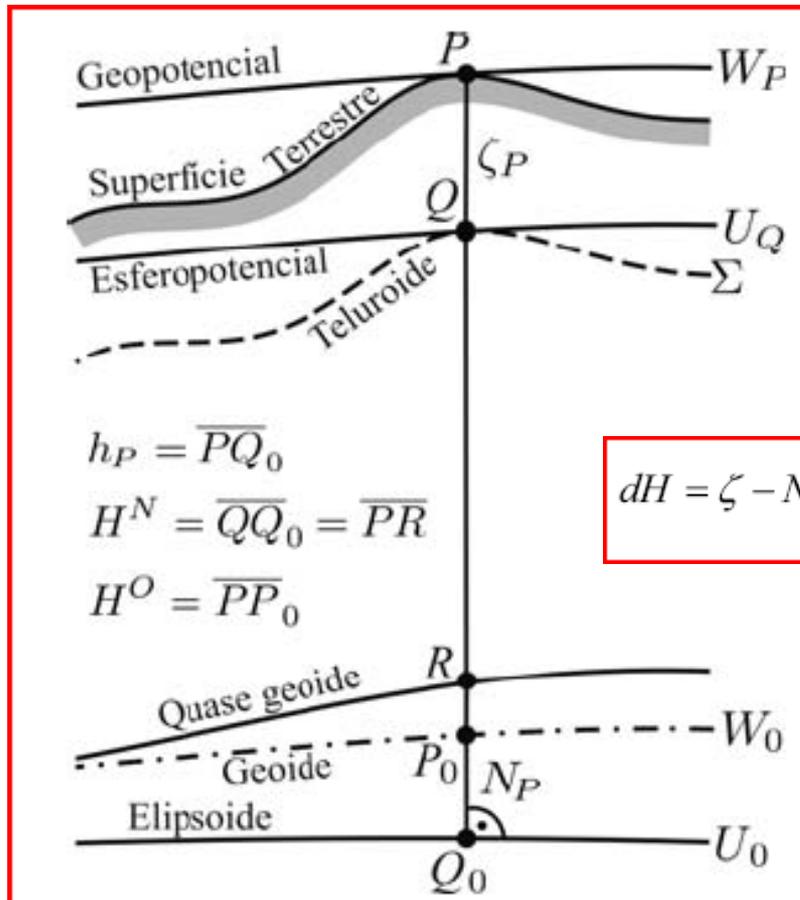


REDE ALTIMÉTRICA FUNDAMENTAL DO BRASIL: ATIVIDADES DO LARAS/UFPR PARA SUA MODERNIZAÇÃO E VÍNCULO A UM SISTEMA GLOBAL DE ALTITUDES

De Freitas, S.R.C.; Ferreira, V.G.; Jamur, K.P.; Luz, R.T.L.;
Pereira, R.A.D.; Montecino, H.D.; Palmeiro, A.S.; Melo, L.;
Dalazoana, R.; Silva, M.T.Q.S.; Arcie, L.

FUNDAMENTAÇÃO (REVISÃO)

NÚMERO GEOPOTENCIAL ($C_P = W_0 - W_P$) E SISTEMAS DE ALTITUDES



$$H^O = \frac{C}{\bar{g}(\varphi, \lambda, H)}$$

$$N = h - H^O$$

$$H^N = \frac{C}{\bar{\gamma}(\varphi, H^N)}$$

$$H^{NO} = \frac{C'}{\bar{\gamma}(\varphi, H^{NO})}$$

$$\eta = h - H^{NO}$$

$$\zeta = h - H^N$$

ATIVIDADES DO LAIG E LARAS – UFPR VISÃO HISTÓRICA

Inicialmente apresenta-se histórico de atividades com base na formação de recursos humanos correlatas com os pressupostos do SIRGAS e SGA cf. ICP-1.2/IAG como revisão de atuação para o vínculo da RAFB a outras redes continentais

RECURSOS HUMANOS FORMADOS PELO LAIG E LARAS (UFPR) COM VÍNCULO AO SIRGAS

DOUTORADOS:

- CORDINI, J. (1998). Estudo dos aspectos geodinâmicos no Datum da Rede Altimétrica do SGB;
- TIERRA CRIOLLO, A.R.(2003). Metodologia para a geração da malha de anomalias gravimétricas para obtenção de geóide gravimétrico local a partir de dados esparsos;
- SANTOS JÚNIOR, G. (2005). Rede gravimétrica: novas perspectivas de ajustamento, análise de qualidade e integração de dados gravimétricos;

RECURSOS HUMANOS FORMADOS PELO LAIG E LARAS (UFPR) COM VÍNCULO AO SIRGAS

DOUTORADOS:

- DALAZOANA, R. (2006). Estudos dirigidos à análise temporal do Datum Vertical Brasileiro;
- BAEZ, J.C. (2006). Monitoramento das deformações da Rede de Referência do SIRGAS em área com atividade tectônica;
- LUZ, R.T. (2008). Estratégias para modernização da componente vertical do SGB e sua Integração ao SIRGAS;

RECURSOS HUMANOS FORMADOS PELO LAIG E LARAS (UFPR) COM VÍNCULO AO SIRGAS

DOUTORADOS:

- FERREIRA, V.G. (2011). Determinação de desníveis de precisão com posicionamento GNSS parametrizado pelo potencial anômalo da gravidade;
- PALMEIRO, A.S. (2011). Análise do vínculo do Datum Vertical Brasileiro a um Sistema Global de Altitudes com base em soluções fixadas e livres do PVCG;
- JAMUR, K.P. (2012). Análise de alternativas para a determinação dos efeitos gravitacionais de massas anômalas na região do DVB.

RECURSOS HUMANOS FORMADOS PELO LAIG E LARAS (UFPR) COM VÍNCULO AO SIRGAS

MESTRADOS:

- MEDEIROS, Z.F. (1999). Considerações sobre a metodologia de levantamentos altimétricos de alta precisão e propostas para sua implementação;
- DALAZOANA, R. (2001). Implicações na Cartografia com a evolução do Sistema Geodésico Brasileiro e futura adoção do SIRGAS;
- MIRANDA (2006). Contribuição para a Análise do campo da gravidade na região do DVB;

RECURSOS HUMANOS FORMADOS PELO LAIG E LARAS (UFPR) COM VÍNCULO AO SIRGAS

MESTRADOS:

- PALMEIRO (2007). Integração de informações do SGB em um SIG visando a realização do Sistema Vertical do SIRGAS;
- JAMUR (2007). Estimativa da resolução de modelos geoidais globais obtidos de missões satelitais e gravimétricos regionais para o Estado do Paraná;
- FERREIRA, V.G. (2008). Análise da Componente Anômala do Geopotencial no Datum Vertical Brasileiro com Base no Sistema Lagunar de Imarui;

RECURSOS HUMANOS FORMADOS PELO LAIG E LARAS (UFPR) COM VÍNCULO AO SIRGAS

MESTRADOS:

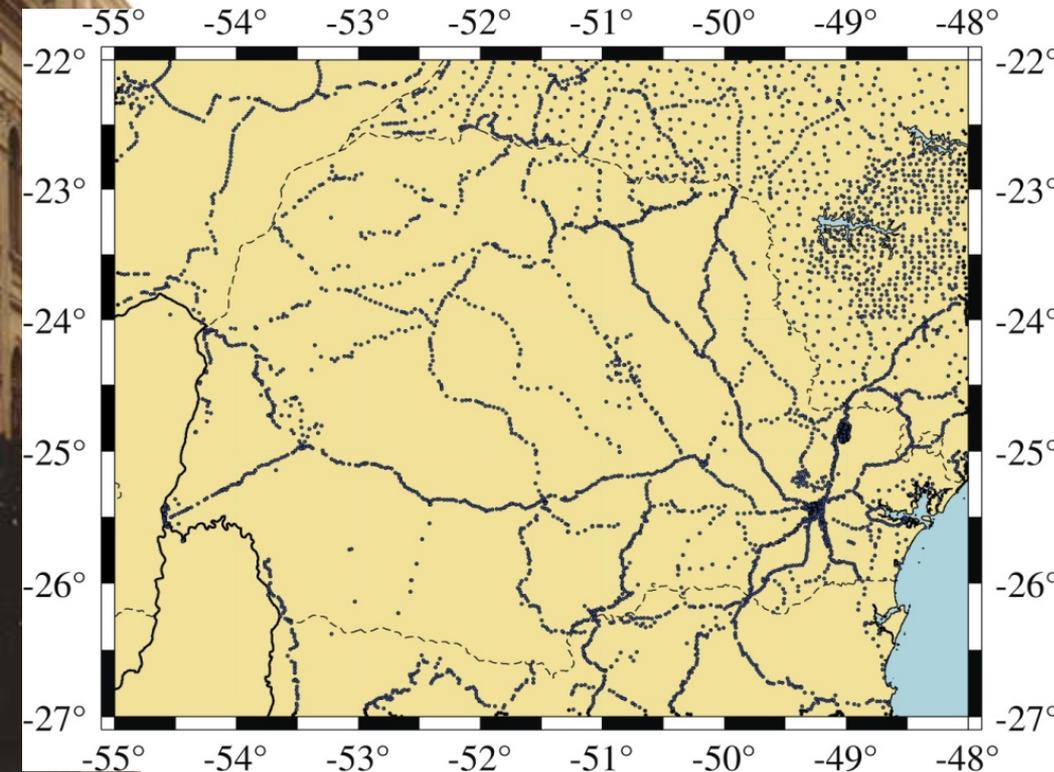
- PEREIRA, R.A.D. (2009). Conexão das redes verticais fundamentais do Brasil e da Argentina com base em Números Geopotenciais. 2009;
- MONTECINO CASTRO, H.D. (2011). Proposta de alternativas para conexão dos Data Verticais Brasileiros de Imbituba e Santana;
- MELO, L.F.S. (2011). Avaliação de Modelos do Geopotencial Globais para os estados do Maranhão e Piauí.

DESTAQUE DE ATIVIDADES MAIS RECENTES, APÓS A REUNIÃO SIRGAS DE LIMA (2010)

- (i) Determinação de números geopotenciais $C_P = W_0 - W_P$, com base no potencial perturbador $T_P = W_P - U_P$, a partir de levantamentos GNSS e modelagem do potencial perturbador com base na solução de Brovar

EXPERIMENTO 1

Dados de gravidade: 4.104 pontos (densidade média de 1 ponto por 105 km²).



Problema central:

$$\Delta g(\varphi, \lambda, H^N) \Leftrightarrow \delta g(\varphi, \lambda, h)$$

Observação (Sol. Hotine 1968):

$$\delta g = \Delta g^{(BVD)} + \frac{2}{R} (W_0 - W_0^{(BVD)}) + \frac{2}{R} T$$

Então, solução iterativa com:

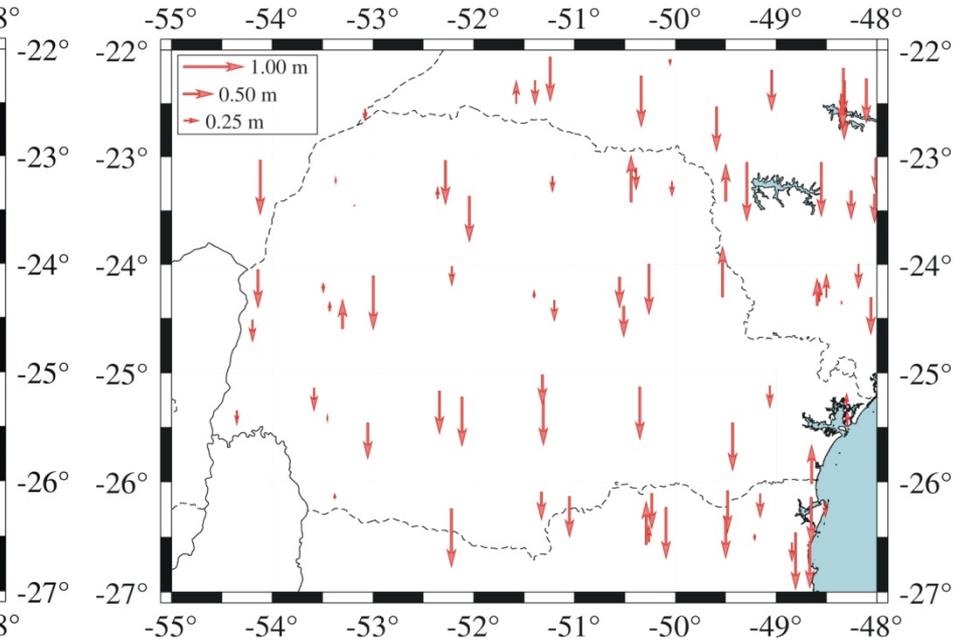
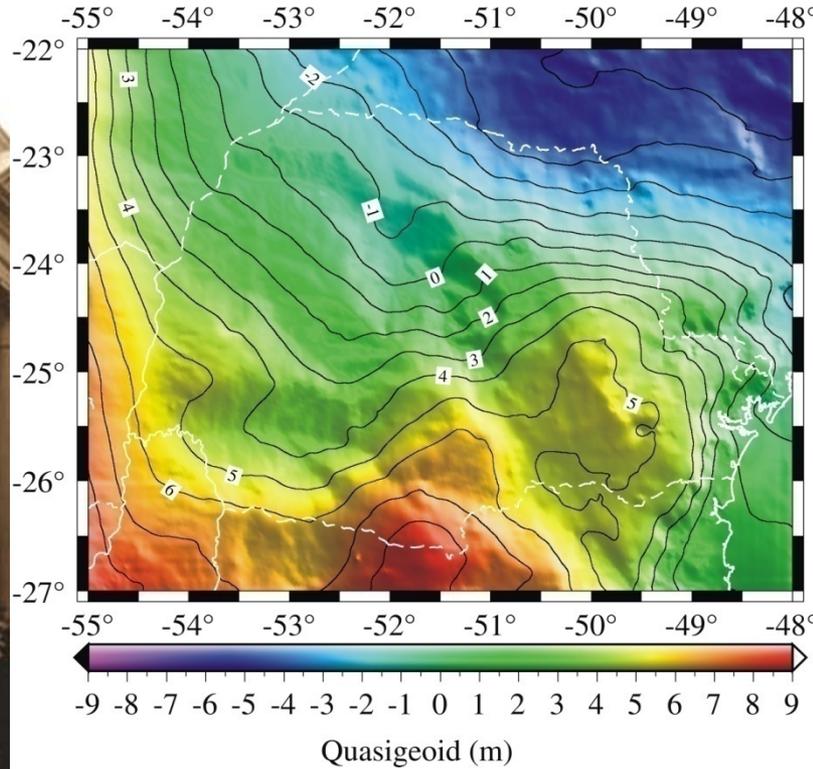
$$T = T_{MGG} - T_{MDE} - T_{res}$$

$$\delta g_{res} = \delta g - \delta g_{MGG} - \delta g_{MDE}$$

Com:

$$T_{res} = \frac{R}{4\pi} \iint_{\sigma} (\delta g_{res} + \mu_1 + \dots) H(\psi) d\sigma$$

RESULTADOS PRINCIPAIS



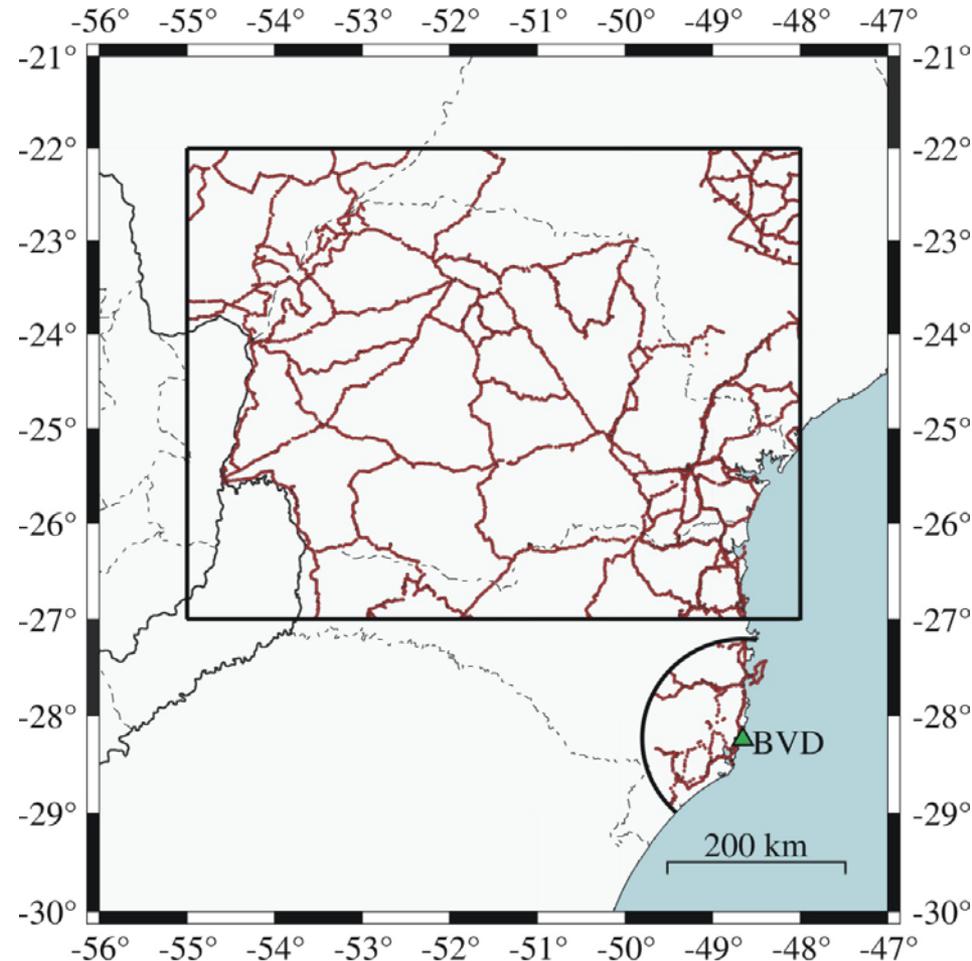
Nota: dados cedidos pelo Professor Nelsi Côgo de Sá

Parâmetro	Min.	Max.	Média	Desvio Padrão
$\eta_{Local} - \zeta_{Global}$	-0.993	0.846	-0.337	0.483

Estatísticas das diferenças entre GPS/niv e anomalias de altura em um SGR global em metros para 112 RNs.

RESULTADOS PRINCIPAIS

- ✓ TNMM permanente de -34 cm?
- ✓ Em torno do DVB, usando o EGM2008 até o grau 2.190 e ordem 2.159 e altitudes normais, tem-se uma TNMM permanente de -31 ± 1 cm.



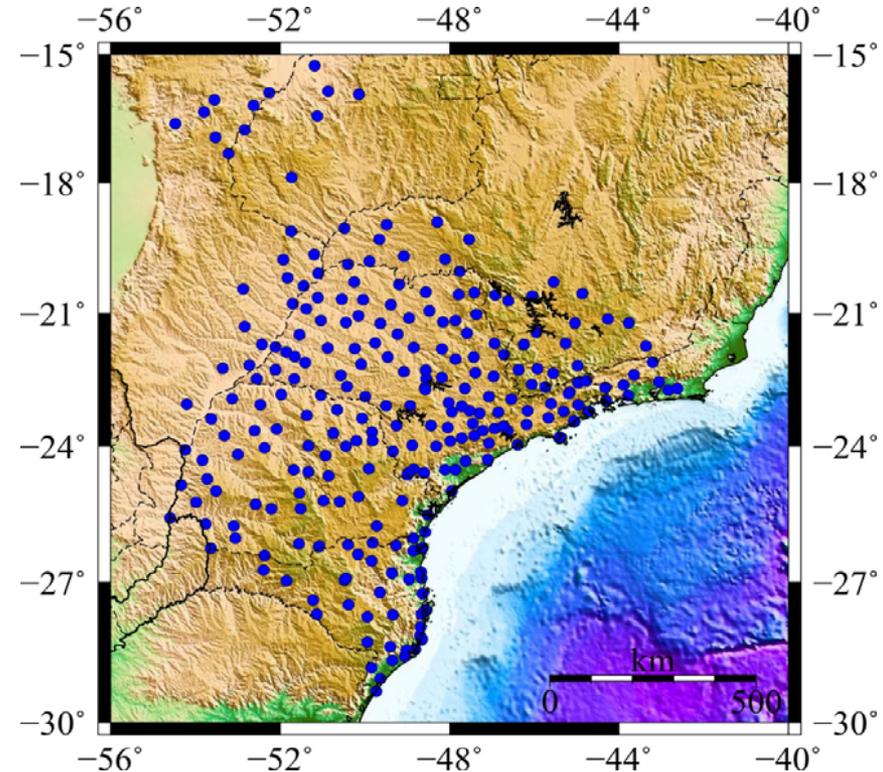
EXPERIMENTO 2

Potencial Perturbador modelado com base nos coeficientes em harmônicos esféricos de um MGG

$$T(\varphi, \lambda, h) = T_0(r) + \frac{GM_{GGM}}{r(\varphi, \lambda, h)} \times$$

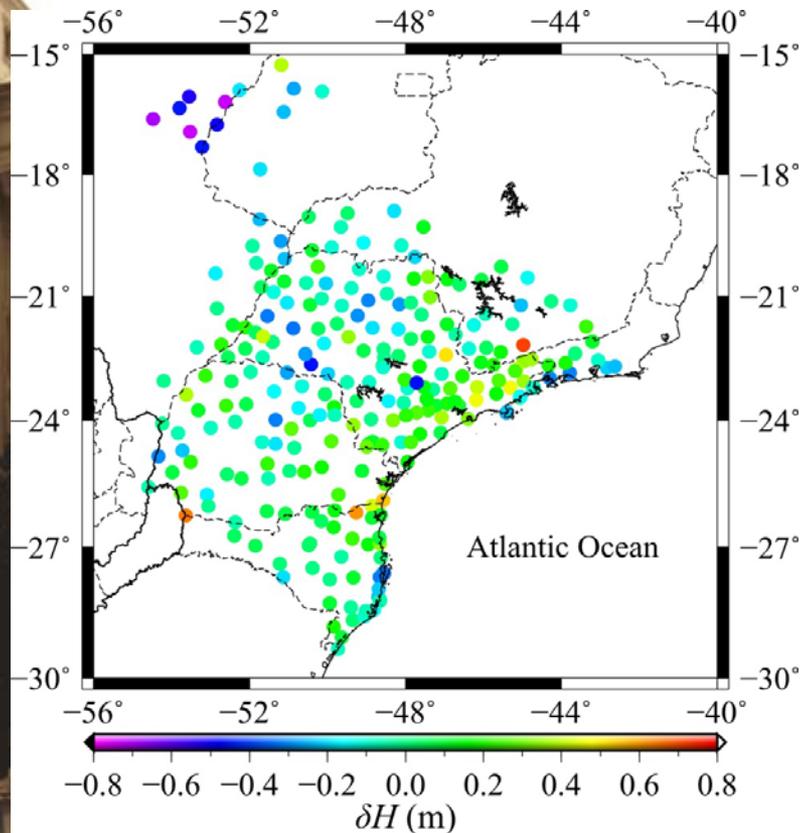
$$\sum_{n=0}^{n_{\max}} \left(\frac{a_{GGM}}{r(\varphi, \lambda, h)} \right) \sum_{m=0}^n \left(\bar{C}_{nm}^T \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda \right) \bar{P}_{nm}(\cos \vartheta)$$

$$T_0(r) = \frac{GM_{GGM} - GM_{GRS}}{r(\varphi, \lambda, h)} - (W_0 - U_0)$$



Nota: Dados GPS/NIV de 264 pontos cedidos pelo Professor Nelsi Côgo de Sá

RESULTADOS PRINCIPAIS DO EXPERIMENTO 2

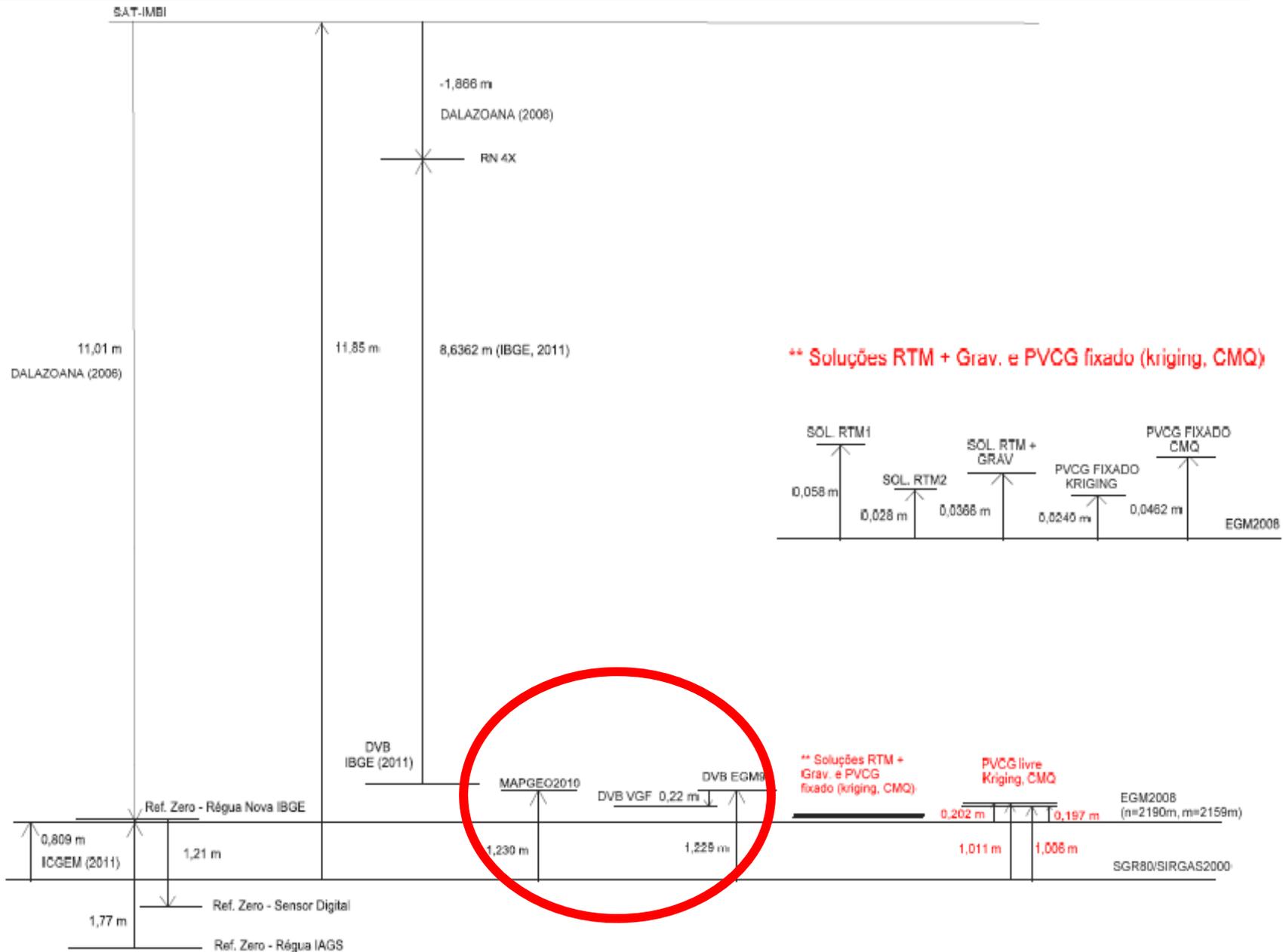


Diferenças residuais de altitude (δH) representadas pela escala de cores na area. Na maior parte da região resíduos próximos a zero.

Modelo	Estatísticas (metros)					Taxa de melhora
	Média	DP	Min	Max	RMS	
MAPGEO (N)	-0.002	0.263	-0.907	0.825	0.263	-
EGM2008 (ζ)	0.013	0.224	-0.731	0.718	0.224	+15%

DESTAQUE DE ATIVIDADES MAIS RECENTES, APÓS A REUNIÃO SIRGAS DE LIMA (2010)

- (iii) Análise do vínculo do Datum Vertical Brasileiro a um Sistema Global de Altitudes com base em soluções fixadas e livres do PVCG



(D.2) Conexão do DVB-I com um SGA a partir de dados de gravimetria continental e oceânica

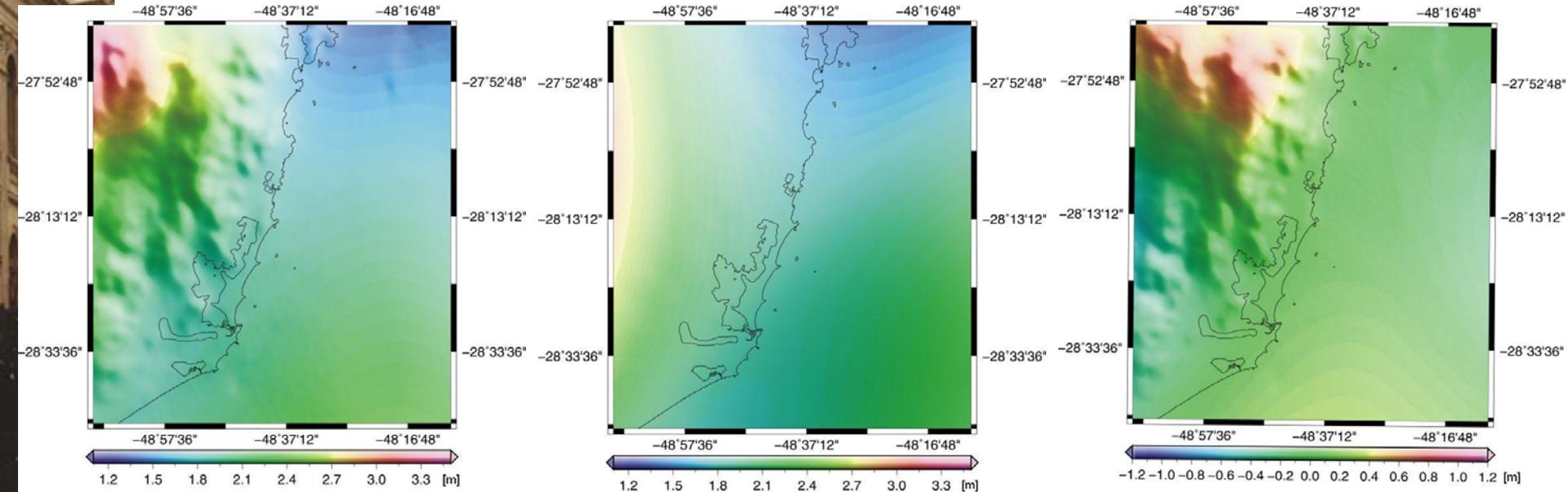
SOLUÇÃO	DIFERENÇAS DE ALTURAS GEOIDAIS ENTRE AS SOLUÇÕES ABORDADAS E O EGM2008 (m)	TNMM NO DVB OBTIDA EM FUNÇÃO DE CADA SOLUÇÃO* (m)
RTM COM GRADE	0,0530	0,4855 m
RTM PRISMA PONTUAL	0,0287	0,5098 m
RTM COM GRAVIMETRIA	0,0366	0,5019 m
PVCG FIXADO KRIGING	0,0249 m	0,5136 m
PVCG FIXADO CMQ	0,0462 m	0,4923 m
PVCG LIVRE KRIGING	0,1970 m	0,3415 m
PVCG LIVRE CMQ	0,2020 m	0,3365 m
MAPGEO2010	0,4210m	0,1175m

Fonte: Palmeiro (2011)

DESTAQUE DE ATIVIDADES MAIS RECENTES, APÓS A REUNIÃO SIRGAS DE LIMA (2010)

- (iv) Melhoria das características de MGGs na região do DVB com base na determinação dos efeitos gravitacionais de massas anômalas

(D.2) Modelagem dos efeitos topográficos e determinação do efeito indireto na região do DVB-I



$$\zeta^{N_{250}}(\varphi, \lambda) = \zeta^{N_{250}}_{MGG}(\varphi, \lambda) + \zeta^{N_{250}}_{RTM}(\varphi, \lambda)$$

$\varepsilon_{\text{Absoluto} \rightarrow \text{MGG}}$		Média	RMS
		(m)	
160	AIUB-GRACE03S	0.97	0.98
	EGM2008	1.07	1.08
200	GO_CONS_GCF_2_TIM_R3	0.46	0.49
250	GO_CONS_GCF_2_TIM_R2	0.51	0.56
	GOCO02S	0.51	0.55
	EGM2008	0.68	0.71
720	EGM2008	0.36	0.42
2159	EGM2008	0.32	0.39

$\varepsilon_{\text{Absoluto} \rightarrow \text{F}}$		Média	RMS
		(m)	
160	AIUB-GRACE03S	0.40	0.42
	EGM2008	0.50	0.52
250	GO_CONS_GCF_2_TIM_R2	0.48	0.49
	GOCO02S	0.47	0.48
	EGM2008	0.65	0.65
720	EGM2008	0.36	0.38
2159	EGM2008	0.18	0.22

$\varepsilon_{\text{Absoluto} \rightarrow \text{F}}$		Média	RMS
		(m)	
160	AIUB-GRACE03S	-0,35	0.37
	EGM2008	-0.45	0.47
250	GO_CONS_GCF_2_TIM_R2	-0.43	0.44
	GOCO02S	-0.43	0.44
	EGM2008	-0.60	0.61
720	EGM2008	-0.32	0.34
2159	EGM2008	-0,13	0.19

GMRT v2.0;
DTM2006;

SRTM30_PLUS;
DTM2006;

$\varepsilon_{\text{Absoluto} \rightarrow \text{F}}$		Média	RMS
		(m)	
200	GO_CONS_GCF_2_TIM_R3	0.10	0.20

GMRT v2.0;
ETOPO1

Avaliação absoluta – 112 GNSS/Niv.

DESTAQUE DE ATIVIDADES MAIS RECENTES, APÓS A REUNIÃO SIRGAS DE LIMA (2010) EM OUTRAS APRESENTAÇÕES NESTA REUNIÃO

- (v) Proposta de alternativas para conexão dos Data Verticais Brasileiros de Imbituba e Santana;
- (vi) Conexão das redes altimétricas do Brasil e da Argentina com base em números geopotenciais e modelagem do potencial perturbador.

NOVOS TRABALHOS EM DESENVOLVIMENTO

- a) Integração/Injunção de pontos na RAFB a partir da RMPG;
- b) Continuidade das atividades e resultados de conexão dos DVB e DVA na região sul do país;
- c) Análise temporal do comportamento do DVB-I;
- d) Integração dos dois segmentos da RAFB;

MUITO OBRIGADO!