016-CH05.pdf)>. Acesso em 06 nov.2014.

INCRA. **Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais (NTGIR)**. 2ª edição revisada, 2010. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/index.php/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/file/119-2-edicao-revisada-da-norma-tecnica-para-georreferenciamento-de-imoveis-rurais>>. Acesso em 08 out.2014.

KAVANAGH, B. F. **Geomatics**. ISBN 0-13-032289-X. 2003 by Pearson Education Inc., Upper Saddle River, New Jersey 07458 - Holly Shufeldt, 2003.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos e Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília/DF: Embrapa, 2005.

MONICO, J. F. **Posicionamento pelo GNSS - descrição, fundamentos e aplicações** (2ª edição ed.). São Paulo: Editora UNESP, 2007.

MONICO, J. F. G.; POZ, A. P. D.; GALO, M.; SANTOS, M. C. dos; OLIVEIRA, L. C. de. **Acurácia e precisão: revedo os conceitos de forma acurada**. Boletim de Ciências Geodésicas. ISSN: 1982-2170. Sec. Comunicações, Curitiba, v. 15, nº 3, p.469-483, jul-set, 2009.

POLEZEL, W. G. C. **Investigações sobre o impacto da modernização do GNSS no posicionamento**. Presidente Prudente, 2010. Disponível em: <[http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bpp/33004129043P0/2010/polezel\\_wgc\\_me\\_prud.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bpp/33004129043P0/2010/polezel_wgc_me_prud.pdf)>. Acesso em 10 out.2014.

SÁ, N. C. **Elementos de Geodésia**. Disponível em: <<http://stoa.usp.br/geografia/files/-/1/2651/Apostila+Elementos+da+Geod%C3%A9sia+1.pdf>>. Acesso em 21 set. 2014.