



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## **COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS GRACE E DADOS DA ANA NUMA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI**

Indiara Bruna Costa Moura Moraes <sup>(a,b)</sup>, Andrea Valli Nummer <sup>(c)</sup>

<sup>(a)</sup> Professora no Colégio Técnico, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), [imoraes10.im@gmail.com](mailto:imoraes10.im@gmail.com).

<sup>(b)</sup> Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

<sup>(c)</sup> Prossesfora do Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, [a.nummer@gmail.com](mailto:a.nummer@gmail.com).

**Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais**

### **Resumo**

Estudos sobre os fenômenos climáticos ajudam para planejar o espaço geográfico e os satélites gravimétricos têm um potencial de utilização para estudos hídricos. O presente estudo tem como objetivo avaliar o uso da missão GRACE (Gravity Recovery & Climate Experiment) comparando com os dados fluviométricos de uma estação da Agência Nacional de Águas (ANA), no município de Uruguai na bacia hidrográfica do Rio Uruguai e sua percepção aos eventos ocorridos durante o ano de 2014.

**Palavras chave:** Missão GRACE. Inundação. Estiagem. Bacia hidrográfica.

### **1. Introdução**

A Resolução n.32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) divide o Brasil em 12 Regiões Hidrográficas sendo que a menor delas é a Região Hidrográfica do Uruguai, que corresponde a apenas 2% do território do país. A Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (Resolução CNRH n.30/2002) compreende uma área drenada total de cerca de 385.000km<sup>2</sup> sendo que destes, 45% (ou seja, 174.412km<sup>2</sup>) estão situados em território nacional.

Apesar de sua pequena expressão territorial em relação as demais regiões hidrográficas do País, as atividades agroindustriais, a importância ecológica e o potencial hidrelétrico colocam a Região Hidrográfica do Uruguai em lugar de destaque no cenário nacional.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A Bacia se caracteriza por possuir uma baixa capacidade de armazenamento atribuída a geologia e geomorfologia com predominância de relevo acidentado no trecho alto da Bacia, seguido de um trecho mais plano na região da Campanha Gaúcha, com solo pouco profundo, o que faz com que o rio Uruguai escoe predominantemente em leito rochoso (MMA, 2006). Desta forma, o regime de vazão na bacia acompanha o regime de chuvas: quando da ocorrência de períodos de precipitações intensas, estas geram inundações nas áreas ribeirinhas; e da mesma forma, quando ocorrem períodos de estiagens, as vazões são bruscamente reduzidas, até mesmo comprometendo a garantia de atendimento das demandas. Como o regime de chuvas na Bacia é bastante variado, as vazões seguem este regime, o que dificulta o planejamento da utilização da água na Bacia. Na Figura 1, podemos observar a localização da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul.

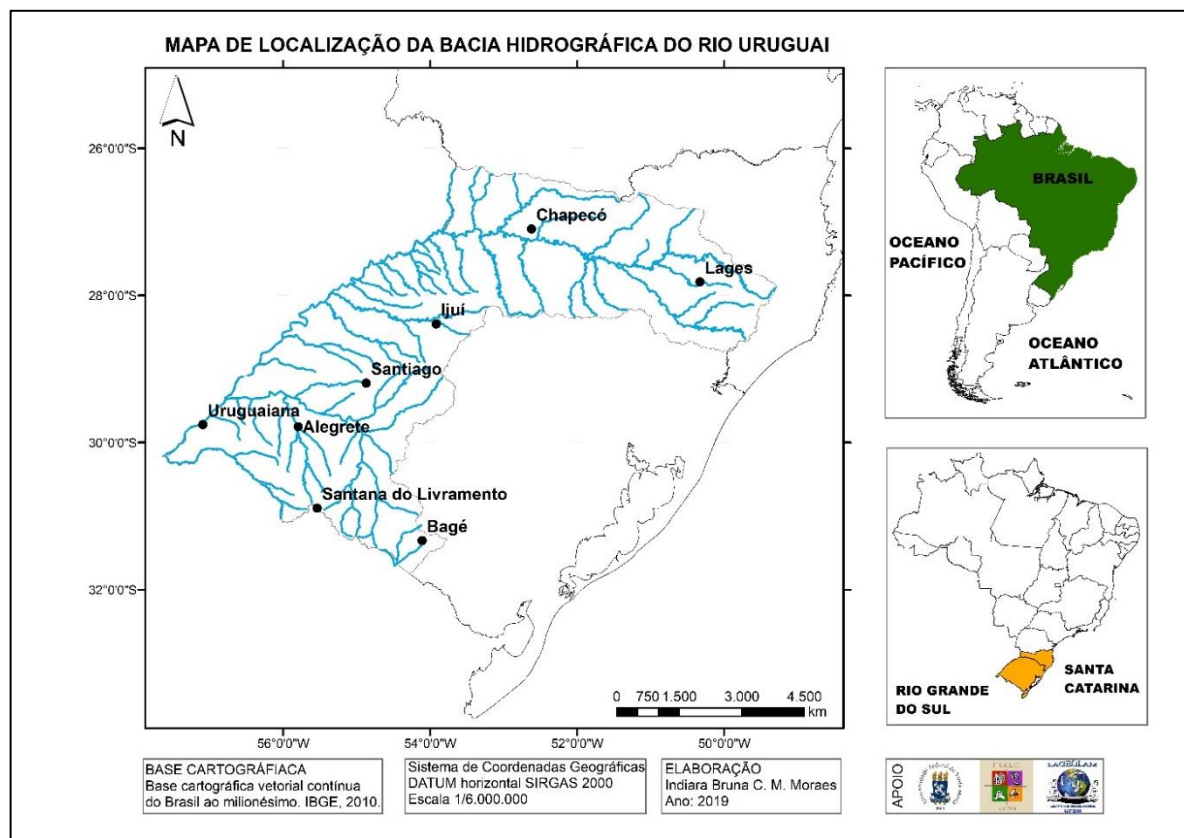


Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai no Brasil.

Fonte: Adaptado IBGE, 2010.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O monitoramento e a quantificação espacial dos eventos climatológicos são limitados por recursos de dados convencionais, observações meteorológicas e hidrológicas in situ com escassa amostragem espacial e temporal. Os défices no armazenamento de água terrestre (TWS – Terrestrial Water Storage) são particularmente difíceis de estimar a partir desses dados.

O TWS é composto pelo armazenamento d'água da superfície, umidade do solo e águas subterrâneas. Mudanças no TWS refletem alterações na precipitação acumulada, evapotranspiração, escoamento superficial e subsuperficial dentro de uma determinada bacia (Yin et al., 2019). A estimativa precisa da mudança do TWS é importante para entender a variação do ciclo hidrológico.

A missão GRACE é geralmente considerada como um avanço revolucionário na medição do TWS global, apesar de seu espaço limitado resolução. A GRACE mensura a mudança de água verticalmente de armazenamento e não pode separar as contribuições individuais, ou seja, reservatórios de água na superfície, solo, gelo e águas subterrâneas) sem outros dados independentes. As medições de gravidade obtidas através da GRACE fornecem um meio para estimar a altura d'água equivalente (equivalent water thickness - EqW) através do monitoramento direto das mudanças do TWS. Observações de gravidade GRACE temporária são capazes de monitorar mudanças de massa com uma precisão de aproximadamente 1,5 cm de mudança de EqW (WAHR et al., 2004, 2006), em regiões com aproximadamente 200.000km<sup>2</sup> ou mais.

Lançada em 2002, a missão GRACE - Gravity Recovery & Climate Experiment mapeia com precisão as variações no campo gravitacional da Terra. Projetado para uma vida útil de cinco anos, a missão GRACE operou em fase estendida, encerrando as atividades em 12 de outubro de 2017. A missão Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-On (GRACE-FO) é uma sucessora da missão GRACE original, e continuará a pesquisa da sua antecessora, continuando o trabalho de monitorar o movimento da água na Terra para detectar as mudanças no armazenamento de água subterrânea, a quantidade de água em grandes lagos e rios, umidade do solo, lençóis de gelo e geleiras e nível do mar causando a adição de água ao oceano. Essas



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

descobertas fornecem uma visão única do clima da Terra e trazem benefícios de longo alcance para a sociedade e a população mundial.

O presente estudo tem por finalidade comparar as variações entre o EQW observado pela missão GRACE e a cotas limnimétricas da Bacia do rio Uruguai para uma estação da ANA (7715000) durante o ano de 2014.

## **2. Materiais e Métodos**

A área de estudo é a aquela compreendida pela estação fluviométrica 77150000, situada no município de Uruguaiana – RS. O município se localiza na sub-bacia do rio Ibicuí, na bacia do Rio Uruguai. Esta estação foi escolhida devida as inundações ocorridas na região durante o ano de 2014. Neste ano, ocorreu a 7ª maior inundação no município de Uruguaiana (AIMON, 2017), sendo decretado Situação de Emergência pela Defesa Civil, portaria nº 178, de 08/07/2014.

A sub-bacia corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, incluindo seus afluentes, o rio Santa Maria e o Ibirapuitã, juntamente com seus tributários à direita como o Toropi, Jaguari e Itu (COMITE IBICUI, 2013). A área de drenagem é de 47.320km<sup>2</sup>, nos quais se destaca a irrigação de arroz em rotação com a pecuária bovina. Situada na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul e abrange parte das regiões fisiográficas da Campanha, Missões e Depressão Central. Dentro do território brasileiro, o principal afluente do rio Uruguai é o Ibicuí. O principal uso da água nesta bacia se destina a irrigação. Este uso pode ocasionar escassez hídrica nos meses de verão, principalmente causado à irrigação do arroz.

Os dados fluviométricos desse estudo são referentes a estação fluviométrica de código 7715000, da Agência Nacional de Águas – ANA, situada nas coordenadas geográficas 57°05'24" O e 29° 45'00" S. Os dados da estação do presente estudo estão disponíveis em <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>.



**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

As soluções mensais GRACE RL-05 foram processadas pelo CSR - Center for Space Research at University of Texas. Todo processamento do EqW foi realizado no site <http://www.thegraceplotter.com>, onde foi necessário o input das coordenadas geográficas da estação fluviométrica e o tipo de regressão para estimar entre a variável dependente e a independente, no caso a regressão linear.

Este site faz parte de um projeto do CNES/GRGS (French National Space Center / Research Group for Space Geodesy), financiado pelo European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme e foi desenvolvido pelo Géode & Cie / Stellar Space Studies.

Para EqW e alturas geoidais, a média da série foi removida, e os coeficientes foram convertidos em grades de  $1^\circ \times 1^\circ$  para plotar as séries temporais. A conversão em redes considera os coeficientes dos harmônicos esféricos de grau 2 a 90, com C20 substituído pela série temporal oficial SLR TN-07 C20.

### **3. Resultados e Discussões**

Pode-se observar nas figuras 2 e 3, a variação das cotas média e máxima registrada na estação ao longo do ano de 2014.





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

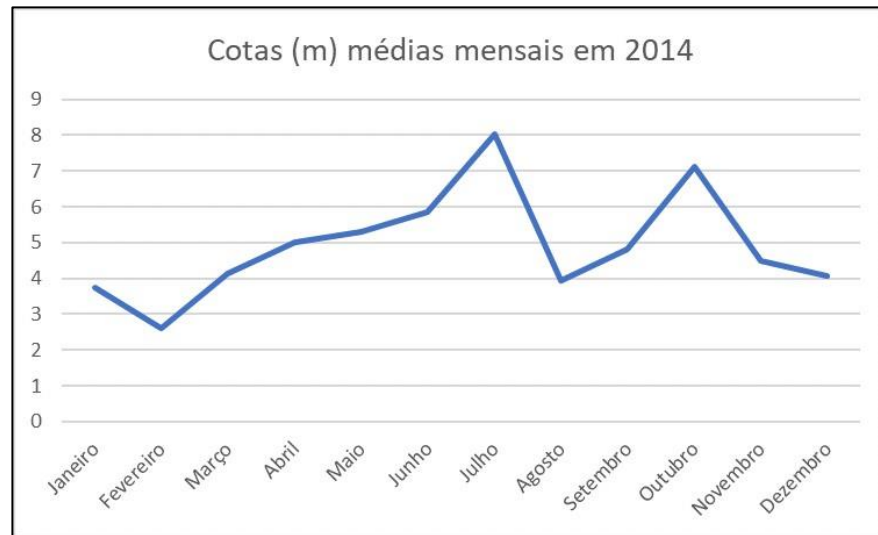


Figura 2 – Variação das cotas médias durante o ano de 2014.

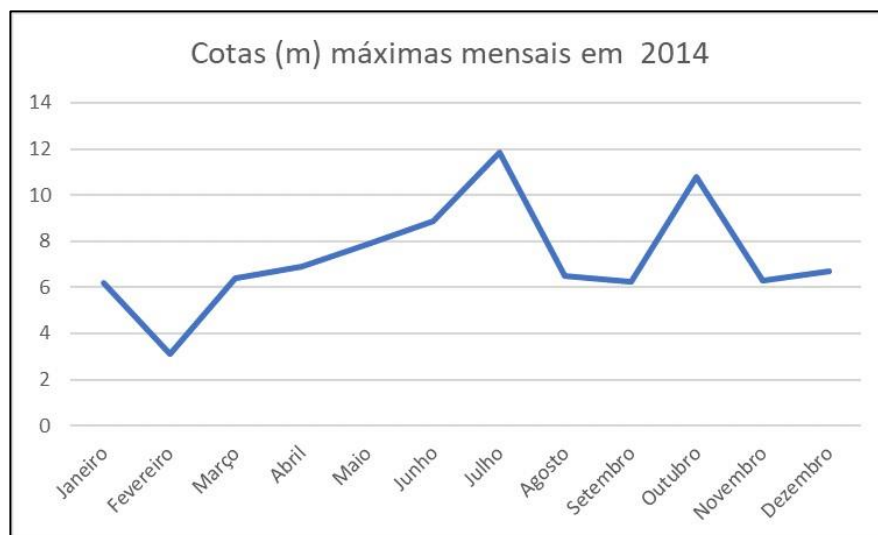


Figura 3 – Variação das cotas máximas durante o ano de 2014.

Analisando a figura 3, nota-se que de janeiro a fevereiro há uma queda na cota nível d'água do rio, provavelmente causada por ser uma época de estiagem. A partir do mês de março, as cotas começam a subir chegando em julho na maior cota registrada no ano pela estação 7715000, que foi 11,84m, onde essa mesma foi considerada a 7ª maior inundação no município



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

de Uruguiana, chegando a ser declarada Situação de Emergência pela Defesa Civil. De. Nos 2 meses seguintes, agosto e setembro, houve uma estabilização do nível d'água do rio em aproximadamente 6,35m. No mês de outubro, houve outra cheia no rio, sendo registrada a cota de 10,80m. A partir de novembro, o a cota se estabilizou novamente por volta de 6,5m.

A figura 4 contempla a distribuição do EqW durante o ano de 2014 na estação 7715000.

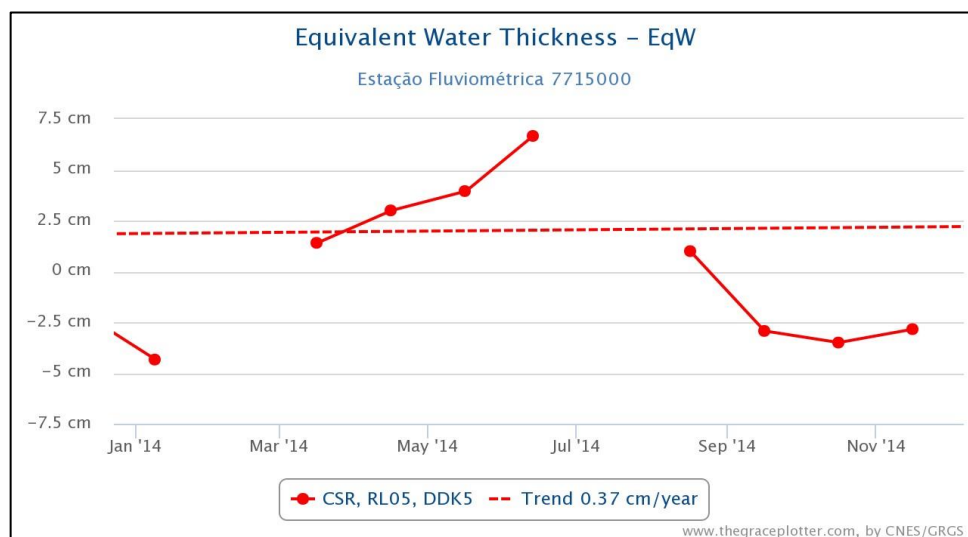


Figura 4 – Distribuição do EqW durante o ano de 2014 na estação 7715000.

Na figura 4, podemos observar que o satélite percebeu um déficit hídrico entre os meses de dezembro/13 a janeiro/14. Entre os meses de março a julho, houve um aumento no EqW observado pelo satélite, onde em julho o mesmo registrou a maior cota da altura d'água equivalente, sendo esta cota de 6,27cm. A partir de agosto, há um declínio das cotas do EqW, voltando a subir a partir de novembro.

Quando de se compara as figuras 3 e 4, o satélite foi sensível ao perceber um déficit hídrico no mês de janeiro, um aumento na cota do EqW até o mês de julho, e uma queda da cota de setembro a novembro, voltando a subir em dezembro. O satélite percebe que há uma queda na cota do EqW antes de ocorrer a diminuição da cota na leitura da estação, igualmente ocorrido nos meses entre agosto e setembro, e entre novembro e dezembro, antes mesmo da cota mensurada pela estação diminuir. O que podemos concluir que ele é bem sensível as épocas



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

de estiagem. Em relação as épocas de cheia do rio, ela já não consegue capturar a segunda maior cheia do ano. O que é bem aceitável devido aos domínios hidrológicos da região onde se encontra a estação fluviométrica.

A estação fluviométrica se encontra na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai onde ocorrem 2 tipos de aquíferos, que são os granulares porosos e os faturados. Os aquíferos granulares porosos, são os que compreendem sedimentos não consolidados (depósitos aluviais de rios de grande porte, por exemplo) constituídos basicamente por areia e argila; rochas sedimentares porosas e permeáveis (Ex: arenitos) depositadas nas Bacias sedimentares brasileiras, como a Bacia do Paraná. Já os aquíferos fraturados, são constituídos por rochas cristalinas e vulcânicas (Ex.: Formação Serra Geral). Logo, não há uma retenção da água da inundação por muito tempo e como o GRACE tem resolução temporal de 30 dias, ele não consegue registrar essa inundação, o que se pode perceber no mês de outubro, que ocorreu uma inundação de 10,80m e o satélite não conseguiu identificar essa alteração no EqW.

Além da resolução temporal, tem a questão da resolução espacial do GRACE, pois ele possui resolução de aproximadamente 200.000km<sup>2</sup> e a bacia possui área de 174.412km<sup>2</sup> no território brasileiro, sendo a área considerada pelo estudo, o que é atendida pelo satélite. Porém, como a análise foi realizada pontualmente, ou seja, numa estação fluviométrica, o que gerou discrepâncias nos resultados quando se compara a inundação. Porém, para a estiagem, o mesmo consegue captá-la.

#### **4. Considerações finais**

Nesse estudo, em relação a estiagem, o satélite consegue atingir um bom resultado comparado a cota limnimétrica da estação, já que o mesmo consegue perceber com o declínio nas cotas do EqW, configurando uma diminuição no volume d'água no subsolo antes mesmo das cotas limnimétricas da estação.





Entretanto, na inundação, a missão GRACE não obteve resultados satisfatórios devido ao estudo ser local, em uma estação fluviométrica, e não em toda a área da bacia, pois o satélite necessita de uma área mínima. Além disto, há também, a formação hidrogeológica que possuem características que não favorecem a representatividade do satélite numa resolução mensal.

Existe também a questão do EqW é determinado a partir das monitoramento direto das mudanças do TWS e que este mesmo é composto pela umidade do solo, precipitação, evapotranspiração, águas subterrâneas, o que deve ser considerado no cálculo do EqW.

Sendo assim, a missão GRACE atende a estudos hídricas, considerando as características específicas de uma determinada bacia hidrográfica.

## 5. Referências Bibliográficas

AIMON, J. G. S. **Análise espaço-temporal do risco à inundação na área urbana do município de Uruguaiana/RS**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 128 p. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/161/\\_publicacao/161\\_publicacao03032011023025.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023025.pdf) . Acesso em: 14 de jul. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Define metodologia para codificação de bacias hidrográficas, no âmbito nacional**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: CNRH. Resolução n. 30, de 11 de dezembro de 2012. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/73-resolucao-n-30-de-11-de-dezembro-de-2002/file> . Acesso em: 20 de ago. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Institui a Divisão Hidrográfica Nacional**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: CNRH. Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2013. Disponível em:



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

<http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/74-resolucao-n-32-de-15-de-outubro-de-2003/file> . Acesso em: 20 de ago. 2016.

WAHR, J.; SWENSON, S.; ZLOTNICKI, V.; VELICOGNA, I. **Time variable gravity from GRACE: First results**. Geophysical Research Letters, n. 31, L11501, 2004.

WAHR, J.; SWENSON S.; VELICOGNA I. **Accuracy of GRACE mass estimates**. Geophysical Research Letters, n. 33, L06401, 2006.

YIN, W.; HU, L.; HAN, S. C.; ZHANG, M.; YANGUO, T. **Reconstructing terrestrial water storage variations from 1980 to 2015 in the beishan area of china**. Hindawi Geofluids. Volume 2019, Article ID 3874742, 13 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2019/3874742>.

## **Agradecimentos**

Trabalho realizado com [www.thegraceplotter.com](http://www.thegraceplotter.com), cortesia da CNES/CRGS. Made with [www.thegraceplotter.com](http://www.thegraceplotter.com), courtesy of CNES/GRGS.