

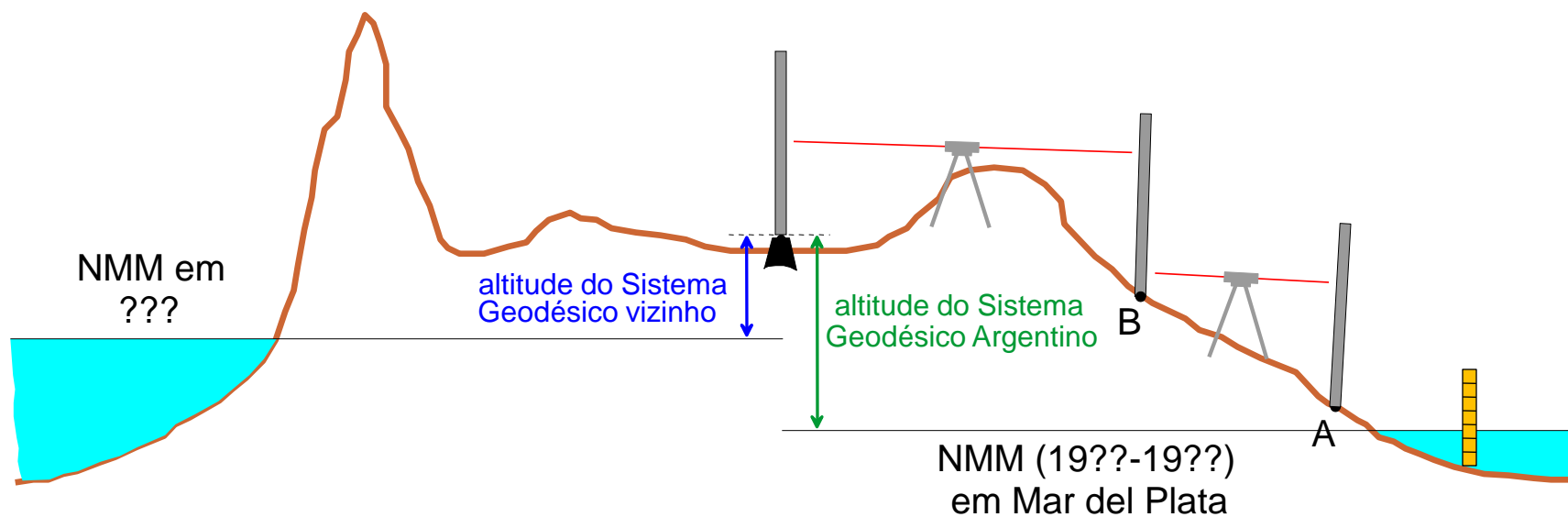


Definição, realização, propagação e manutenção do Datum Vertical SIRGAS

Roberto Teixeira Luz

Grupo de Trabalho "Datum Vertical" (GT-III), Projeto SIRGAS

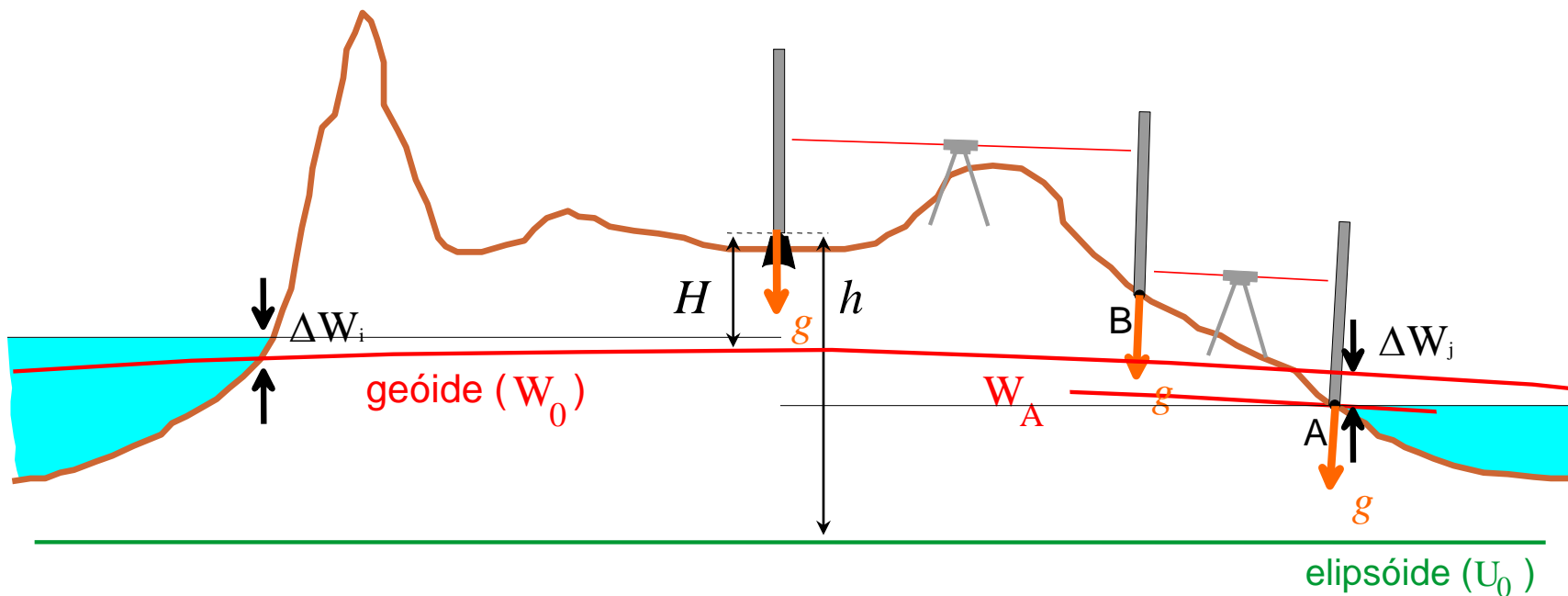
*Jornada Técnica acerca del Marco de Referencia Vertical de Argentina
Universidade Nacional de Rosario
4.novembro.2011*



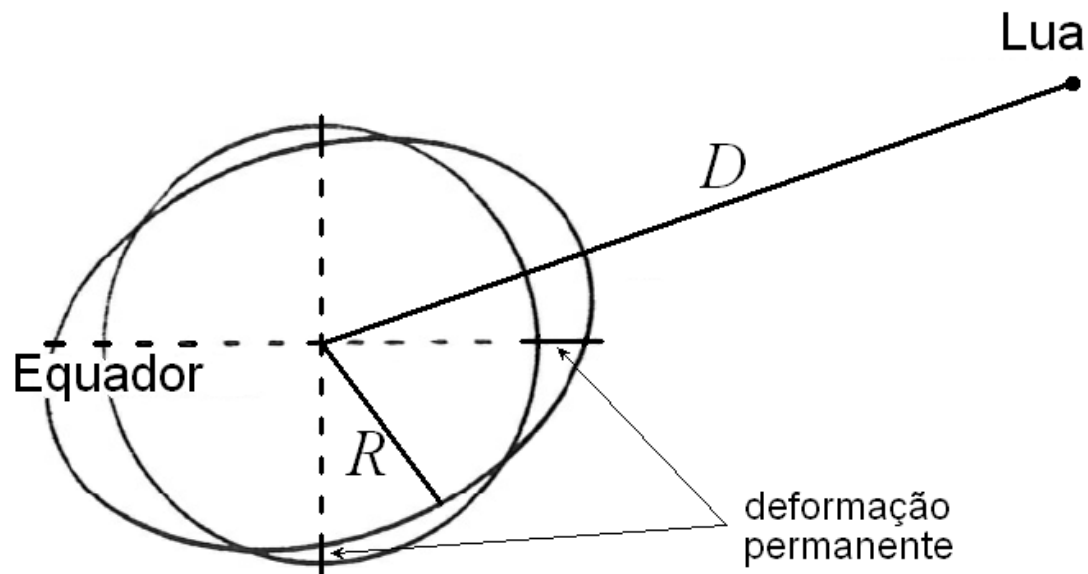
Sistema Vertical SIRGAS

- estações SIRGAS CON
- estações nos *data* verticais
- estações nas fronteiras

- a. altitudes geométricas
- b. altitudes físicas
(números geopotenciais)

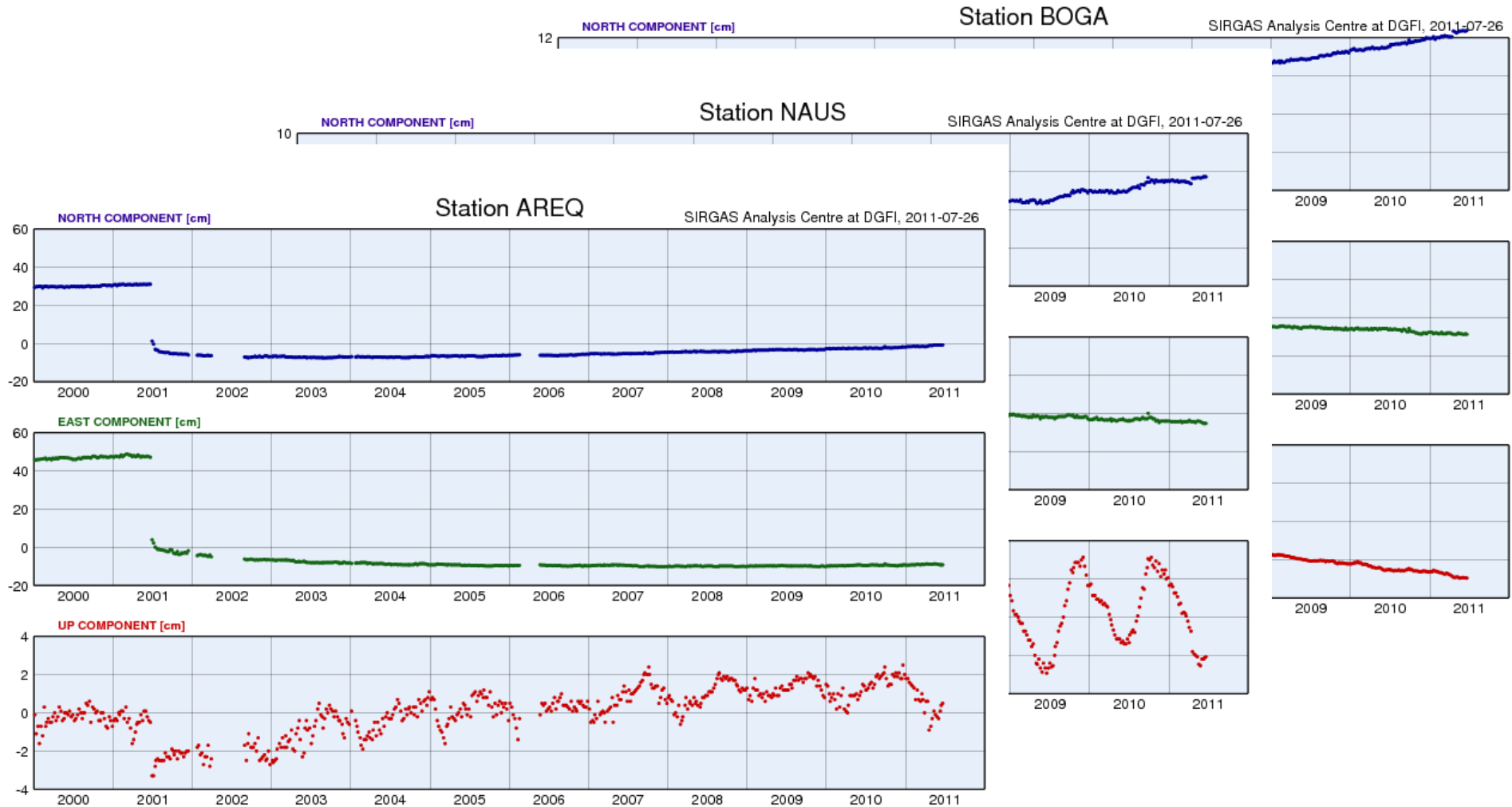


Maré Permanente

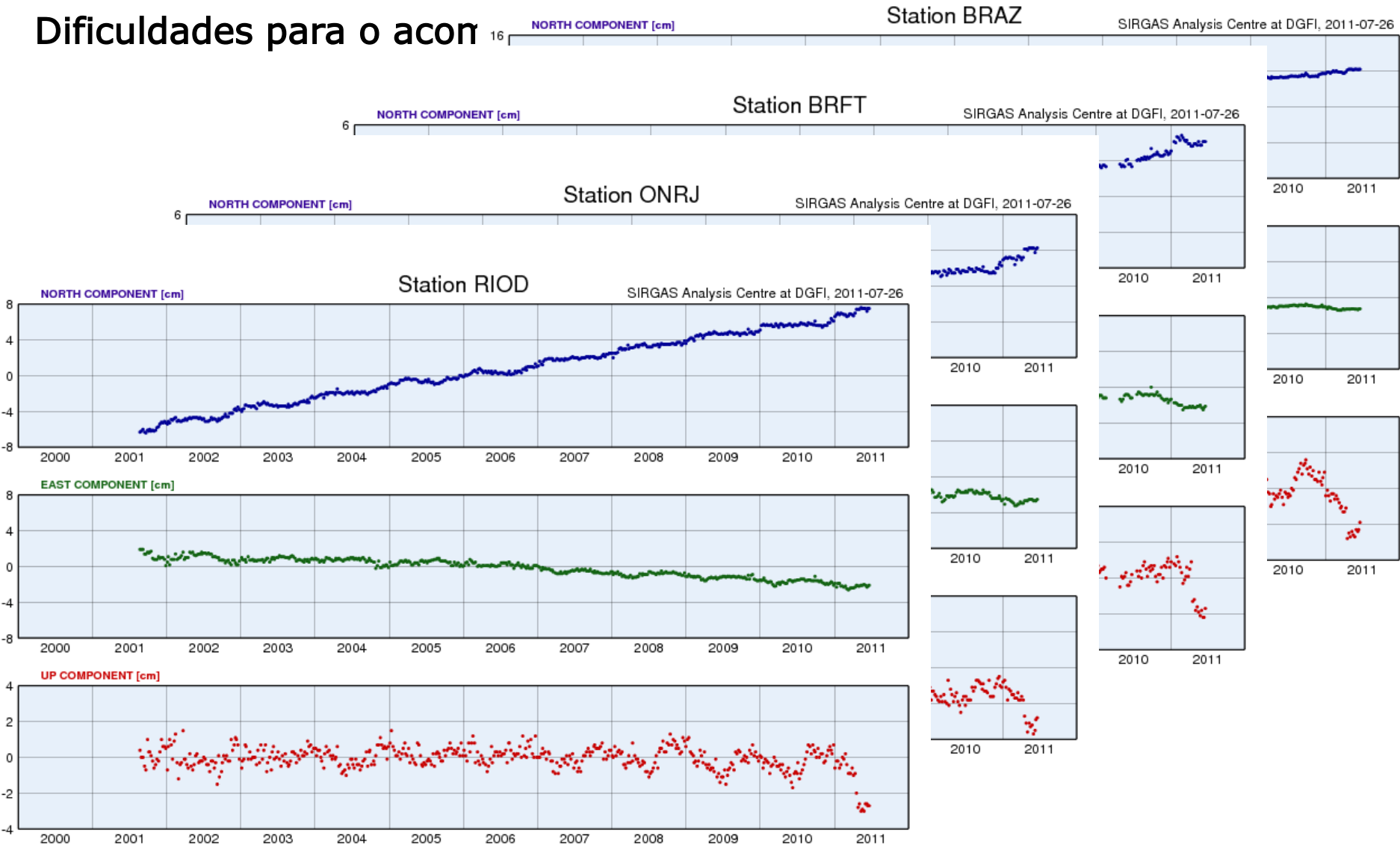


- “livre da maré” (“*tide-free*”) : completa redução dos efeitos diretos (gravitação) e indiretos (deformação), incluindo M_0S_0 : : ITRF, SIRGAS, EGM96 ...
- “maré média” (“*mean tide*”) : são reduzidos apenas os termos periódicos, mantendo-se os efeitos de M_0S_0 : : IGSN-71, RAAP(+/-), altimetria por satélites ...
- “maré zero” (“*zero tide*”) : redução total dos efeitos diretos (incluindo M_0S_0) e somente das componentes periódicas do efeito indireto : : **Resoluções da IAG n. 9 e n. 16 (1983)**

Dificuldades para o acompanhamento das mudanças temporais

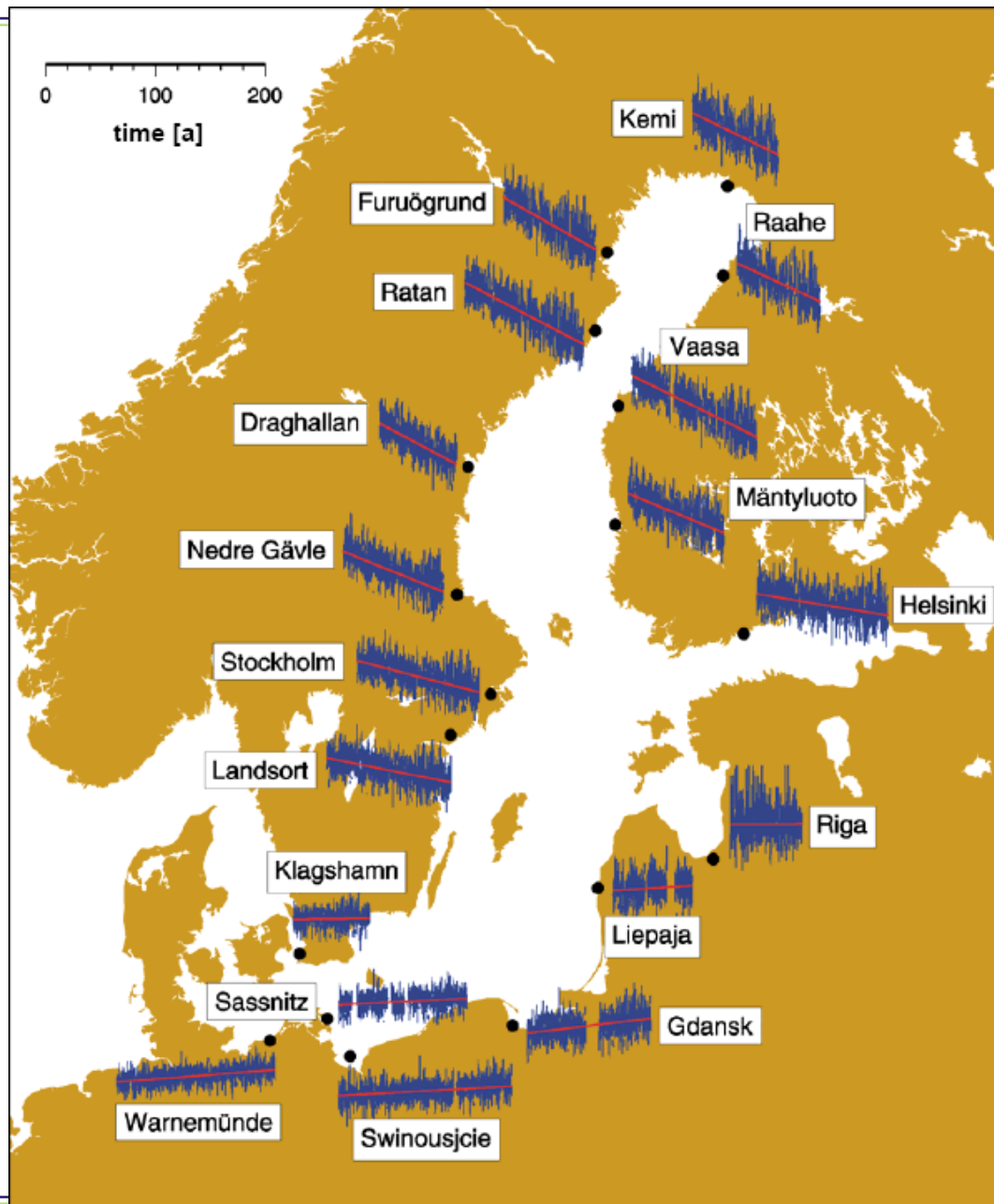


Dificuldades para o acon



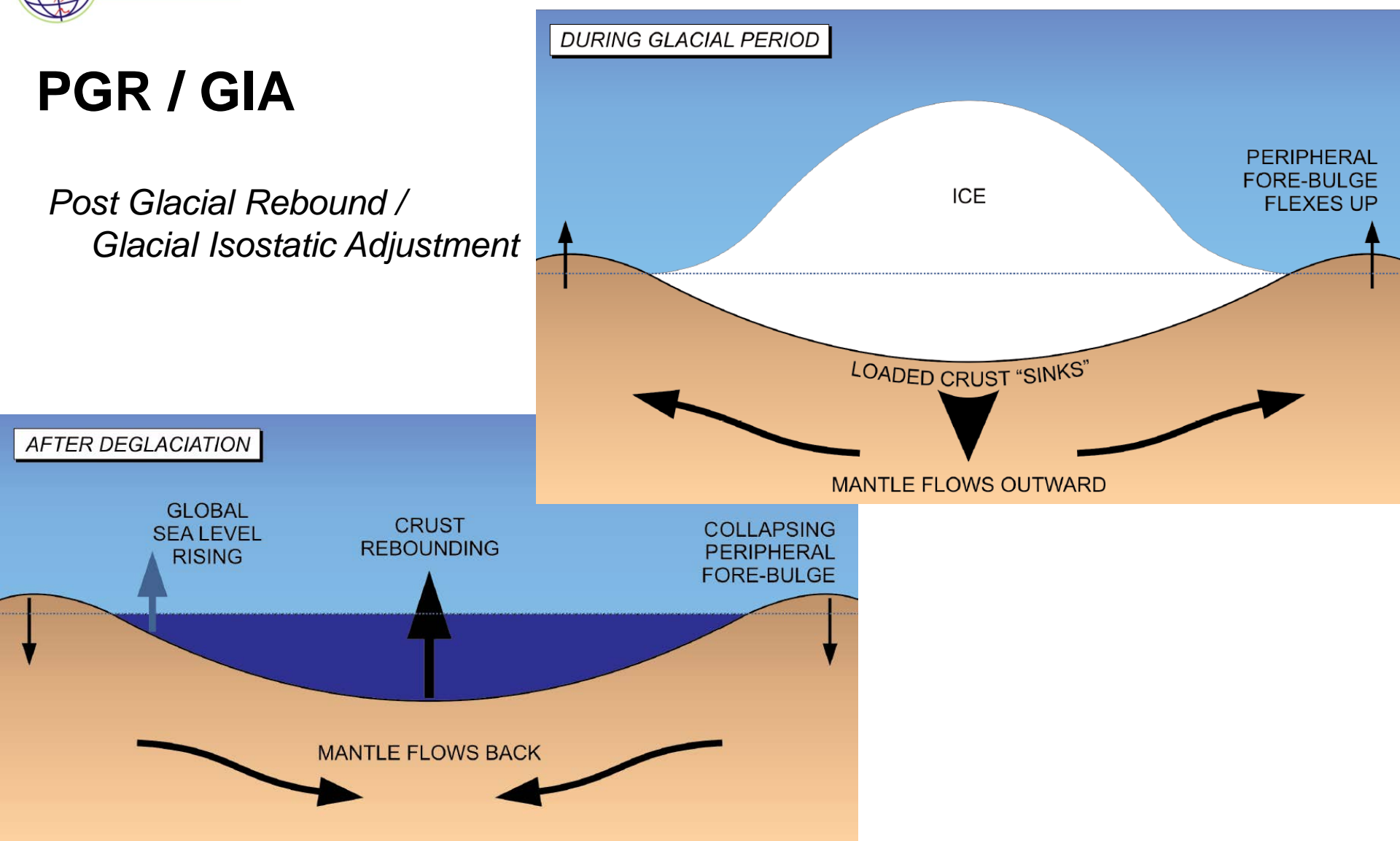
PGR *versus* NMM

Fonte: <http://www.ec-gis.org/sdi/ws/evrs/LIEBSCH.pdf>



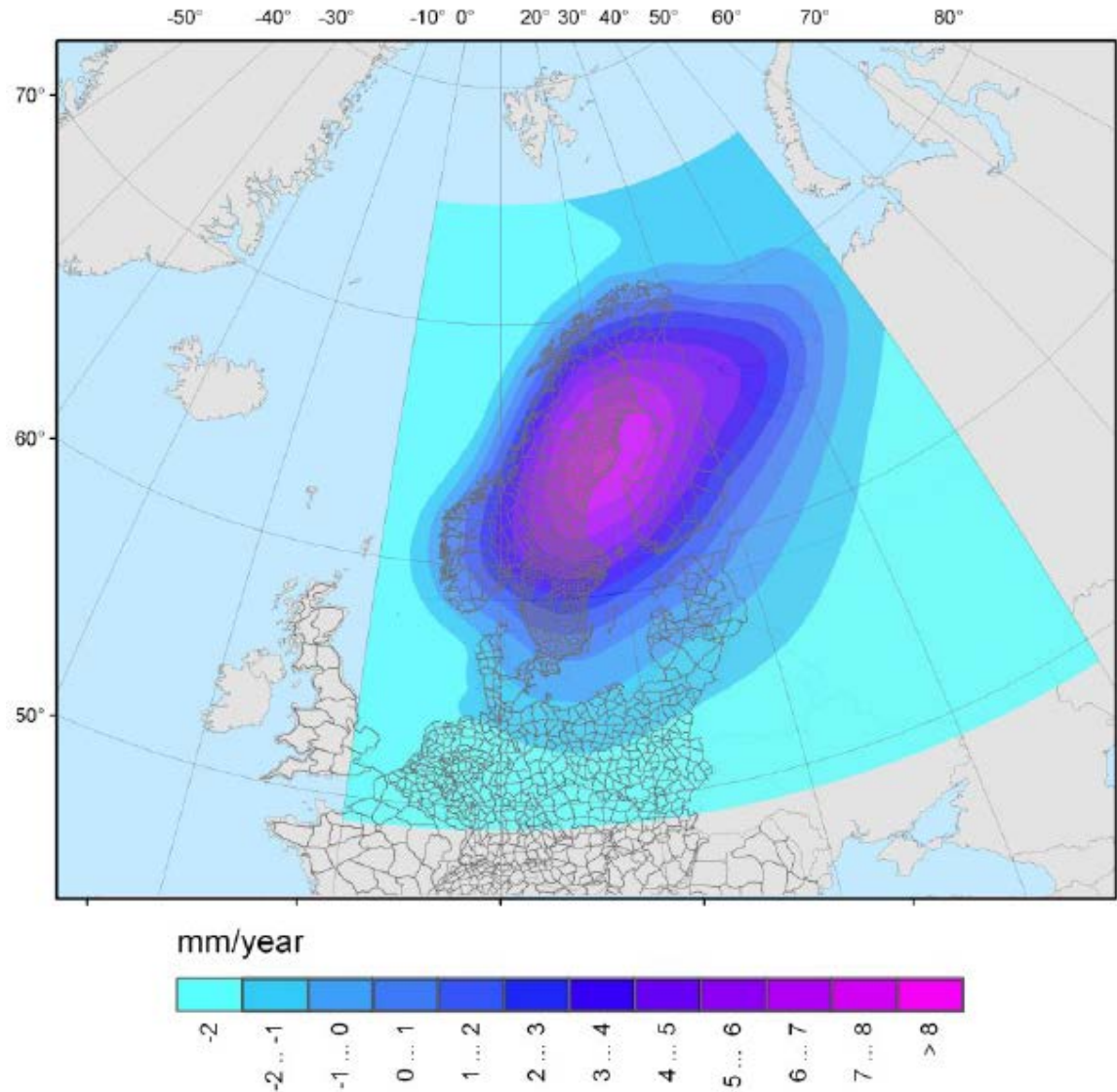
PGR / GIA

*Post Glacial Rebound /
Glacial Isostatic Adjustment*



Fonte: Geomatica, v.60, n.2, p.180 (<http://www.geod.nrcan.gc.ca/pdf/geomatica.pdf>)

PGR *versus* NMM



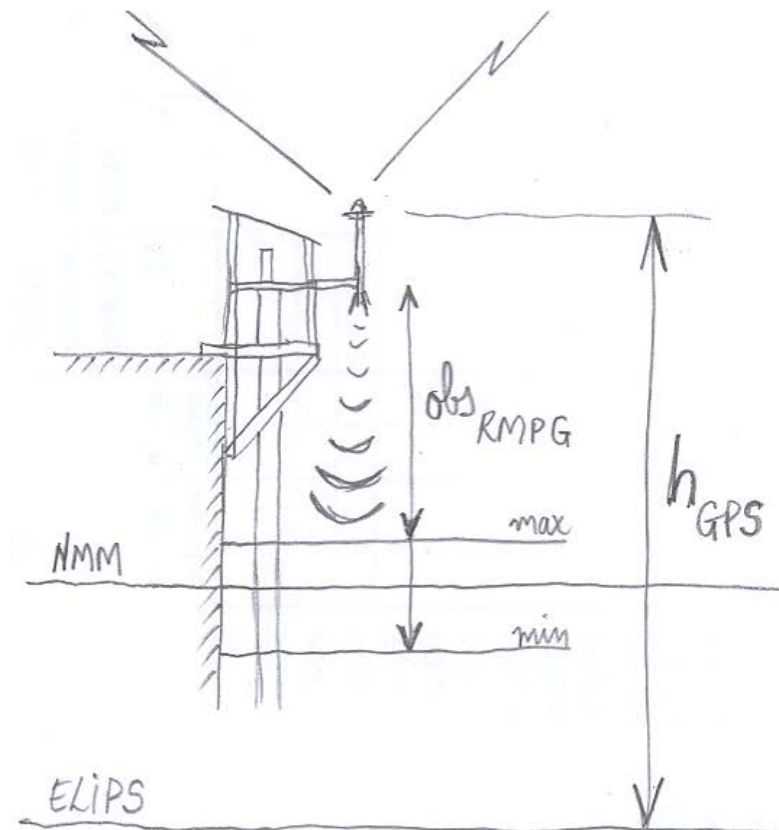
Fonte: Ihde et al. (2009) ::
www.iag2009.com.ar

Controle Geodésico de Estações Maregráficas

Situação ideal

Table 4.1 Accuracy of geodetic fixing of TGBMs.

Technique	Accuracy
GPS from TGBM to SLR/VLBI Reference Frame	<1 cm
Absolute Gravity near Tide Gauges and at SLR/VLBI Station	<2 μ gal (approx. 1 cm)



Controle Geodésico de Estações Maregráficas

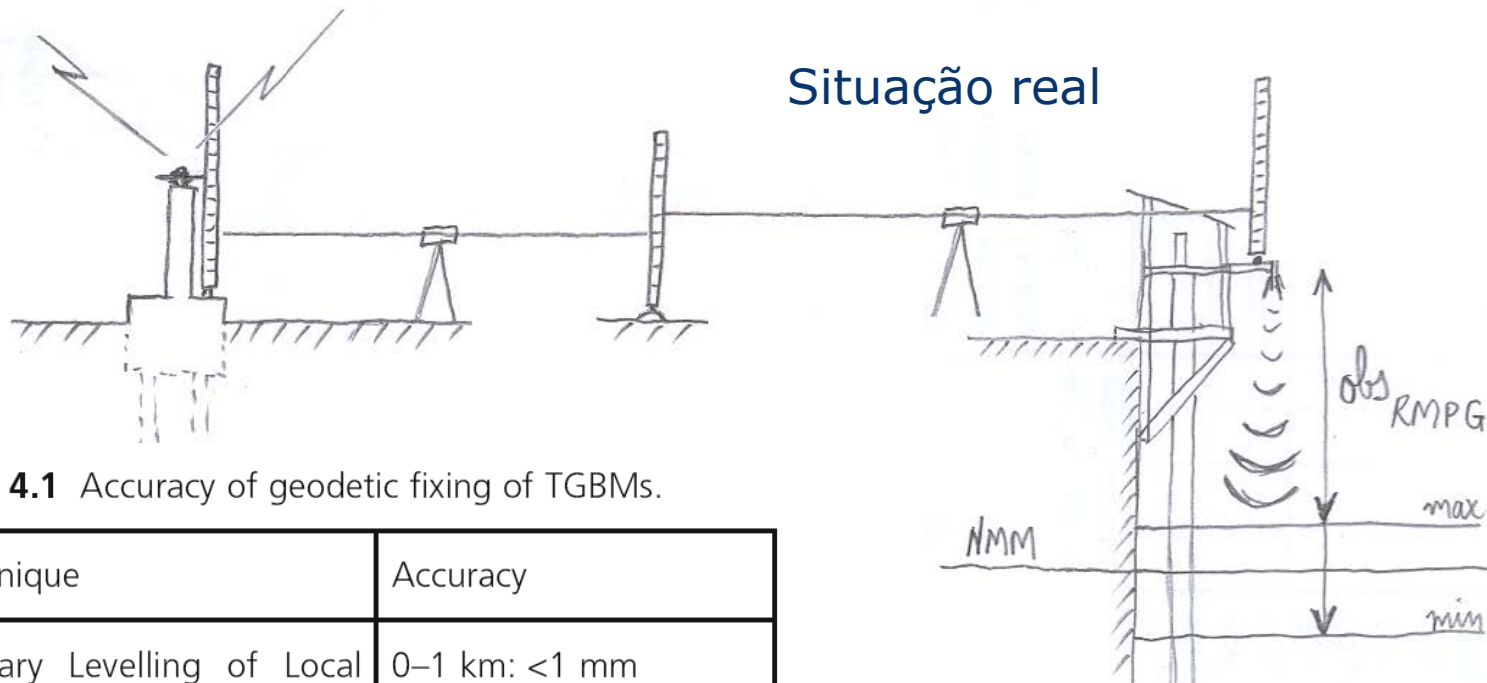


Table 4.1 Accuracy of geodetic fixing of TGBMs.

Technique	Accuracy
Primary Levelling of Local Benchmarks	0–1 km: <1 mm 1–10 km: <1 cm
GPS from TGBM to SLR/VLBI Reference Frame	<1 cm
Absolute Gravity near Tide Gauges and at SLR/VLBI Station	<2 μ gal (approx. 1 cm)

Fonte: *Manual on Sea Level Measurement and Interpretation*

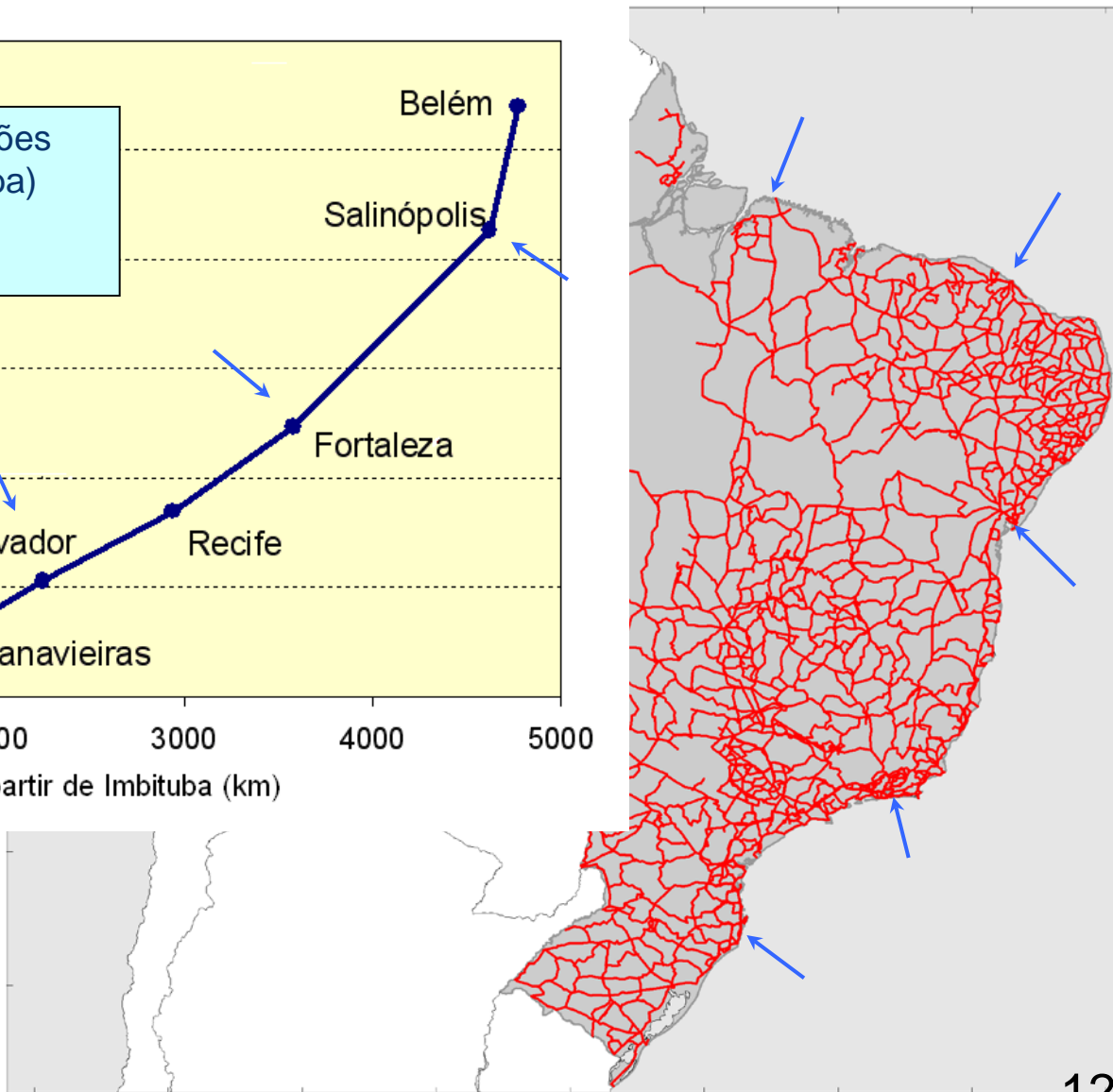
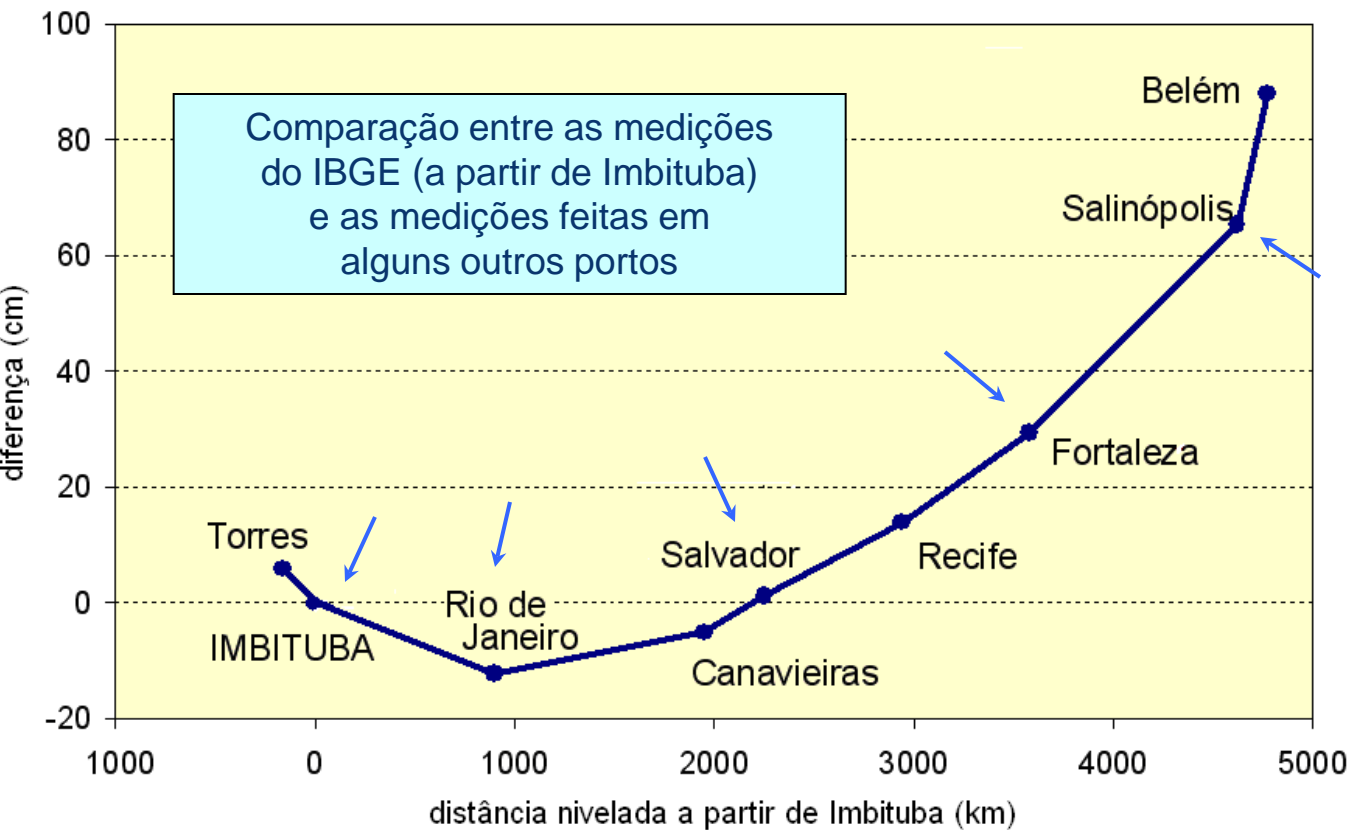
([http:// www.pol.ac.uk / psmsl / manuals](http://www.pol.ac.uk/psmsl/manuals))

vol. II (1994): p. 26

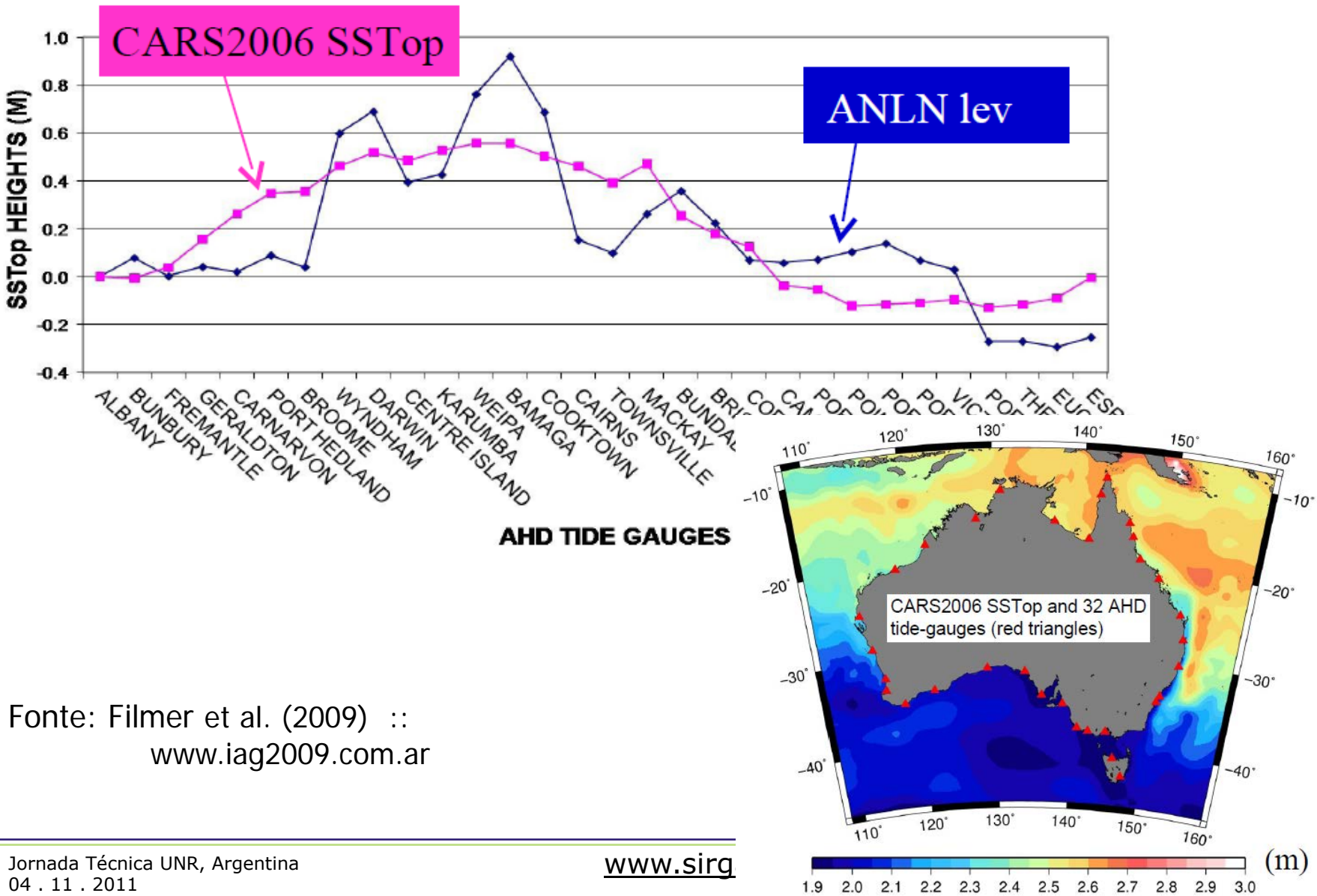
vol. III (2002): p. 37

vol. IV (2006): p. 31

Topografia do NMM (ou TOD)



Topografia do NMM (ou TOD)



Fonte: Filmer et al. (2009) ::
www.iag2009.com.ar



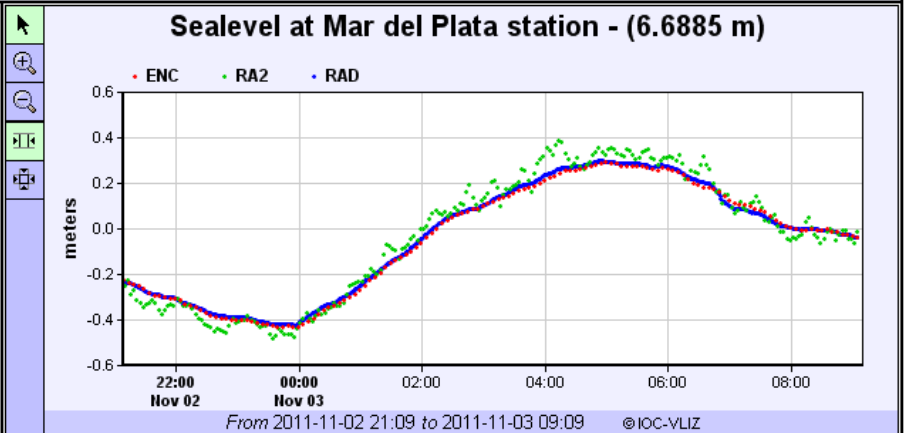
SEA LEVEL MONITORING FACILITY

NMM

Intro Map Station lists **Station details** Services

[previous station] Station **Mar del Plata** at GMT [next station]
 [more details] [GTS message] [show data] [show on map] [monitor]

Station metadata	
Code	plat2
Country	Argentina
Location	Mar del Plata
Status	Operational
Local Contact	Armada Argentina Servicio de Hidrografia Naval (Argentina)
GLOSS ID	192 [goto handbook]
Latitude	-38.00015278
Longitude	-57.53850556
Connection	GTS message
GTS message type	SEPO40
Sensor 1	
Type of sensor	RAD
Sampling rate (min)	1
Sensor 2	
Type of sensor	RA2
Sampling rate (min)	3
Sensor 3	



Period: [calendar icon] Signals: RAD, RA2, ENC Data: Relative levels= signal - average over selected period, Absolute levels= as received, Offset signals= relative signals + offset

[TS message] [show data] [show on map] [monitor]

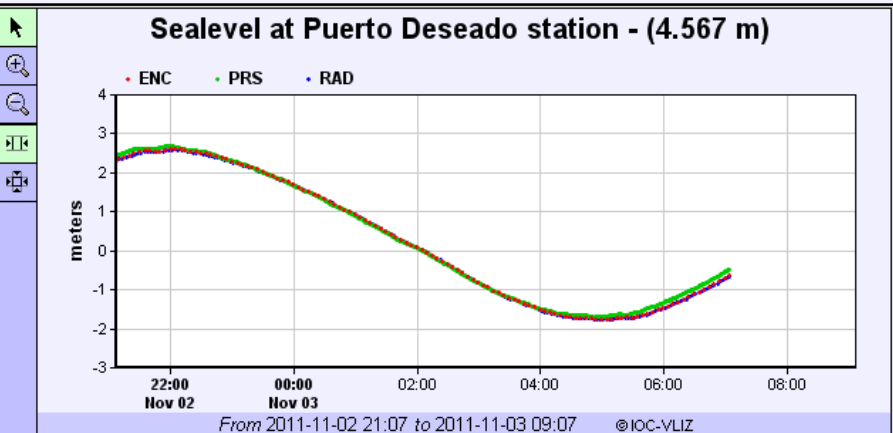
www.ioc-sealevelmonitoring.org

VEL STATION MONITO

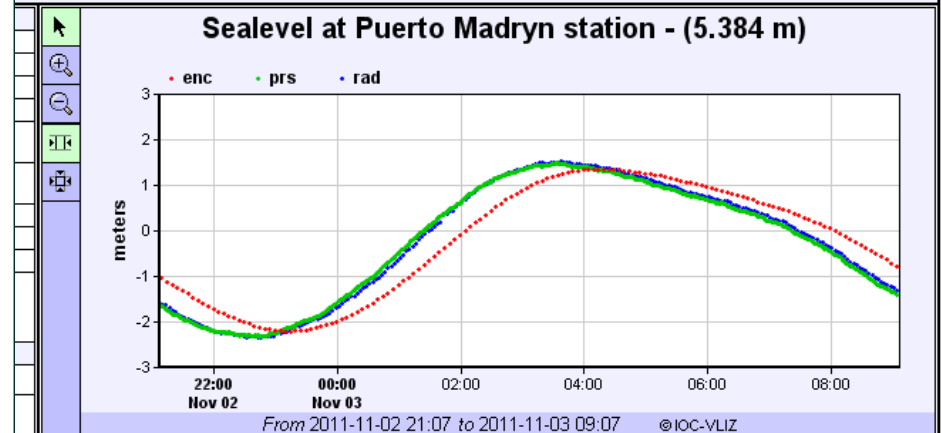
Station lists **Station details**

Puerto Deseado at GMT

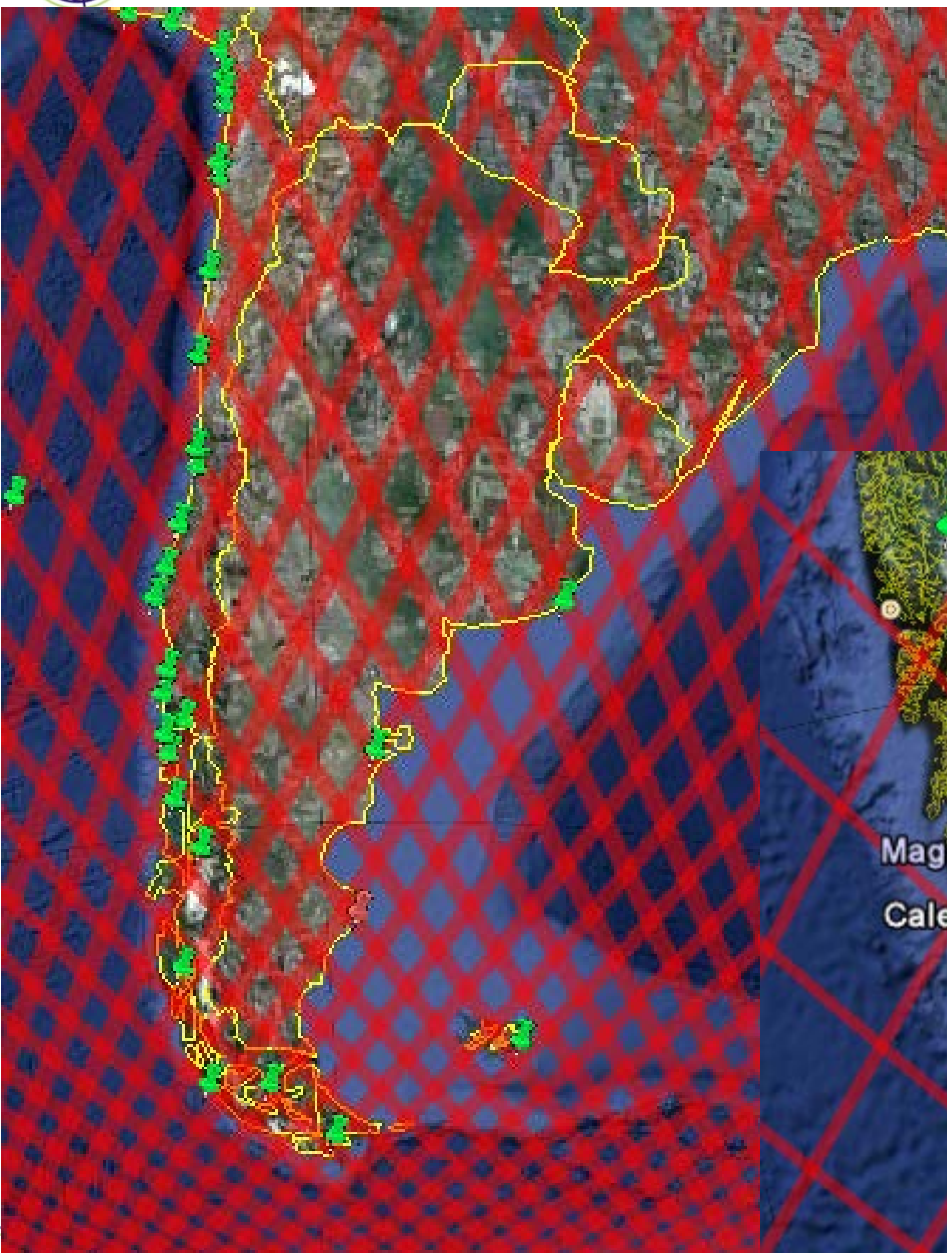
[message] [show data] [show on map] [monitor]



Period: [calendar icon] Signals: PRS, RAD, ENC Data: Relative levels= signal - average over selected period, Absolute levels= as received, Offset signals= relative signals + offset

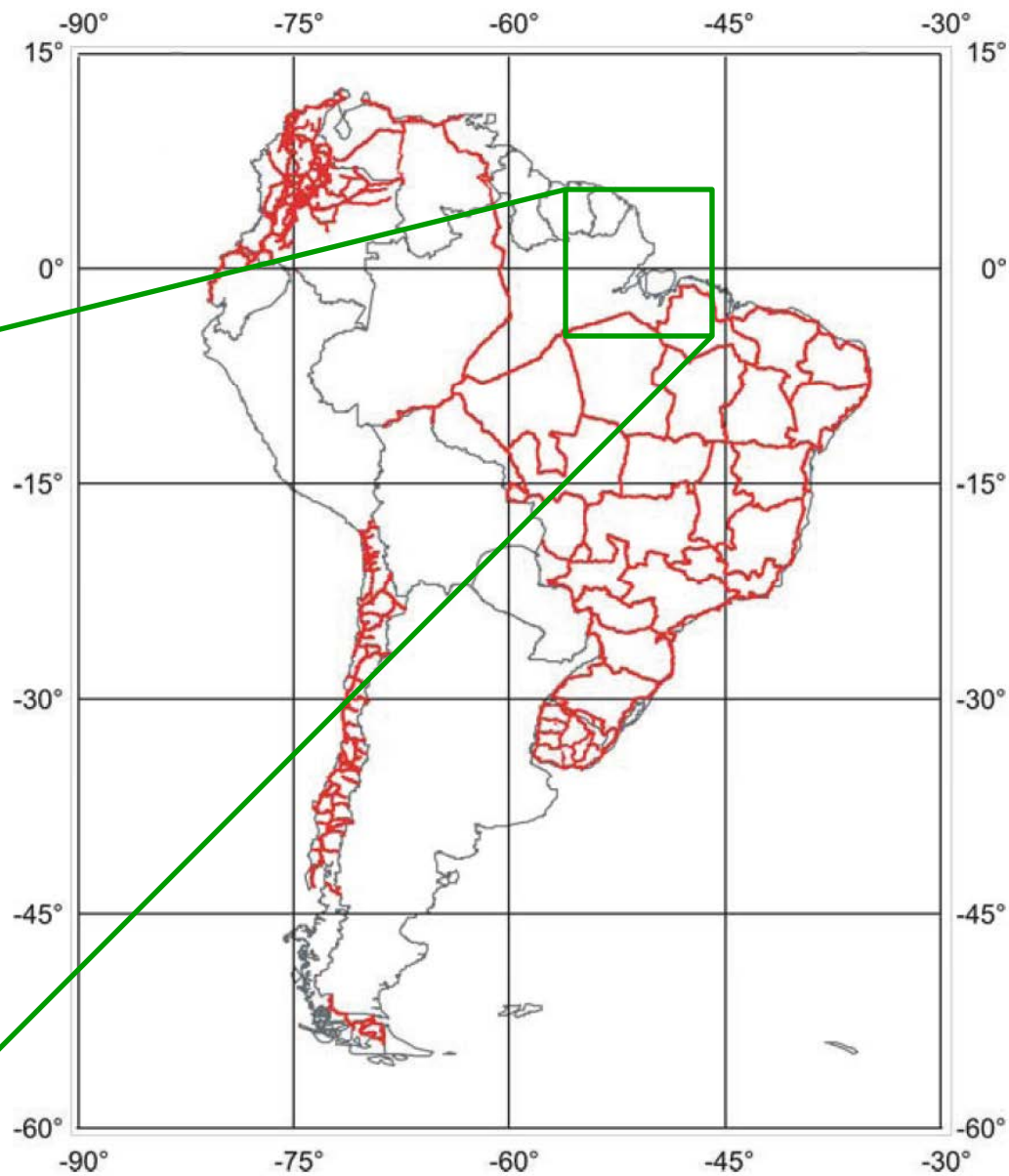


Period: [calendar icon] Signals: prs, rad, enc Data: Relative levels= signal - average over selected period, Absolute levels= as received, Offset signals= relative signals + offset



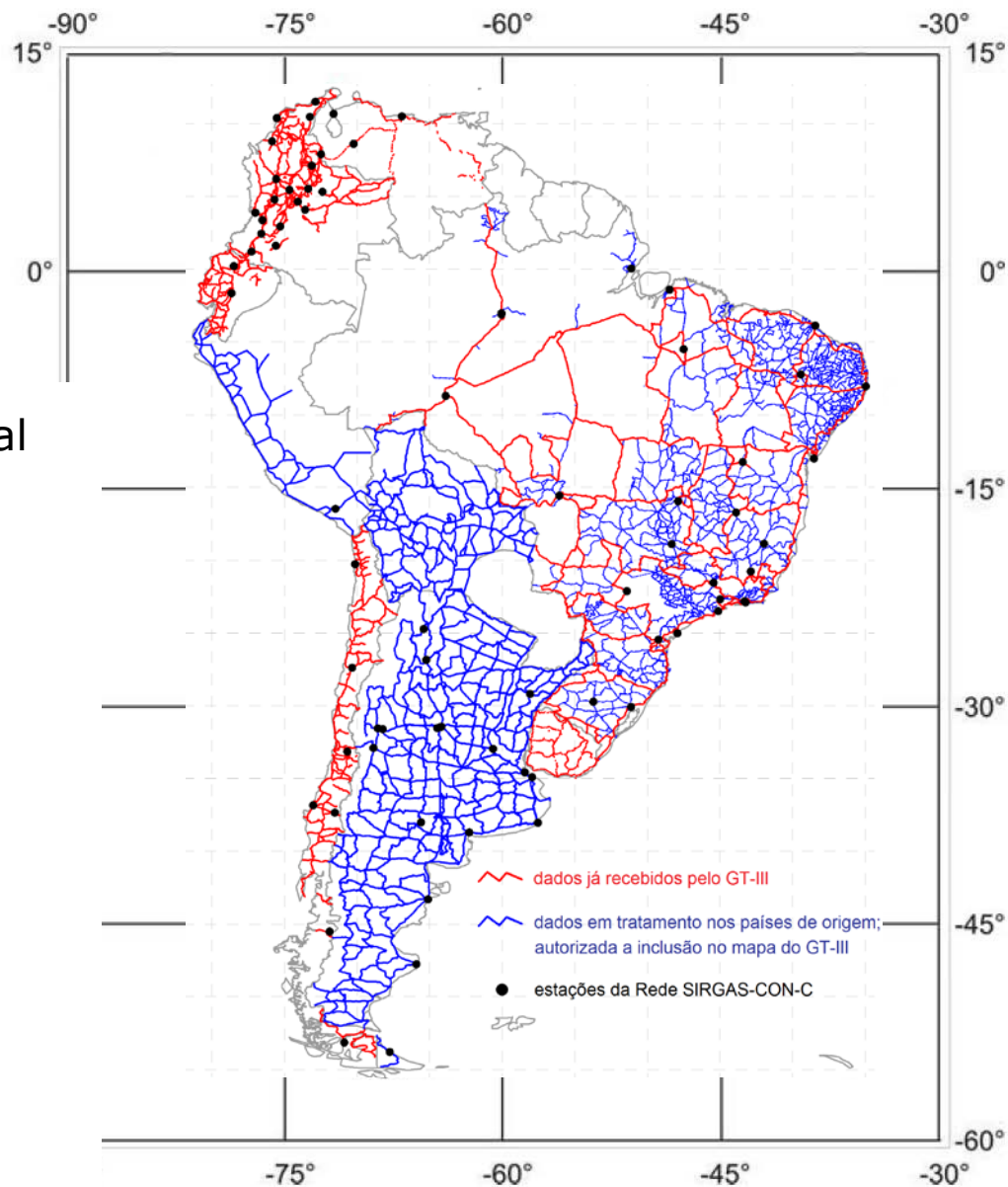
Dificuldades para uma rede de nivelamento "continental" interligando as estações SIRGAS

- os Andes
- a Amazônia (rios e floresta)



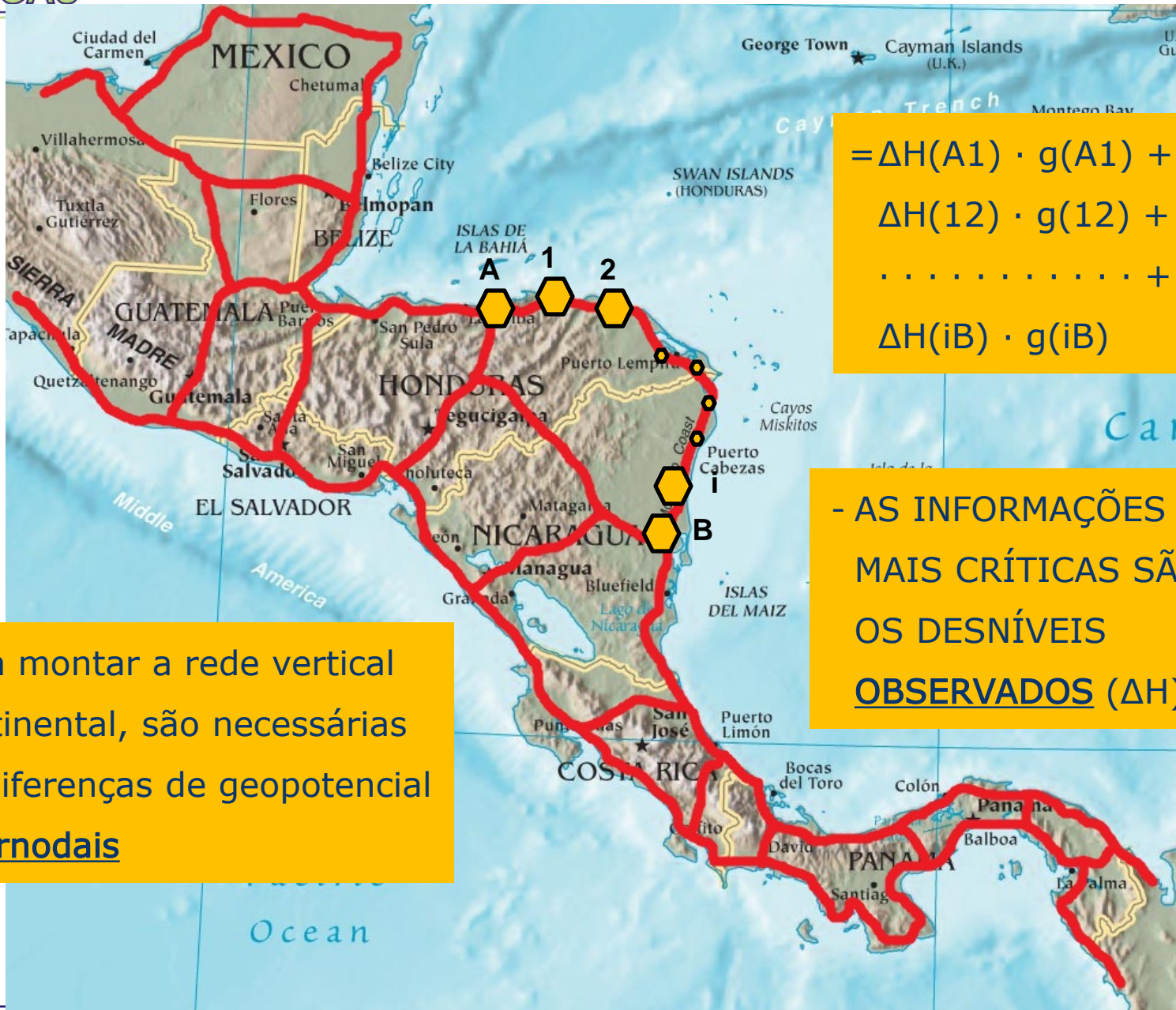
Dificuldades para uma rede de nivelamento "continental" (cont.)

- os Andes
- a Amazônia (rios e floresta)
- a ausência de dados em meio digital
- o problema (3,5m +/- ?) na longa linha aberta que liga Venezuela e Brasil
- a heterogeneidade espacial e temporal dos dados enviados ao GT-III do SIRGAS
- a ausência de gravidade nas estações de nivelamento





Projeto conjunto entre
UFPR e UNLP, incluindo
IGNA e IBGE, sobre a
conexão das redes
verticais de Argentina e
Brasil



$$= \Delta H(A1) \cdot g(A1) + \Delta H(12) \cdot g(12) + \dots + \Delta H(iB) \cdot g(iB)$$

- para montar a rede vertical continental, são necessárias as diferenças de geopotencial internodais

- AS INFORMAÇÕES MAIS CRÍTICAS SÃO OS DESNÍVEIS OBSERVADOS (ΔH)

Desníveis observados – cadernetas de campo

Nivelamento de Precisão

DATA 23/01/73 NIVELAMENTO . CONTRA-NIVELAMENTO
 SOL: 0 VENTO: 0 HORA: 7-25
 Do RN 777P ao RN 777R Operador M. Lucio
 Nivel 81507 Miras 12834/43 Temp. Anotador M. Lucio

Estação N.º	LEITURA DA MIRA			ESTÁDIA	
	Esquerda	Direita	Diferença	Fios	Dif
1				414.0	14
2	9890	40039	30140	400.0	14
				386.0	28
				396.0	16
				374.0	22
				312.0	44
				386.0	216
				364.0	22
				344.0	44
				373.0	25
				348.0	25
				323.0	50
				416.0	51
				365.0	51
				314.0	02
				181.0	36
				54.0	36
				50.0	72
				16.0	24
				536.89	536.0

Nivelamento de Precisão

DATA 23/01/73 NIVELAMENTO . CONTRA-NIVELAMENTO
 SOL: 0 VENTO: 0 HORA: 09:15
 Do RN 777P ao RN 777R Operador M. Lucio
 Nivel 81507 Miras 12832/43 Temp. Anotador M. Lucio

Estação N.º	LEITURA DA MIRA			ESTÁDIA		Corret. ref.
	Esquerda	Direita	Diferença	Fios	Diferença	
25	159.95	161.45	301.50	461.0	178	
				444.0	340	
				498.0	210	
				472.0	210	
				458.0	420	
				417.99	119.286	152.0
				417.99	417.99	

Nivelamento de Precisão

DATA 23-01-75 NIVELAMENTO . CONTRA-NIVELAMENTO
 SOL: 0 VENTO: 0 HORA: 7-25
 Do RN 777P ao RN 777R Operador M. Lucio
 Nivel 81507 Miras 12832/43 Temp. Anotador M. Lucio

Estação N.º	LEITURA DA MIRA			ESTÁDIA		Corret. ref.
	Esquerda	Direita	Diferença	Fios	Diferença	
26	185.88	422.32	301.49	472.0	210	
				458.0	420	
				417.99	119.286	152.0

HISTÓRICO DO RN 777R

Estado: Tocantins
 Município: Porto Velho
 Cidade mais próxima: Porto Velho
 Distância e direção: 12.4 km sul
 Trecho de estrada: Porto Velho - Humaitá
 Descrição: Esta 25m a direita do eixo, após uma valeta. 12.0km além do Rio MA-DEIRA. Em frente ao mares que tem o lote nº 12, nas proximidade de uma lavra de mandioca.

RN 50 2m acima
 Bz: 1950

Nivelamento de Precisão

DATA 23-01-75 NIVELAMENTO . CONTRA-NIVELAMENTO
 SOL: 0 VENTO: 0 HORA: 7-25
 Do RN 777P ao RN 777R Operador M. Lucio
 Nivel 81507 Miras 12832/43 Temp. Anotador M. Lucio

Estação N.º	LEITURA DA MIRA			ESTÁDIA		Corret. ref.	OBSERVAÇÕES
	Esquerda	Direita	Diferença	Fios	Diferença		
							Humaitá
							FCN
							LABOURA DE MANDIOCA

- cadernetas de campo: volume muito grande de informações

- muito tempo e esforço para sua digitação completa

- prioridade: DADOS DA SEÇÃO

- alternativa: RESUMOS DE NIVELAMENTO

Desníveis observados – resumos de nivelamento

LINHA Porto Velho - Manaus													MIRAS 20-27, 27-31 AB 12/32/33					NÍVEIS 31875-76-724-21427			OPERADORES J.F. SMO - SCL - CLM - OPV - LEM - PO - HMA - WM - ML					ANO 1970				
DATA	SEÇÃO	NÍVEL CONTRA	Hora		SOL	VENTO	TEMP. DAS MIRAS	COMP. DA SEÇÃO	DISTAN. AO RN	Leitura da mira		ΣR.ΣV OBSERVADA	DIVERGÊNCIA (CN+M)		CORREÇÕES				ΣR.ΣV CORRIGIDA	ΣR.ΣV Média	CONF. ORION	COTA PRELIMINAR DO RN		ÍNDICE			Observações			
			Inicial	Final						ΣR	ΣV		PARC.	ACUM.	INDEX	COMP. MIRA	TEMP. MIRA	COLIM.				TUB. MÁ	CAD.	PAQ.						
								km	km	m	m	m	mm	mm	mm	mm	mm	m	m	mm	m	m								
								9,55														74,5352	777 U							
23/01	777N-777P	N	7-10	9-15	0	0	3,09	12,61	21,9455	73,1020	+8,8465	-1,5	-6,7					-8,8465	+8,1458	+0,1	83,5211	777 P	2	1008	2-6					
23/01		C	9-27	11-20	0	0			65,8666	74,7116	-8,8450				V				-8,8450					2	11	9-13				
23/01	777P-777R	N	7-25	9-25	0	0	3,04	15,65	80,5940	77,2188	-2,8752	+1,2	-5,7					-2,8752	+2,8752	+0,1	86,7570	777 R	3	1007	2-7					
23,24/01		C	7-15	8-58					76,3608	79,7272	-3,3764				V				-3,3764					2	11	10-11				
			7-50	10-20																										
23/01	777C-777S	N	7-40	9-20	0	0	2,70	18,55	49,0894	50,9327	-1,8435	+1,7	-2,8					-1,8435	-1,8435	+0,1	84,9145	777 S	4	1006	2-4					
23/01		C	7-55	11-05	0	0			56,7694	54,9278	+1,8416				V				+1,8416					4	8	7-10				
23/01	777S-777T	N	7-30	8-23	0	0	2,23	20,28	43,6094	42,2890	+1,3204	+3,2	-0,1					+1,3204	+1,2722	+0,1	86,1868	777 T	1	1002	10-20	FEINTICIA				
24/01		C	8-40	10-10	0	0			42,1162	43,3903	-1,2741				V				-1,2741					1	11	23-25	RO-AM			
24/01	777T-777U	N	7-08	10-24	2	0	3,38	24,26	48,9930	49,1827	-0,1907	-2,0	-2,1					-0,1907	-0,1717	+0,1	85,9956	777 U	2	1008	20-23					
24/01		C	7-31	3,7	1	0			59,4641	58,2714	+0,1927				V				+0,1927					2	11	15-18				
24/01	777U-777V	N	10-00	11-10	0	1	3,31	27,57														80,8175	777 V	0	1004	10-21				
24/01		C	8-30	9-42	0	0																		4	11	13-16				
28/01	777V-777X	N	15-42	17-20	1	1	3,30	30,87														81,0152	777 X	1	1002	28-31				
28/01		C	17-30	19-00	2	0																		1	11	30-38				

planilhas
ou
arquivos texto puro

Strategies for the vertical datum unification

Oceanic approach

(SStop around gauges)
Satellite altimetry and
satellite-only GGM,
SStop at coast lines
including also tide
gauge records.

$$T_P^j - T_0 = \delta W^j$$

Coastal approach

(reference tide gauges)
GPS positioning at tide
gauges, (geopotential
numbers), terrestrial
gravity and satellite-
only GGM.

$$\frac{1}{2}T_P^j - \frac{1}{2}h_P\gamma_P = \delta W^j$$

Terrestrial approach

(geometrical reference
stations)
GPS positioning at reference
stations (including border
points), geopotential
numbers, terrestrial gravity
and satellite-only GGM.

$$\frac{1}{2}(T_P^j + \Delta C_P^j) - \frac{1}{2}h_P\gamma_P = \delta W^j$$

$$\frac{1}{2}(T_P^j + \Delta C_P^j) - \frac{1}{2}(T_P^{j+1} + \Delta C_P^{j+1}) = \delta W^{j+1} - \delta W^j$$

Solution of observation equations by a combined adjustment !

Height datum unification within a global vertical reference system
IAG Scientific Assembly, 2009-09-02, Buenos Aires, Argentina



Fonte: Sánchez (2009) :: www.iag2009.com.ar

Muchas Gracias!

Comentários finais

- nivelar e gravimetrar a rede de estações GNSS ativas
- nivelar e gravimetrar os pontos de vinculação internacional
- organizar e tratar dados em meio digital
- ampliar a rede CGNSS, incluindo também os principais marégrafos
- vincular a rede gravimétrica básica às estações absolutas
- ampliar as redes gravimétricas (básica e de densificação)
- discutir a viabilidade da aerogravimetria
- discutir a viabilidade da altimetria satelital
- discutir alternativas para a densificação da rede de nivelamento e o cálculo de modelos geoidais (local e regional)
- rever dados de nivelamento e gravidade já enviados a SIRGAS