

Caracterização do regime hidrológico do rio Paraguai utilizando dados da missão altimétrica ENVISAT

Robson Azevedo de Oliveira ¹
Joecila Santos da Silva ²
Phillipe Arantes Pereira ³
Stéphane Calmant ⁴
Frédérique Seyler ⁵

¹ Universidade do Estado do Amazonas – UEA; Bacharelado em Meteorologia; Escola Superior de Tecnologia– EST; Av. Darcy Vargas, 1200, 69065-020, Manaus-AM, Brasil; email: robsonaz@ig.com.br;

² Universidade do Estado do Amazonas – UEA; Centro de Estudos Superiores do Trópico Úmido – CESTU; Av. Djalma Batista 3578, Flores, 69050-010, Manaus-AM, Brasil; e-mail: jsdsilva@uea.edu.br

³ Universidade Federal do Amazonas – UFAM/FT Av. General Rodrigo Otávio, 3000, Coroado - 69077-000 - Manaus - AM, Brasil
apPhillipe@gmail.com

⁴ Institut de Recherche pour le Développement – IRD ; UMR 5566 LEGOS CNES/CNRS/IRD/UT3; 14 av. Edouard Belin, 31400, Toulouse, France ; e-mail: stephane.calmant@ird.fr

⁵ Institut de Recherche pour le Développement – IRD; UMR ESPACE-DEV ; 500 rue Jean François Breton, 34093, Montpellier Cedex 5, France ; e-mail: frederique.seyler@ird.fr.

Abstract. The basin of the Paraguay River is characterized by extensive flood area and is considered one of the largest continuous wetlands in extent of the planet. Detailed knowledge of hydrodynamics and characterization of the types of runoff water from this important and unique river are extremely relevant in terms of knowledge of wetlands. The satellite radar altimetry has proved an increasingly important technique for monitoring the levels of continental waters, being a very effective tool as a source of data in places with lack or absence of the in situ data. Thus, the present study was to characterize the spatial and seasonal hydrological regime of the river Paraguay, through 31 stations made with virtual altimetric satellite ENVISAT. It was observed that 75% of the RMS results obtained in the validation study proved to be compatible with that proposed by Silva et al. (2010), ie, 40 cm. The Paraguay River has different flood regimes depending on the full distance between its outfall, this phenomenon can be attributed to differences between regions and the complex ecosystems that it crosses. From the results observed for the amplitude distribution of the Paraguay River, one sees clearly the regulatory effect exerted by the local hydrological regime in the Pantanal and the oscillations shown by this variable in different places of the river course, imposed by the climate conditions of different ecosystems that are inserted.

Palavras-chave: Space Altimetry, Hydrologic Regime, Paraguay River.

1. Introdução

A região hidrográfica do rio Paraguai é caracterizada por uma vasta área de inundação, sendo considerada uma das maiores áreas úmidas contínuas, em extensão, do planeta (THORSELL; LEVY; SIGATY, 1997). Por conta de sua baixa vazão específica, aproximadamente 6,5 l/s/km², muito inferior à média registrada no Brasil que é de 20,9 l/s/km², conclui-se que essa região não é produtora de água, de forma que a abundância de recursos hídricos observada é oriunda da área de planalto, o que justifica sua baixa

contribuição para o escoamento superficial (CONSELHO MUNDIAL DA ÁGUA/ SEÇÃO BRASIL, 2012).

O conhecimento detalhado da hidrodinâmica e a caracterização dos tipos de escoamentos hídricos deste importante e singular ecossistema, ou seja, a caracterização da forma como a água se propaga por essa extensa área alagada, é de grande importância em termos de conhecimento de zonas úmidas. Entretanto, existem dificuldades na elaboração da caracterização espacializada do fenômeno de inundação, as quais exigem cada vez mais conhecimentos e estudos diferenciados, sendo necessário utilizar tecnologias inovadoras para este fim.

A altimetria espacial é uma destas novas tecnologias e vem sendo empregada com bastante eficácia na bacia Amazônica, sendo exportada e utilizada com sucesso em outras áreas, como por exemplo, em bacias do Continente Africano. Esta tecnologia foi utilizada, inicialmente, para determinar a medida instantânea do nível dos oceanos, através da emissão de um pulso eletromagnético, em micro-ondas, no nadir do satélite. A partir do intervalo de tempo que separa a emissão da onda da recepção de um eco, pode-se estimar a altura da lâmina de água (FU e CAZENAVE, 2001). Posteriormente, os satélites destinados a estudar os oceanos passaram a ser aproveitados, também, para investigar o nível de águas continentais, como alagados, rios, lagos e outros corpos de água (SILVA, et al., 2010).

Um estudo altimétrico detalhado e denso do regime hidrológico dos rios que compõem o ecossistema do Pantanal pode ajudar a entender melhor o comportamento e a evolução do volume de água, da periodicidade das inundações de cada rio formador do Pantanal e, conseqüentemente, do pulso de inundação de todo o sistema. Segundo Calheiros (2010), a Conferência Internacional sobre Processos Ecohidrológicos e Manejo Sustentável de Planícies de Inundação, organizada pelo Centro Regional Europeu de Ecohidrologia – Instituto para Educação sobre a Água (UNESCO –IHE), reforçou em 2008, a importância da preservação das áreas úmidas regidas por pulso de inundação, principalmente pela riqueza e diversidade de seus ecossistemas e pela grande produção de água potável destas regiões.

Assim sendo, este estudo objetiva caracterizar a variabilidade espacial e temporal do regime hidrológico da bacia do rio Paraguai, através da altimetria espacial, utilizando os dados do satélite ENVISAT, referentes ao período de 2002 a 2010.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de Estudo

O rio Paraguai, é um dos principais rios da bacia do Prata e o principal rio da sub-bacia que recebe seu nome (bacia do Rio Paraguai). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), a bacia do Prata é a segunda maior bacia, do continente sul-americano. O rio Paraguai destaca-se por ser um rio transfronteiriço que possui boa qualidade de água e por ser o principal rio formador do ecossistema do Pantanal.

A parte alta do rio Paraguai, a partir de sua nascente, caracteriza-se por possuir declividade mais elevada, sendo registrado, aproximadamente 0,9 cm/km entre as estações de Cáceres e Descalvados. Já na região de Planície, sua declividade varia apenas entre 0,1 e 0,3 cm/km. Esta região possui precipitação média climatológica anual de 1396 mm. Contudo, este nível de precipitação pode variar entre 800 e 1600 mm, de ano a ano. A região do Planalto apresenta grande conectividade com as áreas alagadas de Planície, tanto em termos de quantidade de água, quanto no que se refere aos níveis de vazão (ALLASIA PICCILLI, 2007; PETRY *et al.* 2011).

Sua extensão é de aproximadamente 2.600 km e atravessa regiões com diferentes caracterizações climáticas, ficando cada vez mais seco, do Norte para o Sul. A área Norte e Nordeste da bacia possui verões com precipitação abundante e um período seco, de estiagem, de aproximadamente, quatro meses, característico de climas tropicais. No Sudeste da Bacia, o

regime de precipitação é mais influenciado pela entrada de frentes frias oriundas do polo, por isso, maiores índices pluviométricos são registrados na estação de inverno, o que é bem característico de climas sub-tropicais (PETRY *et al.*, 2011). Já o centro-sul e o sudeste da bacia possuem grande irregularidade sazonal na distribuição de chuvas, principalmente, na borda leste dos Andes, onde a umidade diminui bastante com a altura. O clima seco predominante nesta região aproxima-se a climatologias de áreas semidesérticas (PETRY *et al.*, 2011).

Dentre os diferentes ecossistemas que o rio Paraguai atravessa, o Pantanal se destaca por ser o principal agente regulador do sistema hidrodinâmico do rio Paraguai. No período de cheia, as águas do rio Paraguai tornam uma área de, aproximadamente, 138.183 km² um imenso pântano de alagação (ABDON *et al.*, 2007), o que dificulta a localização das calhas dos rios e lagos, os quais, no período de seca, são muito abundantes e dominam a paisagem. Este é um dos processos que tornam a bacia do rio Paraguai um objeto de estudo tão complexo, uma vez que possui um regime hidrodinâmico e hidrológico bastante singular.

2.2. Dados *in situ*

Os dados das estações fluviométricas utilizados neste estudo foram disponibilizados pela ANA, através do banco de dados HidroWeb e correspondem às estações de Barra dos Bugres (15.076° S, 57.181° W), Porto Esperança (19.600° S, 57.437° W), Forte Coimbra (19.919° S, 57.789° W) e Porto Murtinho (21.700° S, 57.891° W), que estão localizadas, respectivamente, a 2419,49 km, 1352,67 km, 1285,42 km e a 965,93 km da foz do Rio Paraguai.

2.3. Dados altimétricos

Os dados altimétricos utilizados para este estudo foram produzidos pelo satélite ENVISAT, denominados de registros de dados geofísicos (*Geophysical Data Records – GDRs*), sendo extraídos entre as coordenadas geográficas de 67°W a 41°W e 10°S a 31°S. Estes dados foram processados através do algoritmo de tratamento de forma de onda (FO) Ice-1 disponibilizado pelo *Centre de Topographie des Océans et de l'Hydrosphère – CTOH* do *Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales – LEGOS*. Desta forma, 80 traços foram extraídos do CTOH, totalizando 93 ciclos de outubro de 2002 a outubro de 2010.

2.4. Elaboração de Estações Virtuais

Estações Virtuais (EV's) foram elaboradas seguindo a metodologia descrita por Silva *et al.* (2010), em pontos onde se verificam cruzamentos dos traços da órbita do satélite com o corpo hídrico presente na superfície terrestre. O *software* VALS (VALS, 2012) foi empregado com o objetivo de aprimorar o processo de seleção dos dados a serem utilizados na estimativa do nível de água continentais.

2.5. Séries temporais de nível de água

As séries temporais altimétricas foram obtidas utilizando-se as medianas das medidas altimétricas e associando-se uma dispersão à mediana, de forma a caracterizar a qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos após a seleção dos dados. Tal dispersão foi calculada pelo desvio absoluto da mediana. Adicionalmente, as alturas elipsoidais da superfície da água das séries temporais altimétricas foram convertidas em alturas geóidas (*i.e.*, cota altimétrica), empregando-se o modelo de ondulação geoidal EGM2008 (Pavlis *et al.*, 2008)..

2.6. Validação dos Dados Altimétricos

Nos casos em que não ficou evidente qualquer modificação hidrodinâmicas entre a localização das estações linimétricas e o traço do satélite, foram realizadas análises qualitativas das medidas altimétricas de nível de água, tendo como base a comparação entre as

medidas altimétricas e as medidas das estações linimétricas, através do valor eficaz ou RMS (*Root Mean Square*).

3. Resultados e Discussão

3.1. Estações Virtuais

Um conjunto de 31 Estações Virtuais foram elaboradas e analisadas separadamente, para a geração de séries temporais altimétricas. A localização de cada Estação Virtual pode ser observada na figura 1.

Através do VALS, pode-se realizar: diversos tratamentos da medida altimétrica, com seleção individualizada de cada medida por ciclo (passagem do satélite sobre determinado traço) e diversos tipos de correções do efeito de afastamento do nadir.



Figura 1. Localização de cada Estação Virtual (marcadores em marrom) e convencional (marcadores em amarelo) ao longo da calha principal do rio Paraguai. (mosaico de imagem do Google Earth em segundo plano).

3.2. Validação dos Dados Altimétricos para o Rio Paraguai

O estudo de validação das séries temporais de nível de água foi conduzido utilizando-se a EV PARAGUAI-ENV-ICE1-235 e as estações linimétricas Forte Coimbra localizada a 10,6 km à montante da EV (figura 2). O RMS entre os níveis de água *in situ* e altimétrico foi de 10 cm. Nas imediações desta Estação Virtual, o rio Paraguai se encontra na região de planícies inundáveis que se estende a cerca de 46 km, de leste a oeste, à direita de sua margem e aproximadamente 47 km, de oeste a leste, à esquerda de sua margem, possuindo uma largura média de 481 m. Na figura 2, à esquerda é possível visualizar o ponto onde se encontra a EV e a estação linimétrica. À direita, no gráfico, a linha contínua corresponde aos dados da estação linimétrica de Forte Coimbra e os círculos correspondem às medidas realizadas pela satélite ENVISAT.

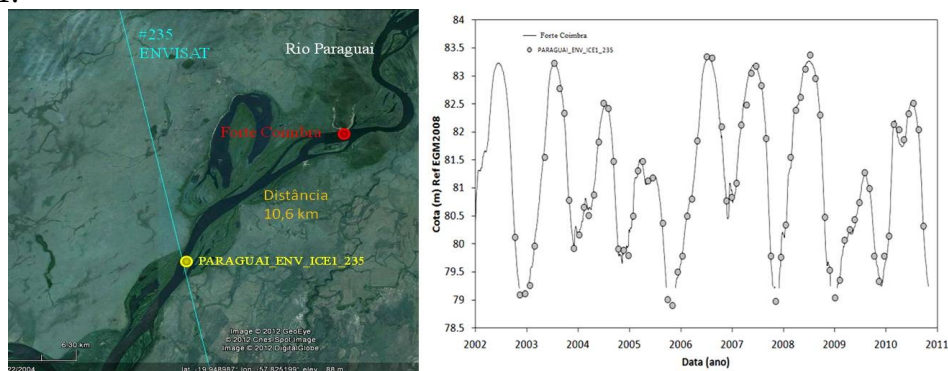


Figura 2. Validação dos dados altimétricos para o rio Paraguai na Estação Virtual PARAGUAI-ENV-ICE1-235. (mosaico de imagem do Google Earth em segundo plano)

Os baixos níveis de amplitude de 2005 e 2009 podem ser atribuídos ao aquecimento do Atlântico Norte Tropical e as condições prolongadas do *El Niño* (2004-2005) no Pacífico tropical, que causou um grande déficit de chuva no sul e sudeste da região amazônica, influenciando o clima no norte da bacia do rio Paraguai, que é bastante influenciado pelo clima desta região (ZENG *et al.*, 2008). Já 2009, foi um ano de atuação da fase positiva do El Niño Oscilação Sul (conhecido como *La Niña*), que ocasionou grande aumento dos níveis de precipitação na região Amazônica e uma diminuição da precipitação na região central da América do Sul.

Os valores de RMS obtidos para as EV's são comparáveis aos valores encontrados em estudos realizados nos rios amazônicos conduzidos, em um primeiro momento, por Silva *et al.* (2010) e reproduzidos por diversos outros pesquisadores, onde, aproximadamente, 70% das séries temporais elaboradas a partir de dados altimétricos do satélite ENVISAT apresentaram valores de RMS inferiores a 40 cm.

3.3. Regime Hidrológico do Rio Paraguai

Para realizar a caracterização do regime hidrológico do rio Paraguai, neste estudo, gerou-se 31 cotagramas a partir dos dados altimétricos, como pode ser visto na figura 3, havendo um cotagrama para cada estação. Os cotagramas são gráficos que possibilitaram a observação do comportamento do nível de água ao longo do ano, para facilitar a análise e caracterização da sazonalidade que a calha principal do rio Paraguai apresentou durante o período de oito anos (de 2002 a 2010), a partir dos dados selecionados e analisados, oriundos do satélite ENVISAT.

Analizando-se os cotagramas evidenciam-se as características sazonais do rio Paraguai. Este rio possui distintos regimes de cheia, dependendo da distância em que se encontra de sua foz, provenientes das diferentes e complexas regiões, cada uma delas, com climatologia característica.

Próximo a sua nascente, onde o rio atravessa uma região de planalto, o pico máximo de cheia desenvolve-se entre os meses de fevereiro e março e apresenta, nas três primeiras Estações Virtuais, a partir da nascente, um cotagrama bimodal, com dois períodos hidrológicos bem definidos, entre cheia e vazante, descartando-se pequenas variações de nível durante o período seco. Esta Característica é descrita também por Allasia Piccilli, (2007), pontuando que, até a estação linimétrica de Cárceres os picos de cheia são observados entre os meses de fevereiro e março.

A cheia avança rapidamente e dura poucas semanas. Já a vazante, progride lentamente e persiste por um período mais longo, o que é característico do clima tropical austral, semelhante ao encontrado na região amazônica, possuindo precipitação abundante e um período de estiagem que dura, aproximadamente, quatro meses. Os índices aumentam gradualmente, durante o resto do ano, como descrito por Petry *et al.* (2011).

As EV's PARAGUAI-ENV-ICE1-220-02 e PARAGUAI-ENV-ICE1-220-03 se encontram, respectivamente, a 1978,51 km e a 1973, 38 km da foz, seguindo o braço do rio em que estão situadas, pois antes do rio chegar a estes pontos, divide-se em dois ramos distintos e permanece assim por cerca de 35 km. Seus cotagramas apresentam as menores amplitudes. O cotagrama revela, também, que o período de cheia possui pico máximo entre os meses de março e maio, exibindo pequena defasagem com relação às estações mais à montante.

Após estas EV's, a defasagem entre os picos de cheia e vazante fica cada vez maior em relação às estações à montante do rio, que se encontram na região de planalto, com a cheia ocorrendo, preferencialmente, entre os meses de maio e julho, conforme é possível observar na segunda coluna do cotagrama, desde a estação PARAGUAI-ENV-ICE1-693-01 até a PARAGUAI-ENV-ICE1-678-08, que estão totalmente inseridas no ecossistema do Pantanal. Nesta região, o regime hidrológico do rio Paraguai recebe influência do escoamento lateral e

contribuição do escoamento subterrâneo o que diminui a elevação do nível do rio durante a cheia e cede água para o rio durante a estação seca.

Nestas EV's, é possível observar que, apesar da região onde estão inseridas possuir menores índices de precipitação que no norte da bacia, ela apresenta níveis pluviométricos ainda consideráveis, possuindo climatologia diferente do planalto, contando com maiores índices de precipitação em períodos diferentes, o que é característico do clima de transição entre os climas tropical e subtropical.

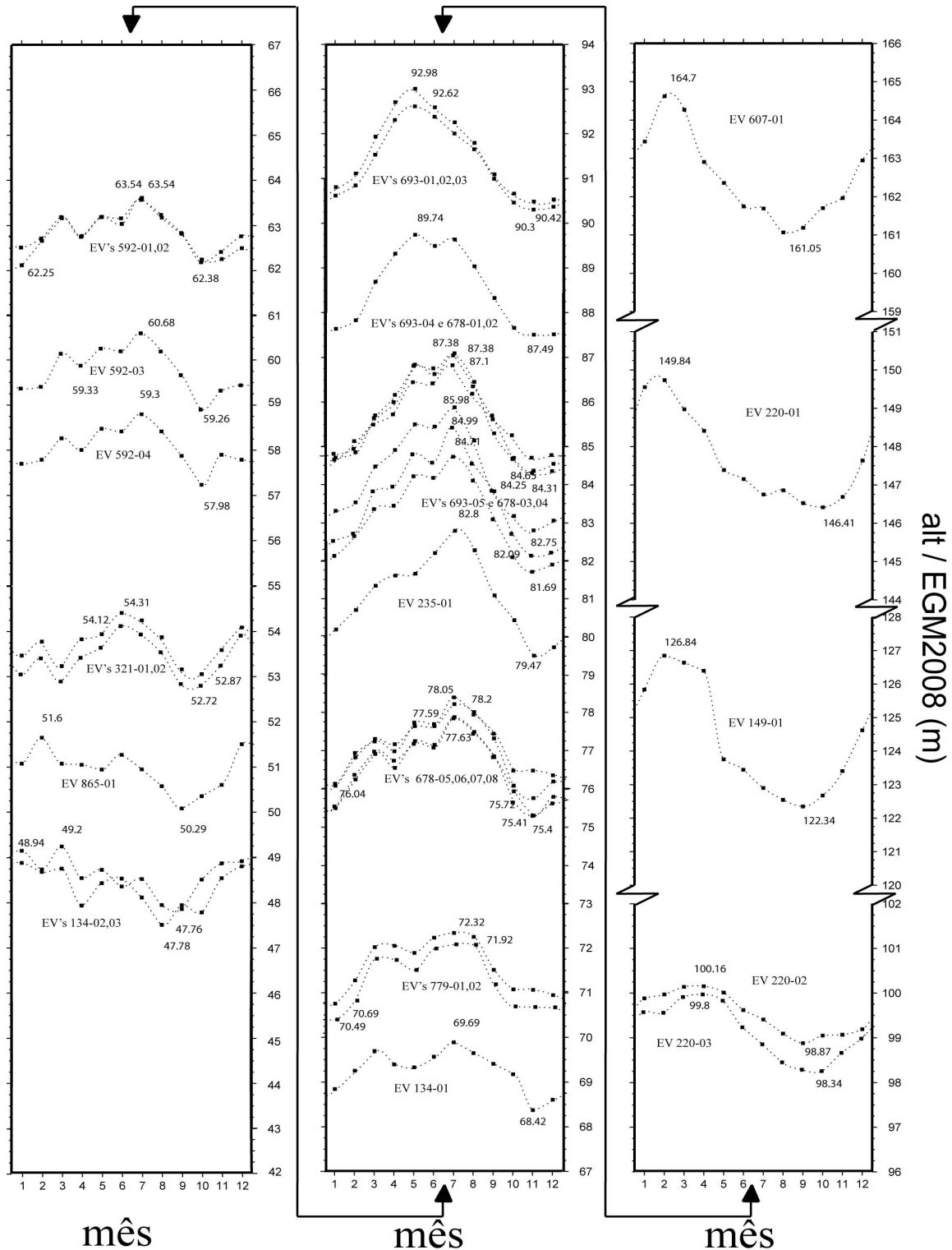


Figura 6. Cotagramas das Estações Virtuais do rio Paraguai referentes ao período estudado, onde são identificadas as temporadas de cheia e estiagem e as cotas máximas e mínimas.

A partir da estação PARAGUAI-ENV-ICE1-779-01, ainda na segunda coluna, há uma redução na amplitude média, voltando a aumentar gradativamente até a PARAGUAI-ENV-ICE1-321-02, na terceira coluna. Esta região é caracterizada por possuir clima mais árido, com menores índices de precipitação, os quais variam entre 350 e 700 mm, segundo Reboita *et al.* (2009), sendo conhecida como Chaco. Nela, há grandes áreas com drenagem endorréica (sem fluxo de saída natural), que finaliza em banhados ou lagos, ou sem sistema de drenagem definido.

Após a foz do rio Apa, o rio Paraguai se encontra já em território Paraguaio, atravessando uma importante área agrícola. Ao entrar na região do Chaco, o rio Paraguai evidencia uma importante mudança no regime hidrológico e apresenta cotogramas multimodais, com, no mínimo, dois picos de cheia. A época de cheia se mantém durante vários meses, com pico máximo entre os meses de julho e agosto, sendo que sua vazante tem duração mais curta. Sendo causado pela contribuição hídrica de diversos afluentes que deságuam na margem leste do rio Paraguai, entre eles, o rio Apa, o rio Ypané e o rio Aquidaban, onde se verificam índices de precipitação bem maiores que no Chaco, entre 1700 em 2100 mm (REBOITA *et al.*, 2009). Na margem oeste, a maior parte dos rios é intermitente, possuindo períodos de contribuição diferentes, causando a aparência multimodal dos cotogramas.

Nas três estações mais próximas à foz, a partir da estação PARAGUAI-ENV-ICE1-865-01, localizada a aproximadamente 101 km da foz, pode-se observar outra mudança no regime hidrológico e nos máximos de cheia do rio Paraguai. A amplitude nestas três estações apresenta-se mais baixa que nas Estações Virtuais imediatamente anteriores e apresentam pequena oscilação de uma estação para outra até a foz. Seus cotogramas são multimodais, com vários picos de cheia e sua vazante persiste por poucos meses. Nesta região, o rio Paraguai recebe importante contribuição hídrica das Yungas andinas, através do rio Bermejo, sofrendo também o efeito de barragem hidráulica do rio Paraná que influencia os níveis de água no baixo curso do rio.

4. Conclusões e recomendações

Os resultados obtidos neste estudo evidenciaram quão complexa e singular é a região hidrológica do rio Paraguai. Seu regime hidrológico possui particularidades únicas, que são bastante desafiadoras. Comparando-se a hidrodinâmica dos rios amazônicos com a do rio Paraguai, fica evidente que elas se diferenciam muito no que diz respeito à amplitude e à sazonalidade do pulso de inundação. Na bacia amazônica, a média de amplitude é de, aproximadamente, 14 m, já na região focalizada neste estudo, o rio Paraguai, a média da amplitude encontrada foi de, aproximadamente, 4 m.

A EV validada, apresentou resultado de RMS satisfatório, dentro do que foi proposto por Silva *et al.* (2010), indicando, assim, que esta tecnologia complementa satisfatoriamente as lacunas no sistema convencional. O erro da estação validada é de aproximadamente 2,2%. O Rio Paraguai possui 10 estações *in situ* em funcionamento administradas pela ANA. As Estações Virtuais provenientes do satélite ENVISAT, elaboradas no presente estudo, equivalem a 31. Estas estações somadas às estações limimétricas, contabilizam um total de 41 estações, que podem proporcionar uma otimização do monitoramento do rio Paraguai, percebendo-se, desta forma, nuances referentes à hidrodinâmica do rio, que, antes, passavam despercebidas, dado o reduzido número de estações fluviométricas.

Assim sendo, a altimetria espacial mostra-se um recurso robusto e adequado para estudos hidrológicos em regiões complexas, com hidrodinâmica diferenciada. Recomenda-se, para estudos futuros, estender-se esta caracterização aos diversos afluentes e lagos que circundam o rio Paraguai, para que se obtenham, com maior riqueza de detalhes, as características do escoamento superficial e da hidrodinâmica, desta importante bacia.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pelo projeto CASAM (CNPq) e FOAM (CNES/TOSCA). Os autores agradecem ao *Centre de Topographie des Océans et de l'Hydrosphère* – CTOH do *Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales* – LEGOS, pelos *Geophysical Data Records* – GDRs e as correções troposféricas correspondentes e à *European Space Agency* – ESA pela garantia do uso dos dados da missão ENVISAT disponibilizados para a pesquisa. À Agência Nacional de Águas – ANA, pelos dados linimétricos.

Referências Bibliográficas

- ABDON, Myrian de Moura *et al.* Desmatamento no Bioma Pantanal até o ano 2002: relações com a fitofisionomia e limites municipais. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 59/01, abr. 2007. Disponível em: <http://www.rbc.ufrj.br/_2007/59_1_03.htm> Acesso em: 13 abr. 2012.
- ALLASIA PICCILLI, Daniel Gustavo. *Avaliação da Previsão Hidroclimática no Alto Paraguai*. 2007. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13826>>. Acesso em: 05 mai. 2012.
- CALHEIROS, Débora Fernandes. Importância socioambiental da conservação do pulso de inundação do Pantanal. *ADM - Artigo de Divulgação na Mídia*, Embrapa Pantanal, Corumbá, MS, n.139, p.1-5, jul. 2010. Disponível em: <http://www.riosvivos.org.br/arquivos/site_noticias_1051505156.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2012.
- CONSELHO MUNDIAL DA ÁGUA/ SEÇÃO BRASIL. *Catálogo Oficial dos Membros Brasileiros do Conselho Mundial da Água/ 6º. Fórum Mundial da Água*. Marselha, 2012. Catálogo.
- FU, L. L., CAZENAVE, A., 2001, **Satellite Altimetry and Earth Science, A Handbook of Techniques and Applications**. London (UK), Academic Press., 464p
- PAVLIS, N.K.; HOLMES, S.A.; KENYON, S.C.; FACTOR J.K. *An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008*. in: Proceedings of the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union, Vienna, Austria, 13-18/04/2008. Disponível em: <http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/egm08_wgs84.html> . Acesso em: 06.out.2012.
- PETRY, Paulo *et al.* *Análise de Risco Ecológico da Bacia do Rio Paraguai: Argentina, Bolívia, Brasil e Paraguai*. Brasília – DF: The Nature Conservancy do Brasil - WWF-Brasil, 2011. Disponível em: <http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/26jan12_tnc_wwf_analise_de_risco_portugues.pdf>. Acesso em 20 mai. 2012.
- REBOITA, Michelle Simões *et al.* Análise de um Ciclone Semi-estacionário na Costa Sul do Brasil Associado a Bloqueio Atmosférico. *Revista Brasileira de Meteorologia*, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 407 - 422, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v24n4/a04v24n4.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2012.
- SILVA, Joecila Santos da *et al.* Water Levels in the Amazon Basin Derived from the ERS 2- ENVISAT Radar Altimetry Missions. *Remote Sensing of Environment*, v. 114, p. 2160-2181, 2010. doi: 10.1016/j.rse.2010.04.020
- THORSELL, Jim; LEVY, Renée Ferster; SIGATY, Todd. *A Global Overview of Wetland and Marine Protected Areas on the World Heritage Liste: A Contribution on the Global Theme Study of World Heritage Natural Sites*. Gland, Switzerland: Natural Heritage Programme - IUCN and The World Conservation Monitoring Center – WCMC, 1997. Disponível em: <http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/WH-WP-002.pdf> Acesso em: 15/06/2012.
- VALS (2012). Virtual ALtimetry Station, Versão 1.0.6.4., , COCHONNEAU, G. CALMANT, S. Disponível em: <http://www.mpl.ird.fr/hybam/outils/logiciels_test.php>. Acesso em: 12 fev. 2012.
- ZENG *et al.*, 2008, Causes and impacts of the 2005 Amazon drought, *Environmental Research Letters*, v. 3, n. 1, pp. 014002.