



Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós – Graduação em Ciências
Geodésicas e



Simposio SIRGAS 2014

La Paz, Bolivia. Noviembre 24 - 26, 2014

ANÁLISE DA VARIAÇÃO TEMPORAL DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NAS ESTAÇÕES DA RMPG

Luciana Maria da Silva

Prof. Dr. Sílvio Rogério Correia de Freitas

La Paz, 24 de novembro de 2014



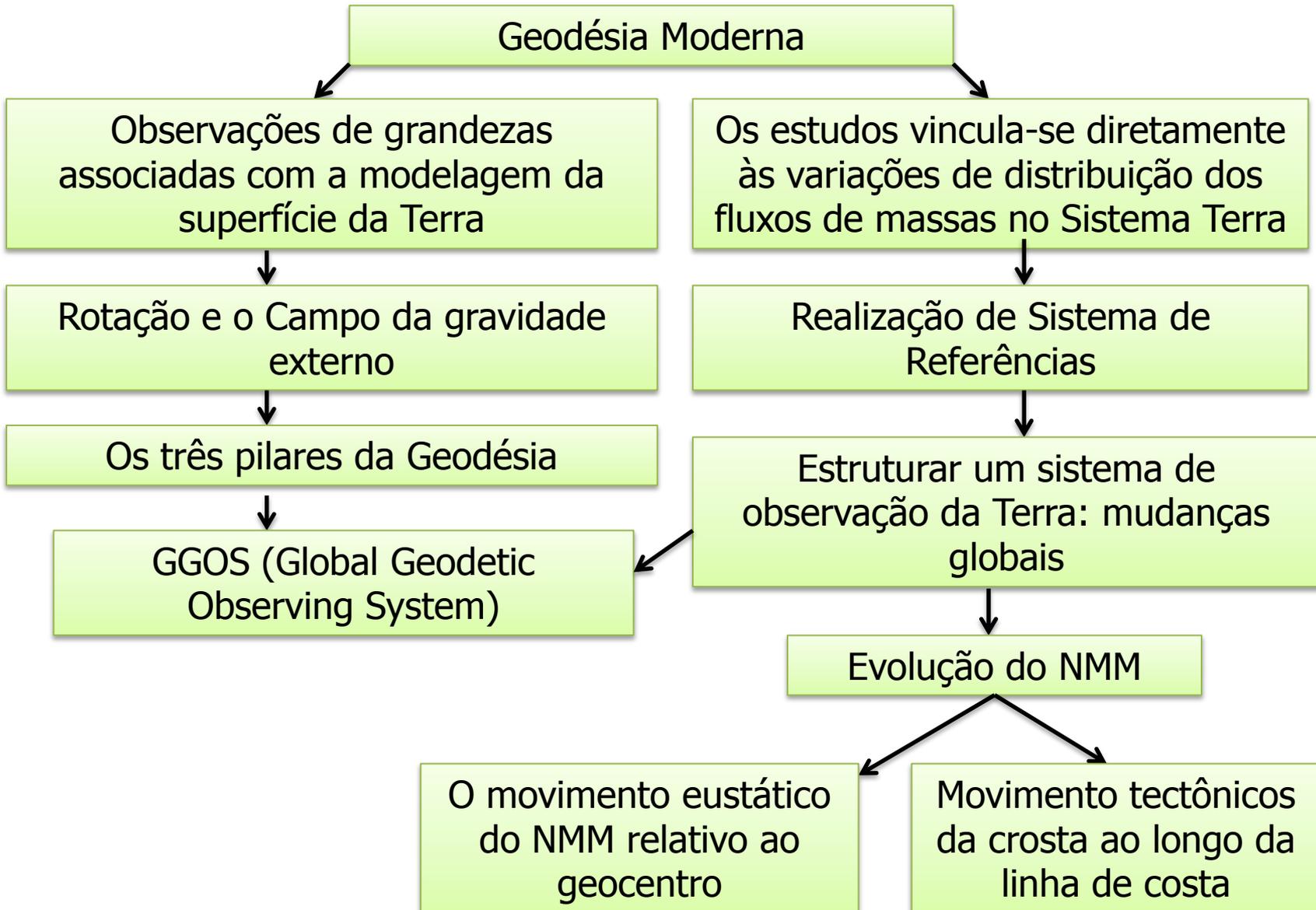
ESTRUTURA DA APRESENTAÇÃO

1. INTRODUÇÃO
2. ESTAÇÕES MAREGRÁFICAS DA RMPG
3. SISTEMA VERTICAL DE REFERÊNCIA GLOBAL
4. MONITORAMENTO DA EVOLUÇÃO DO DVB-I
5. VARIAÇÃO DO NMM
6. METODOLOGIA/RESULTADOS
7. PERSPECTIVAS FUTURAS



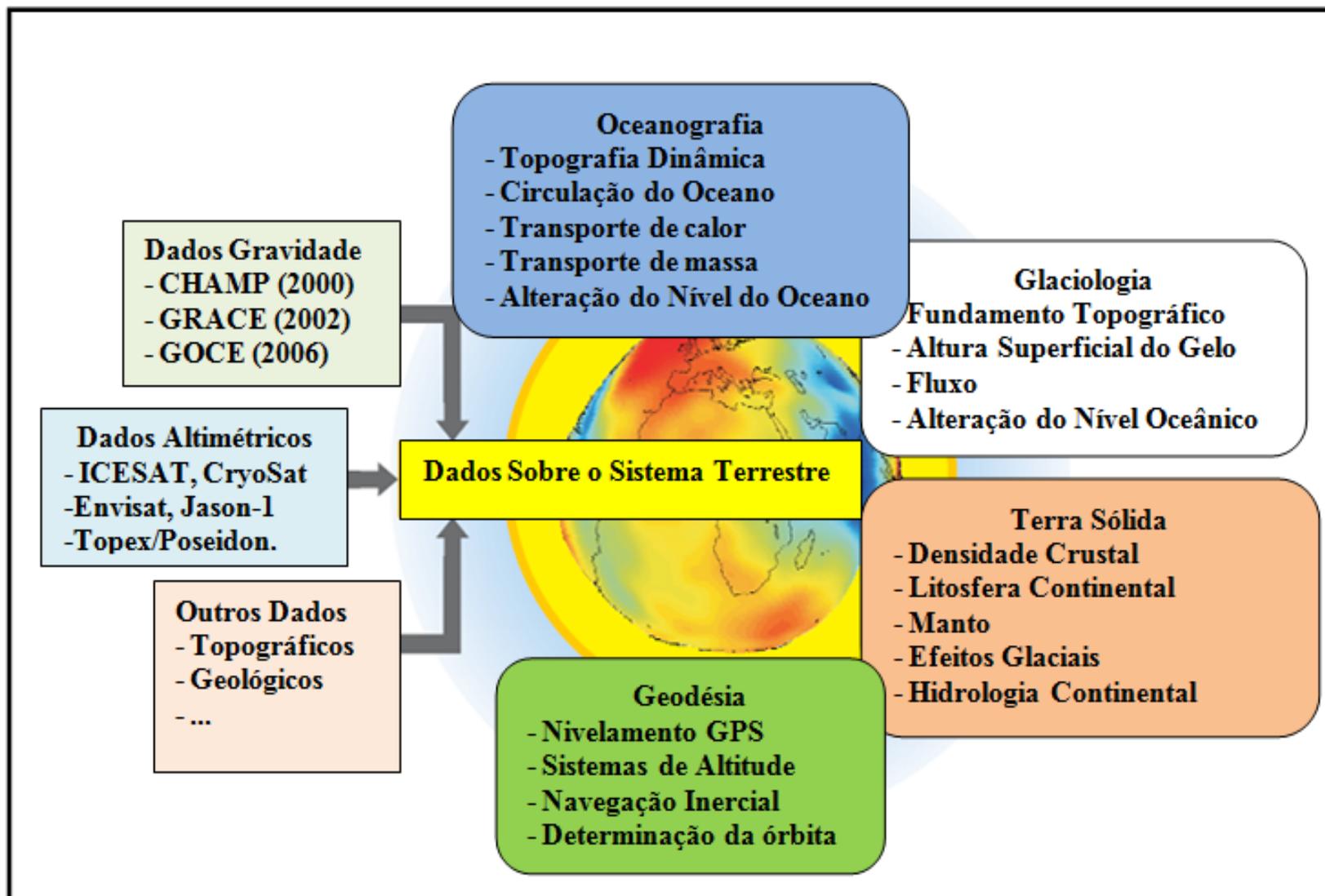


INTRODUÇÃO





•Aplicações científicas em relação ao Sistema Terrestre



Fonte: Adaptado de Jamur (2007)



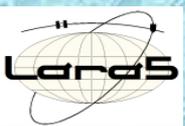
Acompanhamento das mudanças Globais: Pilares da Geodésia integrados a estrutura de referência com uma acurácia de 10^{-9}



Fonte: Adaptado de De Freitas (2014)



Fonte: Forum_Earth_OBS



Como foi feita a definição e realização dos Data Verticais?

- Datum Vertical no Brasil
 - ✓ Datum Vertical Brasileiro de Imbituba (DVB-I)
 - ✓ Datum Vertical Brasileiro de Santana (DVB-S)
 - ✓ Estabelecidos a partir do conceito clássico de se utilizar o NMM observado durante certo período de tempo com a altitude de referência zero para redes altimétricas nacionais.
- Datum Vertical em outros países
- DVB-I – referência nacional predominante: mais de 90% da RAFB está a ele referenciada.



Como pode ser feito a definição e realização de um Datum Vertical Moderno?

- Aspectos Geocinemáticos da interação oceano-continente
- Discriminar movimentos eustáticos e tectônicos
- Monitorar a posição geocêntrica dos marégrafos costeiros



2. Estações Maregráficas da RMPG

Localização espacial das estações
maregráficas da RMPG



Legenda

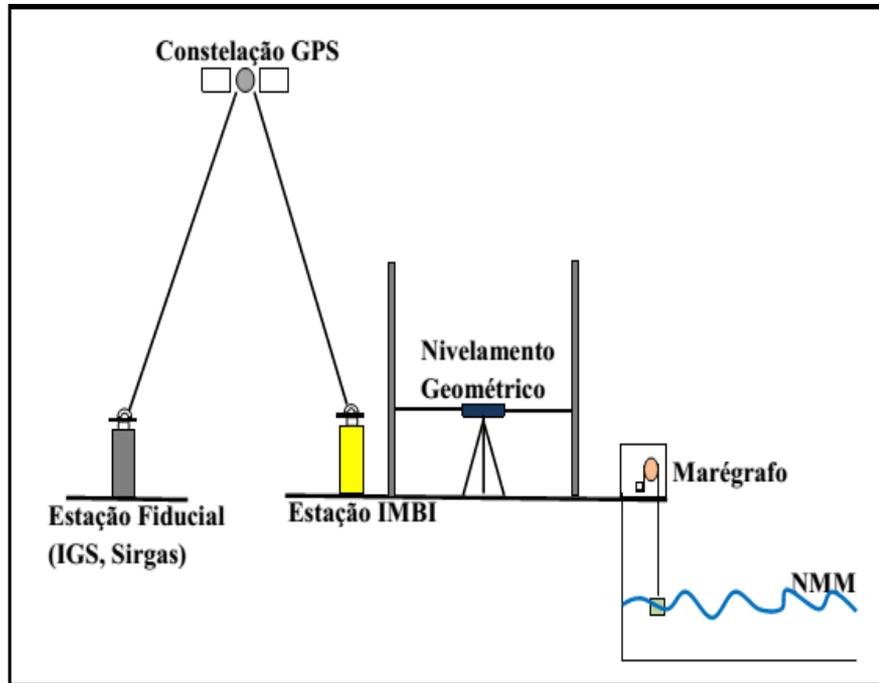
● Maregráfos da RMPG

Estação	Latitude	Longitude	Período de Dados
Imbituba	28°13'52"S	48°39'02"W	2006 a 2014
Santana	00°03'41"S	51°10'04"W	2007 a 2014
Fortaleza	03°42'52"S	38°28'36"W	2008 a 2014
Salvador	12°58'26"S	38°31'02"W	2007 a 2014
Macaé	22°23'08"S	41°46'10"W	2006 a 2014



Quais aspectos podem ser considerados em relação ao DV?

Monitoramento da posição geocêntrica do marégrafo via observação com GPS e nivelamento geométrico



Fonte: Adaptado de IOC (2002)

- Busca de séries temporais
- Evolução temporal da posição geocêntrica
- Busca de alternativas para obtenção da evolução do NMM desde sua definição
- Instrumentação empregada: calibração dos marégrafos

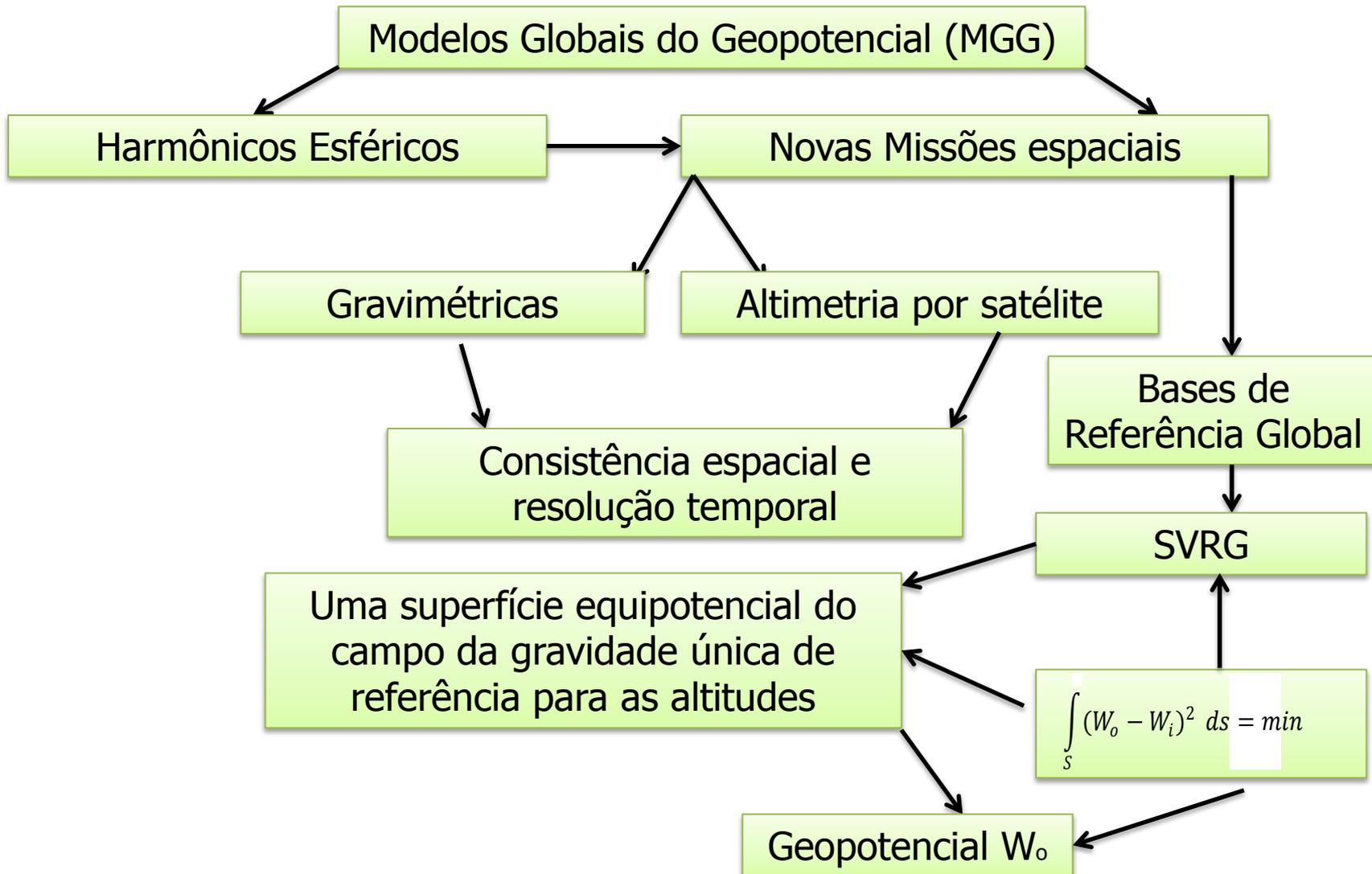


O que vem sendo feito para análise do comportamento dinâmico da crosta da Terra no DVB-I?

- Acompanhamento há cerca de 17 anos
 - ✓ Posição geocêntrica
 - ✓ Velocidade
 - ✓ Efeitos locais
 - ✓ Discriminação de perturbações
- Campanhas esporádicas na estação IMBI – GPS no mínimo 10 dias (1997, 2000 e 2005)
- Forma contínua na estação IMBT desde 2007 – SIRGAS–CON com emprego de receptor GNSS
- Processamento com o software Bernese 5.0 e atualmente o 5.2



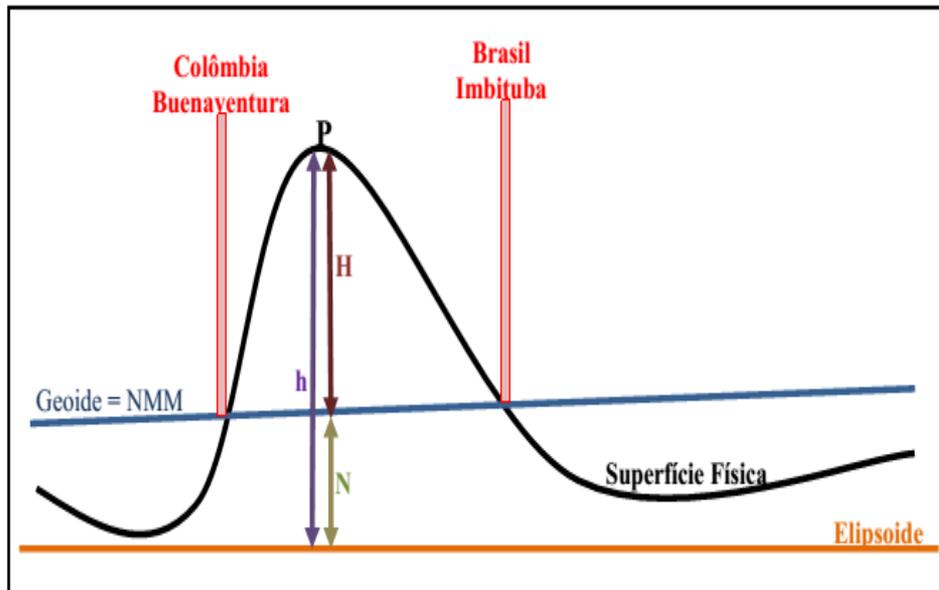
3. SISTEMA VERTICAL DE REFERÊNCIA GLOBAL (SVRG)





4. Monitoramento da Evolução do DV

Definição dos Data Verticais Clássicos



Fonte: Adaptado do IBGE (2002)

- Os DVs são inconsistentes entre si:
 - ✓ obtidos em épocas distintas
 - ✓ sujeitos a efeitos geostróficos locais associados a variações estéricas e eustáticas

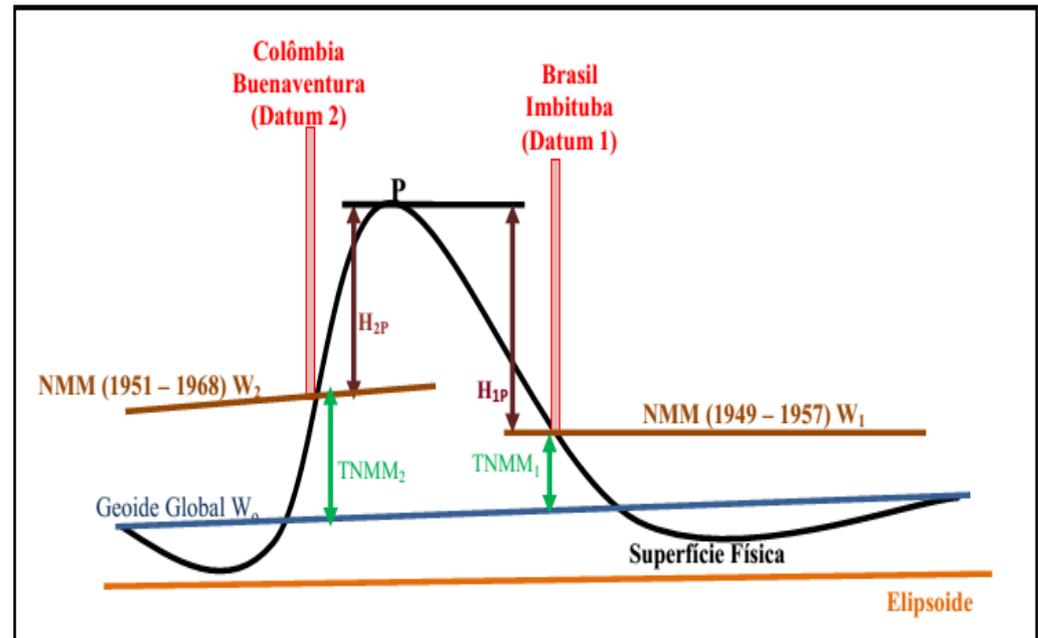
• Na atualidade, passou a ser uma preocupação prioritária da comunidade geodésica os efeitos indiretos da TNMM no DV e, por conseguinte em toda a rede a ele vinculada.



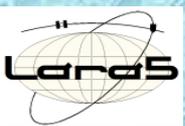
• Para controle utilizam-se:

- ✓ as técnicas de posicionamento principalmente em escala global;
- ✓ referenciamento de observações oriundas de plataformas orbitais (satélites imageadores, altímetros e gravimétricos) que dependem de uma superfície de nível (equipotencial) única como referência global.

Definição dos Datas Verticais Moderno e os problemas relacionados com a conexão de redes verticais



Fonte: Adaptado do IBGE (2002)



5. Variação do NMM

- O monitoramento diário e permanente do Nível do Mar assim como do movimento da crosta com apoio da RMPG e RBMC respectivamente, possibilita a determinação da variação atual do NMM.
- A determinação da taxa média global da variabilidade do nível do mar a longo prazo é complicada devido ao pequeno número de marégrafos para registros, além de que sua maior concentração ocorre no hemisfério norte.
- Técnica promissora: Altimetria por satélite



6. METODOLOGIA/RESULTADOS

- Caracterizar a maré temporalmente em um dado local um dos procedimentos é obtido pelo cálculo da relação de amplitudes de algumas das maiores constituintes harmônicas, a saber M_2 , S_2 , K_1 e O_1 .

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

Maré	Intervalo
Semidiurna	$0 \leq F \leq 0,25$
Mista, principalmente semidiurna	$0,25 < F \leq 1,5$
Mista principalmente diurna	$1,5 < F \leq 3,0$
Diurna	$F > 3,0$

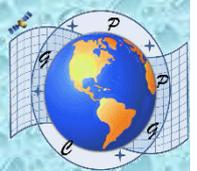




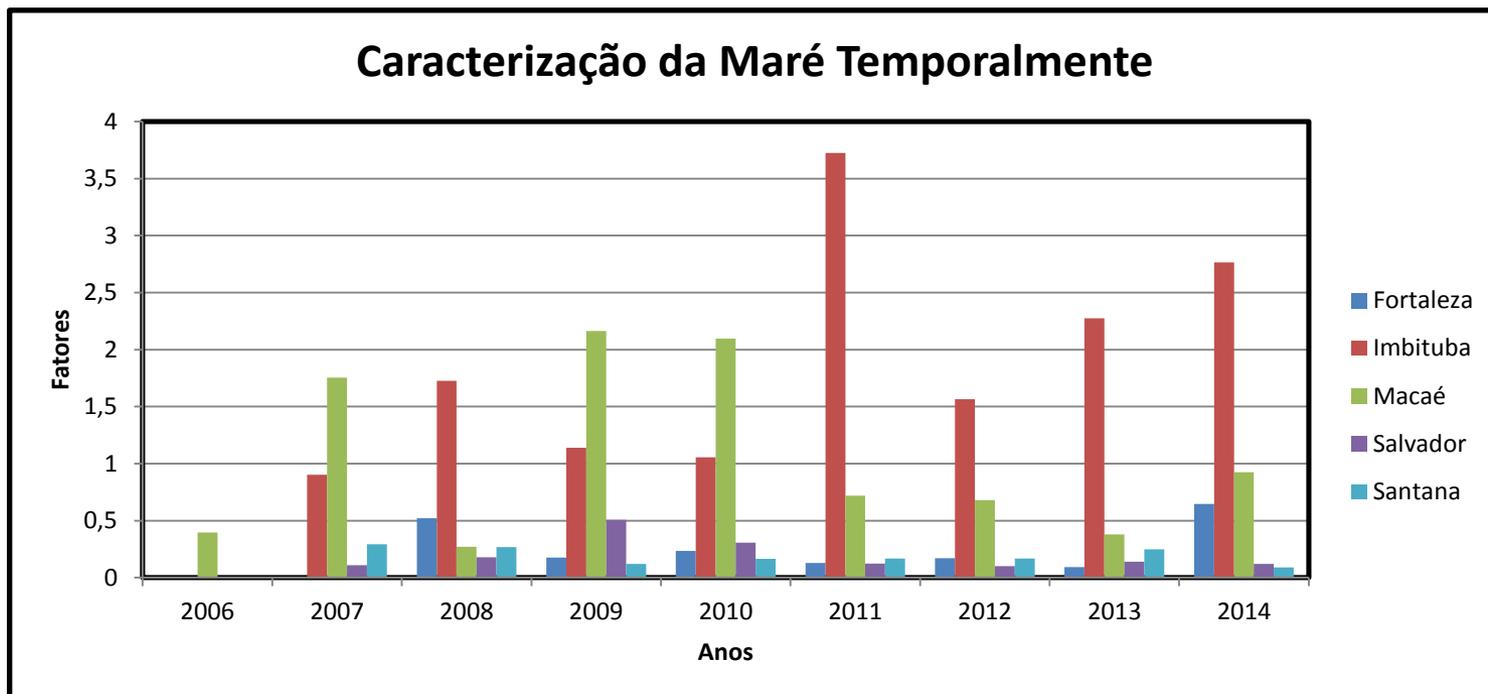
Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós – Graduação em Ciências Geodésicas e



	Fortaleza	Imbituba	Macaé	Salvador	Santana
2006	-	-	Mista, principalmente semidiurna	-	-
2007	-	Mista, principalmente semidiurna	Mista, principalmente diurna	Semidiurna	Mista, principalmente semidiurna
2008	Mista, principalmente semidiurna	Mista, principalmente diurna	Mista, principalmente semidiurna	Semidiurna	Mista, principalmente semidiurna
2009	Semidiurna	Mista, principalmente semidiurna	Mista, principalmente diurna	Mista, principalmente semidiurna	Semidiurna
2010	Semidiurna	Mista, principalmente semidiurna	Mista, principalmente diurna	Mista, principalmente semidiurna	Semidiurna
2011	Semidiurna	Diurna	Mista, principalmente semidiurna	Semidiurna	Semidiurna
2012	Semidiurna	Mista, principalmente diurna	Mista, principalmente semidiurna	Mista, principalmente semidiurna	Semidiurna
2013	Semidiurna	Mista, principalmente diurna	Mista, principalmente semidiurna	Mista, principalmente semidiurna	Semidiurna
2014	Mista, principalmente semidiurna	Mista, principalmente diurna	Mista, principalmente semidiurna	Mista, principalmente semidiurna	Semidiurna

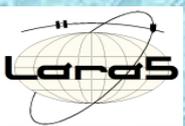


Caracterização da Maré Temporalmente

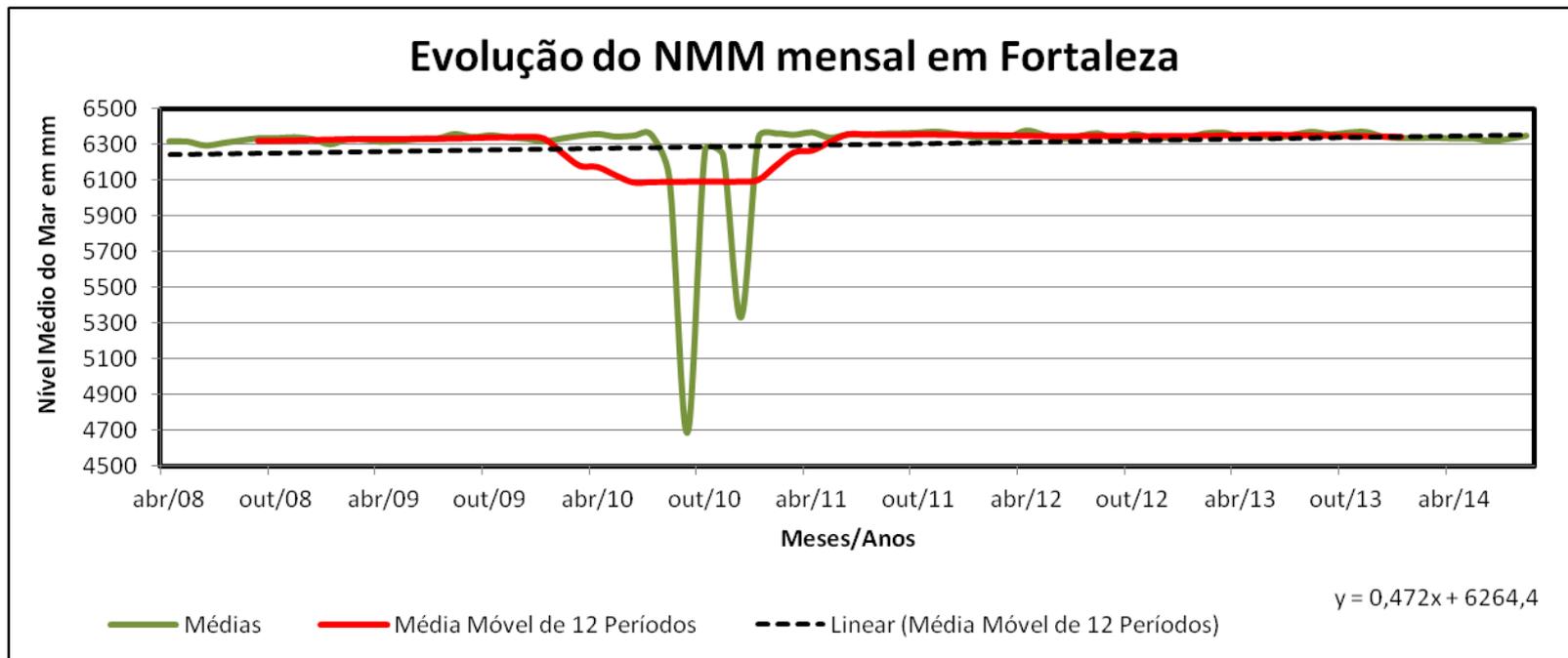


Característica das observações diárias do NMM relativo

Observações	Fortaleza	Imbituba	Macaé	Salvador	Santana
Média	5,7263	1,855	1,437	5,849	3,196
Mínima	0	0,04	0,277	0	0,045
Máxima	9,485	3,22	2,955	9,699	5,525

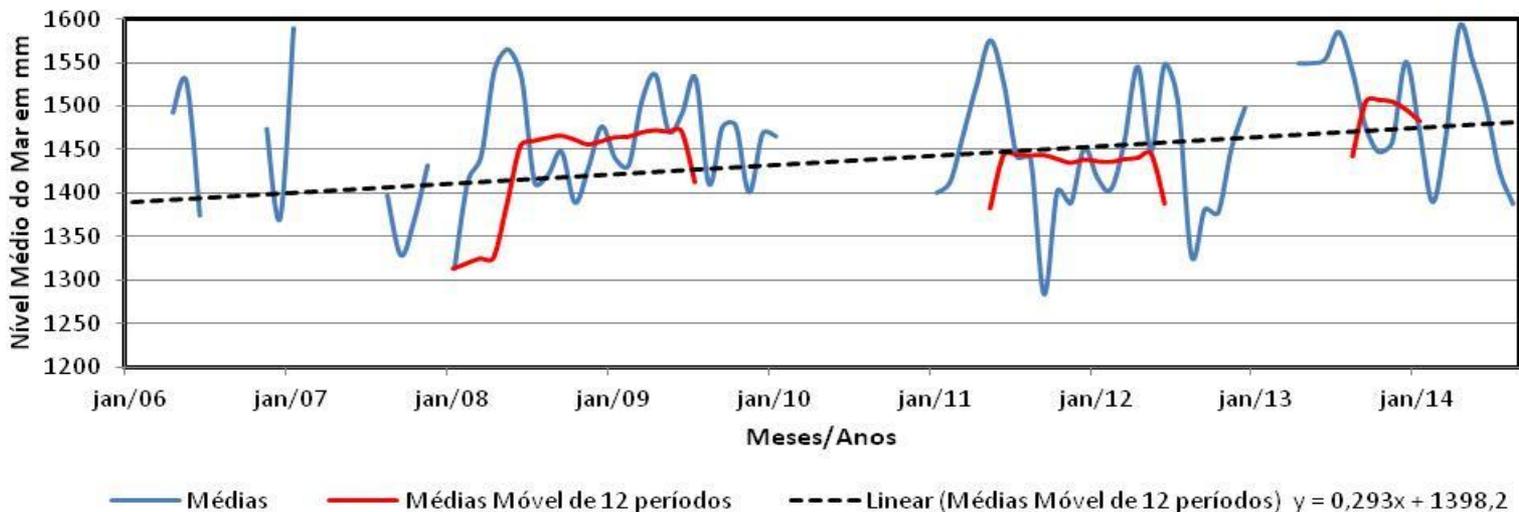


- Utilizou-se média móvel – filtro linear
- ✓ 3 períodos para análise da coordenada “up”
- ✓ 12 períodos para evolução do NMM mensal
- ✓ A avaliação aplicou-se o Erro Médio Quadrático (dados suavizados)

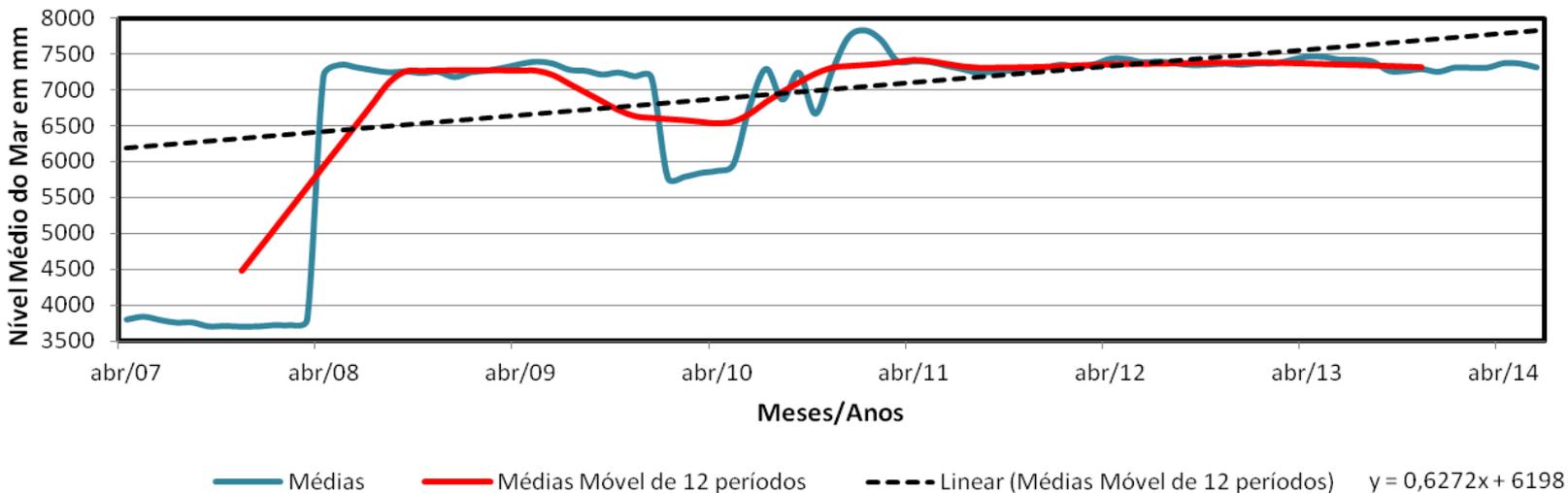


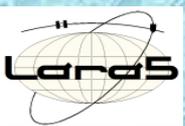
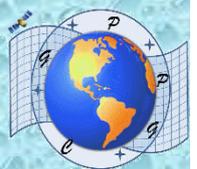


Evolução do NMM mensal em Macaé

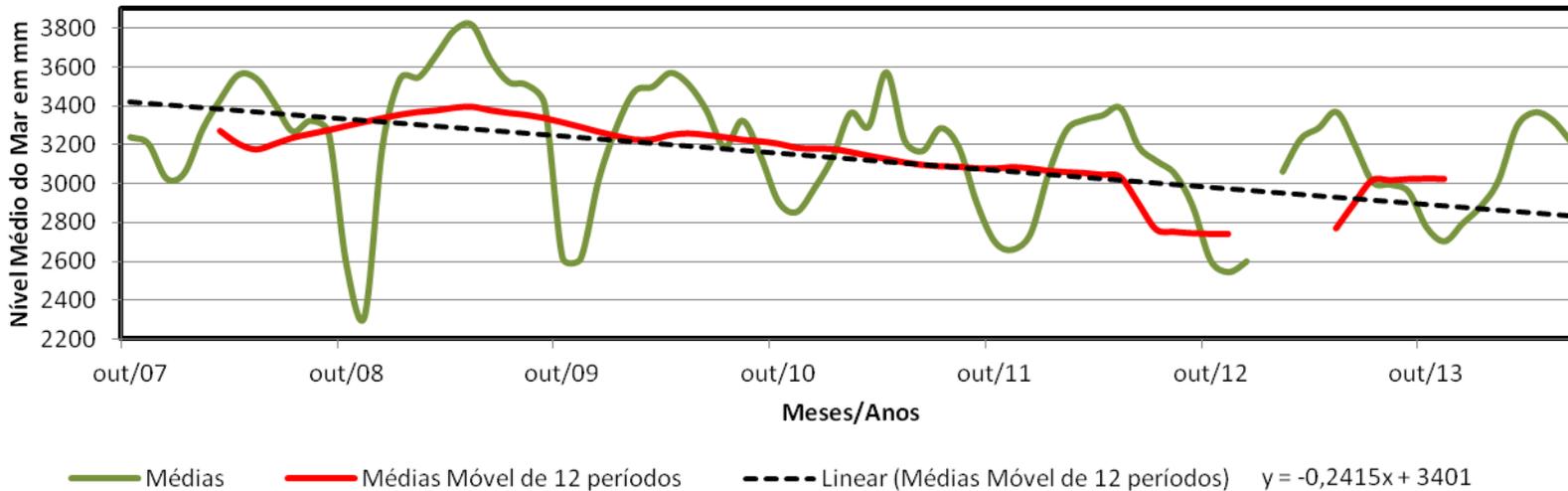


Evolução do NMM mensal em Salvador





Evolução do NMM mensal em Santana



Análise do comportamento dinâmico da crosta da Terra no DVB-I

- Velocidades derivadas do Modelo Sirgas

Estações	V_{Lat} (m/a)	V_{Long} (m/a)	V_x (m/a)	V_y (m/a)	V_z (m/a)
IMBIT	0,0120	-0,0026	0,0018	-0,0060	0,0106
POAL	0,0123	-0,0019	0,0024	-0,0060	0,0106
SCCH	0,0122	-0,0021	0,0017	-0,0057	0,0109
UFPR	0,0120	-0,0029	0,0012	-0,0058	0,0109

- Processamento GNSS via *Leica Geo Office Combined*

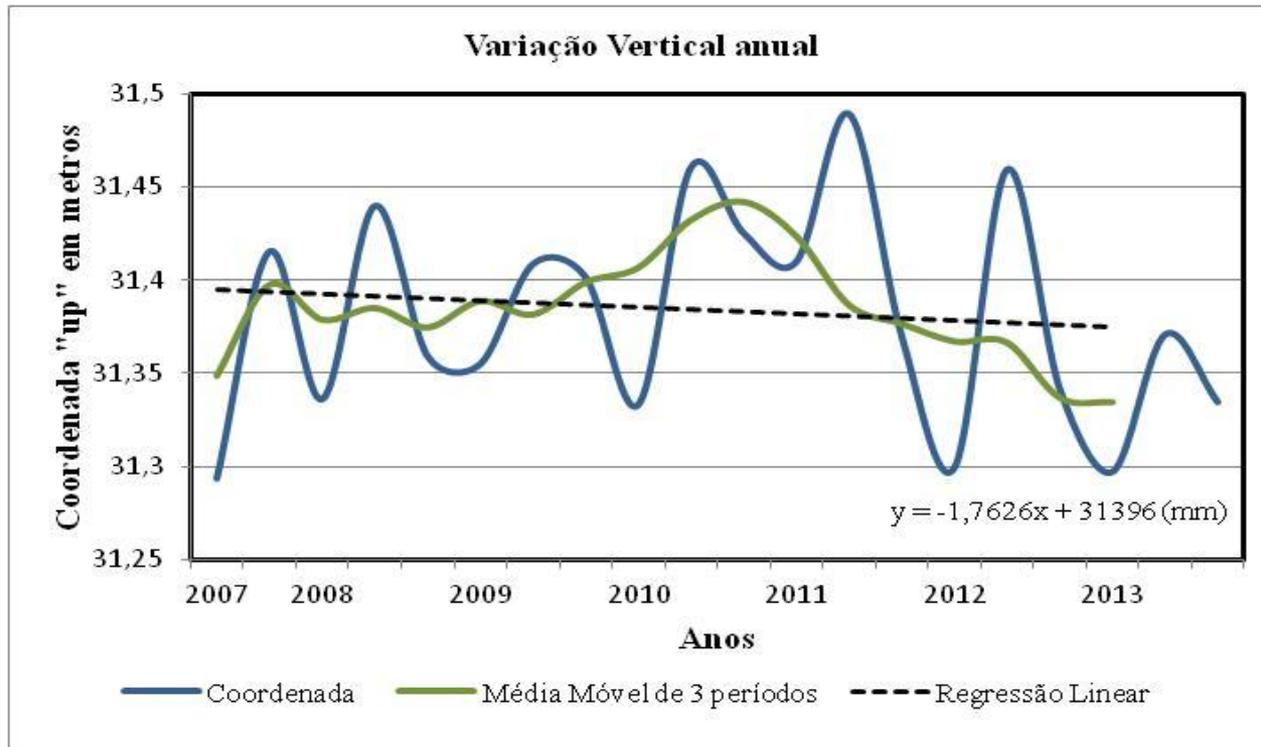
✓ Para validação dos resultados considerou-se a fixação das ambiguidades e de todas as fases, além da precisão dos pontos.

✓ Foram desconsiderados os efeitos de maré terrestre e carga oceânica na predição das coordenadas das estações, em virtude do *software* utilizado ignorar tais efeitos e é indicado para linhas de base com até 500 km.



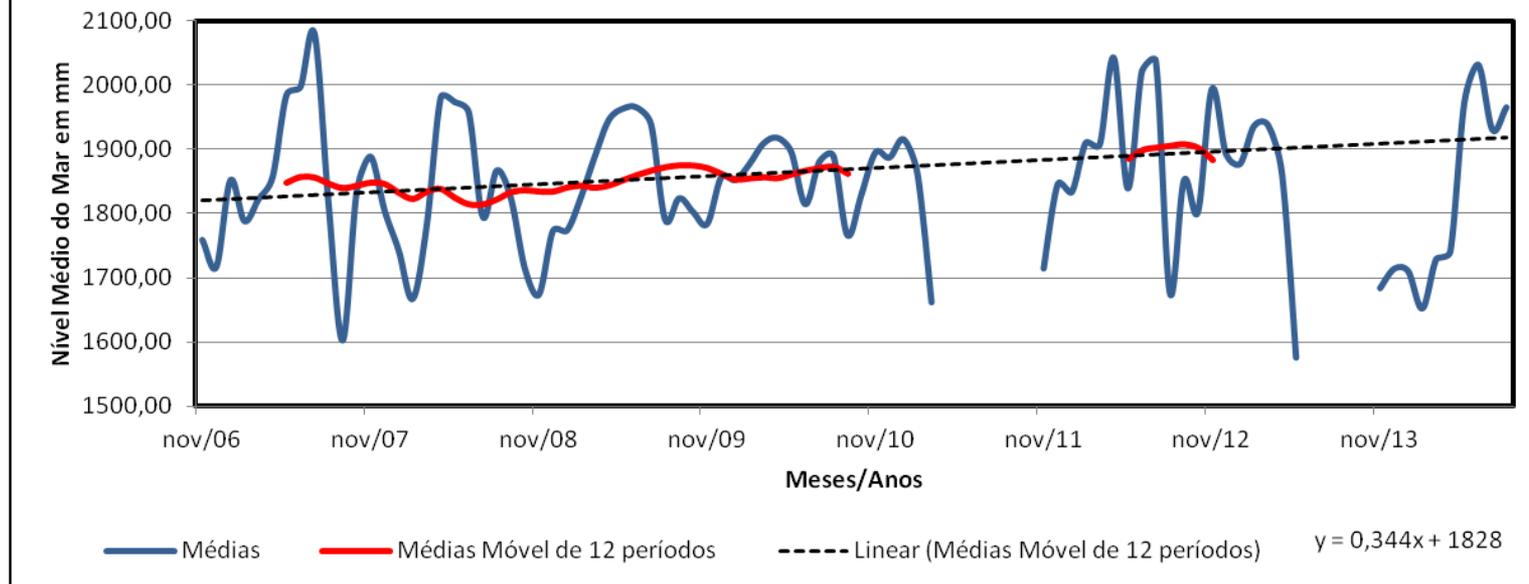


Variação da coordenada vertical anual de Imituba



- Série original e a série com aplicação da MM para análise da velocidade vertical da crosta local.
- Os aspectos levantados são os utilizados para a distinção de movimentos verticais e de variações do NMM junto ao DVB-I.

Evolução do NMM mensal em Imbituba



- Dalazoana e De Freitas (2006) com apoio na integração de observações maregráficas e altimetria por satélites, obtiveram uma elevação no NMM de 2 mm/ano junto ao DVB - I.
- NMM relativo = 4,128 mm/ano
- Velocidade Vertical da Crosta = -1,7626 mm/ano
- Variação do NMM sem efeito da crosta = 2,4 mm/ano
- Há evolução do NMM na região do DVB-I – determinação da variação temporal da posição geocêntrica do maregráfo.



7. PERSPECTIVAS FUTURAS

- Aplicação de um filtro numérico com o objetivo de separar dentro do domínio do tempo, ruídos ou interferências, separar baixas e altas frequências e frequências específicas no domínio da série.
- Obtenção de séries temporais mais longas com a incorporação de séries mais antigas;
- Dados da altimetria por satélites;
- Modelos Globais do Geopotencial;
- Modelos da Topografia Dinâmica do NMM.



Universidade Federal do Paraná
Curso de Pós – Graduação em Ciências
Geodésicas e



Obrigada pela atenção!