

## ANÁLISE LOCAL DAS ALTITUDES ORTOMÉTRICAS DISPOSTAS NAS ESTAÇÕES PASSÍVAS DO IBGE: UFAL-MACEIÓ-AL

ACADÊMICA JUCIELA CRISTINA DOS SANTOS<sup>1</sup>  
ACADÊMICA ELANE CRISTINA LOURENÇO DOS SANTOS<sup>1</sup>  
ACADÊMICO ALISSON LUIZ DA COSTA<sup>1</sup>  
PROF. DR. NELSON MARISCO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas - UFAL  
<sup>1</sup>Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente - IGDEMA  
<sup>1</sup>Engenharia de Agrimensura, Maceió- AL

juciela\_agrimensura@yahoo.com.br; elane\_agrimensura@yahoo.com.br; alcnick@gmail.com; nmarisco@nin.ufms.br.

**RESUMO** – A proposição deste trabalho tem como objetivo contribuir com a discussão sobre a pertinência do IBGE fornecer informação da altitude ortométrica, da forma como está sendo realizado nos memoriais descritivos dessas estações passivas. Bem como apresentar uma proposta de trabalho a ser desenvolvida no sentido de buscar solucionar alguns dos problemas diagnosticados. Para isso realizou-se um nivelamento geométrico entre as respectivas estações passivas 93206 e 93070, localizados no Campus A.C. Simões da Universidade Federal de Alagoas/UFAL, no município de Maceió/AL. Com o resultado pode-se levantar algumas hipóteses que deverão ser confirmadas ou refutas na continuidade dos trabalhos.

**ABSTRACT** – The proposition of this work aims to contribute to the discussion on the relevance of the IBGE provide information of orthometric altitude, like has being done in the description of these passive stations. As well as presenting a proposal for work to be developed in order to seek find solutions of some of the diagnosed problems. For this way was realized a geometric leveling between the respective passive stations 93206 and 93070, located on the campus A.C. Simoes of the Universidade Federal de Alagoas/UFAL, in the city of Maceio. With the result you can raise some hypotheses that should be confirmed or not in the continuity of the work.

### 1 INTRODUÇÃO

Há uma grande demanda atualmente por metodologias de representação do relevo, para diferentes finalidades em diversas áreas do conhecimento humano, Indo desde representação tridimensional do relevo em modernos equipamentos militares a disponibilidade de informações em terceira dimensão pela Web. É do conhecimento da comunidade científica que a diferença entre as altitudes ortométricas e geométricas, tem causado algumas dificuldades de utilização dessas informações pela comunidade usuária dos sistemas de rastreamento de satélites artificiais. Levando a confusões e a má utilização das informações altimétricas.

A preocupação aqui exposta é o fato de por se tratar de uma forma rápida e barata de se obter altitudes, haja um comprometimento da qualidade dos resultados utilizados, já que o usuário comum não tem conhecimento da diferença existente entre as altitudes geométricas e ortométricas isso pode vir a gerar uma série de problemas no processo de disseminação das informações geoespaciais. Outra questão a ser

discutida é: quais os prejuízos a esses dados altimétricos pela não consideração da ondulação do geóide (N) nas suas determinações?

Dentro deste contexto, procurou-se pensar em um trabalho que venha a trazer a tona essa questão. Tomando-se por base as informações disposta pelo IBGE, em seu banco de dados geodésico. E as informações altimétricas contidas nos memoriais descritivos das estações passivas implantadas no campus da UFAL/Maceió-AL.

Segundo Luz et. al, (2004), A situação atual do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) não favorece a obtenção de valores precisos de altitudes físicas através das modernas técnicas espaciais. A indefinição conceitual das altitudes brasileiras contribui decisivamente para isso, assim como a baixa precisão dos modelos Geopotenciais utilizados.

Há também uma problemática em relação a aplicação da “redução pseudo-ortométrica” (denominação mais adequada para a tradicional “correção ortométrica”), que trata apenas do efeito do não paralelismo das superfícies equipotenciais do

campo da gravidade normal (GEMAEL, 1999), ou seja, apenas corrige os efeitos das variações da gravidade advindas das variações de latitude, causando assim um acúmulo de possíveis erros e de definição de altitude.

**2 PRESUPOSTOS TEÓRICOS**

A região estudada está localizada no município de Maceió, estado de Alagoas, com coordenadas geográficas Latitude 9°20'S a 9°45'S e Longitude 35°30'W e 36°50'W. Mais precisamente no Campus da Universidade Federal de Alagoas, onde estão implantados os dois marcos a serem discutidos no presente trabalho como mostra a figura 1.

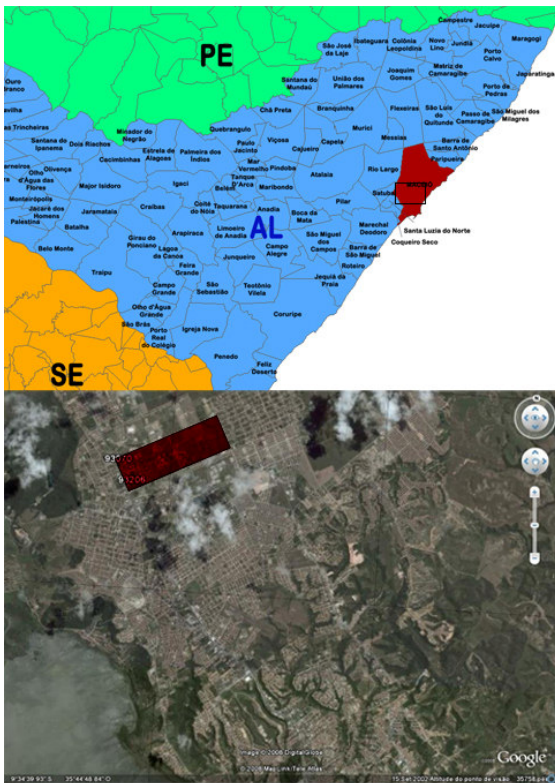


Figura 1: Situação de onde foi feito o trabalho.  
Fonte: Acervo dos Autores

**2.1 Rede Altimétrica Brasileira.**

A Rede Altimétrica Brasileira é constituída de pontos materializados no terreno conhecidos como Referenciais de Nível (RN), homologados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), contendo informações sobre a altitude de um ponto na superfície real até o geóide geométrico, ao longo de uma vertical. No Brasil os órgãos que começaram a implantação da rede altimétrica, realizando os primeiros nivelamentos foram: Instituto Brasileiro de Geografia (IBG), hoje Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG); Instituto Geográfico e Geológico

de São Paulo, da Secretária de Agricultura do Estado (IGCSP) e Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul S/A (SACS), (ALENCAR, 1994).

Em 13 de Outubro de 1945, o IBGE iniciou os trabalhos de Nivelamento Geométrico de Alta Precisão, inicialmente na cidade de Cocal, Município de Urussanga- SC, onde está localizada a Referência de Nível RN 1-A, tomando como base a estação Maregráfica de Torres- RS. O objetivo desse trabalho era apoiar o mapeamento e servir de suporte às grandes obras de engenharia, além de dar apoio altimétrico à triangulação geodésica projetada ao longo do meridiano 49° (IBGE, 2008).

Segundo ALENCAR (2004), o Datum de Torres foi provisoriamente utilizado como referência para a Rede altimétrica, sendo Substituído até os dias atuais pelo Datum de Imbituba, localizado na cidade de Imbituba em Santa Catarina. A rede altimétrica neste momento já possuía 30.000 Km de linhas niveladas e a substituição deste Datum em 1958 causou uma enorme melhoria de definição do sistema de altitudes.

A rede altimétrica, no entanto passou por diversos ajustamentos (1948, 1952, 1959, 1962, 1963, 1966, 1970 e 1975), partindo-se daí o IBGE deu início a informatização dos dados altimétricos existentes, com o objetivo de homogeneizar a Rede Altimétricas de Alta precisão – RAAP. Após a conclusão do ajustamento em 1993, foram corrigidos alguns problemas de ajustamentos anteriores, com a aplicação da redução pseudo-Ortométrica, que trata apenas do efeito do não paralelismo das superfícies equipotenciais do campo da gravidade normal (ALENCAR, 1994)

A figura a seguir nos mostra toda a rede altimétricas atual brasileira, com suas linhas de nivelamento e as estações altimétricas.

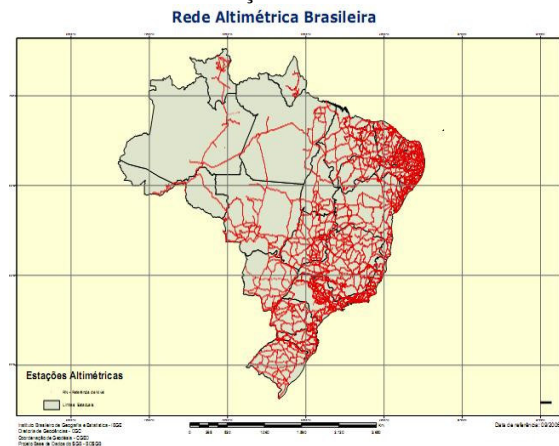


Figura 2: Rede Altimétrica brasileira  
Fonte:ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/altitotal.pdf

**2.1.1 Métodos para obtenção de altitude ortométrica**

Segundo GEMAEL (1999), altitude ortométrica de um ponto é a distância desse ponto ao geóide, contado ao longo da vertical, podendo ser obtida através de Nivelamento Geométrico associado à Gravimetria.

Esse tipo de associação com a Gravimetria é estudado em Geodésia Física, que se preocupa com o campo da gravidade e suas aplicações geodésicas.

De acordo com TORGE (2001), distância do geóide ao ponto, sobre a linha de prumo. Integrando-se a diferença dos potenciais gravífico entre duas superfícies equipotenciais separadas por uma distância infinitesimal, obtém-se expressão da altitude ortométrica, descrita a seguir:

$$H = \frac{C}{g_m^v} \quad (1)$$

Onde: H= altitude ortométrica

C = número geopotencial

$g_m^v$  = valor médio da gravidade ao longo da linha de prumo entre o geóide e a superfície física.

Partindo-se desta equação temos:

$$C = w_0 - w = \int gdh \cong \sum (g_m^{obs} \Delta h^{obs}) \quad (2)$$

Onde:

W = potencial gravífico,

$g_m^{obs}$  = valores médios da gravidade nos pontos nivelados

$\Delta h^{obs}$  = os desníveis entre os pontos.

Nivelamento geométrico é a operação que realiza a medida da diferença de nível entre pontos do terreno por intermédio de leituras correspondentes a visadas horizontais, obtidas com um nível de precisão em miras colocadas verticalmente nos referidos pontos (ABNT, 1994). A utilização deste nivelamento é o mais indicado por obter grandes precisões nos levantamentos, sendo os métodos mais utilizados o das visadas iguais, que elimina os erros sistemáticos devido à refração atmosférica, colimação vertical e efeito da curvatura terrestre (ZANETTI, 2005). Assim as altitudes são transportadas de um ponto a outro, determinando os desníveis e obtendo-se, portanto as altitudes destes.

**2.1.1.1 Obtenção de altitudes Ortométricas através de GPS.**

Modernamente surgiu uma nova opção para obtenção das Altitudes Ortométricas, através do

rastreio por satélites artificiais em regiões na qual o geóide é conhecido.

Usando GPS e geóide podem ser obtidas as altitudes geométricas e a ondulação geoidal para estabelecer uma relação com a altitude ortométrica de um determinado ponto. De modo geral a obtenção dessa altitude é obtida da seguinte forma:

Através de posicionamento por satélite entre dois pontos, teremos a diferença entre as altitudes dos mesmos, tomando como base a relação de desnível de ambos os pontos, como mostra a equação a seguir.

$$\Delta h_A = h_A - h_{A'} \quad (3)$$

Onde:

$h_A$  = altitude geométrica no ponto A

$h_{A'}$  = altitude geométrica no ponto A'

Através de um modelo geoidal pode-se calcular a diferença da ondulação geoidal referente a estes dois pontos, como mostra a equação (OLLIKAINEM, 1998).

$$\Delta N_A = N_A - N_{A'} \quad (4)$$

Onde:

$N_A$  = Ondulação Geoidal no ponto A

$N_{A'}$  = ondulação geoidal no ponto A'

Partindo destas duas equações, pode-se estabelecer uma relação entre Ondulação geoidal e Altitude geométrica para obter-se a altitude ortométrica da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \Delta H_A &= H_A - H_{A'} \\ \Delta H_A &= \Delta h_A - \Delta N_A \end{aligned} \quad (5)$$

A figura Abaixo representa de forma sucinta a relação entre a altitude geométrica, a ondulação geoidal e a altitude Ortométrica.

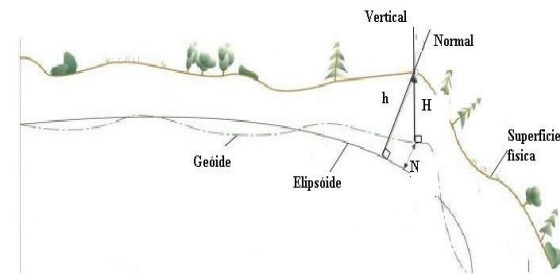


Figura 3: Relação entre altitude Ortométrica, Geométrica e Ondulação Geoidal nas superfícies.  
FONTE : Adaptado de ZANETTI (2005)

Apesar de conveniente por possuir maior agilidade, simplicidade e menos custos, a altitude geométrica pode ser obtida com acurácia centimétrica, pelo posicionamento GPS no modo relativo. No entanto, para explorar as potencialidades do GPS na altimetria, deve-se utilizar um modelo geoidal com acurácia compatível à requerida na altimetria. A altitude ortométrica obtida por esta técnica possui exatidão comparável a das alturas geoidais utilizadas.

Entretanto, para a execução desta técnica é necessário o uso de no mínimo uma estação de referência, com coordenadas geodésicas e altitude ortométrica conhecidas. Ainda, com uso de apenas uma estação de referência, eventuais erros presentes nas estações de referência são transferidos para os pontos de interesse (SANTOS & SÁ, 2006).

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Sugere-se no presente trabalho a averiguação das Altitudes Ortométricas existentes em dois marcos da rede passiva do IBGE, localizado no campus da Universidade Federal de Alagoas, bem como proposições para solucionar eventuais problemas encontrados.

Os marcos da rede Passiva do IBGE, materializados no campus da UFAL-Maceió-AL possuem em seu memorial descritivo, altitudes ortométricas e geométricas, em ambos os sistemas de referência geodésica (SAD69 e SIRGAS2000). As altitudes geométricas foram obtidas através de posicionamento por satélites artificiais, já as altitudes ortométricas foram obtidas, através do MAPGEO2004 associado aos dados obtidos pelo posicionamento por satélite.

Com o propósito de melhorar a praticidade de obtenção das altitudes ortométricas, o IBGE gerou um Modelo de Ondulação Geoidal com uma resolução de 10' de arco e desenvolveu o MAPGEO2004.

Segundo COSTA & LIMA (2005), para a elaboração deste modelo foram utilizadas algumas informações para a criação do mesmo. Tais informações consistem nas anomalias ar-livre derivadas da altimetria por radar a bordo de satélite em áreas oceânicas, utilizando o modelo KMS99; o Modelo Digital de Terreno (MDT) de 1'x1', desenvolvido pela EPUSP, obtido a partir da digitalização de cartas topográficas e, quando não disponíveis, utilizando o modelo GLOBE; o modelo geopotencial EGM96 até grau e ordem 180 e o valor médio das anomalias de Helmert em cada quadrícula, que segundo LOBIANCO et al. (2005), foi obtido empregando a média aritmética dos dados ali constantes, onde nas quadrículas que não haviam dados, foram utilizados recursos de interpolação do valor, também através de média aritmética, das quadrículas adjacentes. Com base na grade de 5' x 5',

foi gerada a grade de 10' x 10' empregada no cálculo do modelo geoidal.

Para a realização do presente trabalho, utilizou-se apenas da altitude Ortométrica disponibilizada nos memoriais descritivos das estações disponibilizadas pelo IBGE referenciada ao SIRGAS2000.

Partindo-se dessa afirmação, foi realizado um nivelamento geométrico de classe IIN, segundo a NBR 13133, com o intuito de comparar a diferença de altitude ( $\Delta H$ ) entre as referidas estações.

As Estações 93070 e 93206, localizadas no Campus da Universidade Federal de Alagoas, distam entre si aproximadamente 450 metros, possuem um desnível de 0,613 metros  $\pm$  2 mm, sendo essa por sua vez a real diferença de altitude ( $\Delta H$ ) entre os mesmos, conforme aponta resultados obtidos em nivelamento geométrico disposto na Tabela 1.

Tabela 1: Caderneta de Nivelamento geométrico

Est.	RÉ			VANTE			$\Delta H$ (m)
	FS	FM	FI	FS	FM	FI	
RN1	1,031	0,881	0,728	-	-	-	0
A1	0,915	0,762	0,610	1,601	1,449	1,296	-0,568
A2	2,008	1,853	1,700	1,416	1,265	1,115	-0,503
A3	1,640	1,485	1,330	1,257	1,102	0,948	0,751
A4	0,960	0,809	0,658	1,118	0,962	0,898	0,523
A5	1,511	1,349	1,188	1,362	1,212	1,062	-0,403
RN2	-	-	-	1,924	1,762	1,599	-0,413

Diferença de Altitude = -0,613

O desnível foi calculado através das fórmulas convencionais, contidas nas NBR's.

$$D_p = FM_{ré} - FM_{vante} \quad (6)$$

Em que:

$D_p$  - é o desnível do ponto.

$FM_{ré}$  - é o fio médio de ré.

$FM_{vante}$  - é o fio médio de vante.

Tabela 2: Comparação das diferenças de altitudes ( $\Delta H$ ) disponível nos memoriais do IBGE

Marcos	SGR	H (m)	$\Delta H$ (m)
93070	SIRGAS2000	86,71	1,65
93206		88,36	
93070	SAD69	86,76	1,65
93206		88,41	

Na tabela 2 nota-se a diferença de altitude ( $\Delta H$ ) entre os marcos nos sistemas SIRGAS2000 e

SAD69 de cada estação disponível nos memoriais descritivos do IBGE.

Conforme pode se denotar da tabela 2, a diferença de altitudes ( $\Delta H$ ) no SIRGAS2000 é de 1,65 metros, diferente das informações obtidas através do nivelamento geométrico entre as estações que foi de 0,613 metros. Isso resulta em uma discrepância de 1,037 metros entre os ( $\Delta H$ ) para o sistema SIRGAS2000.

Essa diferença pode ser oriunda do Modelo de Ondulação Geoidal MAPGEO2004 utilizado para a obtenção das referidas altitudes. Já que através desse sistema, os usuários podem obter a ondulação geoidal ( $N$ ) em um ponto, ou conjunto de pontos, referidos aos sistemas SIRGAS2000 e SAD69.

Além do mais, Segundo a Coordenação de Geodésia do IBGE, o erro médio padrão associado ao modelo MAPGEO2004, é de  $\pm 0,5$  metros, determinado a partir das comparações de altitudes GPS com altitudes de referências de nível (altitudes obtidas através de nivelamento geométrico) do IBGE. Isso significa que no Brasil, poderão ocorrer erros maiores que 0,5 metros, em regiões onde existe carência de informações para subsidiar a elaboração do modelo.

Como é notadamente visível, esse erro não se emprega no caso estudado, visto que o erro cometido pelo sistema é de  $\pm$  um metro entre as referidas estações.

A diferença encontrada no ( $\Delta H$ ) das estações é maior que o erro médio padrão encontrado no MAPGEO2004. Desta forma pode-se afirmar que essa diferença não se justifica apenas pela utilização do modelo MAPGEO2004, havendo provavelmente outros fatores que influenciam nessa diferença dos  $\Delta H$ .

Para converter a altitude elipsoidal ( $h$ ), obtida através de GPS, em altitude ortométrica ( $H$ ), utiliza-se a equação:

$$H \approx h - N \quad (7)$$

Em que:

H = Altitude Ortométrica

h = Altitude Geométrica ou elipsoidal

N = ondulação Geoidal

Esta equação permite encontrar a altitude Ortométrica de um ponto a partir de informações obtidas através do rastreamento por GPS, associado a ondulação geoidal ( $N$ ) para a região, obtida através do MAPGEO2004.

A grande problemática desse sistema é o fato de se tratar de um modelo generalizado para o país, não satisfazendo condições desejadas em algumas localidades.

Segundo LUZ et. al (2004), o Mapa Geoidal do Brasil, em sua versão de 1992 (GB-92), apresenta uma grande "depressão geoidal" na região de Santana, que pode ser resultado da errônea utilização de valores de altitude, anulando a ondulação geoidal nesse ponto. Uma das possíveis causas é a baixa precisão dos modelos globais de maré utilizados no processamento das observações dos satélites altimétricos, o que poderia ser corrigido através da elaboração e aplicação de um modelo Hidrodinâmico regional.

A definição formal de Altitude Ortométrica inclui informações gravimétricas, que tem como finalidade determinar a ondulação do geóide na região estudada (GEMAEL1999). Contudo, a comunidade Cartográfica brasileira convencionou usar a mesma denominação para as altitudes que estão contidas nos Referenciais de Níveis (RN) existentes.

Ainda segundo LUZ et al (2004), citando BLITZKOW et al. (2002), bem poucas RRNN da RAAP possuem valor de gravidade, pois apenas a partir de 1995 o IBGE vinculou a realização de levantamentos gravimétricos às novas linhas de nivelamento geométrico — a diretriz principal de sua gravimetria é, desde o início (1991), o preenchimento dos "vazios gravimétricos".

Obviamente, o nivelamento realizado entre os marcos teve apenas o objetivo de conhecer o desnível entre os mesmos, para a averiguação das informações existentes, não havendo a inclusão de dados gravimétricos.

Com tudo, pode-se constatar a discrepância das informações e a imprecisão dos mesmos, deixando clara a necessidade de informações mais seguras e de estudos preliminares antes da utilização dessas altitudes para diversos fins.

Nota-se desta forma, a necessidade da realização do transporte de Altitude Ortométrica, partindo-se de um referencial de nível (RN) confiável acrescido de dados gravimétricos para a região onde estão localizados os marcos, a fim de disponibilizar altitudes ortométricas confiáveis nas estações e na área do Campus da UFAL, bem como elucidar o referido problema tratado neste trabalho.

#### 4 CONCLUSÕES

Tendo em vista que o nivelamento geométrico descrito está dentro das normas da ABNT, e que o mesmo foi realizado segundo as especificações técnicas exigidas, concluiu-se que, observando o nivelamento geométrico realizado e as informações existentes, pode-se afirmar que as altitudes ortométricas disponível nos memoriais descritivos do IBGE, referentes aos dois marcos objeto de análise neste trabalho não devem ser utilizadas pelo usuário..

Desta forma, pretende-se no desenvolvimento deste trabalho realizar as seguintes atividades:



- Transporte de uma altitude ortométrica, tendo como referência um referencial de nível (RN) do próprio IBGE;
- Comparar a altitude ortométrica transportado com os dados fornecidos pelo IBGE, nas referidas estações;
- Realizar uma seção de gravimetria no entorno das estações para a determinação acurada da ondulação geoidal local (N), bem com uma análise dos problemas acarretados pela sua ausência.

Entende-se que com tais procedimentos poder-se-á contribuir com a questão da qualidade das altitudes ortométricas disponibilizadas pelo IBGE nos memoriais descritivos das estações passivas e a pertinência de sua disponibilização para os usuários.

ZANETTI, M.A.Z.: **Apostila de Geodésia Geométrica**. Curitiba: Editora da UFPR, 2005. 102p

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, S.M.A.; LIMA, M.A.A. **Ajustamento da Rede Planimétrica Brasileira em Sirgas2000**. In: **IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas - IV CBCG**. Curitiba, 2005. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/>. Acesso em: 19 de julho de 2008.

GEMAEL, C. **Introdução a Geodésia Física**. Curitiba: Editora UFPR, 1999.

GEMAEL, C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994. 319p

IBGE. **Sistema Geodésico Brasileiro Rede Altimétrica**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/altimetrica.shtm>, Acesso: 14 de junho de 2008.

LOBIANCO, M.C.B.; BLITZKOW, D.; MATOS, A.C.O.C. **O Novo Modelo Geoidal para o Brasil**. In: **IV Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas - IV CBCG**. Curitiba, 2005. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/artigos/>. Acesso em: 19 de julho de 2008.

LUZ, R. T.; FREITAS, S. R. C.; DALAZOANA, R.. **Possibilidades de integração de dados gravimétricos à rede Altimétrica do SGB para cálculo de altitudes sirgas no Brasil**. In: **anais do I SINGEO 2004**, Recife.

OLLIKAINEM, M.: **Accuracy of GPS levelling. The XIII General Meeting of the Nordic Geodetic Commission**. Anais 1: 25-29, Gävle, Sweden, 1998.

TORGE, W.: **Geodesy**/ by Wolfgang Torge. Transl. From the German by Christopher Jekeli – 2 ed – Berlin; New York: de Gruyter, 1991.