

Documento apresentado para discussão

II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais

Rio de Janeiro, 21 a 25 de agosto de 2006

REAJUSTAMENTO GLOBAL DA REDE ALTIMÉTRICA DE ALTA PRECISÃO DO BRASIL - RAAP

Eng.º Walter Humberto Subiza Piña Eng.º Renato Rodrigues Pinheiro Eng.ª Cláudia Cristina Cunha Santos Eng.ª Nívia Régis Di Maio Pereira Eng.º Daniel Goldani

Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE Diretoria de Geociências – DGC - Coordenação de Geodésia - CGED

Av. Brasil, 15.671, Bloco III-A, Parada de Lucas, Rio de Janeiro – RJ. CEP: 21.241-051 endereço electrônico: humbertopina@ibge.gov.br

RESUMO

Entre 1945 e 1975, foram realizados oito ajustamentos parciais da Rede Altimétrica de Alta Precisão – RAAP do Brasil, sendo que apenas os três primeiros utilizaram todas as observações disponíveis. A partir do quarto ajustamento, e devido à quantidade de observações, a rede foi particionada em blocos, tendo algumas estações suas altitudes fixas e calculadas nos blocos anteriores, completando-se uma série de ajustamentos parciais. Em 1991 realizou-se uma nova divisão da rede, desta vez em forma de sub-redes iniciais de macrocircuitos, com a finalidade de evitar distorções excessivas. Essa divisão resultou no Ajustamento Altimétrico Global Preliminar – AAGP, o qual ainda não teve o caráter de ajustamento simultâneo de todas as observações. Após o último ajustamento, divulgado em 1992, muitas observações foram inseridas, provenientes de novos nivelamentos no território brasileiro. Este fato, e a disponibilidade de um software de ajustamento global, levou a dar início a um novo projeto, visando o ajustamento simultâneo de toda a rede altimétrica do Brasil. O software GHOST – *Geodetic adjustment using Helmert blocking Of Space and Terrestrial Data* realiza ajustamentos tridimensionais em redes de grande porte, através da técnica de "*Helmert Blocking*" e o método das equações de observações (método paramétrico). A primeira etapa, concluída em 2005, consistiu no reajustamento das estações pertencentes aos 20 macrocircuitos que formam a RAAP. Numa segunda instância, incluíram-se as linhas internas dos macrocircuitos, com um total de aproximadamente 36600 estações ajustadas.

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados do reajustamento global da rede altimétrica usando o software GHOST, finalizado em março de 2006, o seu comportamento e os futuros trabalhos a executar.

PALAVRAS CHAVES: Rede Altimétrica Brasileira, Ajustamento simultâneo, Ghost, RAAP, IBGE.

ABSTRACT

Between 1945 and 1975, eight partial adjustments of the Brazilian High Precision Vertical Network (in Portuguese, RAAP), were carried out. Among them, only the first three ones used all the available observations. Starting from the fourth adjustment, the network was sliced in several blocks, having some stations a fixed altitude coming from previous blocks, so, it was carried out in several partial adjustments. In 1991, a new division of the network was performed, including sub-networks containing the main leveling lines. This division resulted in the Preliminary Global Vertical Adjustment – AAGP, still performed as partial adjustments. After the last adjustment, published in 1992, many observations were introduced, coming from new spirit leveling lines in the Brazilian territory. This fact, and the availability of a global adjustment software, lead us to star a new project, aiming to readjust simultaneously the Brazilian vertical net. GHOST software (*Geodetic Adjustment using Helmert blocking of space and Terrestrial Data*) perform three-dimension adjustments on regional or continental nets, through the "*Helmert Blocking*" technique using the method of the equations of observations (parametric method). The first stage, including the adjustment of stations belonging to the 20 macrocircuits of RAAP, finished in 2005.

This paper, shows the results of the global readjustment of the vertical net in the second stage, finished March 2006, including now the internal leveling lines with about 36,600 stations, the evaluation of its results and our plans for the future.

KEYWORDS: Brazilian Vertical Network, global adjustment, Ghost, RAAP, IBGE

INTRODUCÃO

Em Outubro de 1945, a Seção de Nivelamento (SNi) da Divisão de Cartografia (DC) do IBGE, iniciava os trabalhos de Nivelamento Geométrico de Alta Precisão, dando partida ao estabelecimento da Rede Altimétrica de Alta Precisão - RAAP do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB.

Em Dezembro de 1946, foi efetuada a conexão com a Estação Maregráfica de Torres, Rio Grande do Sul, permitindo, assim, o cálculo de altitudes nas Referências de Nível já implantadas, vincluladas ao que foi chamado de *Datum* Torres.

Em 1958, quando a Rede Altimétrica contava com mais de 30.000 quilômetros de linhas de nivelamento, o *Datum* de Torres foi substituído pelo *Datum* de Imbituba, definido pela estação maregráfica do porto da cidade de mesmo nome, em Santa Catarina. Tal substituição ensejou uma sensível melhoria de definição do sistema de altitudes, uma vez que a estação de Imbituba contava na época com nove anos de observações, bem mais que o alcançado pela estação de Torres, com apenas um ano de observações (IBGE, 2005a).

No final da década de 70, as linhas de nivelamento geométrico chegaram aos pontos mais distantes do território brasileiro, nos estados do Acre e de Roraima.

Fato também marcante foi o início das operações de monitoramento do nível do mar, em 1993. Com o objetivo de aprimorar o referencial da Rede Altimétrica, o IBGE passou a operar a estação maregráfica de Copacabana, transformando-a em uma estação experimental para finalidades geodésicas. Hoje o IBGE opera 4 estações (Fortaleza - CE, Salvador - BA, Macaé - RJ e Imbituba - SC) formando a Rede Maregráfica Permanente para Geodésia - RMPG, sendo que mais duas novas estações maregráficas vai entrar em operação proximamente.

Em relação ao ajustamento das observações, entre 1945 e 1975 foram realizados oito ajustamentos parciais da Rede Altimétrica de Alta Precisão - RAAP do Brasil, sendo que apenas os três primeiros utilizaram todas as observações disponíveis. A partir do quarto ajustamento, e devido à quantidade de observações, a rede foi particionada em blocos, tendo algumas estações suas altitudes fixas e calculadas nos blocos anteriores, ou seja, a rede não foi reajustada globalmente. Em 1991 realizou-se uma nova divisão da rede, desta vez em forma de sub-redes de macrocircuitos, com a finalidade de evitar distorções excessivas. Essa divisão resultou no Ajustamento Altimétrico Global Preliminar – AAGP, a qual usou 38 estações de conexão com altitude fixa, incluindo a estação 4X, conectada ao marégrafo Imbituba.

Em 2005 começou um projeto de ajustamento global da RAAP, usando o software GHOST (*Geodetic adjustment using Helmert blocking Of Space and Terrestrial data*). Assim sendo, em 2005 foram ajustados inicialmente os 20 macrocircuitos, contendo 57 linhas principais de nivelamento e umas 14600 estações. Em 2006, continuo-se o projeto com a introdução das linhas internas dos macrocircuitos, ajustando-se umas 36600 estações. Este trabalho

apresenta a metodologia usada e os resultados obtidos, assim como os trabalhos futuros a executar.

2 AJUSTAMENTO DA REDE ALTIMÉTRICA DE ALTA PRECISÃO

2.1 Metodologia

O software de ajustamento geodésico GHOST (Geodetic adjustment using Helmert blocking Of Space and Terrestrial data), consiste de uma série de programas escritos na linguagem Fortran na década de 1980 pelo Geodetic Survey Division do Canadá, com a finalidade de realizar um ajustamento paramétrico pelo método de mínimos quadrados (MMQ) (Gemael, 1994). O modelo matemático é descrito em (Steeves, 1983) e permite a combinação de dados observados em forma convencional como direções, distâncias, azimutes e diferenças de nível, assim como observações tridimensionais provenientes do sistemas de posicionamento global (GPS).

Basicamente, os arquivos de entrada são dois, um composto de um registro de coordenadas iniciais para cada estação, em termos de latitude, longitude e altitude, e um segundo com os desníveis observados e o seu desvio padrão a priori. Uma vez completo o arquivo de entrada, o software usa uma série de programas sequenciais para ler os dados, preparar e minimizar a matriz de equações normais, ajustar, listar os resíduos e analisar os resultados obtidos, em termos de coordenadas ajustadas e desvios padrão. A grande vantagem deste método é a produção de um único jogo de coordenadas para toda a rede, incluindo a matriz de variâncias e covariâncias completa, permitindo a recuperação do desvio padrão da estação ajustada, assim como do desvio padrão relativo entre duas estações qualquer da rede.

2.2 Preparação dos dados

Cada linha de nivelamento foi submetida ao Critcoor (Crítica de Coordenadas), realizando uma crítica dos dados de nivelamento observados. Posteriormente, um outro programa transformou as observações para o formato de entrada do programa Ghost. A variância de peso inicialmente escolhida foi de 2,5 mm \sqrt{k} para o desvio padrão individual dos valores observados. Em algumas linhas a variância foi aumentada até 8 mm. Esta fórmula levou em consideração tanto a dependência do erro com a distância nivelada, assim como um valor aproximado do erro esperado por km de seção e mostrou-se adequada na maioria dos casos.

Todos os desníveis foram corrigidos do efeito de não paralelismo das equipotenciais, usando a fórmula (Ribeiro, 1989):

fórmula (Ribeiro, 1989):
$$C_{o} = -\frac{H_{m}(C_{1} \sin 2\phi_{m} + 2C_{2} \sin 4\phi_{m}) \Delta\phi}{(1 + C_{1} \sin^{2}\phi_{m} + C_{2} \sin^{2}2\phi_{m})}$$
 (1)

onde

 H_m = altitude média da seção de nivelamento considerada

 ϕ_m = latitude média da seção

 $\Delta \phi$ = diferença de latitudes entre os extremos da seção

 C_1 e C_2 = coeficientes do campo de gravidade normal, sendo os valores:

 $C_I = 0.0053023655 e$

 C_2 = -0,0000059.

O software GHOST possibilita o ajustamento de redes geodésicas através de dois diferentes aproximações; uma padrão, para redes de porte médio e menores, onde não é necessário a decomposição em blocos e uma outra denominada de Helmert Blocking para grandes redes. No ajustamento por Helmert, usado no presente projeto, a rede é dividida em blocos. Cada bloco de nível superior, é dividido em dois sub-blocos de nível inferior de acordo com as coordenadas de um polígono previamente definido, e assim sucessivamente até chegar no último nível (Figura 1). Em cada bloco são estabelecidas estações de junção, que permitem vincular os diferentes blocos e estações chamadas de internas. Uma vez calculadas as estações de junção numa solução direta (método de Cholesky), as internas são determinadas na retrosolução.



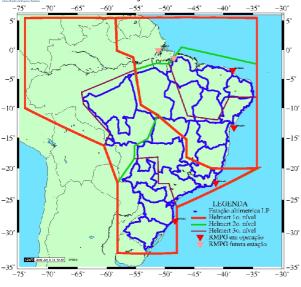


Figura 1

Este software já foi usado para o ajustamento de grandes redes geodésicas tridimensionais como a rede norte-americana NAD83 e a rede geodésica brasileira (IBGE, 2005b), até redes unidimensionais (Subiza e Sousa, 2001). O processo completo é mostrado no diagrama do Anexo I e a divisão dos macro-circuitos em blocos no Anexo II.

As estatísticas do arquivo de entrada são:

Estações participantes	36584
Estações fixas	1
Diferenças de nivelamento	36935
Graus de liberdade do ajuste	352

A estação fixa foi a 4X, vinculada ao marégrafo de Imbituba.

2. Resultados

O fator de variância calculada no ajustamento foi de 1,092, indicando que a variância de peso inicial foi adequada. Na seqüência foi analisada a discrepância entre os valores *a priori* e *a posteriori* da variância das observações. Para isso foi executado um teste de hipótese baseado na distribuição χ^2 para constatar se a discrepância era significativa ao nível de confiança de α =95%. O valor obtido foi comparado com aqueles fornecidos pela tabela da distribuição, sendo os resultados:

285,80< 384,25 <403,65 para *S*=352. Desta forma, a hipótese básica não foi rejeitada ao nível de significância de 95%, indicando a possível ausência de erros grosseiros nas observações. A distribuição espacial das estações é apresentado na figura 2 e o desvio padrão ajustado na figura 3.



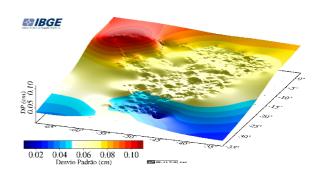


Figura 3-Desvio Padrão das estações

Na sequência, apresentam-se duas tabelas com dados estatísticos que mostram a qualidade do ajustamento. A Tabela 1, refere-se aos desvios padrão da altitude ajustada para cada estação; na Tabela 2, apresentam-se os resíduos das observações (desníveis, em mm).

Estatísticas do DP (cm)	2006
Número de estações	36584
Mínimo	0,282
Máximo	10,900
Rango	10,618
Média	6,063
Desvio Padrão média	1,27

Tabela 1 -Desvios padrão da altitude ajustada

Estatísticas residuais (mm)	2006
Número de desníveis	36935
Mínimo	-5,860
Máximo	6,960
Rango	12,820
Médio	0,014

Tabela 2 – Desvios padrão dos resíduos

No Gráfico 1 mostram-se os dados das Tabelas anteriormente apresentadas.

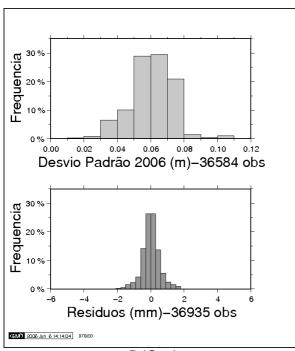


Gráfico 1

2.4 Comparações das altitudes

Foi feita uma comparação geral das altitudes geradas com os resultados obtidos do ajustamento AAGP. As diferenças encontradas foram de -15 cm até +20 cm. Essas diferenças são devidas principalmente, ao ajustamento simultâneo com injunção mínima que foi usado, assim como a introdução de novas observações nas linhas internas.

3 CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS

Pela primeira vez realizou-se um ajuste simultâneo da rede vertical de alta precisão brasileira, integrando todas as observações disponíveis. ao nível de linhas principais e internas dos macrocircuitos

A falta de observações de controle externo, assim como a dependência da escala de uma única estação maregráfica, limitam os resultados do ajustamento.

Os resultados gerais concordam com os desvios padrão estimados de $2.5 \, mm\sqrt{Km}$ nos desníveis ajustados, desvios padrão máximos de 11 cm nas altitudes obtidas e inferior a 1cm nos desníveis relativos entre duas estações..

O projeto dará continuidade a introdução do resto das estações observadas, aproximadamente 30.000.

A futura vinculação de estações maregráficas adicionais, permitirão exercer um controle maior na transmissão e detecção de erros na rede.

Este trabalho contribui para o cálculo dos números geopotenciais e das altitudes científicas, num futuro próximo.

4 AGRADECIMENTOS

O CNPq possibilitou através de um Auxilio de Curta Duração AVG, a apresentação deste trabalho no presente simpósio. O projeto foi executado e apresentado na sua totalidade com software de fonte livre (Ghost, GMT, Gimp, Dia, OpenOffice 2.0).

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IBGE, 1991. Relatório Técnico nº1: Resultados preliminares do ajustamento global da Rede Altimétrica de Alta Precisão do Sistema Geodésico Brasileiro, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 31 páginas.

IBGE 2005a. Breve histórico da RAAP em http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/Rede altimetrica, 06/06/2006.

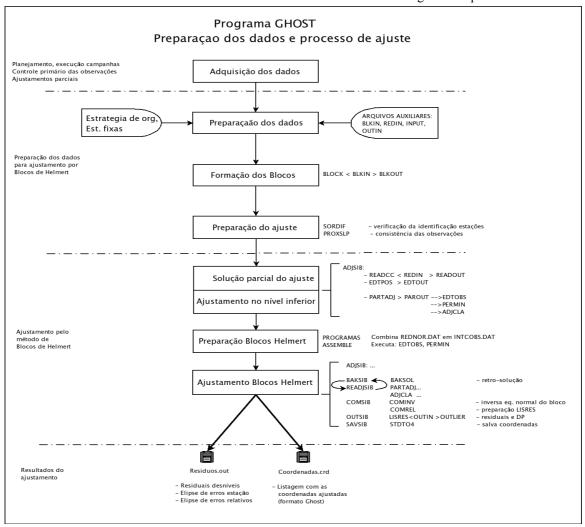
IBGE 2005b. Relatório do Ajustamento da Rede Planimétrica do IBGE, em: http://www.ibge.gov.br/geociencias/geodesia/ REL sad69.pdf, 06/06/2006.

Gemael, C. 1994. Introdução ao ajustamento de observações, Editora UFPr, Curitiba – PR, Brasil, 319 páginas.

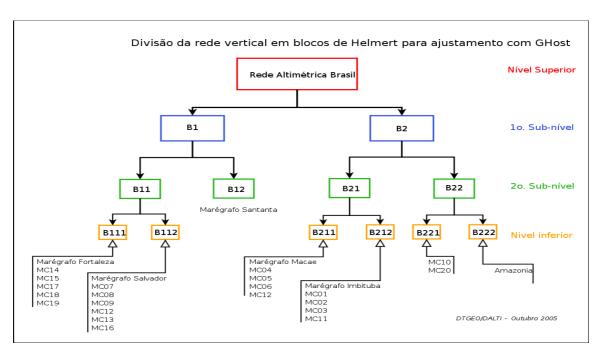
Ribeiro, G.P. 1989. Ajustamento altimétrico desenvolvido através do método das equações de observação e com análise estatística dos resultados, Editora UFPr, Curitiba – PR, Brasil, 245 páginas.

Steeves, R. 1983. Mathematical models for use in the readjustment of the North American geodetic networks, Technical Report 1, GSD, Canada, 33 páginas.

Subiza Piña, W. H. e M. A. Sousa, 2001. O Estado da Base de Dados Gravimétricos do Observatório Nacional (BDG-ON) Situação em junho, 2001. Brazilian Journal of Geophysics - Sociedade Brasileira de Geofísica, Rio de Janeiro Vol.19, N. 3, p. 325-328.



Anexo II





A Base de Dados Gravimétrica no IBGE – uma proposta de integração

Confege – 21 de agosto de 2006

Walter Humberto Subiza Pina (humbertopina@ibge.gov.br)



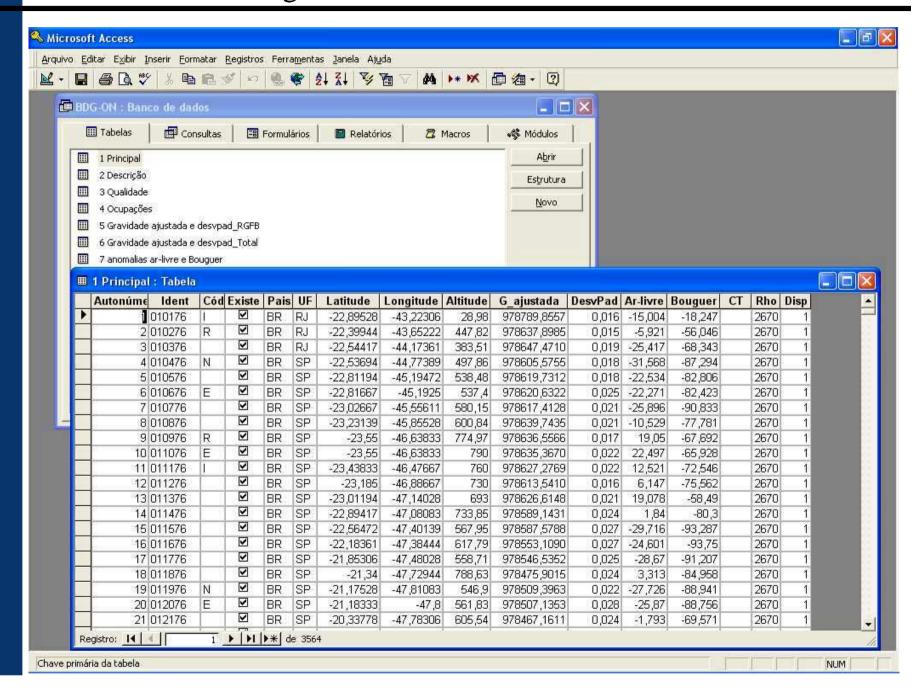
Base de Dados Gravimétrica IBGE – uma proposta de integração

1 Introdução

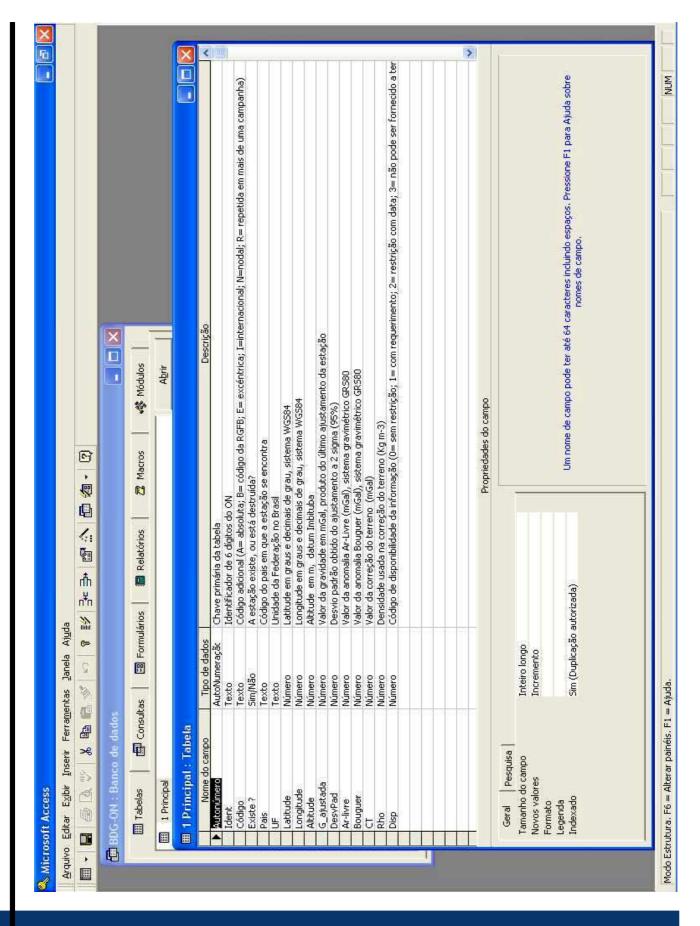
- Necessidade de reprocessamento e atualização dos dados gravimétricos
- Atualização do BDSGB
- Projeto BDGrav
- 2 Descrição do BD, tabelas e formato
- 3 Conclusões e propostas

2 Base de dados gravimétricos BDGrav

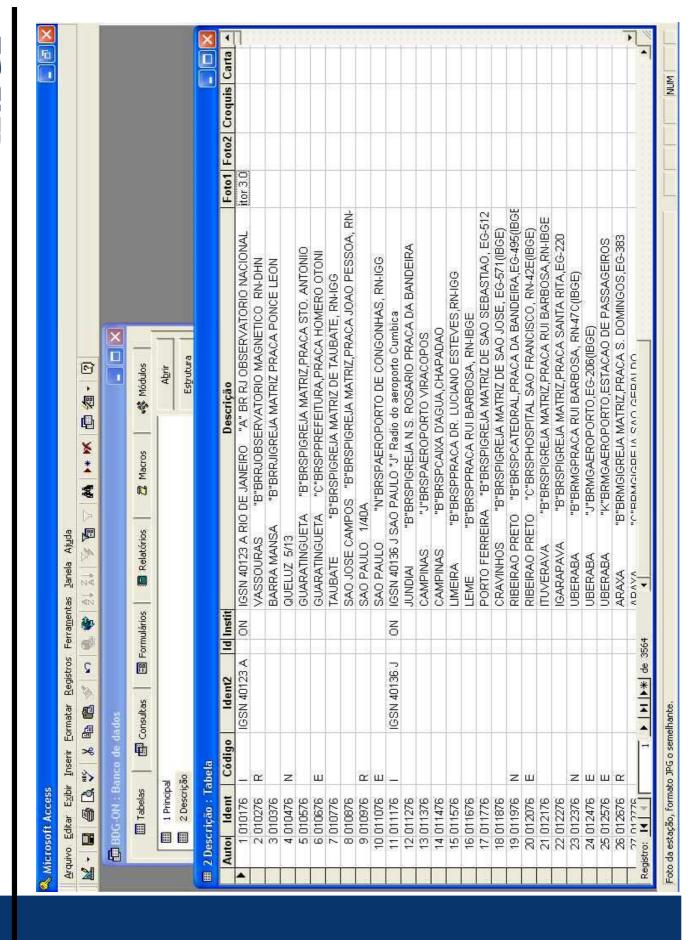




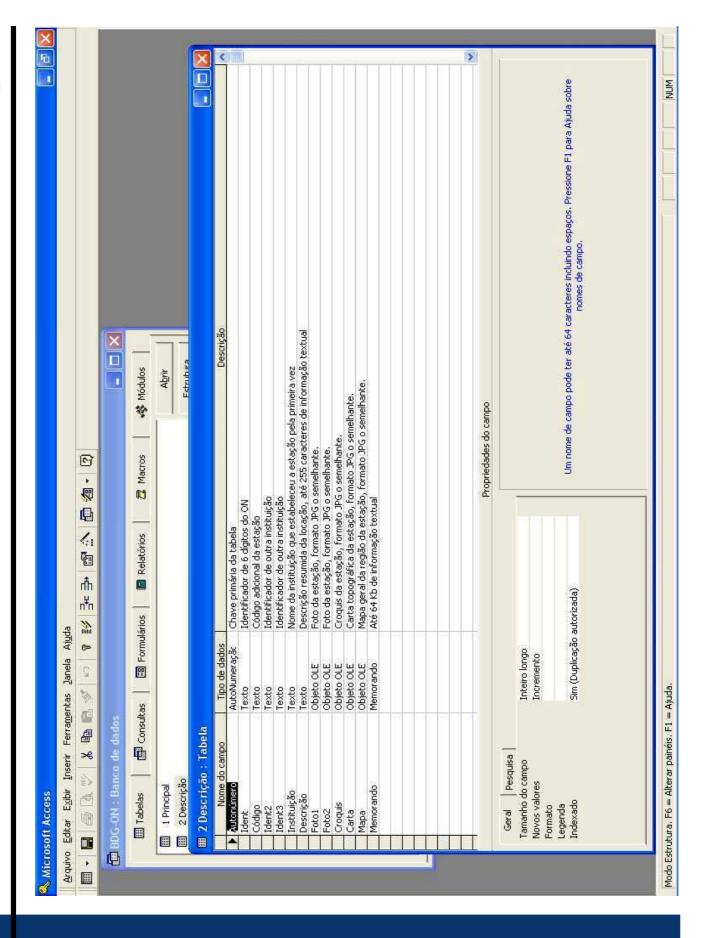




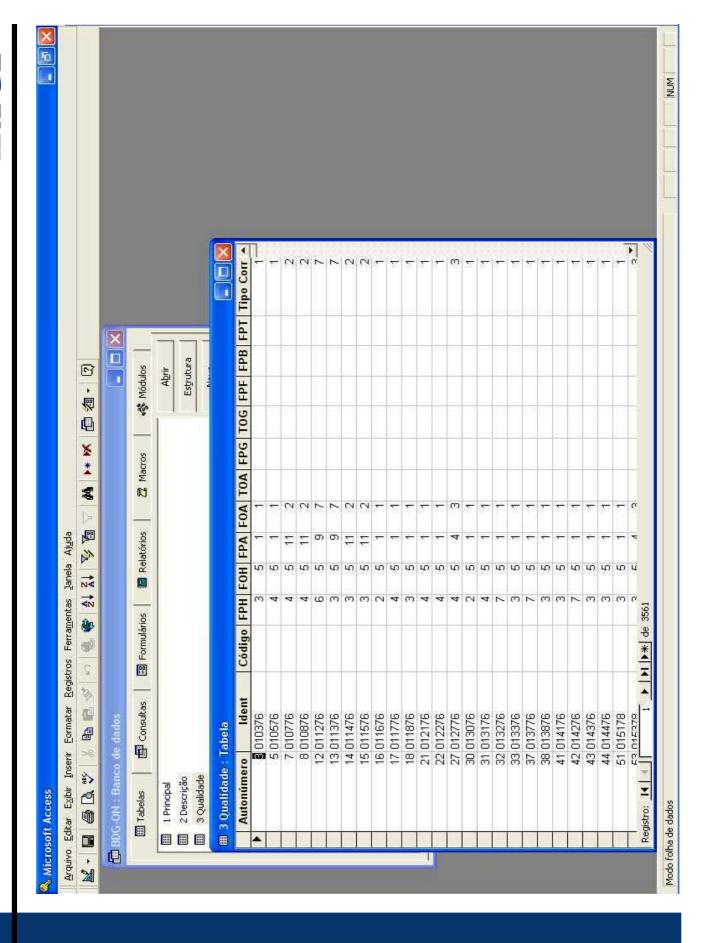




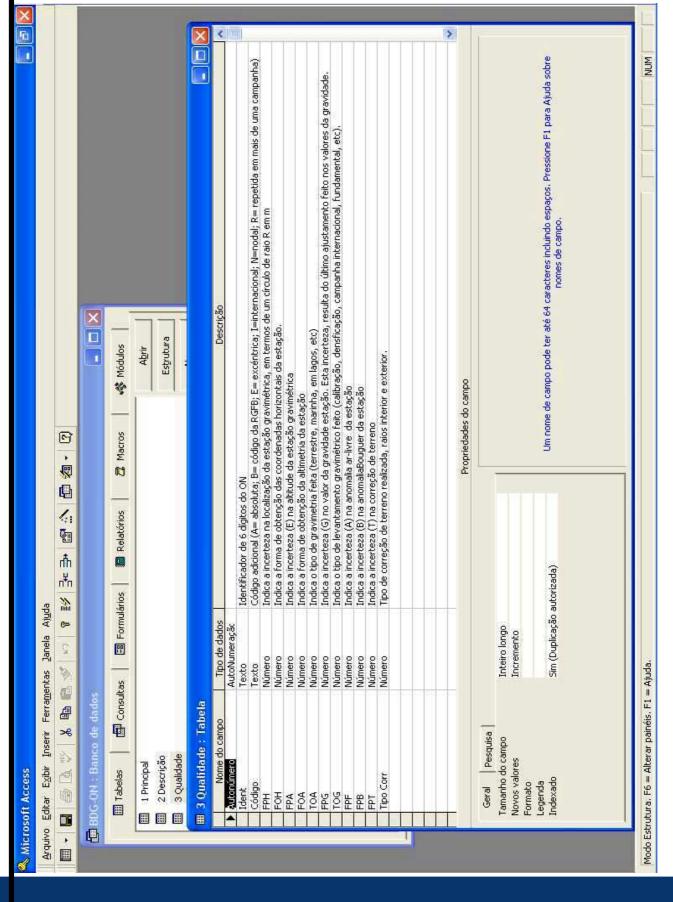




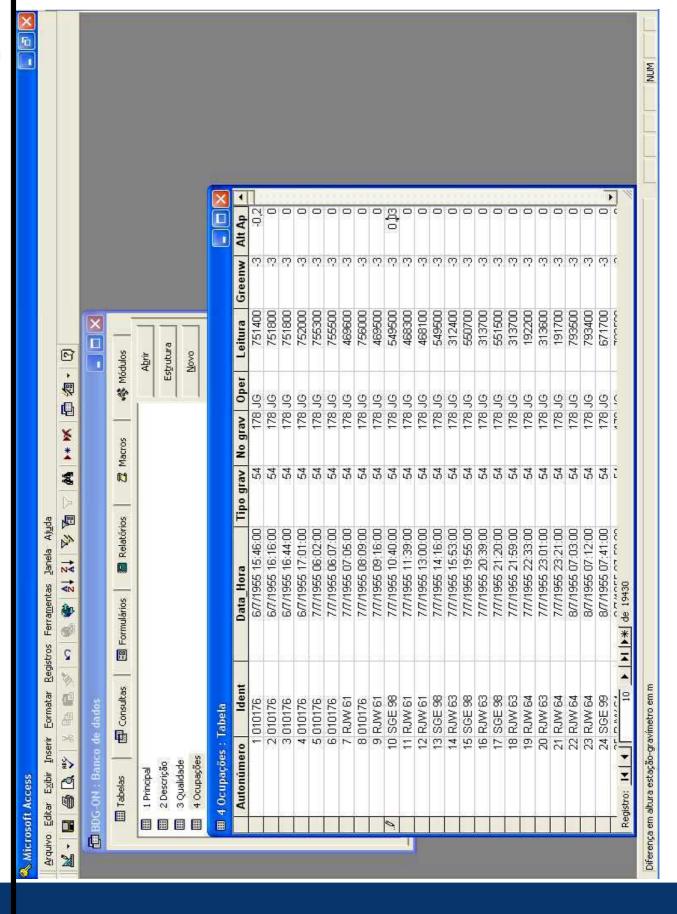








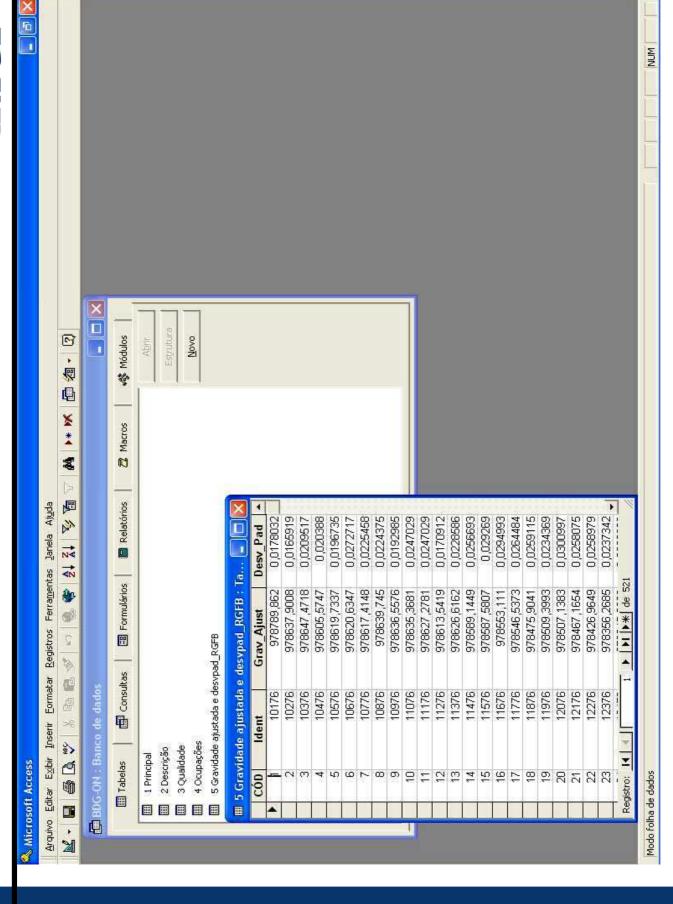






					×	<	ļm	i i	1	7		T			•		Î		
	acros 💸 Módulos	Abrir	Estrutura	Novo		Descrição		digo da RGFB; E= excéntrica; I=internacional; N=nodal; R= repetida em mais de uma campanha)	situras de gravidade, formato DD/MIM/AAAA HH:IMM:55	AN Acres of the case		24	on boras (Greenwich)	ro em m.		redades do campo.			Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços, Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.
	Relatórios						Chave primária da Tabela	Código adicional (A= absoluta; B= cód	Data da ocupação e hora media das le	Tipo de gravimetro acorde Tabela BGI	Numero de serie do gravimetro	Notifie do observador, abreviado	Diference de hora local com meridiano	Diferença em altura estação-gravímetr		Propri			Sim (Duplicação não autorizada)
50					ii.	Tipo de dados	AutoNumeração	Texto	Data/Hora	Número	Numero	Nimero	Número	Número		94 100 100 100 100 100 100 100 100 100 10		Inteiro longo Incremento	Sim (Duplicaçã
-ON : Banco de dado	■ Tabelas 🖶 Cons	1 Principal	2 Descrição 3 Qualidade	4 Ocupações	4 Ocupações : Tabela		8 Autonúmero	Ident	Data_Hora	Tipo grav	No grav	Oper	Greenw	Alt Ap			Geral Pesquisa	Tamanho do campo Novos valores Formato	Indexado
		as El Formulários Parelatórios A Macros A Módulo	as El Formulários B Relatórios 2 Macros \$ Módulos Abri	as EB Formulários B Relatórios 22 Macros 4\$ Módulo Abrio	as Especial Especial Especial Especial Especial Especial Especial Nover	as El Formulários B Relatórios C Macros A Módulo. Abrit	as El Formulários 22 Macros	as El Formulários El Relatórios 22 Macros 45 Módulos Abrir Abrir Estrutura Novo Novo Novo AutoNumeração Chave primária da Tabela Descrição Descriçã	as El Formulários Relatórios Abrir Abrir Estrutura Tipo de dados AutoNumeração Chave primária da Tabela Texto Código adicional (A= absoluta; B= código da RGFB; E= excéntrica; I=internacional; N=nodal; R= repetida em mais de uma campanha)	as El Formulários B Relatórios Abrir Tipo de dados AutoNumeração Chave primária da Tabela Texto Código adicional (A= absoluta; B= código da RGFB; E= excéntrica; 1=internacional; N=nodal; R= repetida em mais de uma campanha) Data/Hora: Data da ocupação e hora média das leituras de gravidade, formato DD/MM/AAAA HH:MM:55	as E Formulários B Relatórios Abrir Abrir Tipo de dados AutoNumeração Chave primária da Tabela Texto Data da ocupação e hora média das leituras de gravidade, formato DD/MM/AAAA HH:MM:SS Número Tipo de gravimetro acorde Tabela BGI	as Elemulários Brelatórios Z Macros Médulos Tipo de dados AutoNumeração Chave primária da Tabela Texto Código adicional (A= absoluta; B= código da RGFB; E= excéntrica; I=internacional; N=nodal; R= repetida em mais de uma campanha) Número Data da ocupação e hora média das letturas de gravidade, formato DD/MM/AAAA HH:MM:SS Número Inpo de gravimetro acorde Tabela BGI Número Número de série do gravimetro Número de série do gravimetro Número Autorita de série do gravimetro	as El Formulários El Relatórios Abrir Tipo de dados AutoNumeração: Código a Tabela Texto Código a citicinal (A= absoluta; B= código da RGFB; E= excéntrica; I=internacional; N=nodal; R= repetida em mais de uma campanha) Número Numero de série do gravimetro Texto Numero de série do gravimetro	as El Formulários Elettricos 2 Macros Abrir Abrir Tipo de dados Cidave primária da Tabela AutoNumeraçãe Cidago adicional (A= absoluta; B= código da RGFB; E= excéntrica; I=internacional; N=nodal; R= repetida em mais de uma campanha) Número Data/Hora Data/Hora Corde Tabela BGI Número Inpo de gravimetro acorde Tabela BGI Número AutoNumeraçãe Cidago adicional (A= absoluta; B= código da RGFB; E= excéntrica; I=internacional; N=nodal; R= repetida em mais de uma campanha) Número Inpo de gravimetro acorde Tabela BGI Número Autonador do gravimetro Texto Número Abreviador Abreviado Texto Número Cidador do gravimetro Texto Número Defença de hora local com mendiano O horas (Greenwich) Número Diferença da hora local com mendiano O horas (Greenwich)	as El Formulários Relatórios Abrir Abrir Abrir Estrutura Tipo de dados AutoNumeração Chave primária da Tabela Todo de dados Chave primária da Tabela Todo de gravimetro acorde Tabela BGI Número Ipo de gravimetro acorde Tabela BGI Número Número de seria do gravimetro Número Leitura média do contador do gravimetro Número Diferença da hora local com meridano O horas (Greenwich) Número Diferença da hora local com meridano O horas (Greenwich) Número Diferença em altura estação-gravimetro em m	as El Formulários B Relatónios Abarros Abrir Tipo de dados Abrir Tipo de dados Abrir Todo de dados Bear a Principa de Tabela Texto Munero Cadago adicional (A= absoluta); B= codigo da RGFB; E= excéntrica; L=internacional; N=nodal; R= repetida en mais de uma campanha) Todo adicional (A= absoluta); B= codigo da RGFB; E= excéntrica; L=internacional; N=nodal; R= repetida en mais de uma campanha) Número Todo adicional (A= absoluta); B= codigo da RGFB; E= excéntrica; L=internacional; N=nodal; N	as Eil Formulários Electricos Abrir Tro de dados Abrir Tro de dados Abrir Tro de dados Abrir Tro de dados Colopo adicional (A= absoluta; B= código da RGFB; E= excéntrica; I=internacional; N=nodal; R= repetida em mais de uma campanha) Deba flora Deba de ocupação e foro a media das leturas de gravidade, formato DD/MW/AAAA HH:MM:SS Numero Namero de série do gravimetro Numero Opieração do contador do gravimetro Numero Deferença da hora alcal com meridano O horas (graenwich) Numero Diferença em altura estação-gravimetro em m Propriedades do campo	as Bromulários Belatórios Abrir Too de dados AutoNumeração Chave primária da Tabela BGI Numera Desta da coupação e fora media das Belturas de gavidade, formato DD/MW/AAA HH:MM:55 Numera Numeração Numera de seivação gavimento om m Numera Diferenção em altura estação gravimento om m	as El Formulários S Reletários 2 Macros Agrir Thoo de dados Thoo de dados Abrir Thoo de dados Cádo adicional (A- abcoluta; B- código da RGFB; E- excéntrica; I-internacional; N-inodal; R- repetida em mais de una companha) Descrição AutoNumero SC Código adicional (A- abcoluta; B- código da RGFB; E- excéntrica; I-internacional; N-inodal; R- repetida em mais de una companha) Numero Desta do coutador do gavimento Numero o Diferença do nora local com menidano D horas (Greenwich) Numero Diferença da hora local com menidano D horas (Greenwich) Numero Diferença em altura a estação-gravimento em m Numero Diferença em altura a estação-gravimento em m Inteiro longo. Inteiro longo.

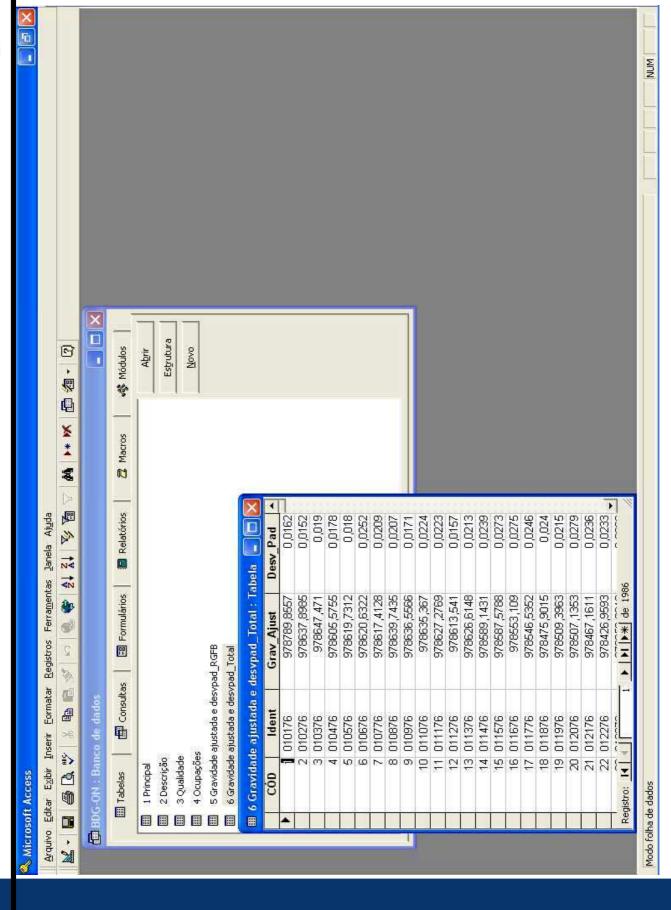






Nome do campo Tipo de dados Descrição Descrição AutoNumeração Número Ajust Número Múmero Pad Número	es er anustada e desvoad RGFB		ntas Janela Aj <u>u</u> da	Propriedades do campo Propriedades do campo Obescrição Im nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sob nomes de campo.		IIII 2 Descrição IIII 3 Qualidade IIII 4 Ocupações IIII 5 Gravidade ajustada e IIII 5 Gravidade ajustada e IIII 1 Ident Grav Ajust Grav Ajust Desv_Pad I Geral Pesquisa I amanho do campo Novos valores Formato I regenda I ndexado
	o Prayidade alustada e desybad. Karb	and the state of t	/ 子子 子 「雪 、 「雪 ・ 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「 」 「			s Gravidade ajustata Gravidade ajustat
as El Formulários Relatórios 2 Macros	as 🗃 Formulários 🗗 Relatórios 🕏 Macros 💸 Módulo		- 5		<u>%</u>	
Ss St Formulários St Relatívios Re	で	○ ・ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □				ar Exibir İnserir heri

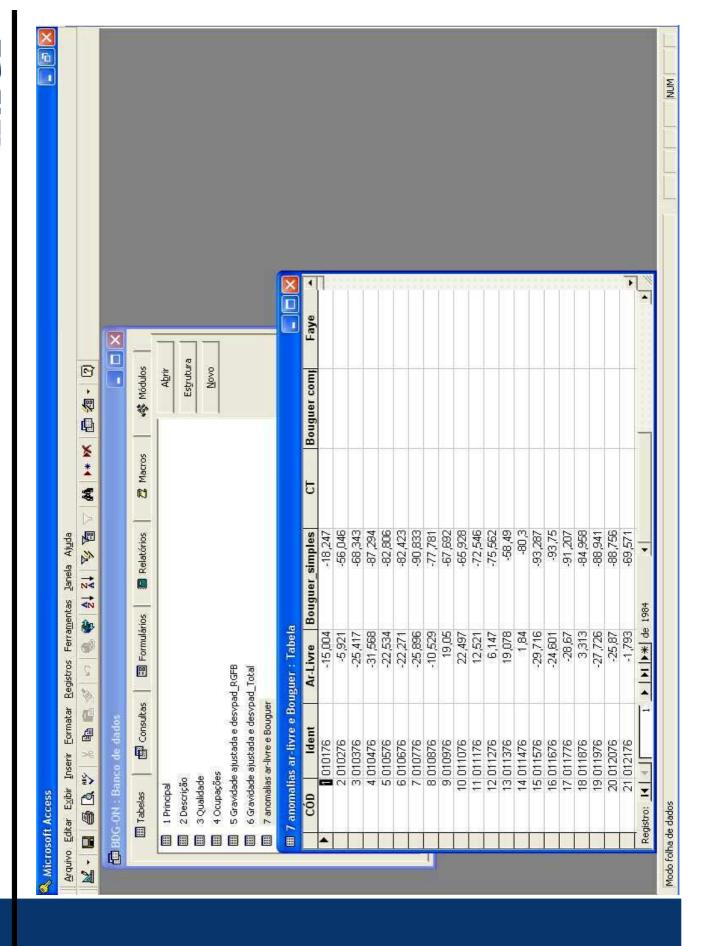






				<				>			e armazenar no campo. Pressione F1 para ados.	
		Macros Módulos Abrir Estrutura Novo		Descrição		m (data último ajustamento)	Muade ajustado	Propriedades do campo			O tipo de dados determina o tipo de valor que o usuário pode armazenar no campo. Pressione F1 para Ajuda sobre tipos de dados.	
↑ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		s 🛅 Formulários 📳 Relatórios pad_RGFB	desvpad_Total : Tabela	Tipo de dados	AutoNumeração Texto		Numero			Duplo	7	Não Não
Arquivo Editar Exibir Inserir Ferramentas Janela Ajuda	anco	Tabelas Consultas B Tabelas Tabelas B Tabelas Tabelas	■ 6 Gravidade ajustada e desvpad_Total : Tabela	Nome do campo	A COD	Juene Grav_Ajust	N Add	52.7	Geral Pesquisa	Tamanho do campo Formato	Casas decimais Máscara de entrada Legenda Valor padrão Regra de validação Texto de validação	Requerido Indexado

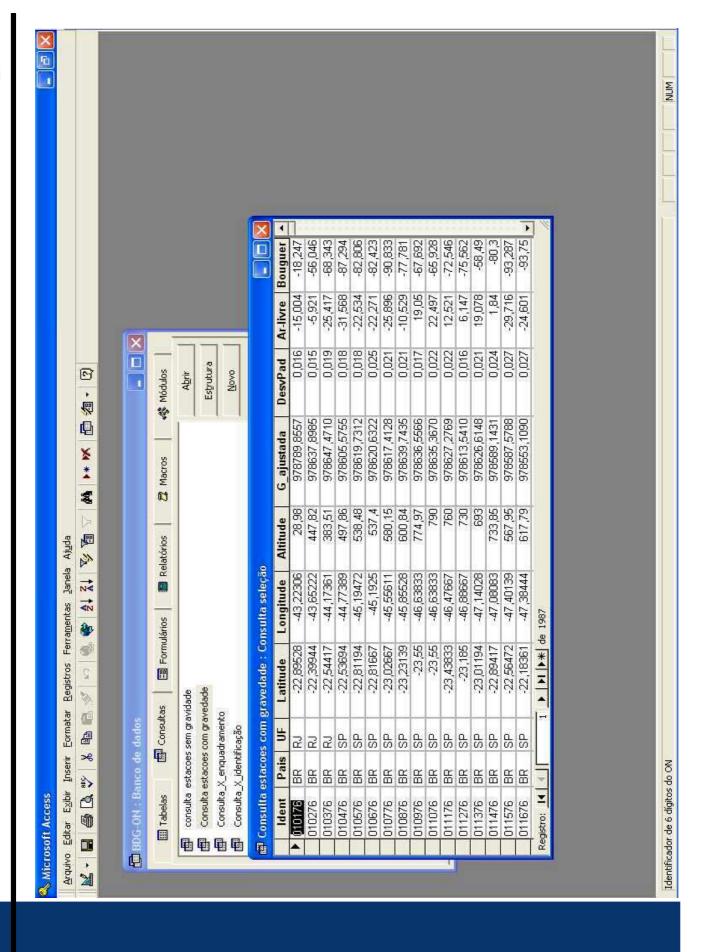




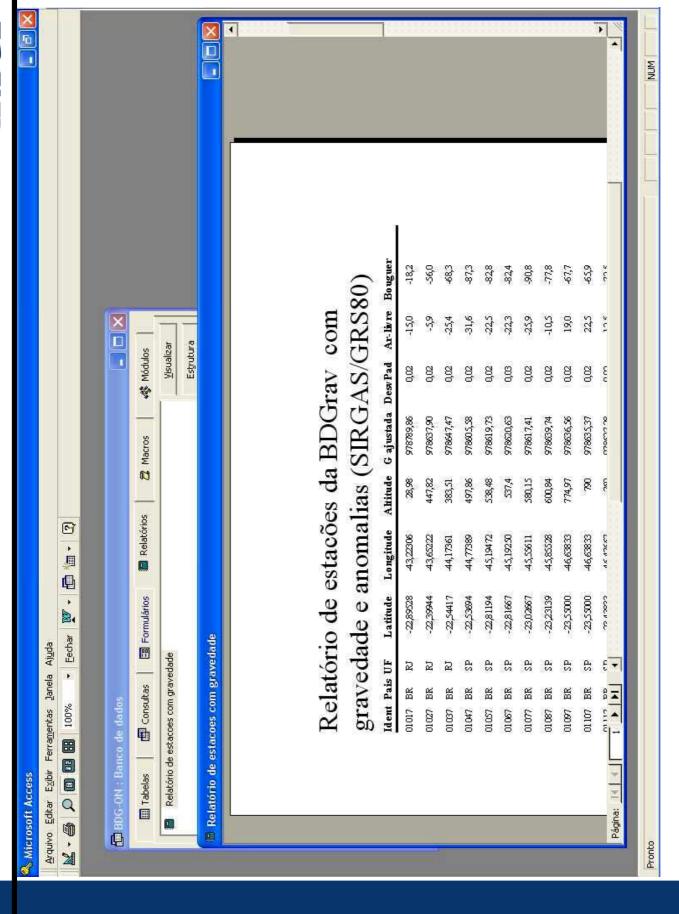


Control Carlo Capture Ferrogeties John Augus Control Capture Control Captu	Microsoft Access		
	Exibir	Janela	
Tomulairos B Relektrics Mecros Modulos	金四雪	8 €	
Esgueura GFB obal formulários En Relatórios 22 Macros 45 Modulos Abro Descrição de dedos Descrição Descri	🗖 BDG-ON : Banco de dao	50	
GTB Otal Otal Otal Obescripão Descripão _	E Formulários	-	
GFB Obel O	1		Abrir
GTB otal de datos meres, se meres, se no longo Propriedades do campo Propriedades do campo Dupikação não autorizada) Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.			Estrutura
GFB otal et : Tabela de dados mereção no longo no longo no longo Cuplicação não autorizada) Um nome de campo pode ter até 64 caracteres inclinido espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.			Novo
et : Tabela The de dedose The de dedose The de dedose The dedose The de dedose The de dedose The de dedose The de dedose The dedo		B G G F B	
de dados meraçific Descrição De		desypad_Total	
Propriedades do campo. Propriedades do campo. Propriedades do campo. Duplicação não autorizada)		Bououer : Tahela	
Propriedades do campo Propriedades do campo Propriedades do campo Duplicação não autorizada) Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.			
Propriedades do campo Tro longo: Simento Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.	9	Tipo de dados	Descrição
Propriedades do campo	Ident	Texto	
Propriedades do campo Propriedades do campo Tro longo Simento Tum nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.	Ar-Livre	Número	
Propriedades do campo	Bouguer_simples	Número	
Propriedades do campo Propriedades do campo amento Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.	t i	Numero	
ro longo smento Dupircação não autorizada) Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.	Bouguer completa	Número	
Propriedades do campo ro longo amento Duplicação não autorizada) Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços, Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.	0 0 0	Marilero	
Propriedades do campo amento Dun nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.	J.		
ro longo: smento Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços, Pressione F1 para Ajuda nomes de campo.	r—	Done	indudec do ramo
emento Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda nomes de campo.			
mento Duplicação não autorizada) Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda nomes de campo.	7		
(Duplicação não autorizada) Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda nomes de campo.	Tamarho do campo Novos valores Formato	Interro longo Incremento	
	Indexado		Um nome de campo pode ter até 64 caracteres incluindo espaços. Pressione F1 para Ajuda sobre nomes de campo.
	odo Ectuativas E.S. — Alteras naináis	the original section of the control	WITH









3 Conclusões e propostas



- Novos modelos de gravidade e geopotencial ainda são deficientes nos curtos cumprimentos de onda, --> gravimetria detalhada
- •Necessidade de integrar as bases de dados como forma de aproveitar os esforços individuais, não duplicar os trabalhos e preencher os espaços geográficos ainda vazios;
- •Necessidade de atualizar coordenadas/gravidade/anomalias no novo SGR adotado em 2005 --> SIRGAS2000 (GRS80);
- IBGE tem condições de realizar ajustamentos simultâneos de grandes volumes de dados gravimétricos;
- •Necessidade de definir Instituição servidora de BD, assim como servidores "espelho";
- •Dados não restritos seriam liberados à consulta pública. Definição de critérios de uso interno pelos integrantes do projeto e o público em geral
- •Proposta: Projeto piloto IBGE-????-... (Financiamento)



Missão do IBGE : Retratar o Brasil, com informações necessárias ao conhecimento da sua realidade e ao exercício da cidadania

Coordenação de Geodésia - CGED

- > informações do BDG
- > consultas técnicas
- > publicações
- cooperação técnico-científica

Banco de Dados Geodésicos:

http://www.ibge.gov.br/ GEOCIÊNCIAS -> GEODÉSIA

geodesia@ibge.gov.br - fax 21-2142-4859



REDE GRAVIMÉTRICA DO IBGE SITUAÇÃO EM AGOSTO 2006

CONFEGE – Agosto 2006

Walter Humberto Subiza Pina Maria Cristina Lobianco



Sumário

1 Histórico

2 Modelo Geoidal MAPGEO2004

3 Reprocessamento da informação gravimétrica

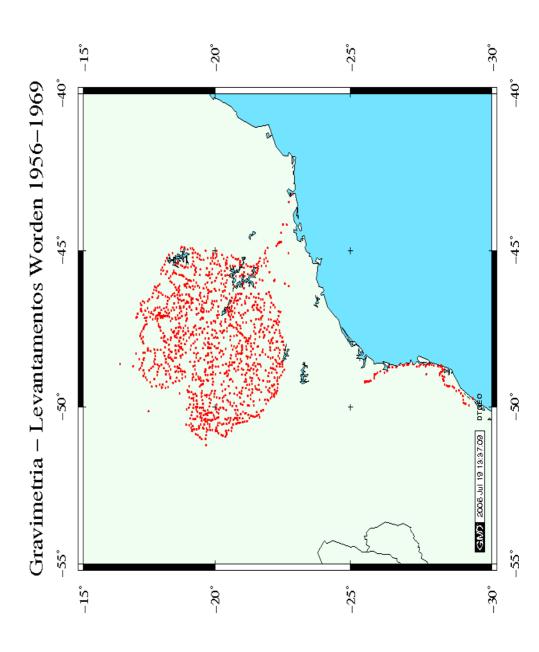
4 Conclusões



1.Histórico

- Levantamentos Worden entre 1956 e 1969 Definição de Chuá. Mais de 2000 estações. Importância histórica
- Estações Worden recuperadas em SIRGAS2000/GRS80:
 1422. Serão integradas ao BDSGB neste ano.
- Gravimetria sistemática no final da década de 1980.
- •Finalidade cubrir vazios gravimétricos. Nesta data, mais de 26000 estações tem sido observadas.
- Medições com LC&R modelo G e técnicos especializados
- Estações base da RGFB (ON), USP, IfE





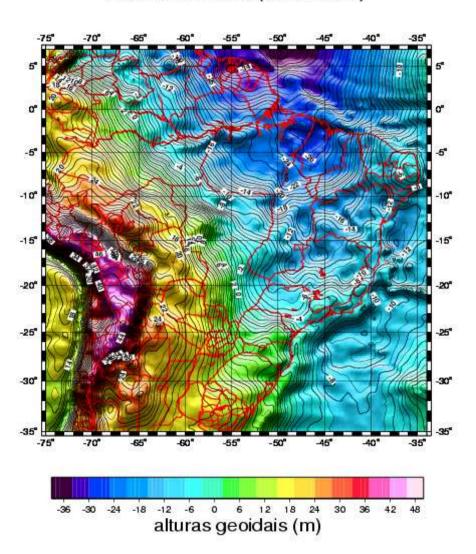


2 Modelo geoidal MAPGEO2004

- •Convenio IBGE/USP. Finalidade de determinação e constante refinamento do modelo geoidal brasileiro.
- Dados gravimétricos coletados integrados numa base de dados junto com outras instituições nacionais e internacionais
- Junto com a adopção do SIRGAS2000, disponível um modelo geoidal e software de cálculo, para transformar altitudes geométricas em ortométricas.
- Resolução do modelo de 10' e erro esperado de 0,5 m.

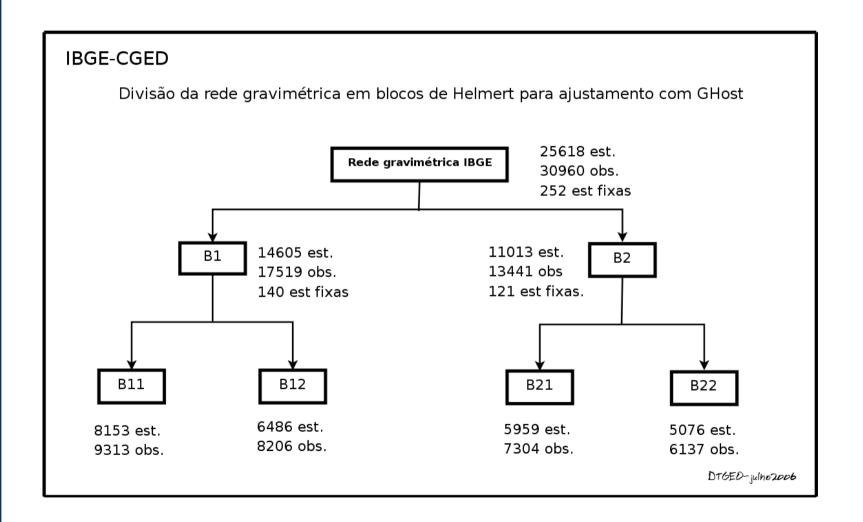
.

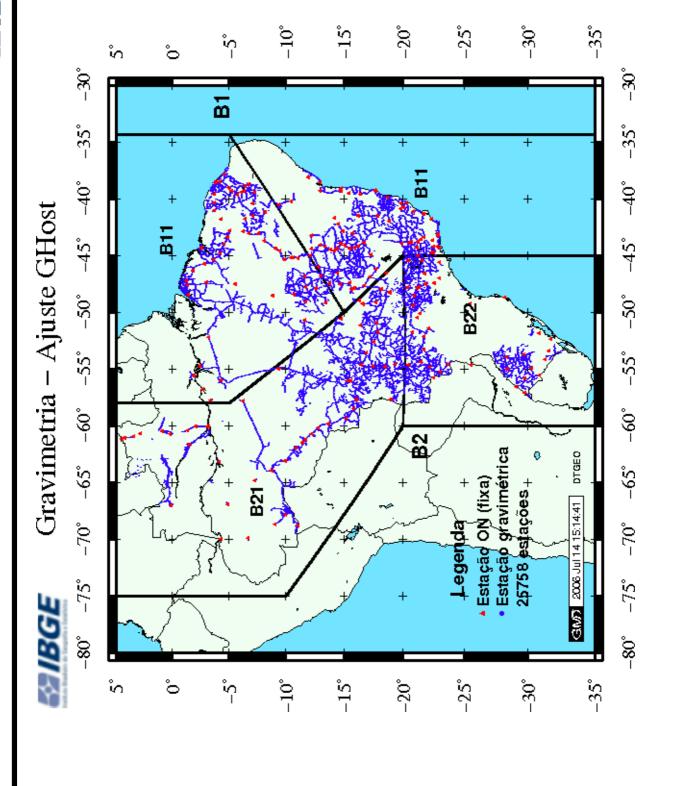
MODELO GEOIDAL (SIRGAS2000)













4 Conclusões

O IBGE, seguindo as recomendações do GTIII do projeto SIRGAS, tem priorizado os levantamentos sobre linhas principais de nivelamento geométrico, estações GPS e marégrafos, de forma de facilitar a futura integração e definição de um datum vertical continental.

SIRGAS2000, motivou a criação dum projeto que em grandes linhas, efetua el re-processamento dos dados gravimétricos do acervo coletado nas últimas duas décadas, realiza o ajustamento das observações, calcula as anomalias gravimétricas e atualiza o banco de dados disponível para os usuários.

No estágio atual do projeto, o reprocessamento encontra-se num 95% concluído, enquanto a realização do ajustamento, calculo de anomalias e atualização do banco de dados seria completada no decorrer do ano que vem.



Missão do IBGE : Retratar o Brasil, com informações necessárias ao conhecimento da sua realidade e ao exercício da cidadania

Coordenação de Geodésia - CGED

- > informações do BDG
- > consultas técnicas
- > publicações
- cooperação técnico-científica

Banco de Dados Geodésicos:

http://www.ibge.gov.br/ GEOCIÊNCIAS -> GEODÉSIA

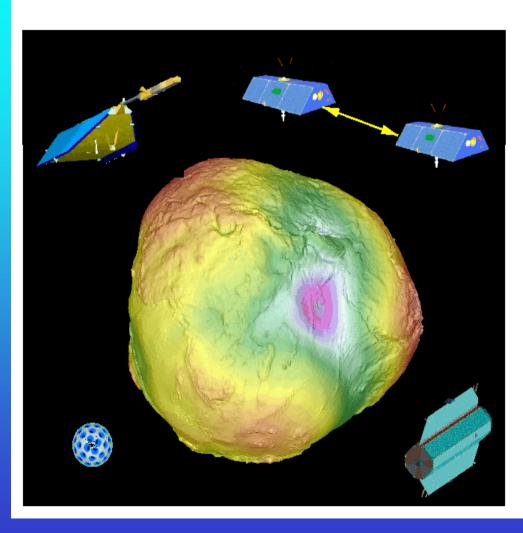
geodesia@ibge.gov.br - fax 21-2142-4859

AS MISSÕES MODERNAS

Denizar Blitzkow EPUSP – PTR

Laboratório de Topografia e Geodésia - LTG
IV CONFEGE - IBGE
Rio de Janeiro - 21 de agosto de 2006

Era Espacial



Foi responsável por inúmeras mudanças na geodésia e em outras ciências. Entre elas, a melhoria do conhecimento do campo gravitacional e, em consequência, da forma da Terra.

Figura obtida junto ao GFZ

Era Espacial

- Modelos do Geopotencial.
 - Série SAO (Smithsonian Astrophysical Observatory)
 - Série GEM (Goddard Earth Model) NASA(GSFC) National
 Aeronautical and Space Administration (Goddard Space Flight Center)
 - Série GRIM França e Alemanha
 - EGM96 NIMA/NASA
 - Missão CHAMP EIGEN-1S e 2S (European Improved Gravity Model of the Earth by New Techniques)
 - GRACE modelos mensais do geopotencial
- Referenciais terrestre e celeste: ITRS e ICRS

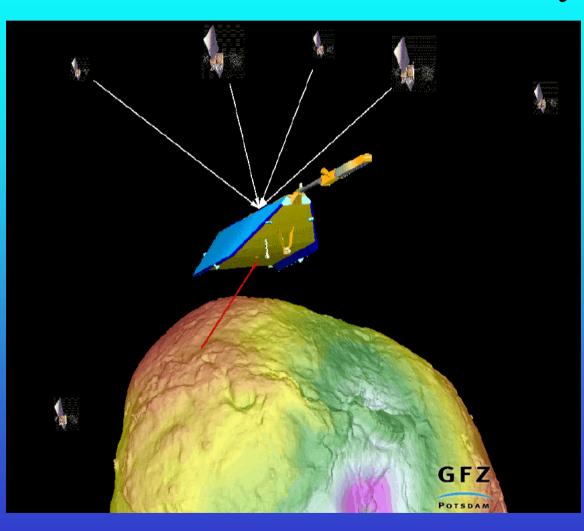
Missões modernas

- CHAMP lançado em 15 de julho de 2000
- GRACE lançado em 17 março de 2002, 9:21 UTC
- GOCE previsto para ser lançado em 2006?

Características principais das missões de satélites CHAMP, GRACE e GOCE

Missão	Lançamento	Tempo de vida	Altura da órbita	Inclinação da órbita	Principais instrumentos	Objetivo da missão
CHAMP	15/07/2000	5 anos	454 km	87,2°	GPS, acelerômetro e magnetômetros	Gravidade, campo magnético e atmosfera
GRACE	17/03/2002	5 anos	485 km	89°	Sistema de microondas banda K, GPS e acelerômetro	Gravidade
GOCE	2006	2 anos	250 km	96,5°	GPS e gradiômetro tri- axial	Oceanograf ia e Gravidade

A missão CHAMP (CHAllenging Minisatellite Payload)



 Primeiro satélite das três missões modernas.

Dimensões:

• Altura: 1m

• Largura: 1,6 m

• Comprim.: 4 m

• Peso: 500 kg

• Altitude: 470 km

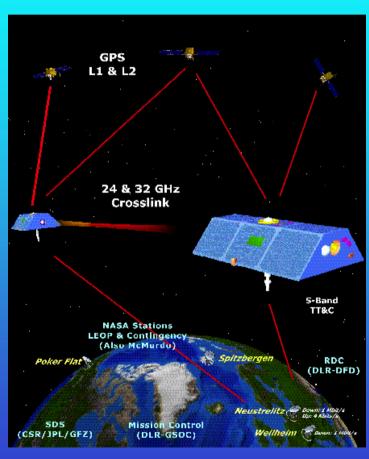
A missão CHAMP (Challenging Minisatellite Payload)

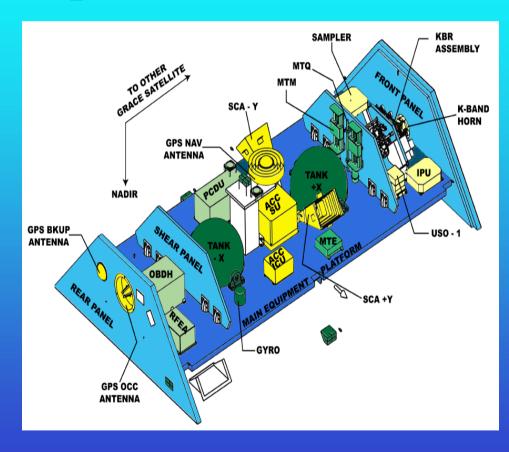
- Objetivos
- Estudo do campo gravitacional da Terra.
- Estudo do campo magnético e suas variações no tempo
 - Receptor GPS a bordo realiza medidas de fase e da distância a cada 10s. Acelerômetro tri-axial.
 - Modelo do geopotencial: EIGEN-1S e 2S
 (European Improved Gravity Model of the Earth by New Techniques)

GRACE

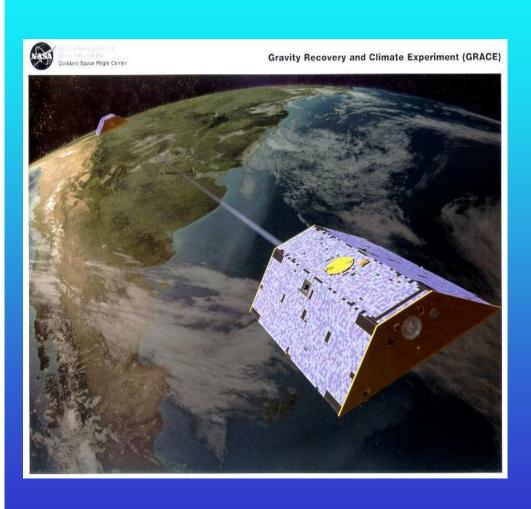
- Lançado ao espaço em 17 de março de 2002 (9:21 UTC)
- Está permitindo melhorar o estudo dos perfís de pressão, temperatura e humidade da atmosfera.
- Satélites gêmeos em órbita polar, com altura de 550 km, separados um do outro de 220 km.
- Dotado de GPS, DORIS e LASER e sistema de microondas (24 e 32 GHz) para medir a distância entre eles com precisão de 10 μm.

GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment)



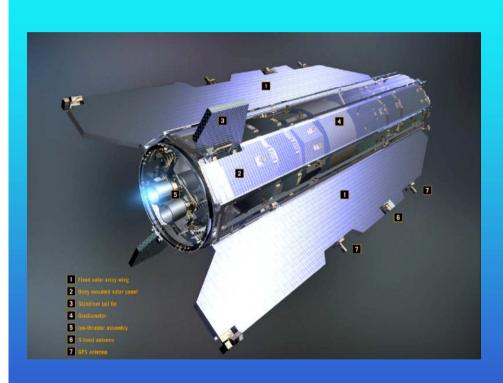


GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment)



- Objetivos:
- Estudo do campo gravitacional da Terra e suas variações no tempo
 - Monitoramento de águas na superfície e no sub-solo, mudanças nas camadas de gelo e no nível do mar, correntes superfíciais e profundas nos oceanos, variações da Terra sólida.
 - Geóide: precisão de 1 cm, com resolução de 200 km
 - É preciso distinguir o erro de comissão em relação ao erro de omissão

GOCE (Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer)

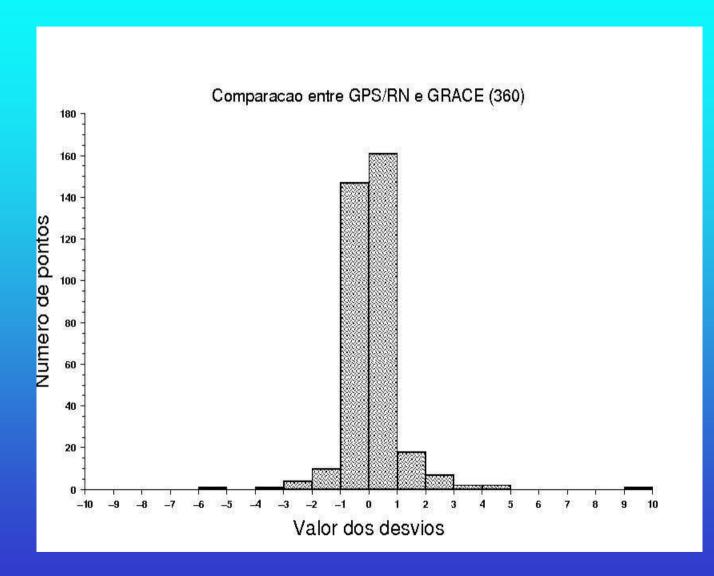


- O principal objetivo da missão é a determinação precisa, com alta resolução e acurácia do campo gravitacional global estático da Terra.
- Gradiômetro da gravidade
- GPS/GLONASS
- Satellite-to-Satellite Tracking(SST)
- Controle livre de atrito.

GOCE

- Determinação do geóide com precisão de 1 cm e resolução de 80 km.
- Altitude do satélite de 240 km.
- É um satélite livre de atrito mediante correção do efeito do mesmo a partir dos acelerômetros. Para isso o veículo tem um motor. A vida útil prevista é de 2 anos.

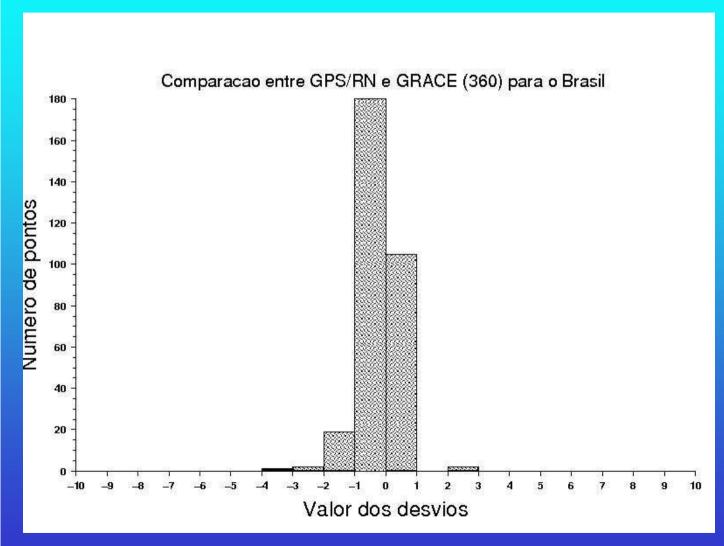
GRACE



Comparação do GFZ2006 (n=m=360) com 383 pontos GPS da América do Sul.

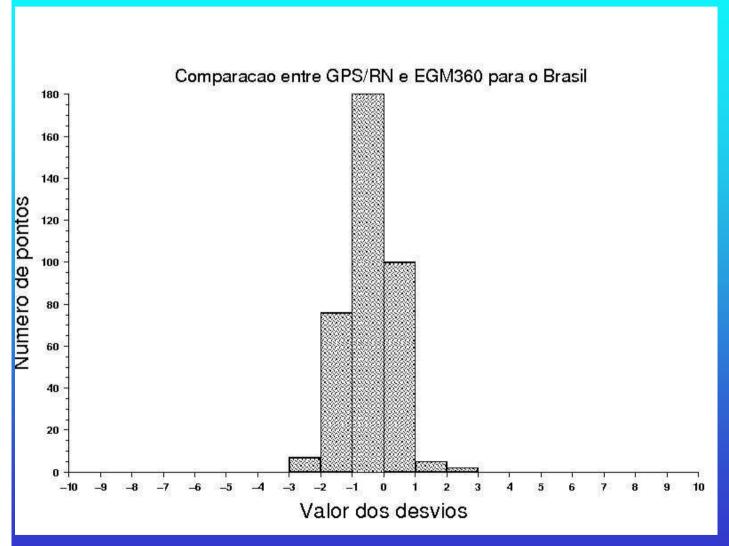
 $N_o = -0.12$ RMS = 1.08 m

GRACE

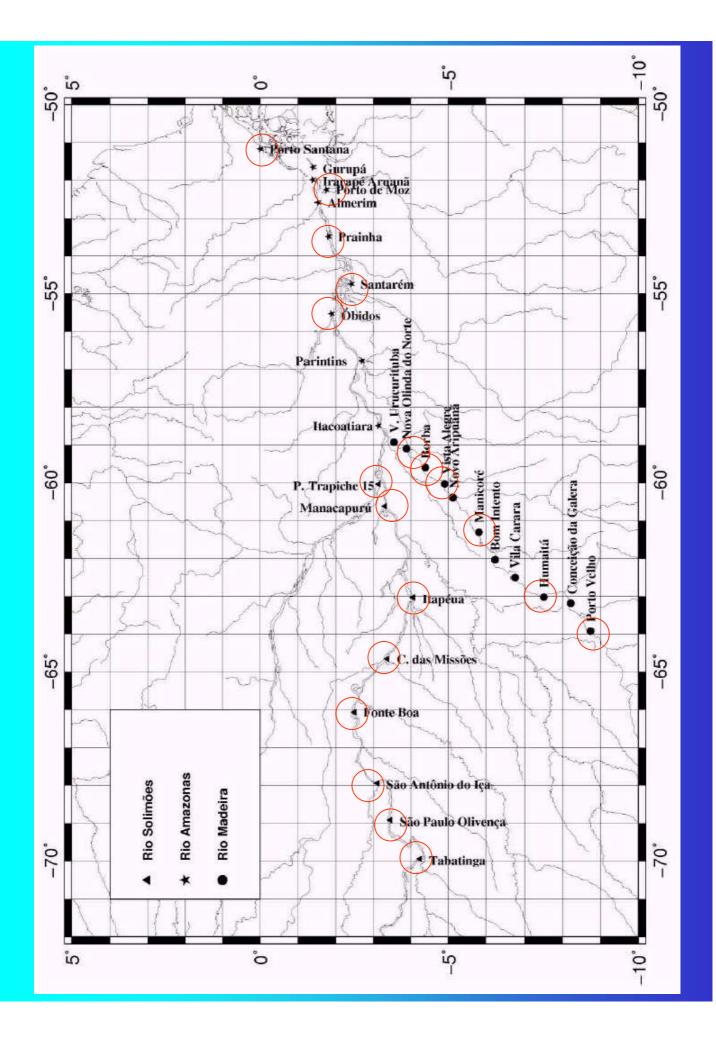


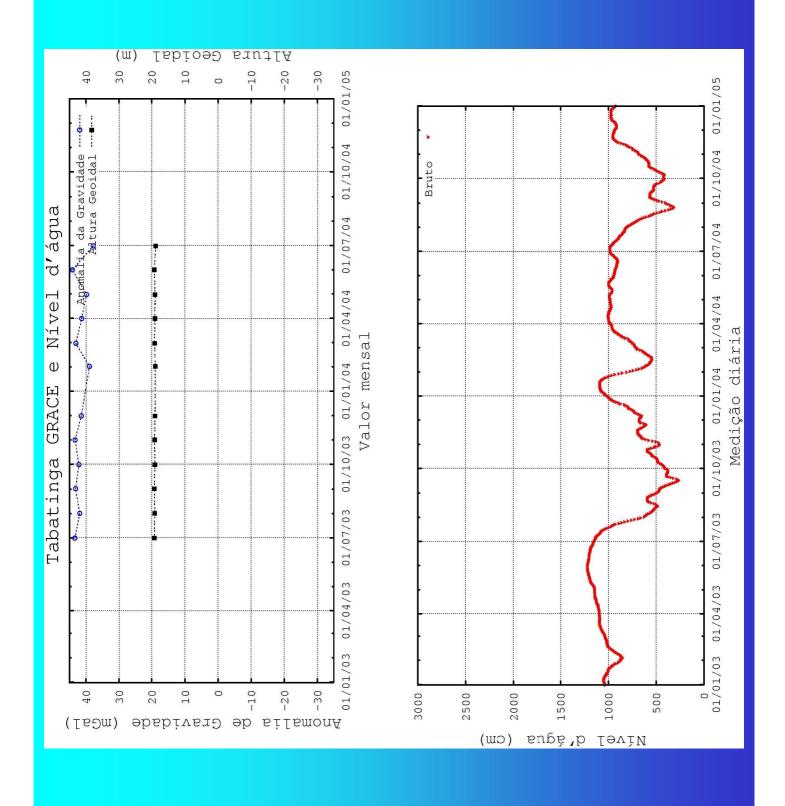
Comparação do GFZ2006 (n=m=360) com 549 pontos GPS no Brasil. $N_o = -0.36$ RMS = 0.59 m

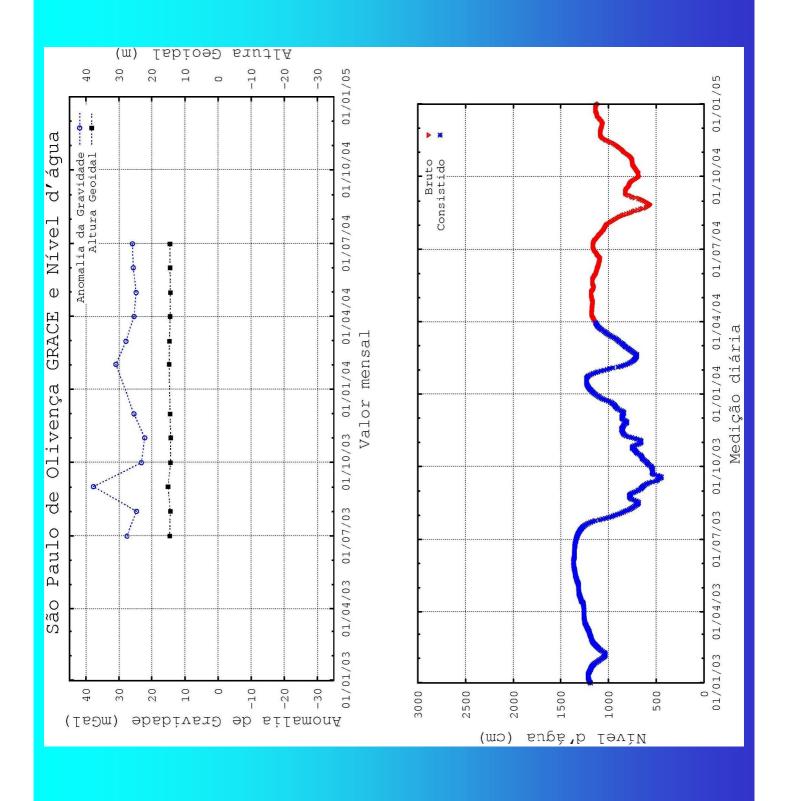
EGM96

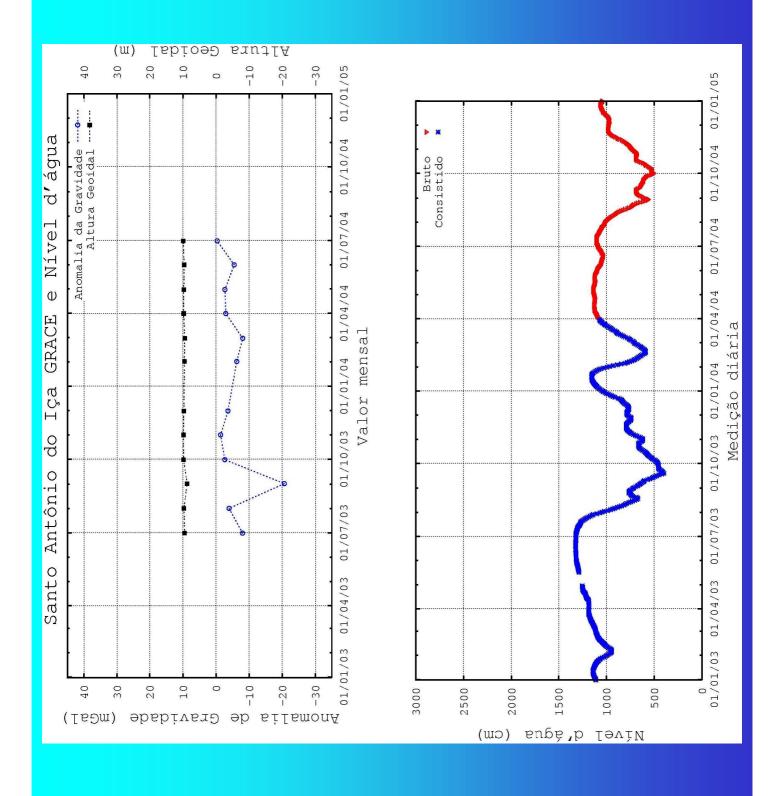


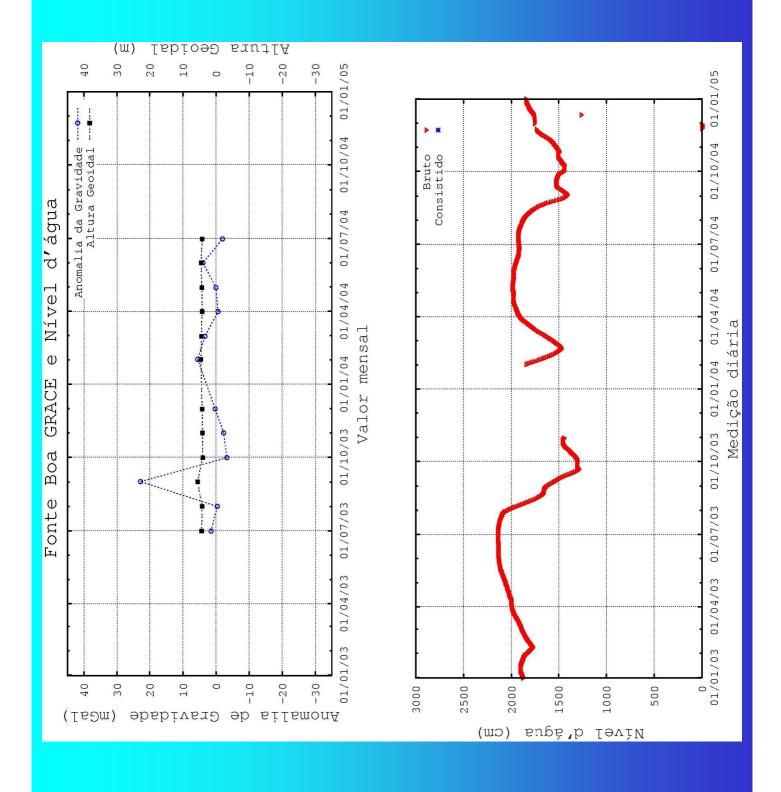
Comparação do EGM96 (n=m=360) com 549 pontos GPS. $N_o = -0.50$ RMS = 0.79 m

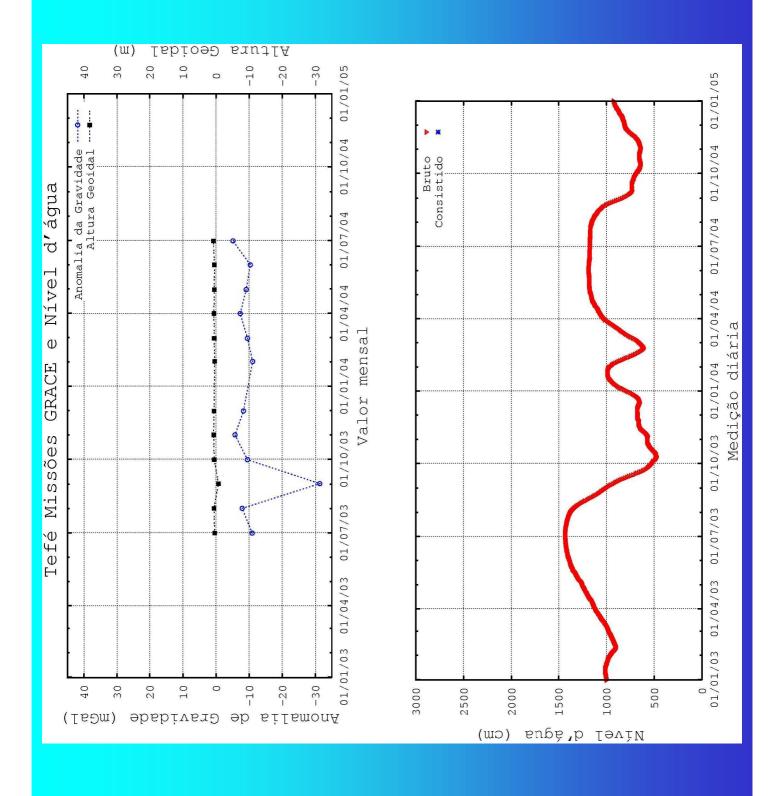


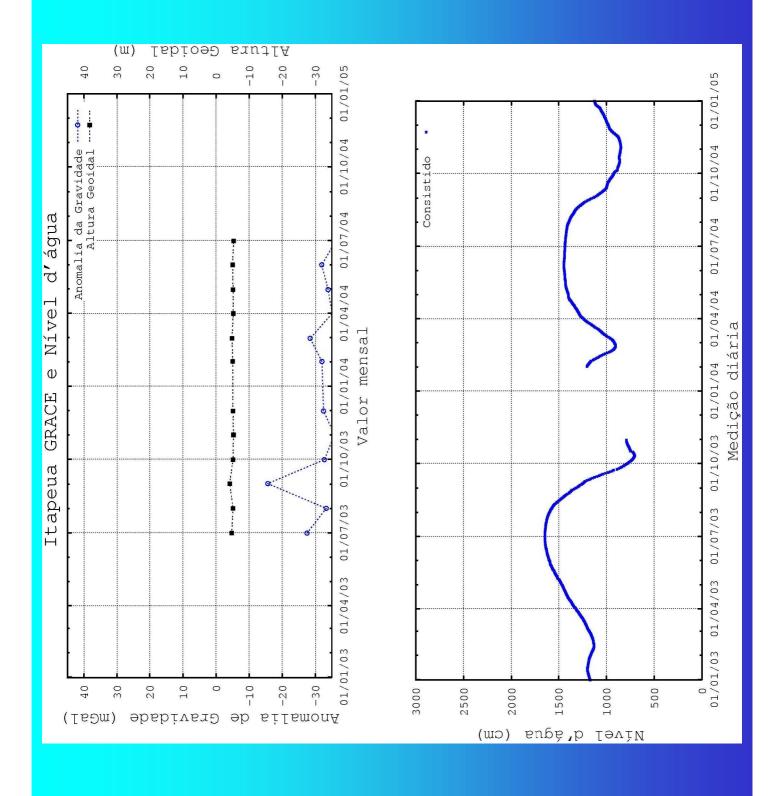


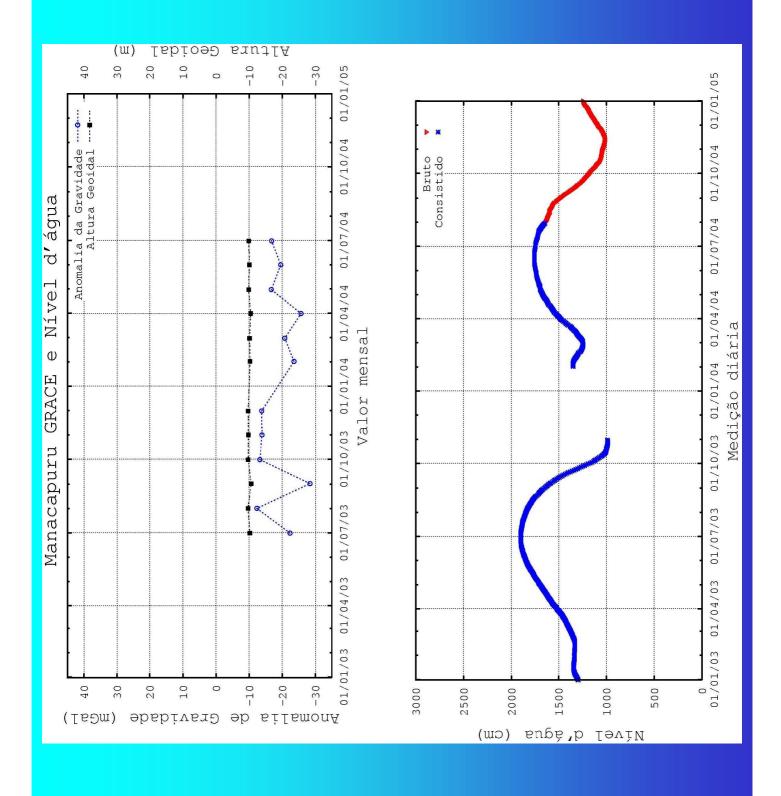


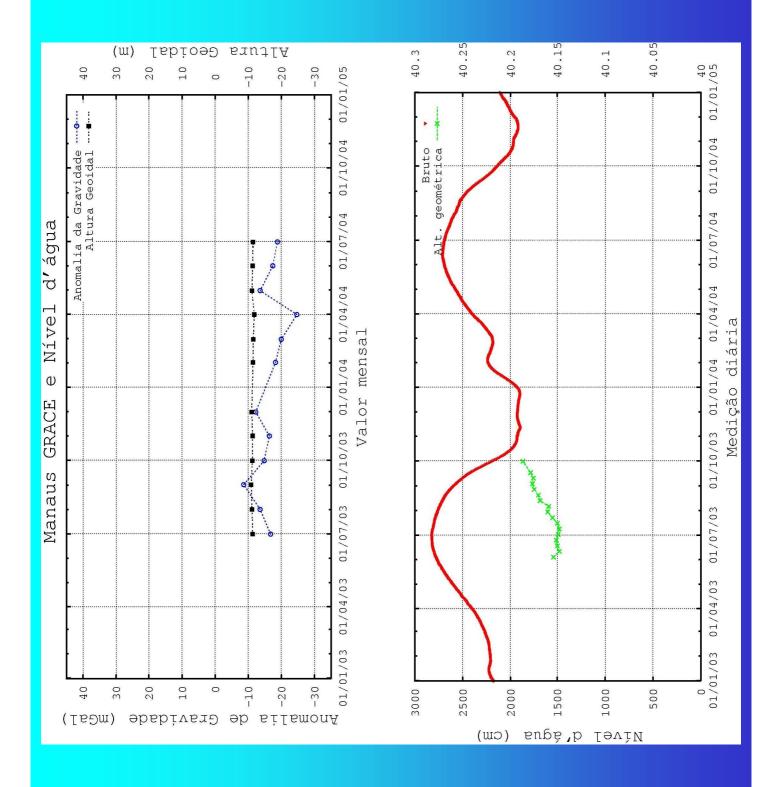


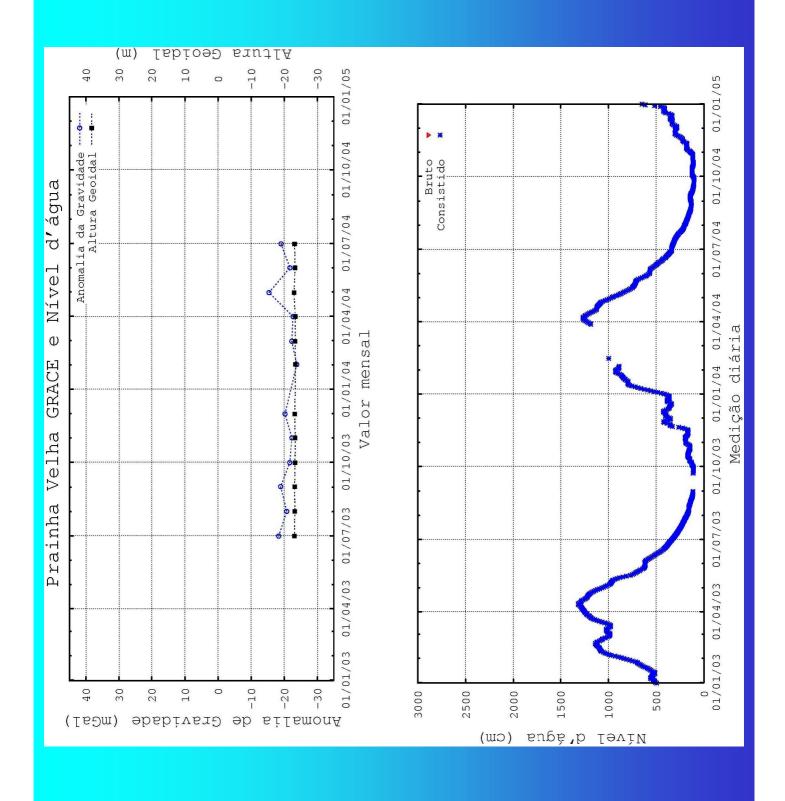


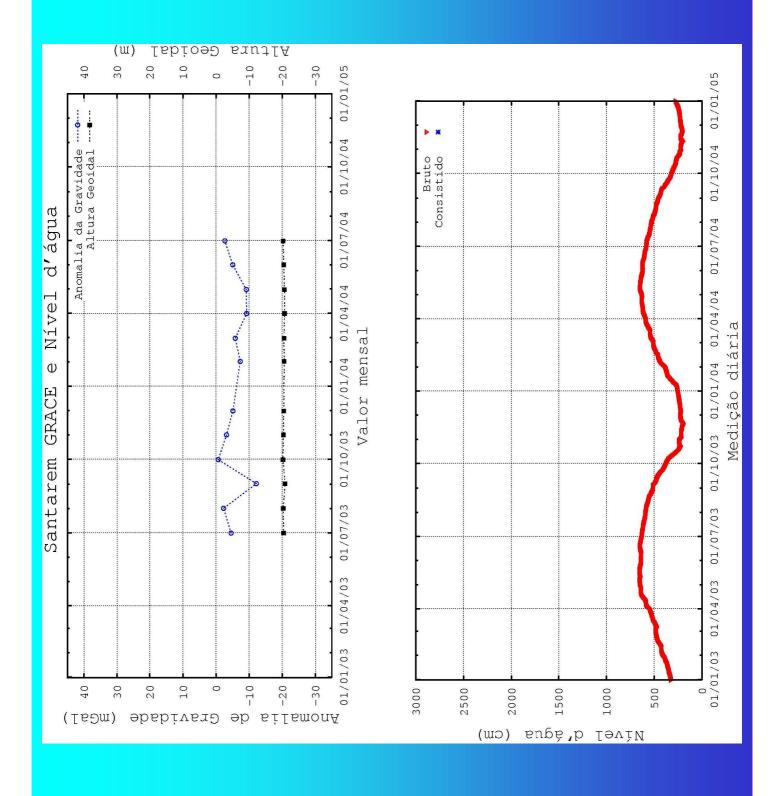


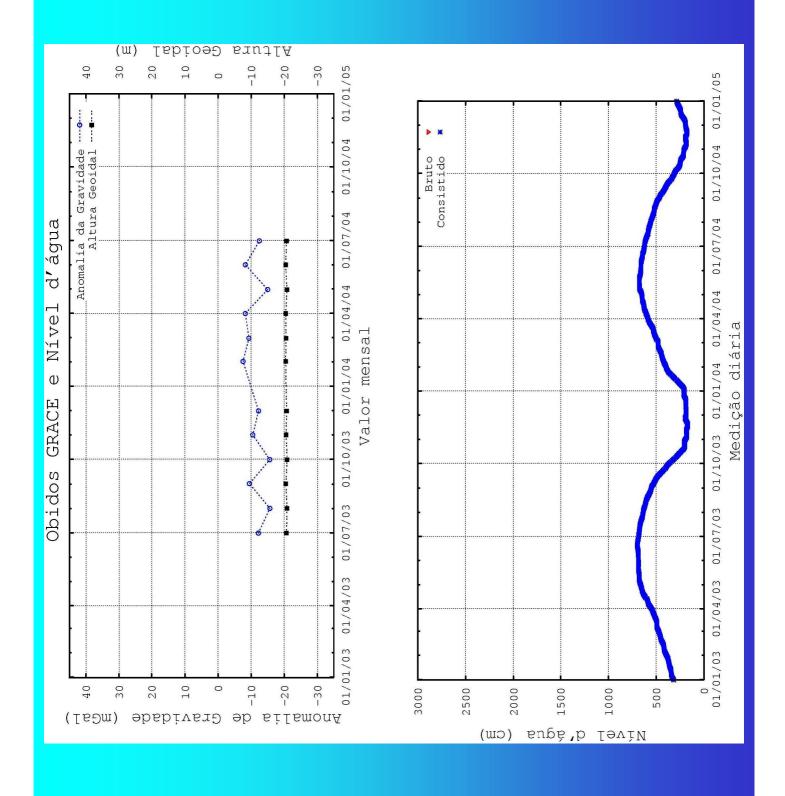


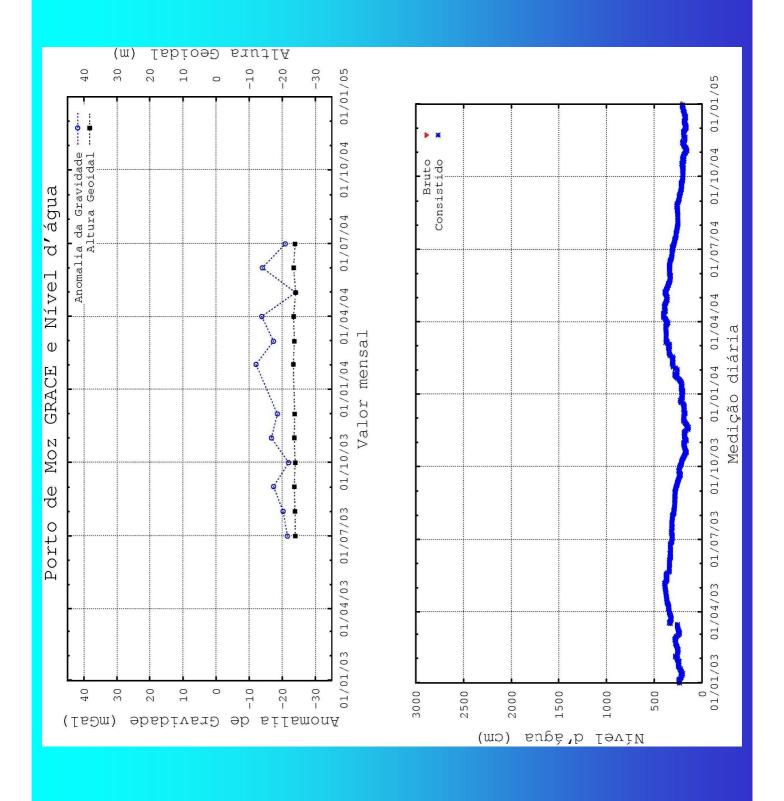


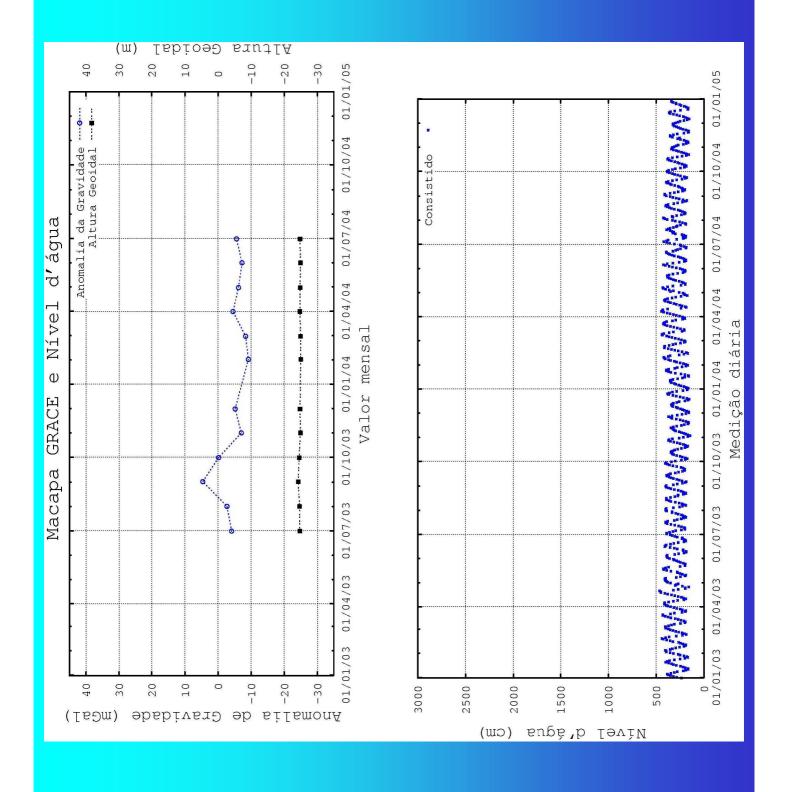


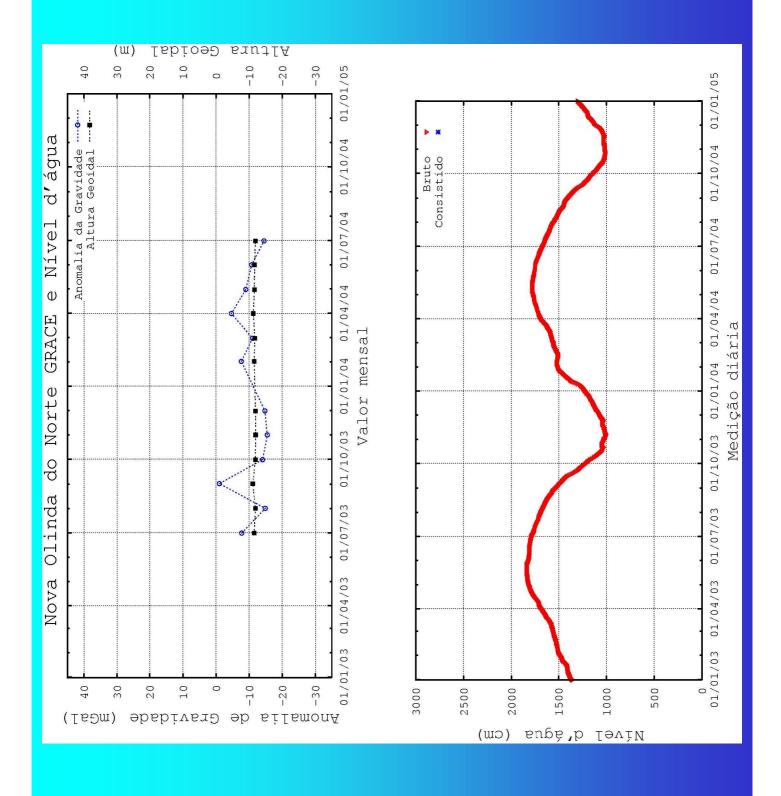


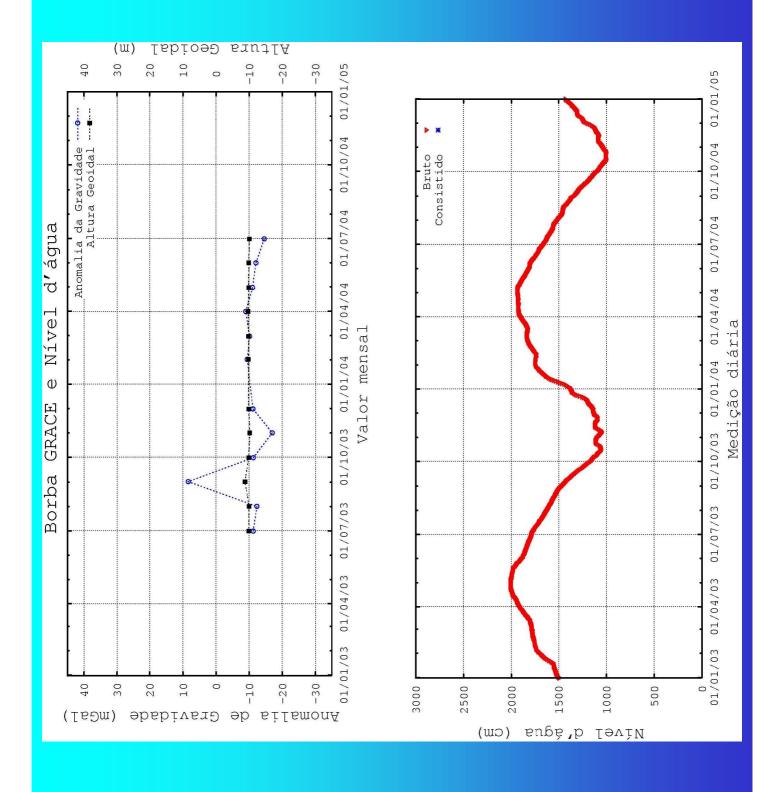


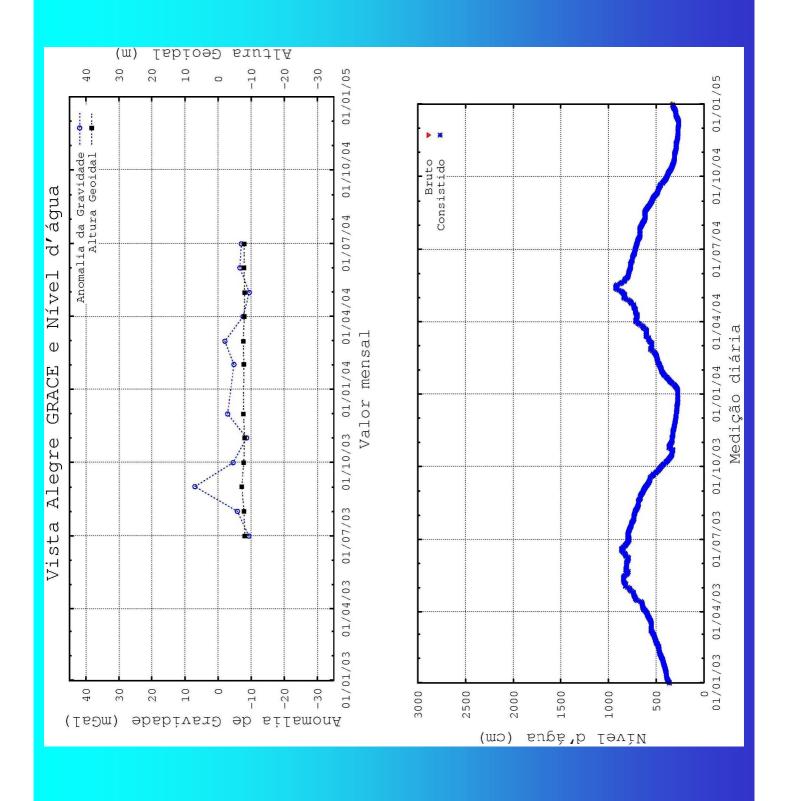


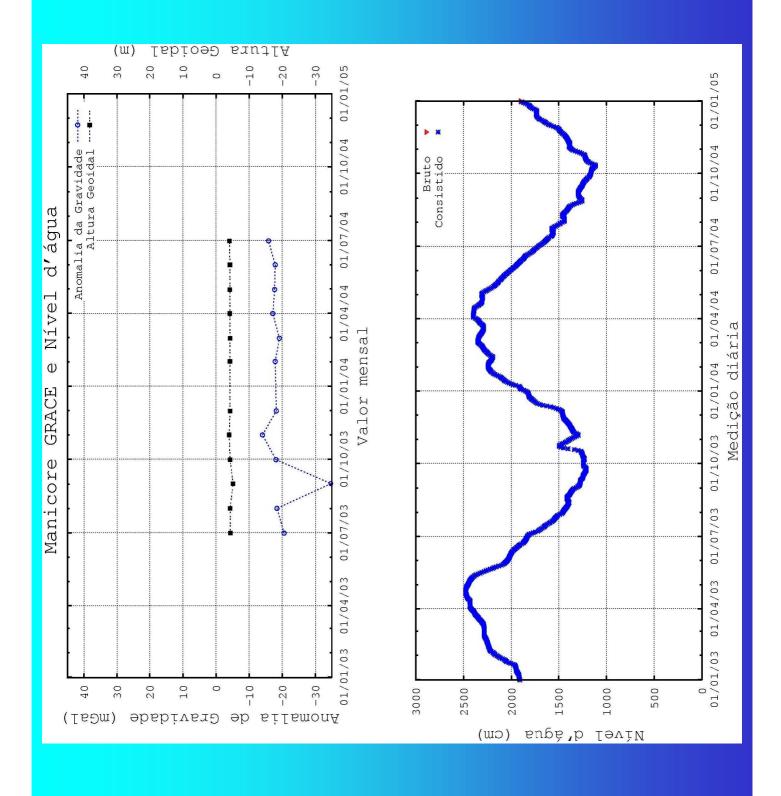


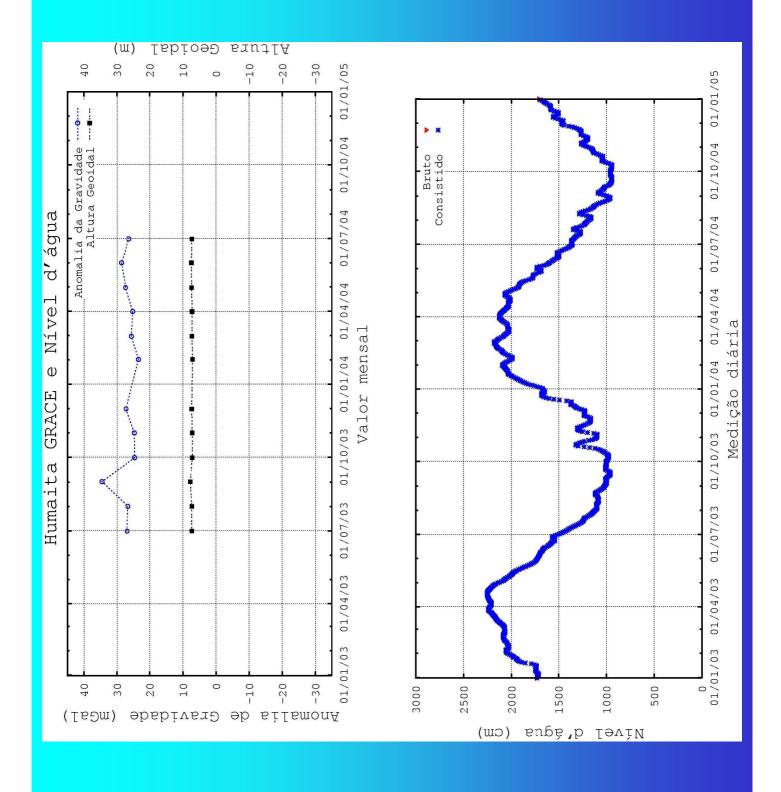


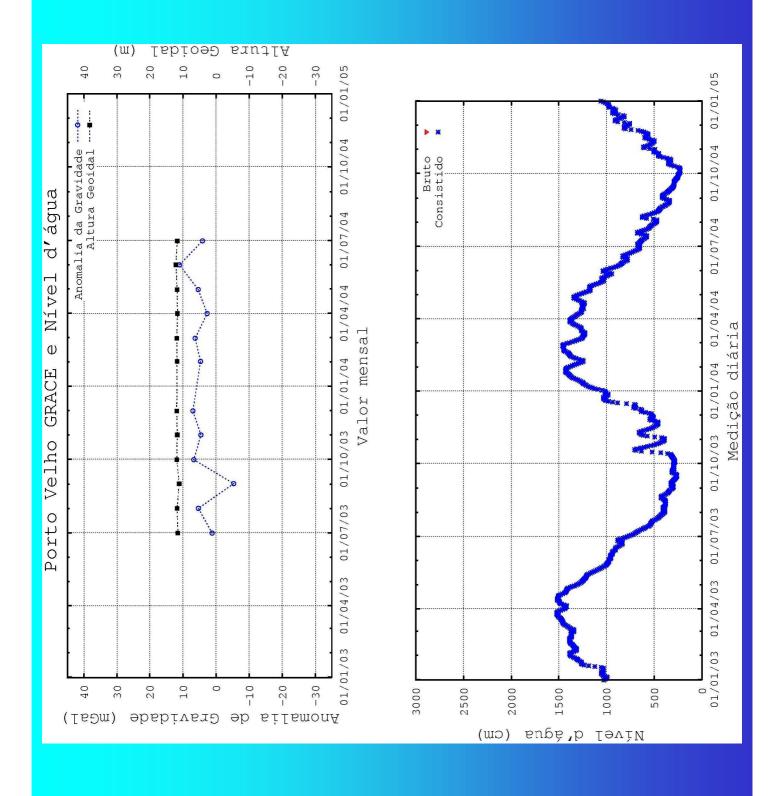








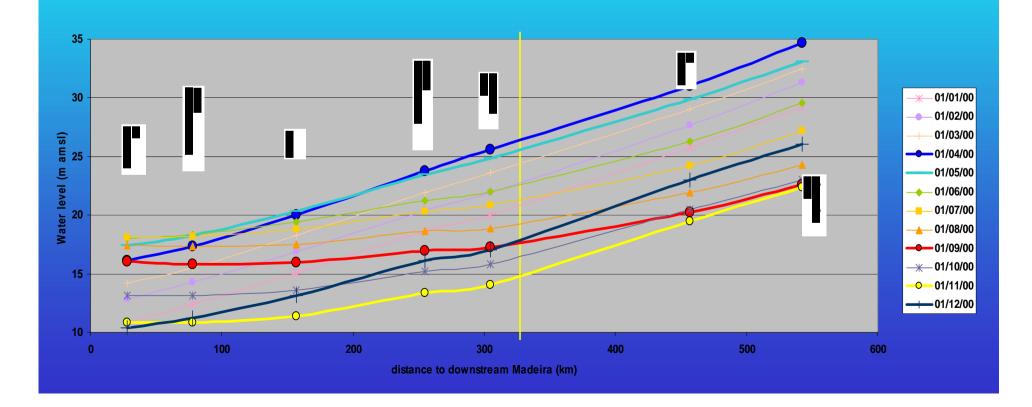




Results Evaluation (3/3):

Checking Hydraulic Consistency at low stage:

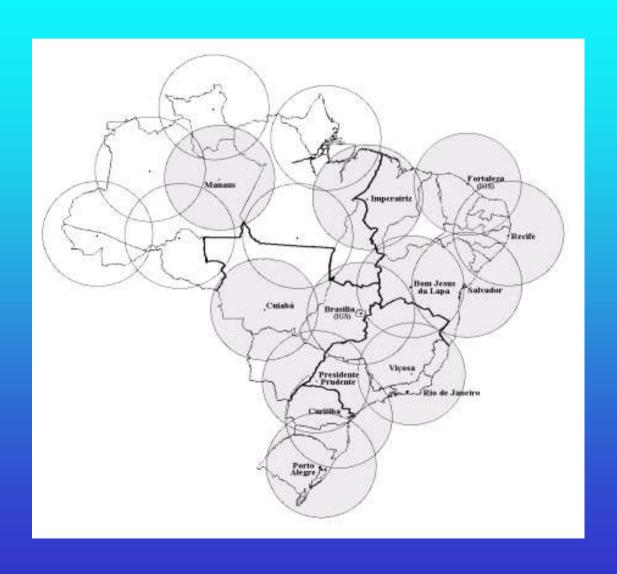
- * Overall consistency
- * Local errors less than 50cm on downstream Madeira



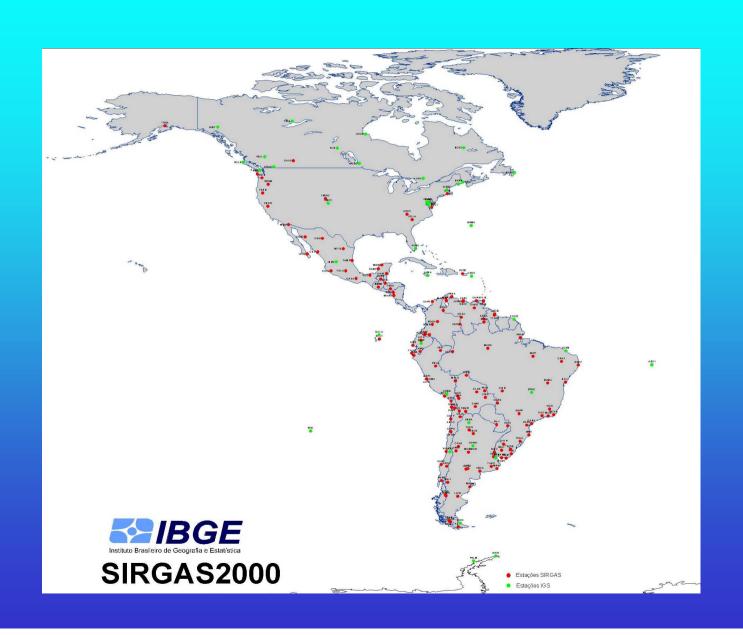
Geodésia no Brasil

- RBMC
- SIRGAS
- NIVELAMENTO
- GRAVIMETRIA

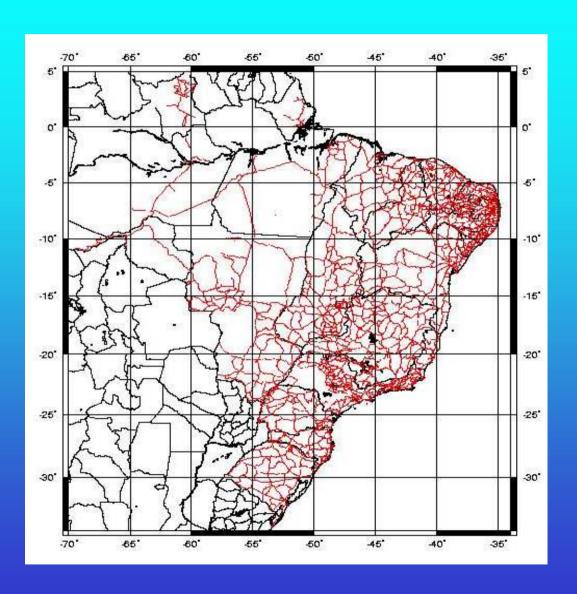
RBMC



SIRGAS



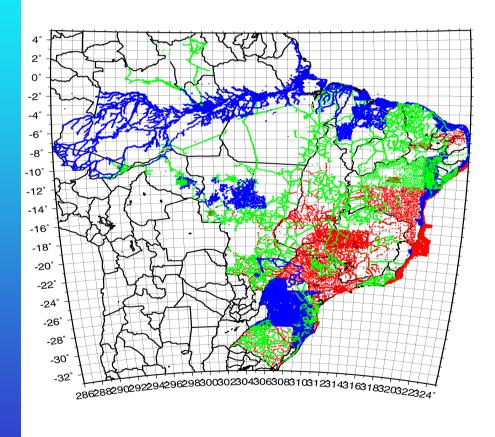
Nivelamento



61.466 Referências de Nível (RN)

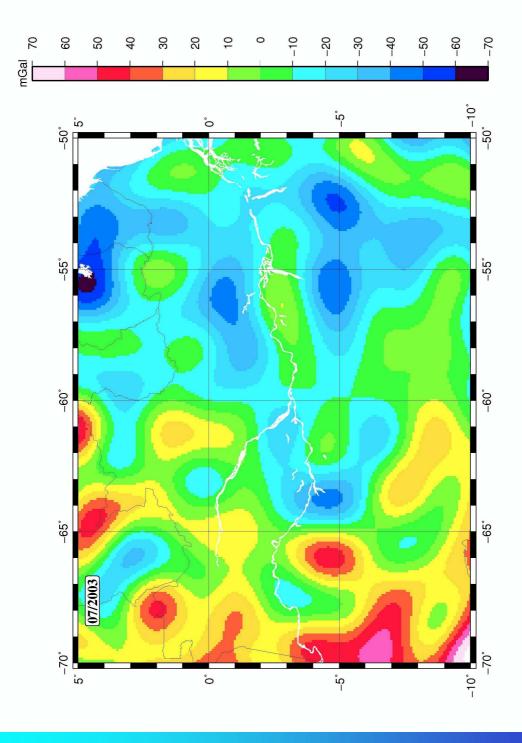
Gravimetria

BRAZIL DATA

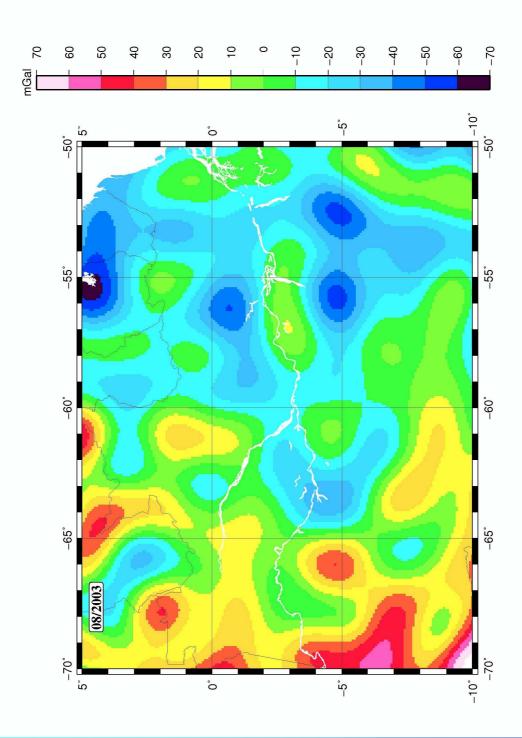


 O número total de estações disponíveis: 472.535

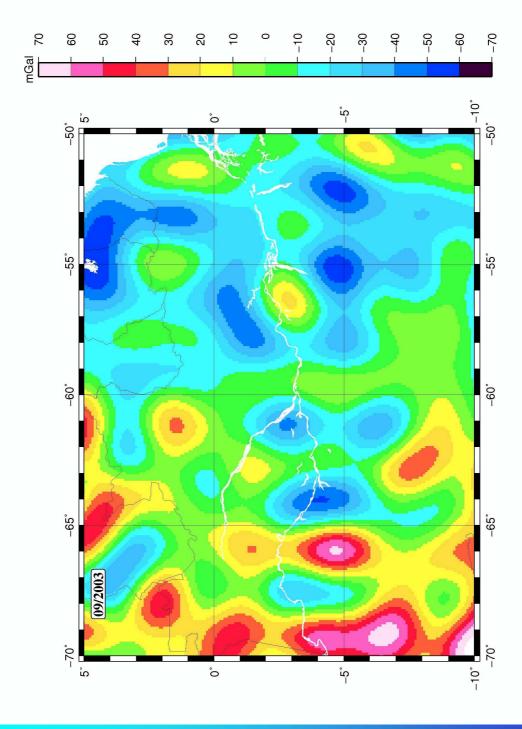


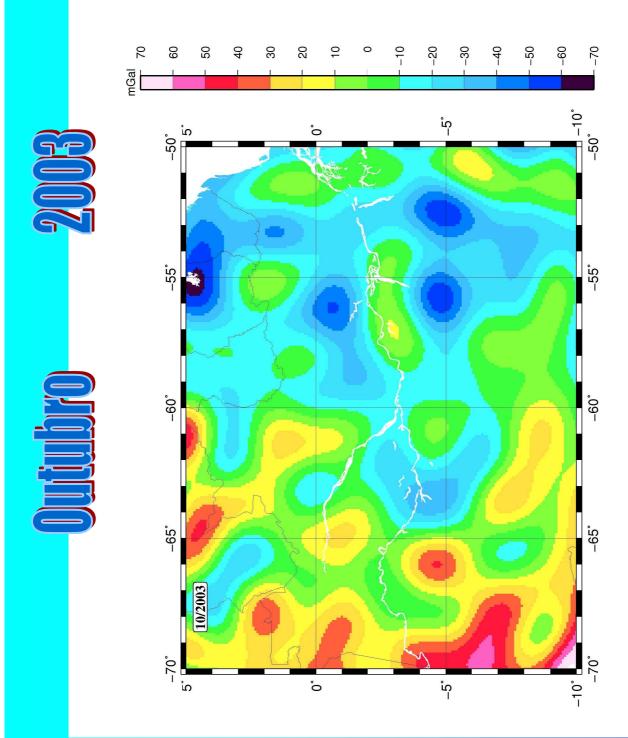




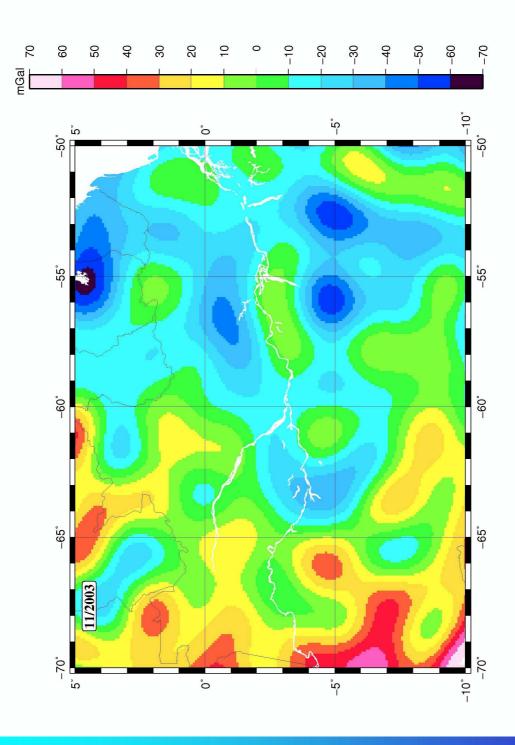




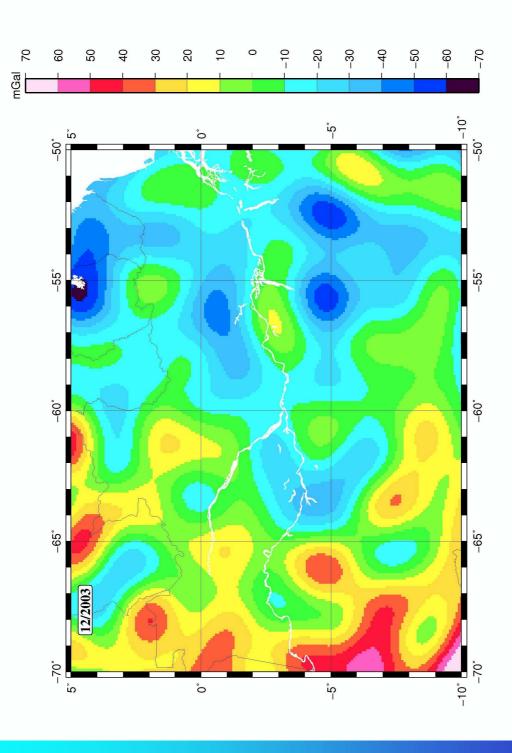




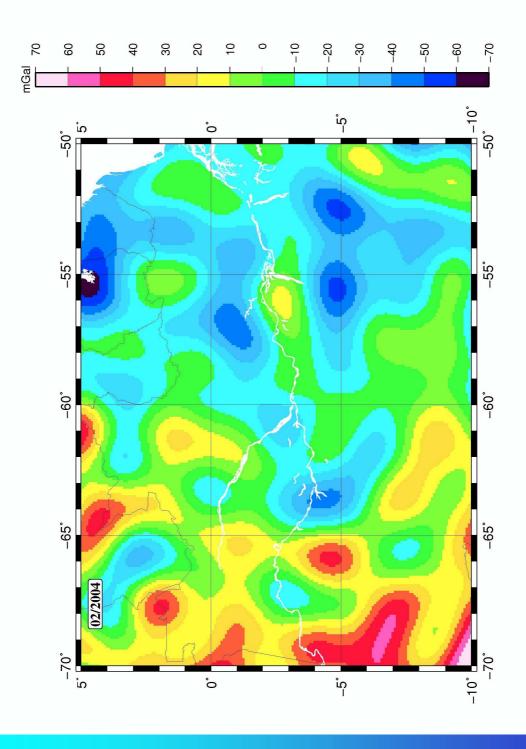




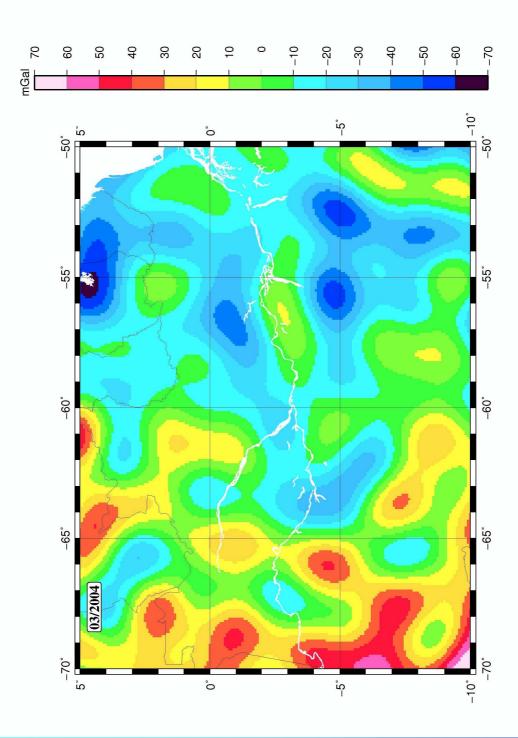




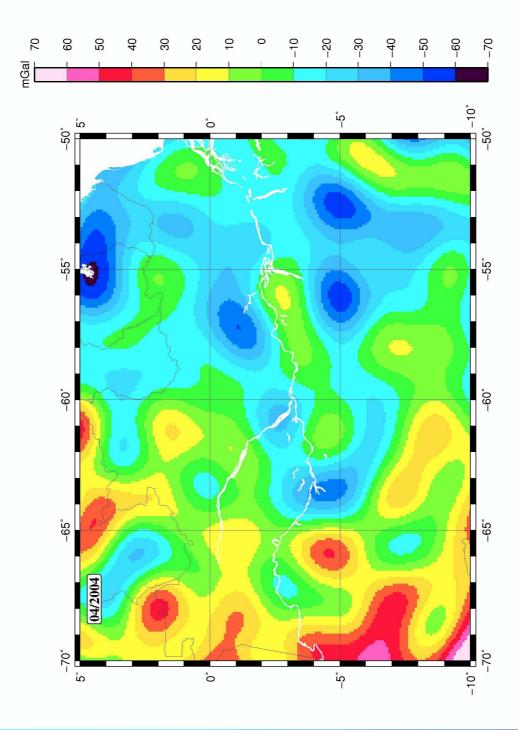




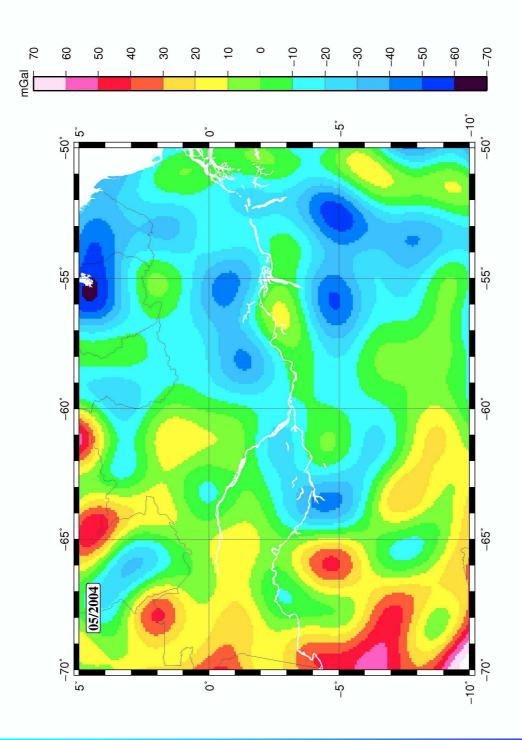




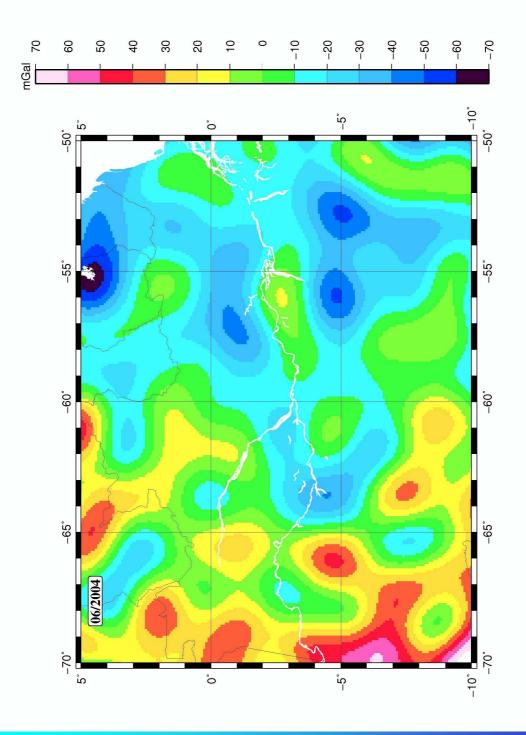




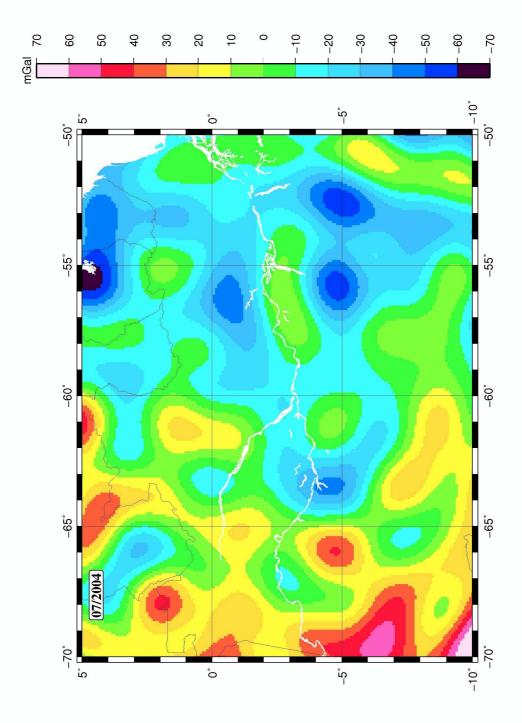








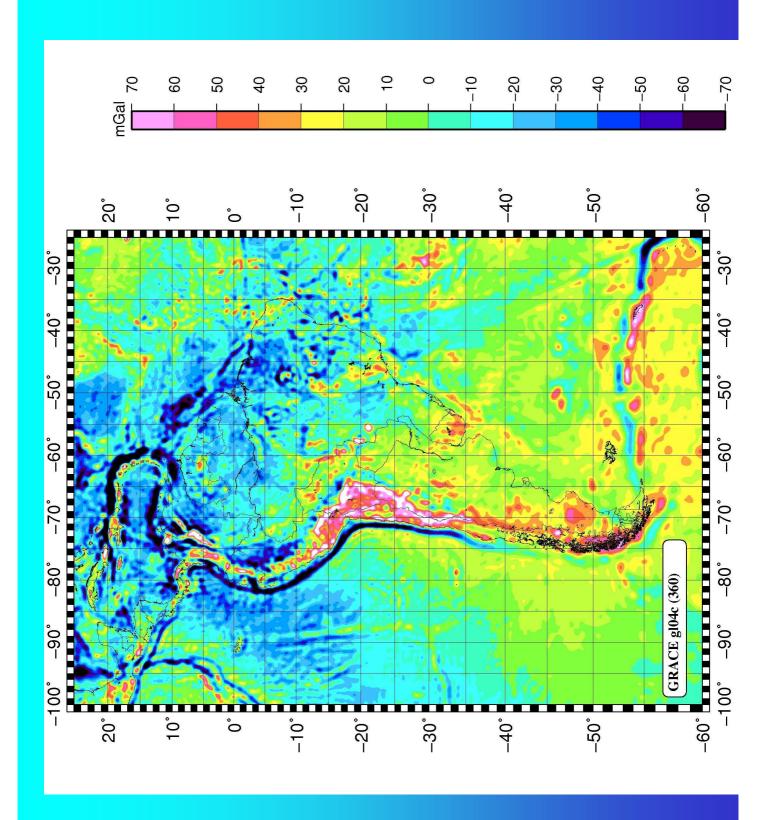


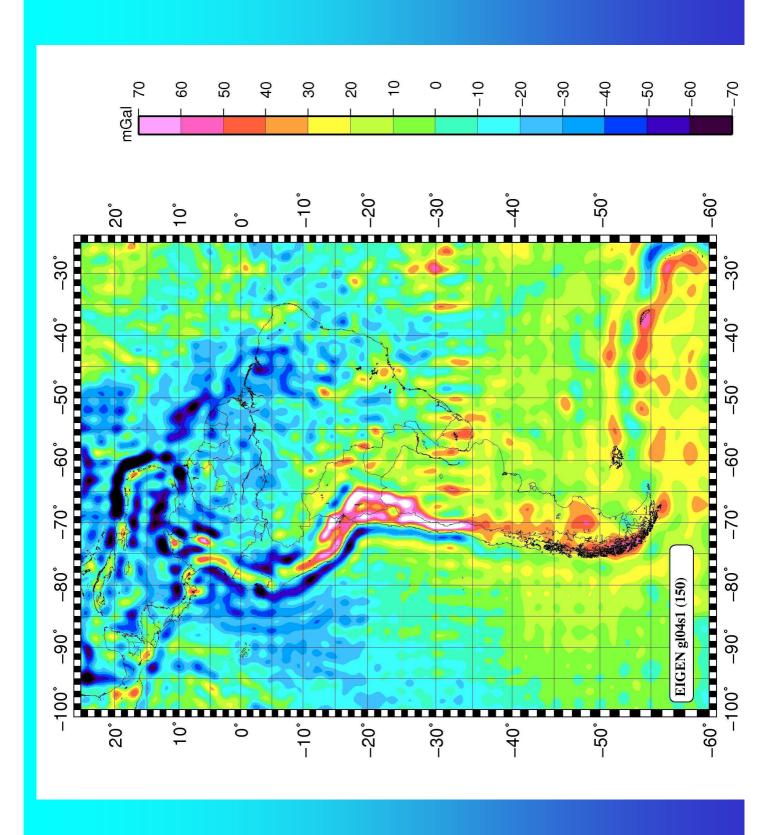


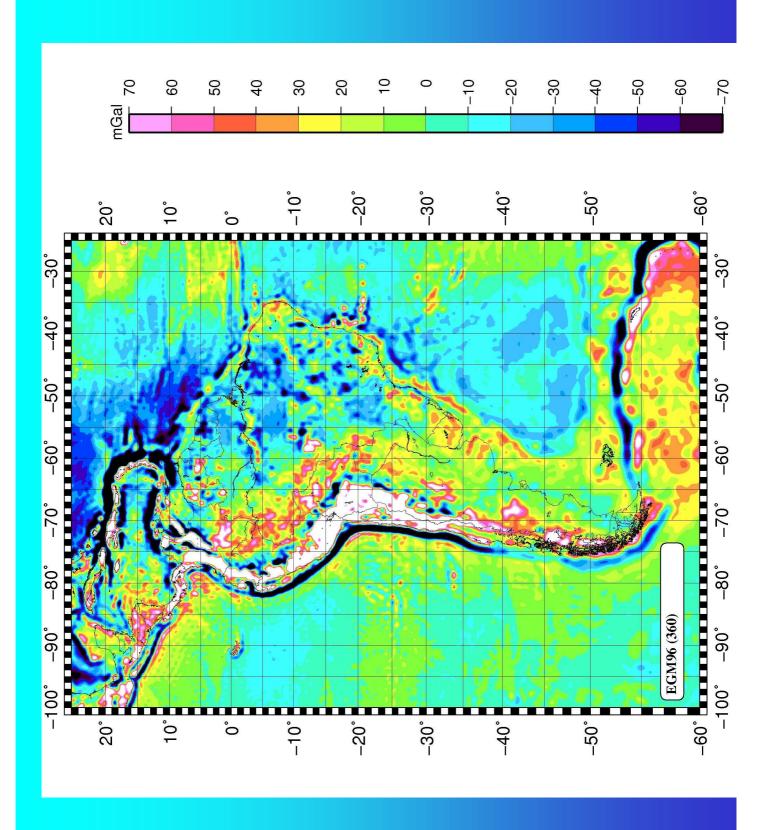
Modelos de Anomalias de Gravidade da Terra

?

Estáticos







2º ENCONTRO NACIONAL DE PRODUTORES E USUÁRIOS DE INFORMAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E TERRITORIAIS

Código da Atividade: **0554** Tipo da Atividade: **Oficina**

Título da Atividade: Padronização e integração da informação gravimétrica

Nome do Coordenador: **Walter Humberto Subiza Piñã** Nome do Relator: **Carlos Alberto Côrrea e Castro Júnior**

Lotação do Relator: Gerência de Geodésia e Cartografia da UE/GO

E-mail do Relator: **castrojr@ibge.gov.br** Telefone do Relator: **(62)** 3225-4398

Data: 21/08/2006

Horário de início: **14:00h** Horário do término: **18:00h**

Existência de tradução simultânea/língua: Não

Público presente estimado: 20 pessoas

INTRODUÇÃO:

A atividade teve início às 14:00h, o coordenador explicou o funcionamento da oficina, sendo composta de três partes, a primeira com exposições e questões referidas às mesmas, e a segunda onde haverá um debate geral entre os participantes, finalizando uma terceira parte com as sugestões da oficina para o IBGE.

DEBATE / QUESTIONAMENTOS:

1a.Parte Exposições convidadas

a)o Dr.Denizar Blitzkow (USP),apresentou a palestra "As missões modernas", onde abordou o tema das últimas missões geodésicas com satélites artificiais e o desenvolvimento dos modelos geopotenciais de última geração. Também, apresentou um estudo sobre a variação do nível d'água a Amazônia, sendo controlada com dados altimétricos e modelos geopotenciais. A palestra durou cerca de 28 minutos.

Questionamentos e comentários à palestra:

- 1.Nilo César Coelho da Silva/DEGED/DGC/IBGE, perguntou como ocorre a disponibilização dos dados oriundos das missões espaciais, e Como foram efetuadas as leituras dos níveis d'água e das réguas limnimétricas, por conta do convênio USP/IRD?
- 2.Iris Escobar (CPRM-UERJ) perguntou se as variações periódicas (mensais)das anomalias da gravidade, apontadas pelas missões espaciais, teriam alguma componente ou fator incidente?
- 3.Hildeberto Biserra Lins, da DIGEO-BA, perguntou se os resultados das missões trariam alguma melhoria à rede altimétrica.
- 4. Newton José de Moura Junior, da CGED, perguntou quais os períodos das órbitas dos satélites?
- 5.Luiz Paulo Souto Fortes/GABINETE/DGC, perguntou se com o advento das missões modernas há um necessidade de densificação da rede altimétrica?
- 6. Sonia Maria Alves Costa/DEGED/DGC, afirmou que existe a necessidade de maiores investimentos para as atividades geodésicas, em particular a componente altimétrica.

b) O coordenador da Oficina, apresentou a palestra "Rede gravimétrica do IBGE-Situação em agosto 2006", trabalhou em conjunto com Maria Cristina Barboza Lobianco/GABINETE/DGC.A duração da apresentação foi de 22 minutos e abordou os trabalhos de modernização da informação gravimétrica que estão sendo executados.

Questionamentos e comentários à palestra:

- 1. Maria Cristina Barboza Lobianco, ressaltou a necessidade de medições gravimétricas em vazios do território nacional.
- 2.Iris Escobar, apresentou dúvidas sobre a necessidade de se ajustar a rede de adensamento gravimétrica.
- 3.Antônio Carvalho Filho/DEGED/DGC, perguntou porque não se pensa num único banco de dados gravimétricos?
- 4.Luiz Paulo Souto Fortes, sugeriu a adoção de uma área de teste para análise de resultados.
- c) O coordenador apresentou a palestra: "A base de dados gravimétricos no IBGE -uma proposta de integração ", com duração de 12 minutos.

Questionamentos e comentários à palestra:

- 1)Luis Paulo Souto Fortes, comentou que em 1982 houve uma sugestão de se elaborar um único banco de dados gravimétricos no IBGE, incluindo outras organizações públicas e privadas.
- 2)Iris Escobar mencionou que a questão do IBGE ser depositário de dados gravimétricos no Brasil é bastante antiga e reforçou que em alguns momentos os dados gravimétricos do Observatório Nacional foram enviados ao IBGE.
- 3) Maria Cristina Lobianco lembrou que na década de 1980 existia uma "Comissão de Gravimetria", no âmbito da Sociedade Brasileira de Geofísica, que reunia diversas instituições que efetuavam levantamentos gravimétricos e funcionava como órgão de coordenação e troca de informações.

Foi feito um intervalo das 15:50 até as 16:25h.

CONCLUSÃO:

2a.Parte -Discussões e considerações gerais dos participantes

- 1.O Coordenador mencionou a necessidade de levantamentos gravimétricos para a obtenção de altitudes com significado físico, assim como para o aprimoramento do modelo geoidal do Brasil. Orientou as discussões no sentido de rever primeiro as considerações sobre a gravimetria e a modelagem do geóide e uma segunda parte falou sobre a possível integração das bases gravimétricas.
- 2.Denizar Blitzkow citou a necessidade de acompanhar mais de perto as variações do geóide. Disse que hoje a tendência das novas missões espaciais é trazer resultados consistentes para a elaboração de modelos geoidais até grau e ordem de 720, mas para que isso ocorra são necessários dados gravimétricos terrestres. Observou a importância de agregar dados de levantamentos aerogravimétricos e citou o exemplo da Petrobrás, que vem realizando levantamentos com esta metodologia. Mencionou que a área da Amazônia, pode ser o único método em fornecer resultados abrangentes em tempo adequado.
- 3.Iris Escobar reiterou a idéia de que a aerogravimetria seria uma grande solução para a cobertura gravimétrica do Brasil, devido à homogeneidade das informações coletadas.

Informou que deveria existir um programa de cooperação entre o Brasil e os Estados Unidos, para fins de levantamentos aerogravimétricos.

- 4.O Coordenador espera que haja o devido entrosamento em todo o país e que os dados advindos da aerogravimetria sejam melhor aproveitados. Sugeriu que enquanto isso não acontece, haja um maior incentivo para a execução de levantamentos terrestres, com o fim de atender as urgentes demandas de posicionamento.
- 5.Iris Escobar reforçou a idéia de que os levantamentos gravimétricos terrestres serão necessários por muitos anos, principalmente para melhorar as altitudes do sistema geodésico brasileiro, tendo em vista que o campo de gravidade é o referencial natural da cartografia.
- 6.Maria Cristina Lobianco, esclareceu que o modelo geoidal atual (Mapgeo2004), não é suficiente para atender as precisões requeridas pela comunidade usuária de GPS, em termos altimétricos. Por conseguinte, existe a necessidade de se dar continuidade às atividades de nivelamento geométrico, gravimetria e levantamentos GPS/RN até que se tenha a desejada consistência no modelo geoidal.
- 7.Denizar Blitzkow, acredita que não se possa parar a execução de levantamentos gravimétricos terrestres e sugere maior atenção à determinação de números geopotenciais, agregando-se informações gravimétricas às altimétricas.
- 8.Iris Escobar, não enxerga as técnicas de obtenção de dados geodésicos como concorrentes, mas como complementares. Sugere que se aproveitem todas as formas disponíveis de levantamentos (satélite, aerogravimetria, gravimetria terrestre, e altimetria com GPS), a busca de modelos do geóide mais precisos.
- 9.Renato Rodrigues Pinheiro/DEGED/DGC, defende a proposta de não deixar de densificar a componente vertical com nivelamento geométrico, enquanto não houver nenhum método mais eficiente que o substitua.

PROPOSTAS, SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES:

- 1) Considerando que o estado atual do desenvolvimento do modelo geoidal no Brasil, ainda não possui uma precisão adequada às necessidades dos usuários de GPS, existindo a necessidade de refinar continuamente o modelo geoidal, assim como de adequar o sistema de altitudes físicas do Brasil, recomenda-se:
- Que o IBGE priorize futuramente os levantamentos geodésicos planimétricos, altimétricos e gravimétricos que auxiliem a tarefa de melhorar os resultados dos cálculos de modelos geoidais e na obtenção de altitudes com significado físico.
- 2) Considerando a necessidade de se dar continuidade às discussões inerentes à padronização e integração da informação gravimétrica em território nacional, sugere-se:

Que sejam envisados esforços junto à Sociedade Brasileira de Geofísica com vistas à reativação da "Comissão Gravimétrica" em âmbito nacional.

Priorizar a reativação da Comissão Gravimétrica.

Carlos Alberto Côrrea e Castro Júnior Relator