PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

IDENTIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES DA DEFORMAÇÃO SAZONAL CRUSTAL NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO BASEADO EM DADOS GEODÉSICOS

Júlia Isabel Pontes 1,2; Henry D. Montecino Castro 1,3; Rodrigo Miksoz Gonçalves 1

1 PPGCCTG –Universidade Federal de Pernambuco

2 Grupo de Engenharia Geotécnica de Desastres e Planíceis (GEGEP – UFPE)

3 Departamento de Ciencias Geodésicas y Geomática, Universidad de Concepción.

Santiago- Chile
2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

SUMÁRIO

- ✔ **INTRODUÇÃO**
- ✔ **OBJETIVOS**
- ✔ **ÁREA DE ESTUDO**
- ✔ **MATERIAIS E MÉTODOS**
- ✔ **RESULTADOS PRELIMINARES**
- ✔ **PRÓXIMAS ETAPAS**
- ✔ **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

INTRODUÇÃO

- **O GNSS pode ser considerado como uma fonte abundante de informações para o estudo de fenômenos geofísicos como:**
  - ✔ **Movimento de geocentro (MEINDL et al., 2013; REBISCHUNG; ALTAMIMI; SPRINGER, 2014; ZAJDEL; SOŚNICA; BURY, 2021);**
  - ✔ **Placas tectônicas (ARGUS; HEFLIN, 1995; KREEMER; BLEWITT; KLEIN, 2014; PELTIER; ARGUS; DRUMMOND, 2015);**
  - ✔ **Monitoramento de efeitos sísmicos (HAMMOND et al., 2019; MONTILLET, J. P. et al., 2015; ZHU, 2022);**
  - ✔ **Deformação crustal (FERREIRA, V. G. et al., 2018; FERREIRA et al., 2019; JIANG, Zhongshan et al., 2022; VAN DAM; WAHR; LAVALLÉE, 2007; ZHENG et al., 2017); e**
  - ✔ **Ajuste isostático glacial (KIERULF et al., 2021; SCHUMACHER et al., 2018; STEFFEN; WU, 2011).**

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

INTRODUÇÃO

- **Esses processos geofísicos podem ser modelados por multiparâmetros das observações (LI, Jinlong et al., 2017);**

- **Considerando que a deformação da crosta é afetada pela hidrogeologia, pela ocorrência de eventos sísmicos e etc; é possível separar essas deformações de sinais geodésicos e/ou erros sistemáticos (CHANARD, Kristel et al., 2020).**

Fonte: Adaptado LAROCHELLE et al.. (2019)

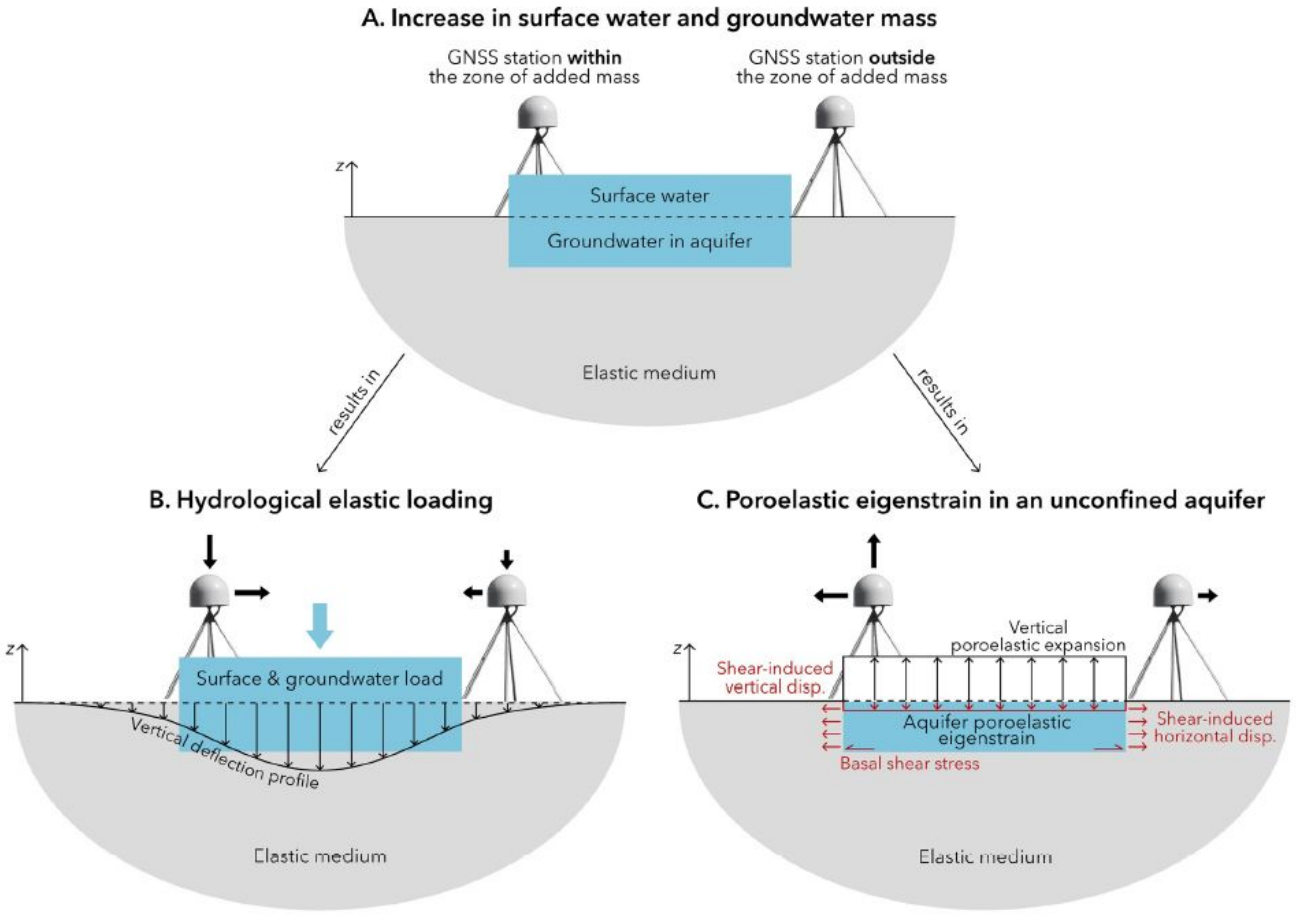
→ Deformação induzida por processos hidrológicos

→ Ruídos e erros sistemáticos

→ Outras fontes de deformação.

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

INTRODUÇÃO



Ilustra a deformação devido ao carregamento hidrológico elástico versus auto tensão poroelástica.

Fonte: LAROCHELLE et al.. (2019)

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

INTRODUÇÃO

- **As soluções GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) vem sendo utilizadas para modelar os efeitos hidrológicos presentes nos sinais do GNSS (FU; FREYMUELLER, 2012; Pan et. al, 20019).**

- **As deformações da crosta da América do Sul foram investigadas nas últimas duas décadas usando observações geodésicas (GALVÁN; GENDE; BRUNINI, 2015; MOREIRA et al., 2016).**

- **FERREIRA, V. G. et al. (2018) abordaram o déficit pluviométrico no Brasil, e argumentam que a crosta terrestre responde às secas associadas, que pode resultar em flutuações não lineares em medições contínuas obtidas a partir de diferentes sensores geodésicos.**

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

INTRODUÇÃO

- **A Bacia do Rio São Francisco (RSF) tem importância estratégica nacional pelo seu potencial para agricultura, energia hidrelétrica, abastecimento de água urbano e industrial, e turismo (ANA, 2019).**
- **SUN et al. (2016) identificaram uma taxa de perda de 3,3 km³ de água por ano ao longo de 13 anos de avaliação (entre 2002 e 2015), causada principalmente pela estiagem que começou em 2012 e terminou em 2017.**

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

OBJETIVOS

GERAL

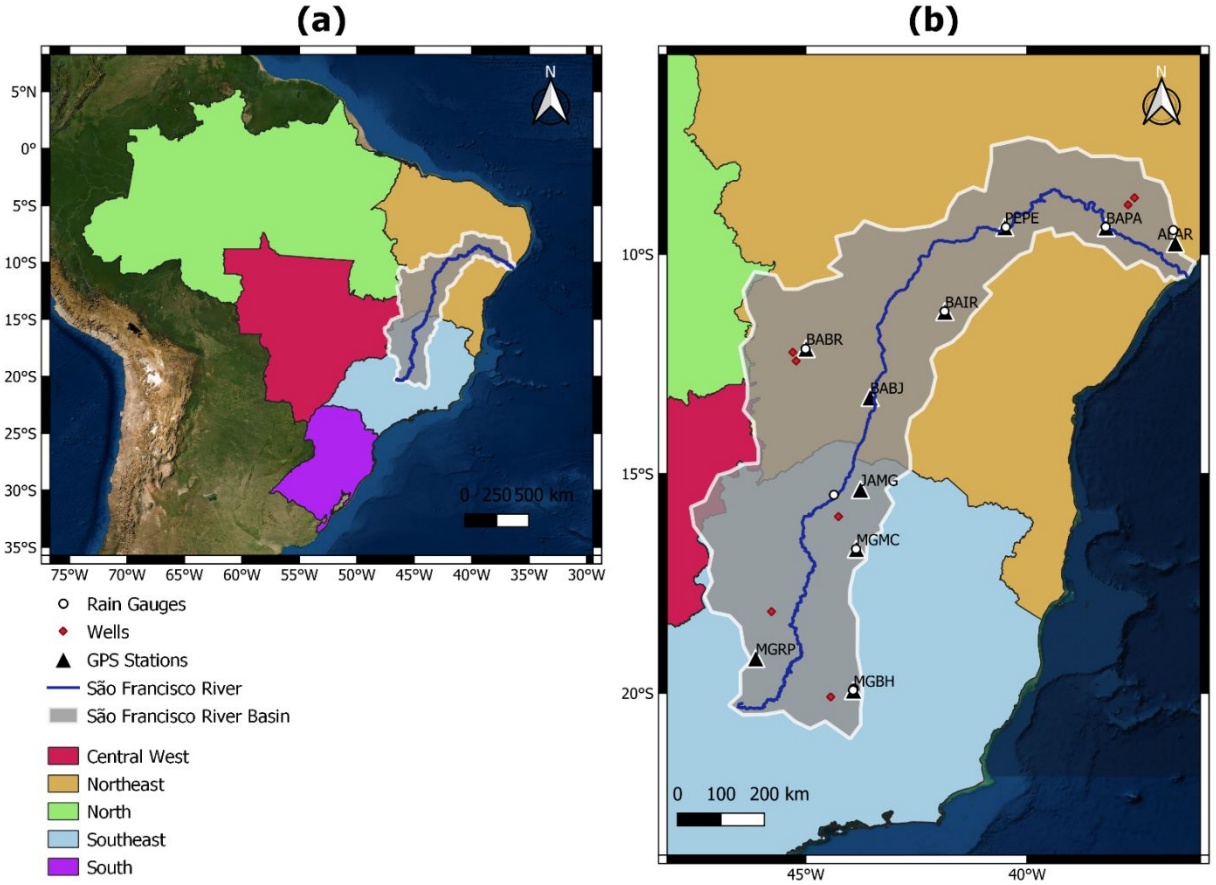
- **Identificar as principais fontes responsáveis dos sinais periódicos da deformação crustal na bacia do rio São Francisco, localizada no Brasil, considerando o período de 2018-2022, através de observações geodésicas e dados in situ.**

ESPECÍFICOS

- **Recuperar as séries temporais de deslocamento vertical das estações GPS, os dados de precipitação e de nível de águas subterrâneas, na região de estudo no período 2018-2022;**
- **Correlacionar sinais presentes nas diferentes fontes de dados.**

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

ÁREA DE ESTUDO



Região de estudo: (a) Destaque na bacia do rio São Francisco em relação as divisões geopolíticas do Brasil, (b) Bacia do rio São Francisco, estações GPS, Poços e estações meteorológicas (pluviômetros).

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

DADOS

Tabela 1. Fontes e informações sobre os dados utilizados.

Tipo de dados	Período dos dados	Fonte	Resolução		Descrição
			Espacial	Temporal	
GPS	2019-2022	IBGE-PPP	-	Semanal	Deslocamento Vertical
GRACE	2019-2022	Goddard Space Flight Center– (https://earth.gsfc.nasa.gov/geo/data/grace-mascons)	1°x1º	Mensal	Armazenamento de águas terrestre

Fonte: Elaborada pelos autores.

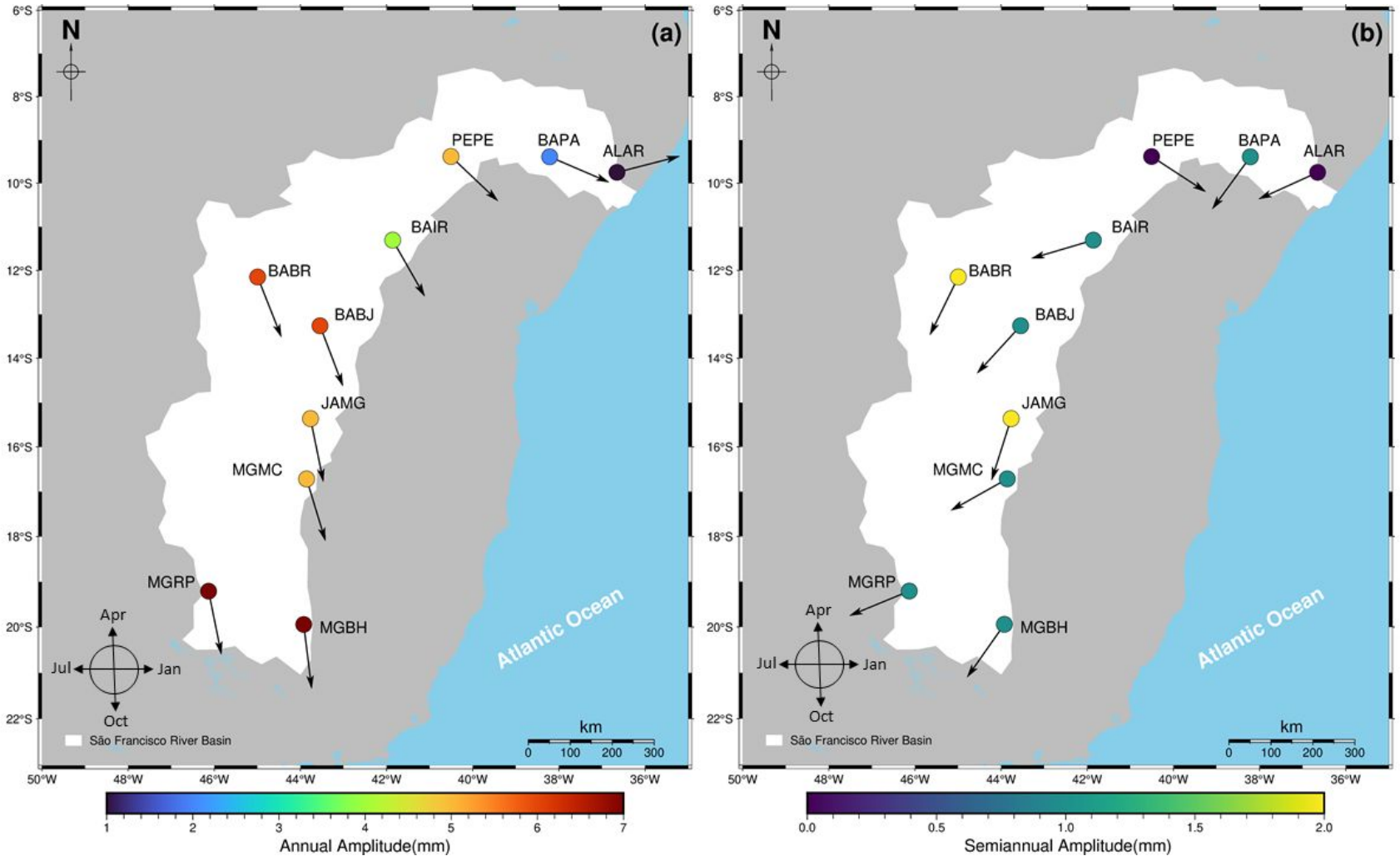
Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS (GNSS)

1. Recuperar dados no período interesse (IBGE)
2. Remover erros grosseiros e sistemáticos
3. Preencher lacunas
4. Hector: *Power Law Noise e do White Noise (PL+WN)*
5. Carregamento oceânico e atmosférico
6. Tendências, Amplitude e Fase

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

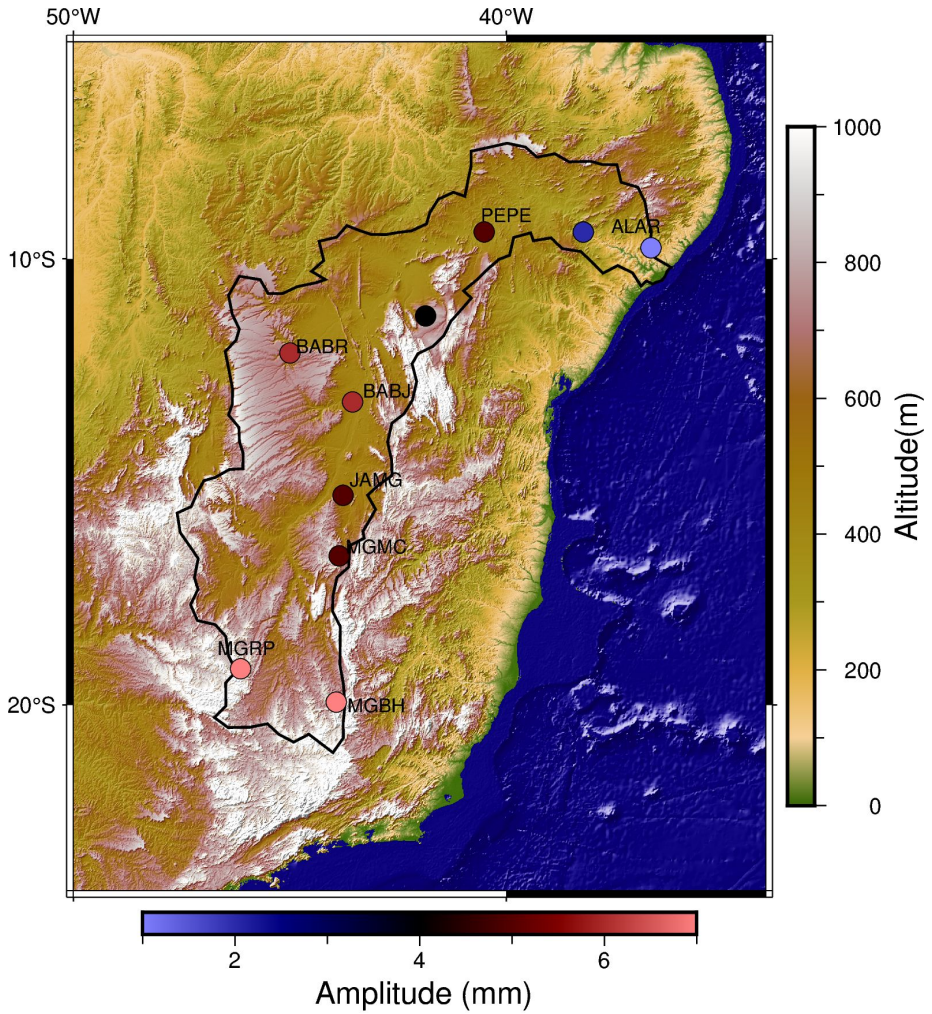
RESULTADOS PRELIMINARES - GNSS



Júlia Isabel Pontes
julia.pontes@ufpe.br

UFPE
VIRTUS IMPAVIDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

RESULTADOS PRELIMINARES - GNSS



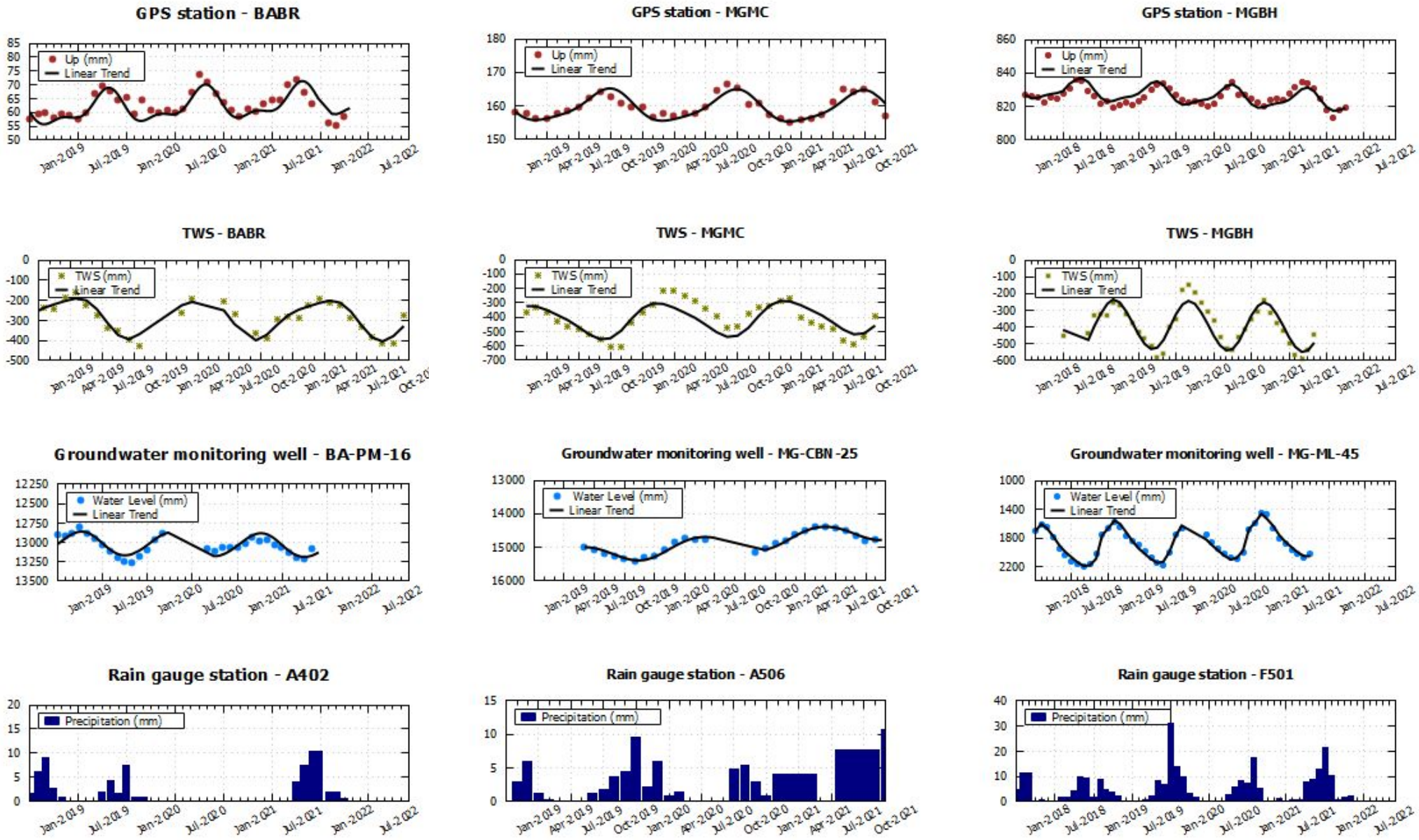
Júlia Isabel Pontes
julia.pontes@ufpe.br

UFPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

UFPE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

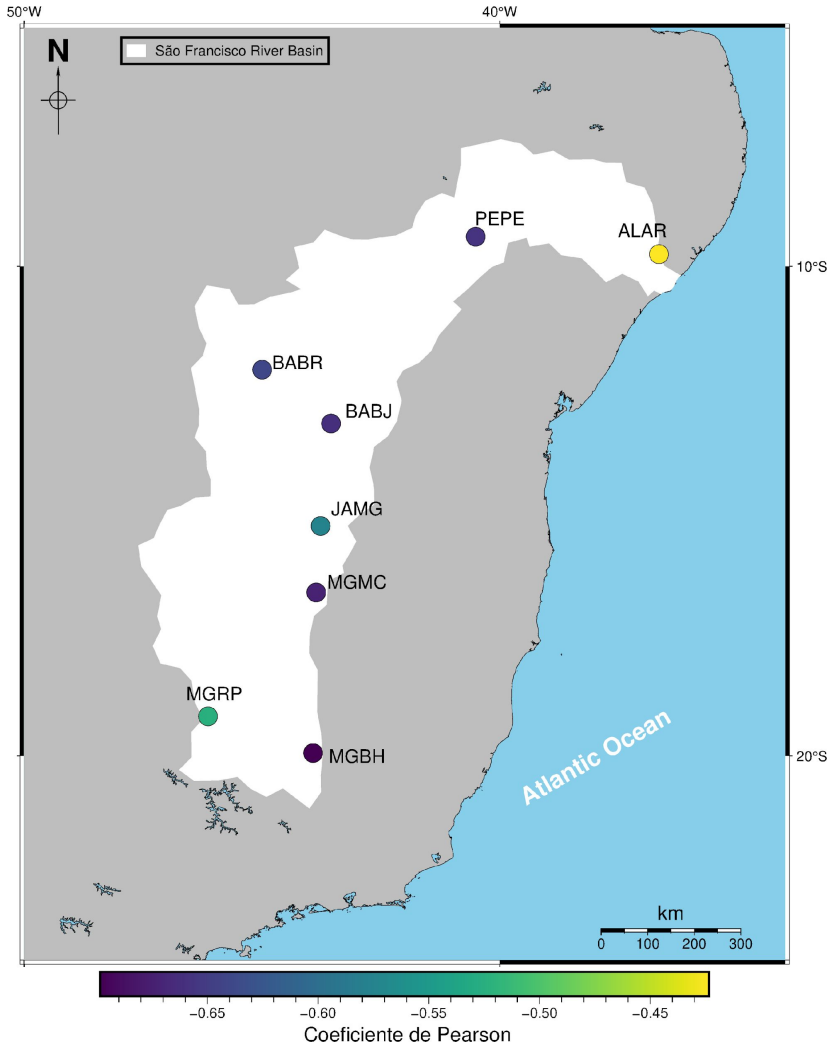
RESULTADOS PRELIMINARES



CONCLUSÕES PRELIMINARES

- **O estudo ainda está em andamento, é esperada a identificação de eventos extremos e suas relações com a deformação crustal na área de estudo.**
- **Os índices de correlação estão condizentes com os resultados apresentados em Trejo et. al. (2021)**
- **É esperado um estudo mais aprofundado correlacionando os diversos dados obtidos com outras variáveis, exemplo a geomorfologia e efeitos do El niño.**
- **Os resultados preliminares deste trabalho indicam a importância das observações geodésicas temporais para estudos relacionados ao meio ambiente.**

TWS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

PRÓXIMAS ETAPAS

2) ANÁLISES

ICA (Análise de Componentes Independentes)

- **Algoritmos ICA buscam recuperar as fontes estatisticamente independentes de sinal assumidas para gerar as séries temporais linearmente misturadas em cada sensor (Roberts & Everson, 2001).**
- **Uma vez isolado um componente independente (IC) - isto é, uma fonte de sinal, ele pode ser expresso com vetores de espaço e tempo.**

WA (Análise wavalet)

- **A análise wavelet (WA) é uma das abordagens para analisar séries temporais não lineares.**
- **Pode descrever simultaneamente as características de frequência de tempo de uma série temporal, ou seja, descrever as componentes sazonais presentes em cada fonte de dados, e entao correlacionar estes sinais**

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLEWITT, G.; HAMMOND, W.; KREEMER, C. Harnessing the GPS Data Explosion for Interdisciplinary Science. **Eos**, vol. 99, 24 Sep. 2018. DOI 10.1029/2018EO104623. Available at: https://eos.org/project-updates/harnessing-the-gps-data-explosion-for-interdisciplinary-science.
- BOGUSZ, J.; KLOS, A. On the significance of periodic signals in noise analysis of GPS station coordinates time series. **GPS Solutions**, vol. 20, no. 4, p. 655–664, 1 Oct. 2016a. https://doi.org/10.1007/s10291-015-0478-9.
- BOGUSZ, J.; KLOS, A. On the significance of periodic signals in noise analysis of GPS station coordinates time series. **GPS Solutions**, vol. 20, no. 4, p. 655–664, 28 Oct. 2016b. DOI 10.1007/s10291-015-0478-9. Available at: http://link.springer.com/10.1007/s10291-015-0478-9.
- CARLSON, G.; SHIRZAEI, M.; WERTH, S.; ZHAI, G.; OJHA, C. Seasonal and Long-Term Groundwater Unloading in the Central Valley Modifies Crustal Stress. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, vol. 125, no. 1, 1 Jan. 2020. https://doi.org/10.1029/2019JB018490.
- FERREIRA, V. G.; MONTECINO, H. C.; NDEHEDEHE, C. E.; HECK, B.; GONG, Z.; DE FREITAS, S. R. C.; WESTERHAUS, M. Space-based observations of crustal deflections for drought characterization in Brazil. **Science of the Total Environment**, vol. 644, p. 256–273, 10 Dec. 2018. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.277.

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, Vagner G.; LIU, Z.; MONTECINO, H. C.; YUAN, P.; KELLY, C. I.; MOHAMMED, A. S.; HAN, L. Y. Reciprocal comparison of geodetically sensed and modeled vertical hydrological loading products. **Acta Geodaetica et Geophysica**, vol. 55, no. 1, p. 23–49, 7 Mar. 2020. DOI 10.1007/s40328-019-00279-z. Available at: http://link.springer.com/10.1007/s40328-019-00279-z.
- FERREIRA, Vagner G.; MONTECINO, H. D. C.; YAKUBU, C. I.; HECK, B. Uncertainties of the Gravity Recovery and Climate Experiment time-variable gravity-field solutions based on three-cornered hat method. **Journal of Applied Remote Sensing**, vol. 10, no. 1, p. 015015, 25 Feb. 2016. https://doi.org/10.1117/1.jrs.10.015015.
- FERREIRA, Vagner G.; MONTECINO, H. D.; NDEHEDEHE, C. E.; DEL RIO, R. A.; CUEVAS, A.; DE FREITAS, S. R. C. Determining seasonal displacements of Earth's crust in South America using observations from space-borne geodetic sensors and surface-loading models. **Earth, Planets and Space**, vol. 71, no. 1, 1 Dec. 2019. https://doi.org/10.1186/s40623-019-1062-2.
- GALVÁN, R.; GENDE, M.; BRUNINI, C. Regional Model to Estimate Vertical Deformations Due to Loading Seasonal Changes. [*S. l.*: *s. n.*], 2015. p. 101–110. DOI 10.1007/1345_2015_101. Available at: http://link.springer.com/10.1007/1345_2015_101.
- IORIS, A. A. R. Water Resources Development in the Sãao Francisco river basin (Brazil): Conflicts and management perspectives. **Water International**, vol. 26, no. 1, p. 24–39, 2001. https://doi.org/10.1080/02508060108686884.

Júlia Isabel Pontes julia.pontes@ufpe.br

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LAROCHELLE, S.; GUALANDI, A.; CHANARD, K.; AVOUAC, J. P. Identification and Extraction of Seasonal Geodetic Signals Due to Surface Load Variations. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, vol. 123, no. 12, p. 11,031-11,047, 1 Dec. 2018. https://doi.org/10.1029/2018JB016607.
- MOREIRA, D. M.; CALMANT, S.; PEROSANZ, F.; XAVIER, L.; ROTUNNO FILHO, O. C.; SEYLER, F.; MONTEIRO, A. C. Comparisons of observed and modeled elastic responses to hydrological loading in the Amazon basin. **Geophysical Research Letters**, vol. 43, no. 18, p. 9604–9610, 28 Sep. 2016. DOI 10.1002/2016GL070265. Available at: http://doi.wiley.com/10.1002/2016GL070265.
- SUN, T.; FERREIRA, V. G.; HE, X.; ANDAM-AKORFUL, S. A. Water availability of são francisco river basin based on a space-borne geodetic sensor. **Water (Switzerland)**, vol. 8, no. 5, 2016. https://doi.org/10.3390/w8050213.
- ZHENG, G.; WANG, H.; WRIGHT, T. J.; LOU, Y.; ZHANG, R.; ZHANG, W.; SHI, C.; HUANG, J.; WEI, N. Crustal Deformation in the India-Eurasia Collision Zone From 25 Years of GPS Measurements. **Journal of Geophysical Research: Solid Earth**, vol. 122, no. 11, p. 9290–9312, 1 Nov. 2017. https://doi.org/10.1002/2017JB014465.

GRATA PELA ATENÇÃO!!

Julia Isabel Pontes – (81) 982625472
julia.pontes@ufpe.br