



**Geodésia como Ferramenta de Apoio a Compreensão da Neotectônica do
Pantanal: Exemplo na Estação Fluviométrica de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil**

Geodesia as a Support Tool for the Pantanal Neotectonics

Understanding: the Corumbá Fluvimetric Station Example, Mato Grosso do Sul, Brazil

Antônio Conceição Paranhos Filho¹; Gustavo Marques e Amorim; Rômulo Machado²;
José Marcato Junior¹; Fabricio dos Santos Pro³; Jose Renato Silva de Oliveira² & Camila Leonardo Miotto⁴

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia.
Laboratório de Geoprocessamento para Aplicação Ambiental, Cidade Universitária, Unidade 7A. Campo Grande, MS, 78720-100,
Campo Grande, MS, Brasil

²Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. Rua do Lago, 562, Butantã, 05508-080, São Paulo, SP, Brasil

³Universidade Estadual Paulista – UNESP. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Programa de
Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, SP, Brasil

⁴Laboratório de Geotecnologias. Núcleo de Pesquisa em Produção e Conservação do Cerrado da Universidade
Federal de Mato Grosso (NUPEC). Campus Universitário de Rondonópolis, MT 770 km 06, Universidade Federal de Mato Grosso,
78731901, Rondonópolis, MT, Brasil

E-mails: antonio.paranhos@pq.cnpq.br; gustavo_m_amorim@hotmail.com;
rmachado@usp.br; jrmarcato@gmail.com; fabricioprol@hotmail.com; j.reenatoo@gmail.com; ea.miotto@gmail.com

Recebido em: 03/07/2018 Aprovado em: 15/09/2018

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_16_23

Resumo

Os Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) foram inicialmente projetados para ampliar o nível de cobertura e de precisão de sistemas de navegação, mas dada as aplicações possíveis, pode-se a partir de metodologias específicas se analisarem os mais diferentes fenômenos terrestres, tais como estimar a velocidade e direção das placas tectônicas ou de blocos onde as estações repousam. No presente trabalho se buscou ampliar e derivar aplicações do GNSS, buscando entender melhor a geotectônica regional da Bacia Sedimentar do Pantanal. Neste sentido, modelou-se a combinação de dados de velocidade de estações GNSS do SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) com dados da superfície da lâmina d'água em épocas de cheia e seca. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que a variação no volume e peso da água durante as épocas de cheia e de seca se refletem na posição da régua de altura situada em Corumbá-MS. Este volume de água, além de promover a reativação de estruturas tectônicas, exerce efeito lubrificante nas falhas e fraturas regionais, podendo agir como facilitadora ou indutora de sismos regionais.

Palavras-chave: GNSS; Tectônica; Sismicidade

Abstract

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) were initially designed to extend the coverage and accuracy of navigation systems, but given the possible applications, it is possible to analyze the different terrestrial phenomena from a specific methodology. how to estimate the speed and direction of the plate tectonics or blocks where the stations rest. In the present work we sought to extend and derive GNSS applications, seeking to better understand the regional geotectonics of the Pantanal Sedimentary Basin. In this sense, the combination of SIRGAS (Geocentric Reference System for the Americas) GNSS speed data with water surface data in times of flood and drought was modeled. From the obtained results, it can be concluded that the variation in the volume and weight of the water during the times of flood and of drought are reflected in the position of the height ruler located in Corumbá-MS. This volume of water, in addition to promoting the reactivation of tectonic structures, exerts a lubricating effect on regional faults and fractures, and may act as a facilitator or inducer of regional earthquakes.

Keywords: GNSS; Tectonics; Seismicity



1 Introdução

O GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite) foi inicialmente projetado para prover maior cobertura ao posicionamento geodésico e melhorar o nível de precisão dos sistemas de navegação. Na atualidade, a quantidade de aplicações que surgiram com o uso mais efetivo e refinado do sistema, permitem que se analisem diversos fenômenos terrestres. Neste contexto, dentre as várias aplicações possíveis, algumas das mais atuais e que vem destacando-se são as relacionadas à estimativa de velocidade das placas tectônicas (Drewes & Heidbach, 2012) e avaliação da espessura da neve (Nievinski & Larson, 2014).

Neste contexto e no intuito de investigar as possíveis variações do nível de um rio já houveram estudos comparando as altitudes estimadas em soluções geodésicas, a partir de uma estação de monitoramento contínuo do GNSS (Prol *et al.*, 2015). Na metodologia constou o uso de uma solução geodésica, proveniente do SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas), que foram confrontadas com as observações hidrológicas realizadas pela ANA (Agência Nacional de Águas). A partir disto notou-se que a variação das altitudes, seja do rio ou da estação tem relação direta e que a resposta elástica da crosta terrestre ocorre algumas semanas após a variação do nível de água, resultado confirmado pela forte correlação negativa entre o nível de água do rio e a altitude geodésica da estação.

A resposta elástica da Terra à carga proveniente do aumento do nível de água não ocorre instantaneamente, podendo ser heterogeneamente distribuída em bacias hidrográficas (Nascimento, 2016; Nascimento *et al.*, 2017).

Segundo Prol *et al.* (2015), essa situação é percebida na forma de uma translação temporal na comparação entre os ajustamentos de observações do nível do rio e da altitude (Figura 1). Vale salientar que as variações de nível percebidas pelas estações GNSS são centimétricas, enquanto que nos rios as variações de nível são métricas. Ao realizarem sucessivas translações no ajustamento do nível de água para os anos de 2011 e 2012, estimou-se que o tempo para a resposta da crosta terrestre, indicado no evento na Figura 1 foi de aproximadamente 7 semanas. A Figura 2 (A-B) apresenta os ajustamentos após a translação temporal, feitas no intuito de coincidir as observações realizadas para o meio do ano de 2011 e onde se apresentam maiores detalhes sobre a coin-

cidência das observações e o gráfico de correlação entre os ajustamentos.

A partir dos resultados obtidos observou-se que o peso da água circulante nos ciclos de cheias e secas pode causar movimentações altimétricas em toda a região da planície Pantaneira, que foi efetivamente comprovado por Borsa *et al.* (2014). Neste, os

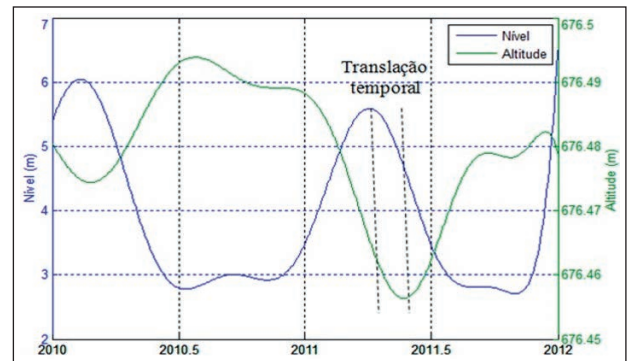


Figura 1 Translação temporal no ajustamento, devido à resposta elástica da Terra à carga dos rios não ocorrer instantaneamente.

autores apresentaram resultados de um estudo realizado no Estado da Califórnia, Estados Unidos, onde se identificou a partir de dados GNSS, uma elevação relevante da superfície terrestre em função da perda de massa de água, evidenciada pela correlação negativa entre a quantidade de água e a altitude.

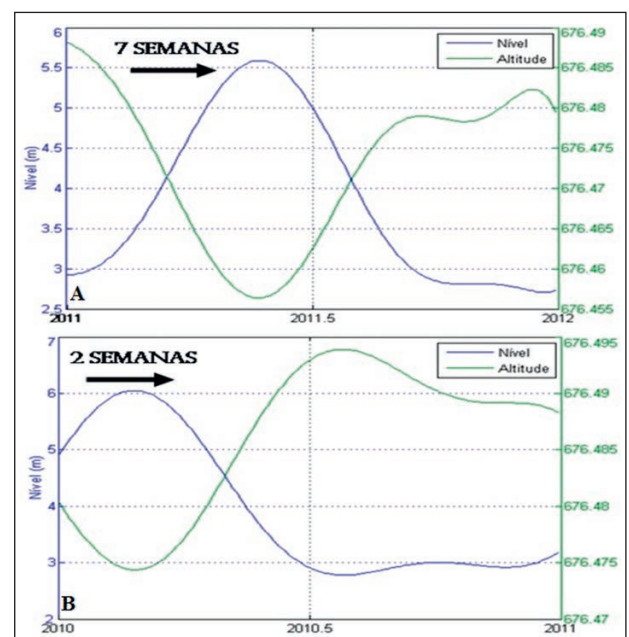


Figura 2 (A) translação temporal para coincidências das séries entre os anos de 2011 e 2012 (à esquerda); (B) e de 2010 e 2011.

No sentido de ampliar e derivar possíveis aplicações no uso do posicionamento geodésico que forneçam subsídios para entender melhor a geotectônica regional da área de pesquisa (Bacia Sedimentar do Pantanal) este trabalho investiga a movimentação relativa da região com relação à placa sul-americana. Para isto, confrontou-se os dados da régua de Ladário, sob responsabilidade da Marinha do Brasil, Comando do 6º Distrito Naval, Serviço de Sinalização Náutica do Oeste e dados da Estação CORUMBÁ (MSCO), pertencente a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS - RBMC, gerida e controlada pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Ambas foram selecionadas por terem um bom conjunto de dados e por estarem localizadas no entorno e dentro de uma região com grande extensão de área alagável, no contexto regional do complexo do Pantanal.

2 Material & Métodos

No intuito de ampliar e derivar possíveis aplicações no uso do posicionamento geodésico que forneçam subsídios para entender melhor a geotectônica regional da Bacia Sedimentar do Pantanal, foram utilizados os dados de velocidade estimados a partir de estações GNSS da rede SIRGAS-CON. Esta rede é composta por aproximadamente 400 estações distribuídas sobre a América Latina, sendo que as estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) se configuram como uma densificação local.

As estações usadas fazem parte da solução multianual denominada SIR11P01 que é alinhada ao ITRF2008, época 2005.0. A solução conta com 230 estações de monitoramento contínuo distribuídas na região de abrangência da rede SIRGAS-CON (Laura & Seitz, 2011 a, b). Desse modo obteve-se um modelo que apresenta a movimentação relativa da região do Pantanal com relação à placa sul-americana.

Os dados da superfície da lâmina d'água durante as diferentes épocas do ano foram obtidas através da classificação automática não supervisionada

de imagens MODIS e os resultados foram espacializados utilizando *software* livre QGIS (GIS Development Team, 2015).

3 Resultados & Discussão

A velocidade das estações, compiladas a partir do ano de 2000 até 2011 (12 anos) refere-se à solução multianual mais recente do SIRGAS e neste caso, deve-se atentar ao fato deste realçar o deslocamento recente/atual de parte da placa sul-americana em relação a um sistema de coordenadas local (E - Leste; N - Norte; Up - Altitude) de coordenadas vinculado ao referencial ITRF2005 (Jekeli, 2006; Monico, 2008).

Neste contexto, evidencia-se a dinâmica interna da placa sul-americana, com direção e intensidade de movimentação diferentes, o que permitiu modelar o deslocamento no eixo V_{up} . Nota-se nas Figuras 3 e 4 que um bloco a sul do Pantanal apresenta subsidência com relação ao bloco ao norte a uma taxa cerca de 1 a 2 mm/ano, enquanto o outro bloco, a norte, é alçado a taxa de cerca de 1,5 mm/ano.

Nesta configuração, evidencia-se um provável limite tectônico, associado a um falhamento de direção EW no sul da bacia do Pantanal. Outra evidência de falha, neste caso, é que o bloco a sul possui substrato pré-cambriano (serra da Bodoquena), enquanto o bloco em soerguimento é constituído por sedimentos cenozoicos da Bacia do Pantanal.

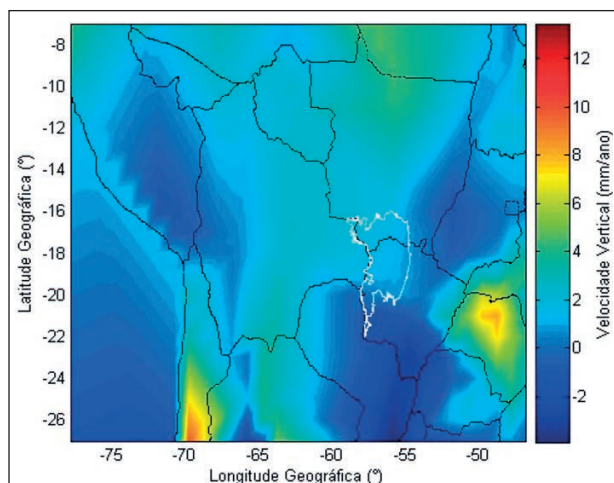


Figura 3 Modelo de V_{up} (componente Up) das estações geodésicas e a movimentação vertical de parte da placa sul-americana. Em branco, os limites da bacia pantaneira e em preto as divisões políticas.

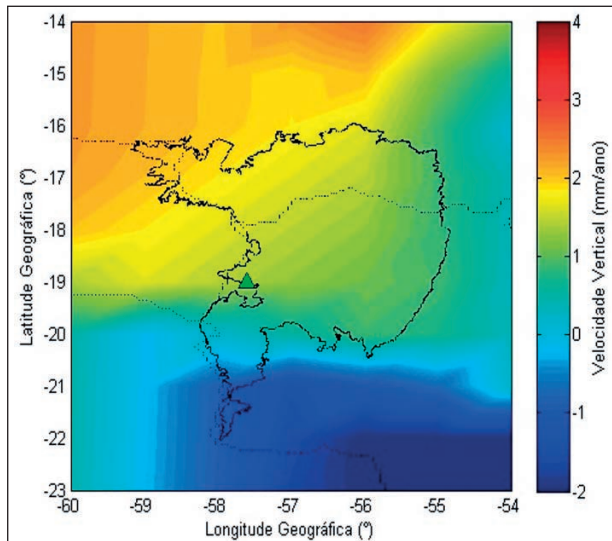


Figura 4 Modelo de V_{up} (componente Up) da Bacia pantaneira, com relação ao bloco norte, alçado a razão de velocidade de 1,5 mm/ano. Em preto, limites da Bacia do Pantanal.

As direções Norte/Sul (NS) e a Leste/Oeste (EW) já foram identificadas em trabalho anterior e neste reconheceu-se a direção EW como mais recente, enquanto que a NS é mais antiga, diretamente re-

lacionada à instalação da Bacia do Pantanal, ambas condizentes com dois dos três grandes domínios estruturais existentes na área de estudo (Paranhos Filho *et al.*, 2013). Isto é corroborado por outros autores que se utilizaram de dados geológicos (geomorfológicos, sedimentológicos e estratigráficos) e sugerem que, parte da subsidência da Bacia Sedimentar do Grande Chaco ocorreu durante o Cenozoico, regida por falhas, com algumas bem conhecidas, a exemplo das falhas da Serra da Bodoquena, do Lago de Ipacarái, de Corumbá e do Rio Negro (Eckel *et al.*, 1959; Putzer, 1962; Almeida, 1965; Mendes, 2008).

Neste cenário, embora o relevo da bacia apresente declividades vertendo de leste para oeste, nota-se uma subsidência levemente maior na borda leste o que contrasta com a tendência esperado, podendo indicar a reativação de estruturas diferentes das que originaram a bacia Pantaneira, mas é importante reiterar que os modelos gerados abrangem 12 anos de movimentação. No modelo de V_{up} aplicado para todo o território brasileiro, nota-se que a única região em subsidência para o período analisado (12 anos) pertence a parte da bacia do Chaco, ao sul da bacia pantaneira.

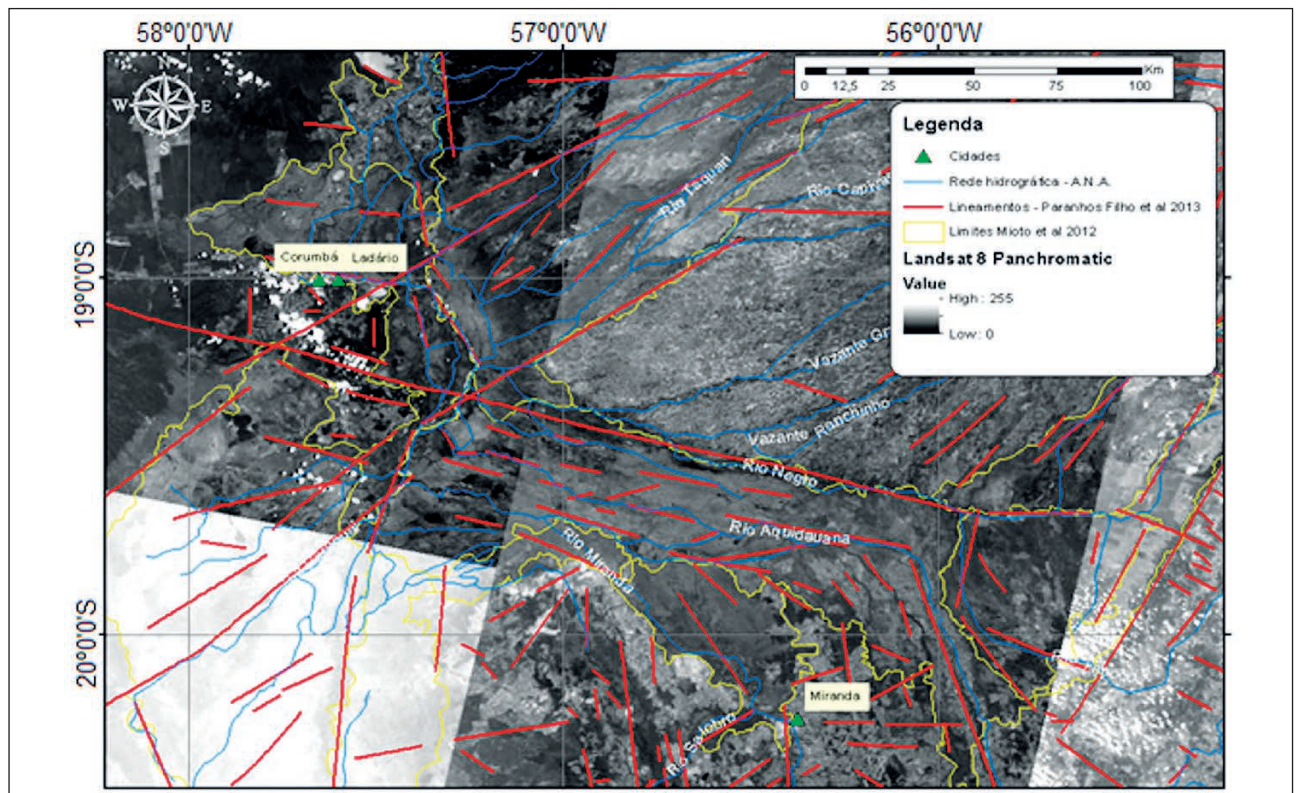


Figura 5 Área de estudo com imagem Landsat 8 pancromática, sobreposta aos lineamentos estruturais já identificados na área de estudo, evidenciando o distinto controle estrutural.

**Geodésia como Ferramenta de Apoio a Compreensão da
Neotectônica do Pantanal: Exemplo na Estação Fluviométrica de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil**

*Antônio Conceição Paranhos Filho; Gustavo Marques e Amorim; Rômulo Machado;
José Marcato Junior; Fabrício dos Santos Prol; Jose Renato Silva de Oliveira & Camila Leonardo Miotto*

A área em questão, a planície pantaneira, caracteriza-se também por um regime de cheias sazonal, no qual um grande volume de água em baixas velocidades passa sobre sua superfície, volume que parcialmente se infiltra no subsolo. A partir da classificação feita em imagens MODIS foi possível quantificar a superfície total alagada em cada ano e estimar tanto o volume de água e seu respectivo peso, conforme a Tabela 1, Figura 6 e Figura 7.

No resultado obtido apontou áreas inundadas variando de 8.848,3 km² a 33.402,2 Km², no período de junho de 2008 a julho de 2009. Neste cenário, considerando-se que a altura média da lâmina d'água variando de 1 a 3 m, obtém-se pesos variando entre 8,8 a 100 Giga Toneladas (trilhão de toneladas) sobre a parte emersa do Pantanal, sem considerar o peso da água infiltrada no solo, subsolo e aquíferos da região.

Na Figura 8 nota-se que desde o ano de 1975 que o volume de água registrado teve um aumento contínuo até o ano de 1983 e que depois deste ano que o volume de água registrado diminui de forma contínua e gradual até o ano de 2013.

No entanto isso se contrapõe aos dados registrados e evidenciados na Tabela 1, Figura 6 e Figura 7, demonstrando que apesar dos valores de registros serem menores, o volume de água tem aumentado. Neste caso, o aumento do volume e peso em função da água na época de cheia e sua consequente redução na época seca sobre a planície pantaneira poderia ser apontada como a principal indutora de movimento ascendente, mas além deste movimento também se evidencia uma subsidência regional contínua, cuja variação também pode ser percebida e registrada nas réguas de altura, situada em Corumbá-MS, como demonstrado na Figura 9 e Figura 10.

Na análise das variações demonstradas na Figura 9 e Figura 10, evidencia-se que o nível das cheias não tem diminuído, mas que a altura absoluta da régua tem aumentado de forma proporcional. Neste caso, a medida que o volume de água aumenta, o peso sobre a área afetada também aumenta, ocasionando o movimento descendente, enquanto que a área onde a régua está, se eleva, como uma resposta elástica a sobrecarga de peso.

Data da Imagem / MODIS	09/06/08	11/07/08	20/08/08	21/09/08	07/10/08	08/11/08	02/12/08	01/01/09	07/04/09	09/05/09	02/06/09	12/07/09
Área / km ²	21233	14613	8848	30398	23182	20651	24028	29156	33402	24902	19680	20530
Volume (m ³) x 10 ⁴ 1m profundidade	2123315	1461261	884834	3039815	2318164	2065057	2402783	291556	3340221	2490174	1968033	2053002
Volume (m ³) x 10 ⁴ 2,5m profundidade	5308287	3653152	2212085	7599537	57954	516264	6006957	728890	8350552	6225435	4920082	5132505
Volume (km ³) (A) 1m - profundidade	21,2	14,6	8,8	30,4	23,2	20,7	24,0	29,2	33,4	24,9	19,7	20,5
Volume (km ³) (B) 2,5m - profundidade	53,0	36,5	22,0	76,0	58,0	51,8	60,0	73,0	83,5	62,3	49,3	51,3
Volume (km ³) (C) 3m - profundidade	63,6	43,8	26,4	91,2	69,6	62,1	72,0	87,6	100,2	74,7	59,1	61,5
(A) Peso Gton Densidade H2O (0,98)	20,8	14,3	8,6	29,8	22,7	20,3	23,5	28,6	32,7	24,4	19,3	20,1
(A) Peso Gton Densi- dade H2O (1,2)	25,4	17,5	10,6	36,5	27,8	24,8	28,8	35,0	40,1	29,9	23,6	24,6
(B) Peso Gton Densidade H ₂ O (0,98)	51,9	35,8	21,6	74,5	56,8	50,7	58,8	71,5	81,8	61,0	48,3	50,2
(B) Peso Gton Densidade H2O (1,2)	63,6	43,8	26,4	91,2	69,6	62,1	72,0	87,6	100,2	74,7	59,1	61,5
(C) Peso Gton Densidade H2O (0,98)	62,3	42,9	25,9	89,4	68,2	60,9	70,6	85,8	98,2	73,2	57,9	60,3
(C) Peso Gton Densidade H2O (1,2)	76,3	52,6	31,7	109,4	83,5	74,5	86,4	105,1	120,2	89,6	70,9	73,8

Tabela 1 Valores de superfície inundada em cada data de passagem de imagem MODIS.

**Geodésia como Ferramenta de Apoio a Compreensão da
Neotectônica do Pantanal: Exemplo na Estação Fluviométrica de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil**
 Antônio Conceição Paranhos Filho; Gustavo Marques e Amorim; Rômulo Machado;
 José Marcato Junior; Fabricio dos Santos Prol; Jose Renato Silva de Oliveira & Camila Leonardo Miotto

Figura 6 Gráfico da área ocupada no período de 12 meses (06/2008 até 07/2009), mostrando concentração entre os períodos de cheia e seca no pantanal, elaborado a partir da Tabela 1.

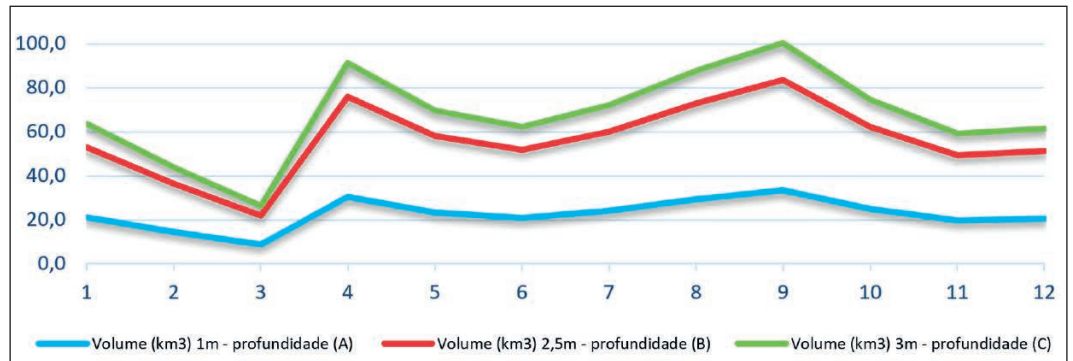


Figura 7 Gráfico da estimativa do peso por área ocupada no período de 12 meses (06/2008 até 07/2009) demonstrando a sobrecarga ocorrida entre os períodos de cheia e seca no pantanal, elaborado a partir da Tabela 1.

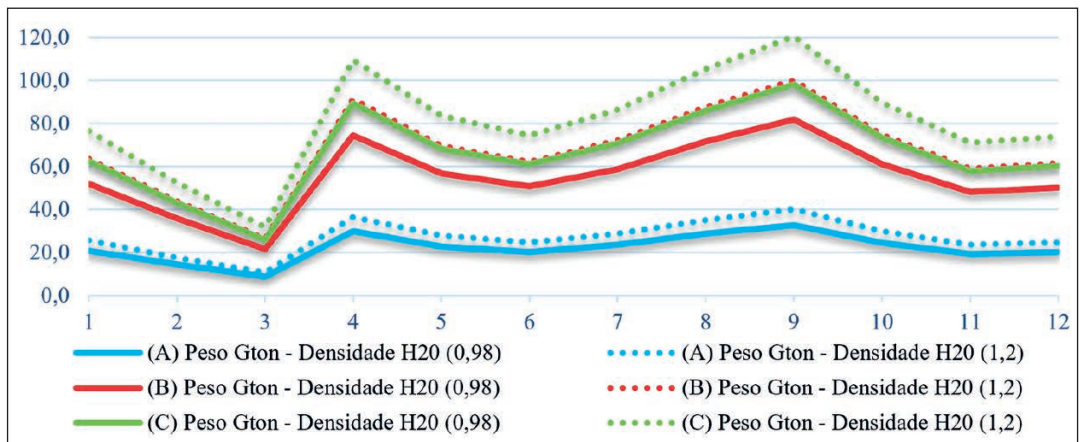
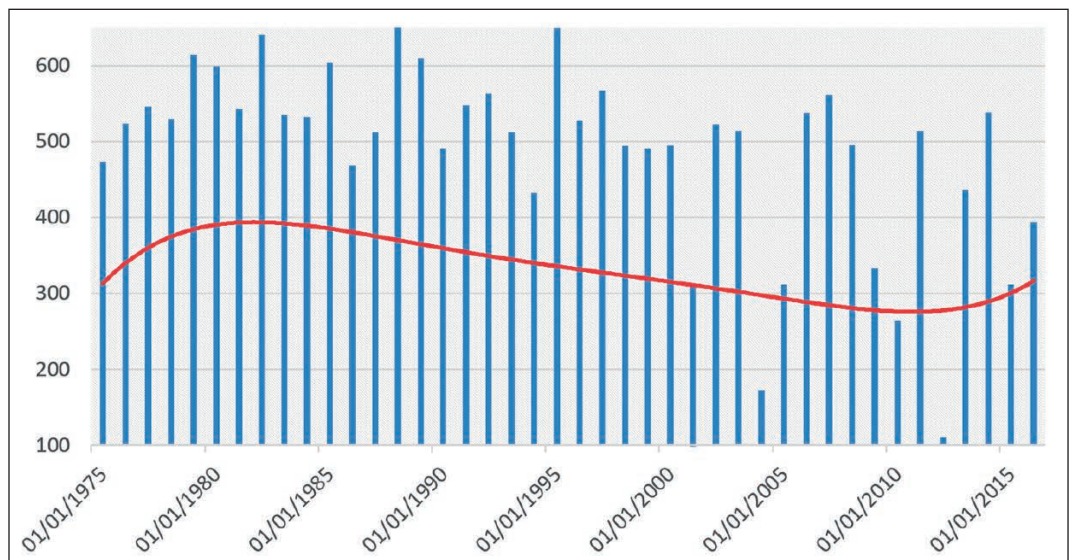


Figura 8 Cota em mm do nível de água para os últimos 40 anos, evidenciando o movimento ascendente e descendente da região.



4 Conclusões

A principal conclusão deste trabalho, a partir dos dados coletados e das análises feitas é que a variação no volume e peso da água durante as épocas de cheia e de seca se refletem na posição da régua de

altura situada em Corumbá-MS, corroborando com os resultados já apresentados em pesquisas anteriores de temática assemelhada (Gomberg *et al.*, 2008; Rubinstein *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2009; Lovett, 2013; Prol *et al.*, 2015).

**Geodésia como Ferramenta de Apoio a Compreensão da
Neotectônica do Pantanal: Exemplo na Estação Fluviométrica de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil**

*Antônio Conceição Paranhos Filho; Gustavo Marques e Amorim; Rômulo Machado;
José Marcato Junior; Fabricio dos Santos Prol; Jose Renato Silva de Oliveira & Camila Leonardo Miotto*

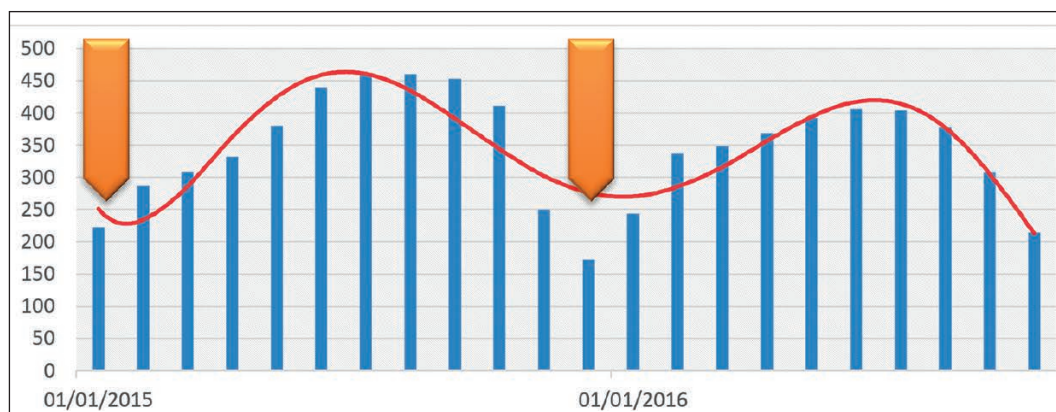


Figura 9 Cota em mm do nível de água para o período de Janeiro 2015 a Dezembro de 2016, evidenciando o movimento ascendente e descendente da região.

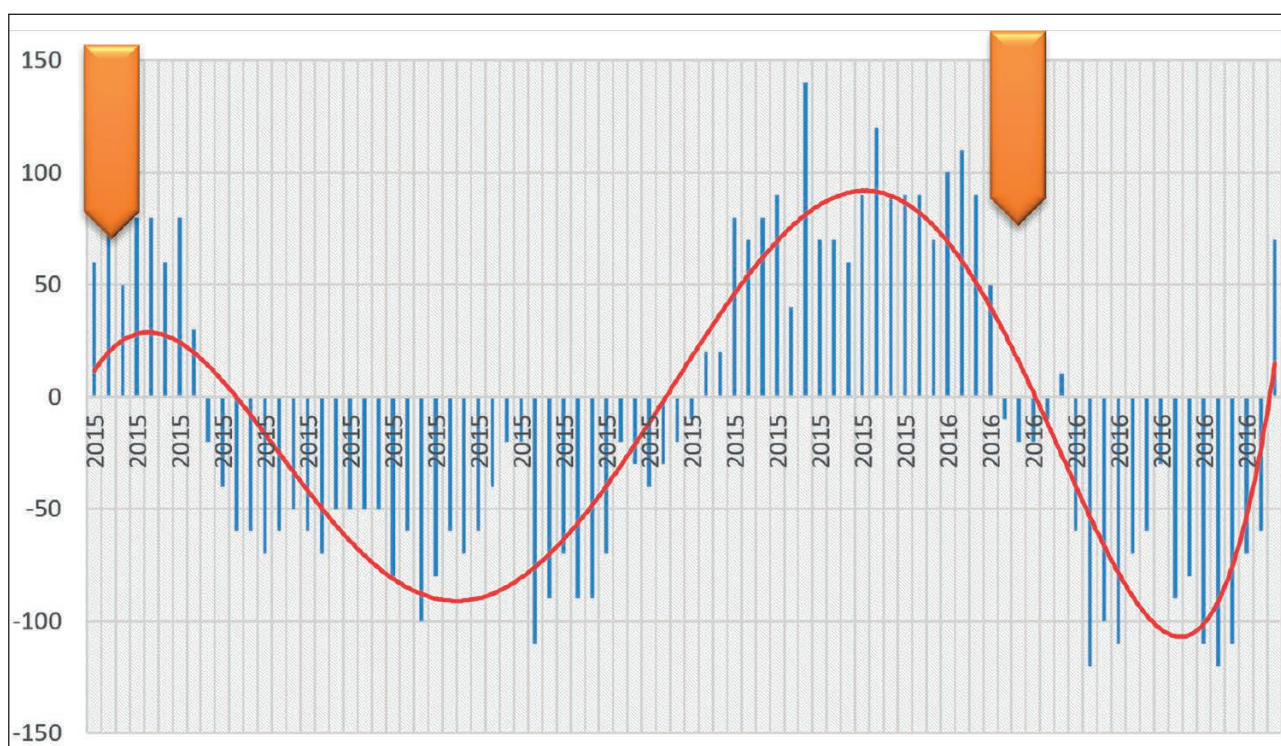


Figura 10 Cota em mm da variação em GNSS para o período de Janeiro 2015 a Dezembro de 2016, evidenciando o movimento ascendente e descendente.

Neste contexto vale salientar que como resultado desta movimentação, tem-se a reativação generalizada de estruturas tectônicas regionais, uma vez que além do peso desta lâmina d'água alterando o equilíbrio isostático, a água que percola exerce efeito lubrificante ao se infiltrar em falhas e fraturas regionais, podendo agir como facilitadora ou indutora de sismos regionais. Neste conjunto de fatores, destaca-se o fato da bacia pantaneira ser descrita como uma das regiões sísmicas brasileiras desde o início

do século XX e que vem se confirmando (Branner, 1912; Sabino *et al.*, 2006; Facincani *et al.*, 2012).

Paralelamente a essa configuração, dentro no movimento natural do fluxo hídrico, a carga de água passa a lentamente se acumular na Bacia do Chaco, ao sul do Pantanal, criando um cenário propício para a subsidência verificada naquela região. Deste modo, embora o quadro tectono-estrutural da região esteja intimamente relacionado a presença do Linea-

**Geodésia como Ferramenta de Apoio a Compreensão da
Neotectônica do Pantanal: Exemplo na Estação Fluviométrica de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil**

Antônio Conceição Paranhos Filho; Gustavo Marques e Amorim; Rômulo Machado;
José Marcato Junior; Fabricio dos Santos Prol; Jose Renato Silva de Oliveira & Camila Leonardo Mioto

mento Transbrasiliano LTB, provavelmente não seja a única estrutura tectônica ativa na região e que vem influenciando na atual sismicidade.

Os resultados apresentados mostram o potencial dos métodos de posicionamento geodésico e dos sistemas GNSS para a análise de bacias, pois possuem condições de avaliar os movimentos eustáticos de bacias com precisão milimétrica, seja a bacia Pantaneira ou qualquer outra.

4 Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelos Recursos de Edital Universal (Processo: 446058/2014-9) e pelas Bolsas de Produtividade em Pesquisa de A.C. Paranhos Filho (Processo 304122/2015-7) e de Rômulo Machado. À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT, que concedeu bolsa de desenvolvimento científico regional registrado no Termo de Outorga (T.O.) nº 140/2014, para o bolsista Dr. Gustavo Marques e Amorim, além dos recursos de Edital Universal (Processo: 59/300.164/2016 - TO 095/2016).

Também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela Bolsa de Doutorado de Camila Leonardo Mioto.

5 Referências

- Almeida, F.F.M. 1965. Geologia da Serra da Bodoquena (Mato Grosso), Brasil. *Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM/Rio de Janeiro*, 219: 1-96.
- Borsa, A.A.; Agnew, D.C. & Cayan, D.R. 2014. Ongoing drought-induced uplift in the western United States. *Science*, 345(6204): 1587-1590.
- Branner, J.C. 1912. Earthquakes in Brazil. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 2(2): 105-117.
- Drewes, H. & Heidbach, O. 2012. The 2009 horizontal velocity field for South America and the Caribbean. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEODESY SYMPOSIUM, 136. (Ed.). *Geodesy for Planet Earth*. Springer, Berlin, Heidelberg, p.657-664.
- Eckel, E.B.; Milton, C. & Sulsona, P.T. 1959. Geology and mineral resources of Paraguay--a reconnaissance, with sections on Igneous and metamorphic rocks and soils. *USGS Numbered Series*, 327: 110p.
- Facincani, E.M.; Assumpção, M.S.; Assine, M.L.; Franca, G.S.L.A.; Paranhos Filho, A.C. & Gamarra, R.M. 2012. Terremotos no Pantanal. In: FERREIRA, F.M.N.S.; BUENO, H.P.V. & BECK, M.C. (Org.). *Pantanal: Perspectivas Históricas e Culturais*. (1ed) Campo Grande, MS. Editora UFMS, v. 2, p. 87-99.
- Gomberg, J.; Rubinstein, J.L.; Peng, Z.; Creager, K.C.; Vidale, J.E. & Bodin, P. 2008. Widespread triggering of nonvolcanic tremor in California. *Science*, 319(5860): 173-173.
- Jekeli, C. 2006. Geometric reference systems in geodesy. *Division of Geodesy and Geospatial Science*, School of Earth Sciences, Ohio State University, v. 25.
- Sánchez, L. & Seitz, M. 2011. SIRGAS reference frame realization SIR11P01. *Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut der Technischen Universität München*, PANGAEA. Disponível em: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.835100>. a.
- Sánchez, L. & Seitz, M. 2011. Recent activities of the IGS Regional Network Associate Analysis Centre for SIRGAS (IGS RNAAC SIR) - Report for the SIRGAS 2011 General Meeting August 8 - 10, 2011. Heredia, Costa Rica. *DGFI Report*, 87: 48 p. Disponível em: hdl:10013/epic.43995.d001. b.
- Liu, C.; Linde, A.T. & Sacks, I.S. 2009. Slow earthquakes triggered by typhoons. *Nature*, 459(7248): 833-836.
- Lovett, R.A. 2013. Hurricane may have triggered earthquake aftershocks. *Nature News. Nature*. International weekly journal of science. Disponível em: <https://www.nature.com/news/hurricane-may-have-triggered-earthquake-aftershocks-1.12839>.
- Mendes, D. 2008. *Filtros passa-baixas ponderados e dados SRTM aplicados ao estudo do pantanal da Baixa Nhecolândia, MS: Aspectos tectônicos e de distribuição de lagoas hipersalinas*. 2008. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 92p.
- Monico, J.F.G. 2008. *Posicionamento pelo GNSS. Descrição, fundamentos e aplicações*. Editora UNESP. 2008.
- Nascimento, L.A. 2016. *Influência da carga hidrológica na altitude geométrica a partir de análise de séries temporais estimadas no método PPP*. 2016. Universidade Federal de Viçosa, Dissertação de Mestrado, 73p.
- Nascimento, L.A.; Poz, W.R.D.; Santos, A.P. & Freitas, K.X.S. 2017. Geração automatizada de séries temporais de dados posicionais utilizando o IBGE-PPP. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 23(1): 150p.
- Nievinski, F.G. & Larson, K.M. 2014. Forward modeling of GPS multipath for near-surface reflectometry and positioning applications. *GPS solutions*, 18(2): 309-322.
- Paranhos Filho, A.C.P.; Nummer, A.; Albrez, E.A.; Ribeiro, A.A. & Machado, R. 2013. A study of structural lineaments in Pantanal (Brazil) using remote sensing data. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 85(3): 913-922.
- Prol, F.D.S.; Marcato Junior, J. & Paranhos Filho, A.C. 2015. Análise do Posicionamento Geodésico como Ferramenta para Monitorar as Variações do Nível de um Rio. *Anuário do Instituto de Geociências*, 38(1): 81-85.
- Beiträge Zur Regionalen Geologie der Erde (ed. by A. Bentz). Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Putzer, H. 1962. *Die geologie von Paraguay*. Beiträge Zur Regionalen Geologie der Erde (ed. by A. Bentz). Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- QGIS Development Team. 2015. Quantum GIS geographic information system. Open source geospatial foundation project. Free Software Foundation, India, 2015.
- Rubinstein, J.L.; La Rocca, M.; Vidale, J.E.; Creager, K.C. & Wech, A.G. 2008. Tidal modulation of nonvolcanic tremor. *Science*, 319(5860): 186-189.
- Sabino, G.S.; Assumpção, M.S.; Facincani, E.M. & Ferreira, S.S. 2006. Sismicidade da Região de Aquidauana-MS. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1, Campo Grande, 2006, Campo Grande, *Anais*, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 239-246.