

## 1. INTRODUÇÃO

- Atualmente os serviços de navegação por GNSS (*Global Navigation Satellite System*) estão sendo cada vez mais utilizados. As coordenadas GNSS já possuem melhor precisão em comparação com os métodos geodésicos clássicos. A única coordenada que ainda apresenta problemas é a altimétrica. A altitude obtida via GNSS não é relativa ao nível médio dos mares, mas sim uma altitude em relação a um elipsóide de referência.
- A superfície que corresponde ao nível médio dos mares é o geóide. Esta superfície é calculada através de métodos que necessitam de dados do potencial gravimétrico terrestre.
- Ultimamente houve um grande esforço pela comunidade científica para obter dados gravimétricos **com melhor exatidão** e distribuição pela superfície terrestre. O último grande esforço neste sentido se deu na forma da missão GOCE (*Gravity field and steady-state Ocean Circulation Explorer*), um satélite multifuncional que tem como objetivo obter informações para diversas áreas de conhecimento, como: Oceanografia, Geodésia e Geofísica.

## 2. OBJETIVOS

- Verificar se o geóide obtido pela diferença entre a altura geométrica e altitude ortométrica da RAAP (Rede Altimétrica de Alta Precisão) está mais próximo à superfície geoidal ou à quase-geoidal dos modelos do geopotencial e gravimétricos. Verificar as discrepâncias das ondulações geoidais e anomalias de altitude dos modelos (especialmente os modelos com dados advindos da missão GOCE) com a superfície de referência da RAAP.

## 3. CONJUNTO DE DADOS

### 3.1 Dados GPS

- Os dados de GNSS utilizados neste trabalho foram fornecidos pelo Laboratório de Pesquisas em Geodésia da UFRGS (LAGEO), sendo rastreados 42 pontos sobre RRNN (referências de nível) no Estado do Rio Grande do Sul.



Figura 1. Dispersão dos pontos rastreados via GNSS no estado.

### 3.2 MODELOS DE GEOPOTENCIAL

- Os dados dos modelos de geopotencial foram obtidos na página do ICGEM (*International Centre for Global Earth Models*). Os modelos utilizados foram: *EGM2008* até o grau 2160; *EIGEN51c* até o grau 359; *GO\_CONS\_GCF\_2\_DIR\_R1* até o grau 240; *GO\_CONS\_GCF\_2\_SPW\_R1* até o grau 210; *GO\_CONS\_GCF\_2\_TIM\_R1* até o grau 224; *GOCO01s* até o grau 224; *ITG-GRACE2010s* até o grau 180.
- O modelo geoidal oficial brasileiro, *MAPGEO2010*, foi obtido pelo programa interpolador de ondulações geoidais, disponibilizado gratuitamente no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

## 4. METODOLOGIA

- Os modelos foram comparados utilizando o *software* Surfer e planilhas do Excel. Primeiro foram calculadas as ondulações geoidais referentes à RAAP, de modo que se utilizaram as altitudes ortométricas (H) que constam nos memoriais das RRNN e as altitudes obtidas via GNSS (h) no ponto.
- $N_{GPS} = h_{GPS} - H_{ortométrica}$

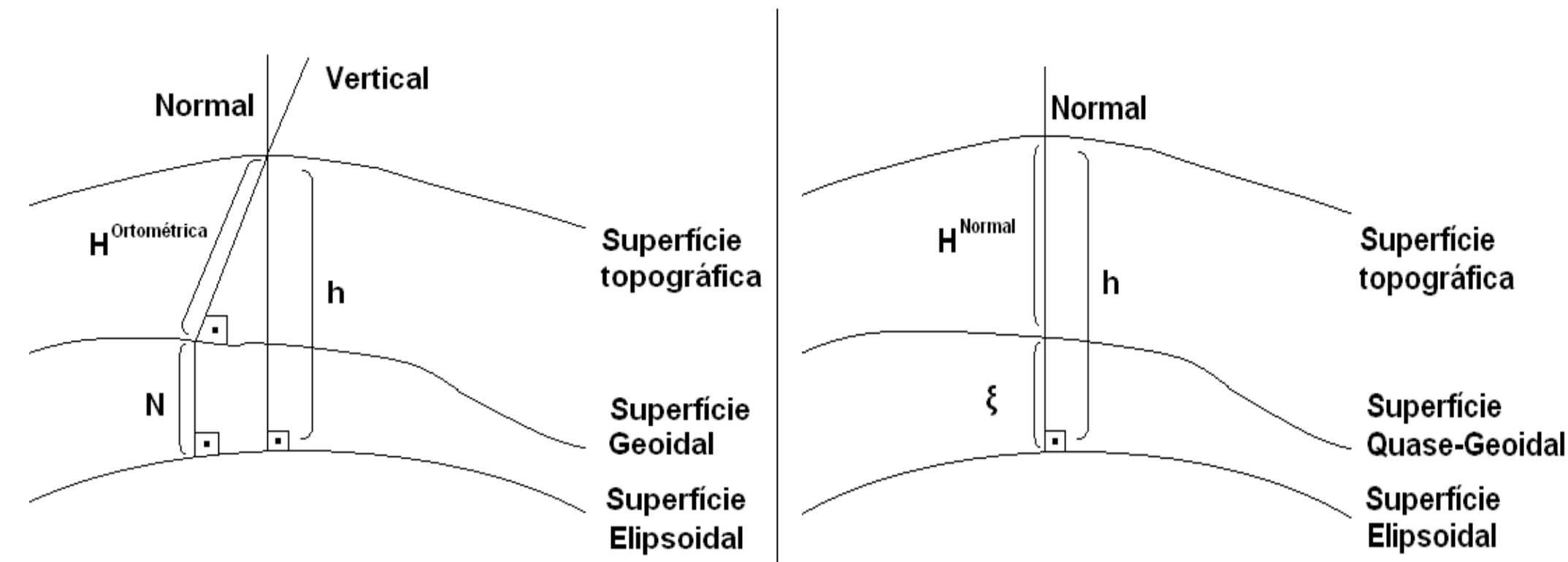


Figura 2. Relação entre superfície física, elipsóide e geóide.

Figura 3. Relação entre superfície física, elipsóide e quase-geóide.

- Com os dados da ondulação geoidal referente à RAAP, foram comparadas as ondulações geoidais (para comparar com o geóide), representadas por N, e as anomalias de altitude (para comparar com o Quase-geóide), representadas por ξ.
- $\Delta N = N_{GPS} - N_{modelo}$  ;  $\Delta N = N_{GPS} - \xi_{modelo}$

## 5. RESULTADOS

Diferença nas RRNN (em metros)								
Geóide								
	MAPGEO2010	EGM2008	EIGEN51c	GO_CONS_GCF_2_DIR_R1	GO_CONS_GCF_2_SPW_R1	GO_CONS_GCF_2_TIM_R1	GOCO01s	ITG-GRACE2010s
Média aritmética	0,190695364	0,437787	0,465323	0,44717	0,426685	0,414122	0,425868	0,478614
Desvio padrão	0,155789185	0,178067	0,232479	0,289381	0,36165	0,328748	0,332765	0,35045
Anomalia de altitude								
Média aritmética	-	0,44549	0,471017	0,453462	0,432858	0,420367	0,432142	0,483755
Desvio padrão	-	0,181419	0,234892	0,289362	0,363538	0,33009	0,333936	0,352971

Tabela 1. Diferença entre a ondulação geoidal da RAAP e a ondulação geoidal/Anomalia de altitude sobre as RRNN (diferença média)

Distância entre a superfície geoidal e quase-geoidal (em metros)						
EGM2008	EIGEN51c	GO_CONS_GCF_2_DIR_R1	GO_CONS_GCF_2_SPW_R1	GO_CONS_GCF_2_TIM_R1	GOCO01s	ITG-GRACE2010s
0,007704	0,005694	0,006291	0,006173	0,006245	0,006273	0,00514

Tabela 2. Distância entre as superfícies geoidais e quase-geoidais

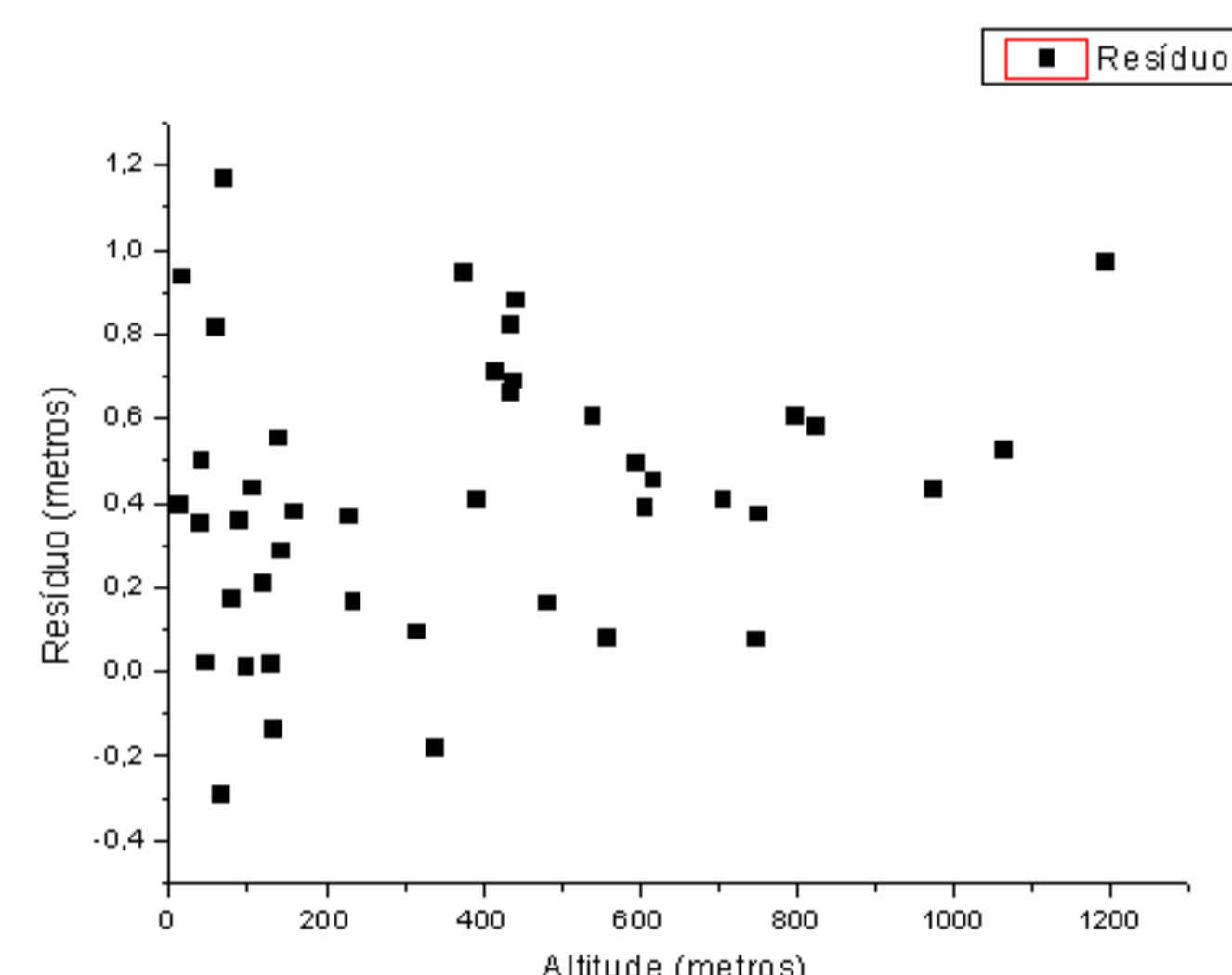


Figura 4. Gráfico relacionando a altitude com o valor do resíduo da comparação para o modelo GO\_CONS\_GCF\_2\_TIM\_R1

## 6. ANÁLISES E CONCLUSÕES

- Analisando a tabela 2, constatou-se que a distância entre as superfícies quase-geoidais e geoidais são da ordem de milímetros. Nas RRNN estudadas a distância entre as duas superfícies foi em média 0,0062m. Desta forma conclui-se que tanto o modelo geoidal quanto o quase-geoidal podem ser utilizados para obtenção de altitudes ortométricas, visto que a precisão milimétrica não foi atingida pelo rastreo de GNSS.
- Analisando a Tabela 1, percebe-se que o modelo que melhor representou a altitude ortométrica na área de estudos é o MAPGEO2010. Os outros modelos tiveram resíduos mais de duas vezes maiores que o modelo oficial brasileiro. Um observação interessante é que os modelos com dados derivados do GOCE obtiveram melhor desempenho que o modelo EGM2008, que é o modelo geopotencial de maior grau entre os comparados.
- Outra interpretação a se fazer destes dados é que em todos os modelos, a superfície de referência da RAAP está mais próxima à superfície geoidal.

## REFERÊNCIAS

- Introdução à geodésia física; Gemael, Camil 1999, Curitiba, editora da UFPR;  
[www.ibge.gov.br/geodesia](http://www.ibge.gov.br/geodesia) acesso 5 de Junho de 2011;  
<http://icgem.gfz-potsdam.de/ICGEM/> acesso 5 de Maio de 2011