

Controle de qualidade de MDT gerado a partir de par estereoscópico do satélite CBERS-2

Rafael Pereira Zanardi¹
Sílvia Beatriz Alves Rolim²
Sérgio Florêncio de Souza³

Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia - CEPSRM
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Campus do Vale - Caixa Postal 15044 - CEP 91501-970
Porto Alegre, RS - Brasil

¹rafael_zanardi@yahoo.com.br; ²silvia.rolim@ufrgs.br; ³sergio.florencio@ufrgs.br

Abstract. The satellites of the program CBERS offer the possibility of off nadir imagery (lateral inclination until 32° of its mirror), allowing to take images with stereoscopy. The objective of this work was a quantitative evaluation of the precision and the exactness of the altimetric information extracted from a stereoscopic pair of HR-CCD sensor in the satellite CBERS-2. Statistical tests were applied for the analysis of the quality of a Digital Terrain Model (DTM) generated through techniques of digital photogrammetry. The error of the observations had average of 46,86 meters. Moreover, it was observed something that may be a bias quality control of approximately 38 meters in these models, what lowered for 27,03 meters the average of errors in the verification points.. Following classification in the Decree Law 89817 - Standards of Cartographic Accuracy, it was concluded that it is possible to use these altimetric information for cartographic document generation Class A in scale 1:250000 or minus.

Palavras-chave: remote sensing, cartographic quality, CBERS-2 altimetry; sensoriamento remoto, qualidade cartográfica, altimetria do CBERS-2.

1. Introdução

Iniciado em 1988, o programa de cooperação China-Brasil, CBERS (China-Brazilian Earth Resources Satellite), lançou o primeiro satélite (CBERS-1) em 1999, e o segundo (CBERS-2) em 2003, havendo ainda previsão para o lançamento de mais três: o CBERS-2b (2006), o CBERS-3 (2008) e o CBERS-4 (2010). Com três sensores a bordo, os CBERS já lançados registram cenas em diferentes resoluções espaciais, temporais e espectrais, atendendo a necessidades semelhantes de ambos os países nas áreas de gerenciamento de recursos terrestres, monitoramento de florestas, geologia, hidrologia e mapeamento de áreas de difícil acesso em várias escalas.

Entre tantas funções importantes, as imagens do CBERS-2 oferecem a possibilidade de extração de informações altimétricas a partir de medidas baseadas na diferença de paralaxe, graças à capacidade de apontamento lateral do espelho em até $\pm 32^\circ$. Alguns satélites comerciais mais estudados, por serem mais conhecidos no mercado, já se destacam por sua capacidade de aquisição desse tipo de dados. Entre esses sensores capazes de obter dados em estereoscopia, pode-se citar o sensor norte-americano ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*, a bordo da plataforma EOS-TERRA) e o francês SPOT (*Système Pour l'Observation de la Terre*). Apesar disso, nota-se uma escassez de estudos envolvendo medições altimétricas utilizando imagens do CBERS, provavelmente devido à dificuldade de obtenção de pares estereoscópicos imposta pelo seu sistema de imageamento por apontamento lateral de espelho, o que resultou em uma única aquisição de dados com estereoscopia que ainda foi muito prejudicada por uma excessiva cobertura de nuvens e problemas de turbulência.

Assim como as informações planimétricas, a altimetria é de extrema importância para os mais diversos setores de aplicação, desde projetos de engenharia e de meio ambiente até o

setor público-administrativo, passando por aplicações rurais, agrícolas e de exploração mineral.

O objetivo central deste trabalho foi a realização de um estudo quantitativo de um Modelo Digital de Terreno (MDT) gerado a partir de dados altimétricos extraídos de um par estereoscópico tomado pelo sensor HR-CCD (*High Resolution Charge Coupled Device*) do satélite CBERS-2, comparando-o com outras fontes de dados e classificando-o de acordo com o definido pelo Padrão de Exatidão Cartográfica.

2. Descrição da Área de Estudo

Os primeiros pares estereoscópicos do CBERS-2 disponibilizados pelo INPE são de uma área localizada próxima ao Triângulo Mineiro, na região de Estrela do Sul, entre os municípios de Catalão, no estado de Goiás, e Perdizes, em Minas Gerais (**Figura 1**). Dos quatro pares tomados nessa região (imagens com visada inclinada nas órbitas 159 e 154), apenas um foi aproveitado, devido à cobertura de nuvens verificada nos demais.



Figura 1: Área abrangida pelo par estéreo, dentro da área do Projeto SP/MG/GO-50 do IBGE.

A escolha dessa região deu-se, principalmente, devido à existência de vasto material cartográfico disponível em escalas apropriadas ao trabalho com o sensor HR-CCD (1:25000 e 1:50 000), além de 4 000 fotos aéreas métricas na escala de 1:35 000 e 950 pontos GPS previamente medidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para apoio fotogramétrico. Desses dados, 10 pontos de apoio fotogramétrico e 4 pontos GPS encontravam-se na área abrangida pelo par estereoscópico utilizado.

3. Método

Nos procedimentos para o controle de qualidade do MDT, foi adotada um método de análise do produto cartográfico seguindo as regras e análises estatísticas apresentadas por Itame (2001) e Rocha (2002).

Devido à dificuldade de acesso ao local, optou-se pela utilização de pontos de controle extraídos de cartas topográficas da DSG em escala 1:25 000, que, segundo a legislação que regulamenta a qualidade cartografia no Brasil, devem apresentar acurácia altimétrica de 5 metros (metade da equidistância das curvas de nível - **Tabela 1**) em 90% dos pontos bem definidos na carta.

Tabela 1: Equidistância das curvas de nível de acordo com a escala da carta

Escala da Carta	Equidistância das Curvas de Nível (metros)
1:250 000	100
1:100 000	50
1:50 000	20
1:25 000	10

A área coberta pelas 16 cartas disponíveis é de aproximadamente 2900 km², incluindo uma parte do estereopar que continha uma considerável cobertura de nuvens. Procurou-se

escolher pontos de verificação espacialmente bem distribuídos por toda essa região, evitando locais muito próximos às nuvens ou à grande área de reflorestamento de Eucalipto e *Pinus* abrangida pela imagem, já que não se dispunha de dados sobre a altura dessas árvores. Foram selecionados 20 pontos para uma análise *a priori*.

A partir dos valores de média e desvio padrão dos erros verificados nessa amostra inicial, procedeu-se o cálculo do número de pontos amostrais que seriam necessários para a análise quantitativa da qualidade cartográfica dessas informações altimétricas. Para tanto, utilizou-se a equação extraída de Rocha (2002):

$$n = \frac{Z^2 \cdot \gamma^2 \cdot N}{(N - 1) \cdot \varepsilon_r^2 + Z^2 \cdot \gamma^2}$$

Onde:

Z: Intervalo de Confiança

$\gamma = s/\bar{x}$

s: Desvio Padrão amostral

\bar{x} : Média amostral

N: Tamanho da população

ε : Erro amostral

ε_r : Erro amostral Relativo ($\varepsilon_r = \varepsilon/\bar{x}$)

Para garantir uma boa estimativa, adotou-se um valor de 95% para o intervalo de confiança e um erro amostral (ε) de 8 metros, o que levou a um erro relativo (ε_r) de 19%. Maiores detalhes do procedimento encontram-se em Zanardi (2006).

4. Resultados e Discussões

4.1. Preparação para a Análise Estatística

A utilização de 20 pontos para verificação inicial do modelo gerou resultados que divergiram dos valores das cartas com uma média $\mu = 42,99$ m e desvio padrão $\sigma = 24,15$ m. Para efeitos de comparação, foram avaliados os valores do modelo SRTM para a mesma região.

A partir desses resultados e da definição dos valores de intervalo de confiança em 95% ($Z = 1,96$) e erro amostral ($\varepsilon = 8$ metros), obteve-se número de pontos amostrais que seriam necessários para a análise quantitativa da qualidade cartográfica dessas informações altimétricas. O tamanho da população adotado foi o número de pixels abrangidos pela área das cartas, ou seja, $N = 360000$. Aplicando esses valores à equação, chegou-se ao valor $n = 35,01$, o que corresponde a 36 pontos amostrais para ambos os casos.

Coletou-se, então, mais 16 pontos para verificação do MDT, sempre respeitando um critério de boa distribuição espacial, obtendo-se a configuração mostrada na **Tabela 2** e na **Figura 2**. Chama a atenção que 15 pontos apresentam erro superior a 50 metros.

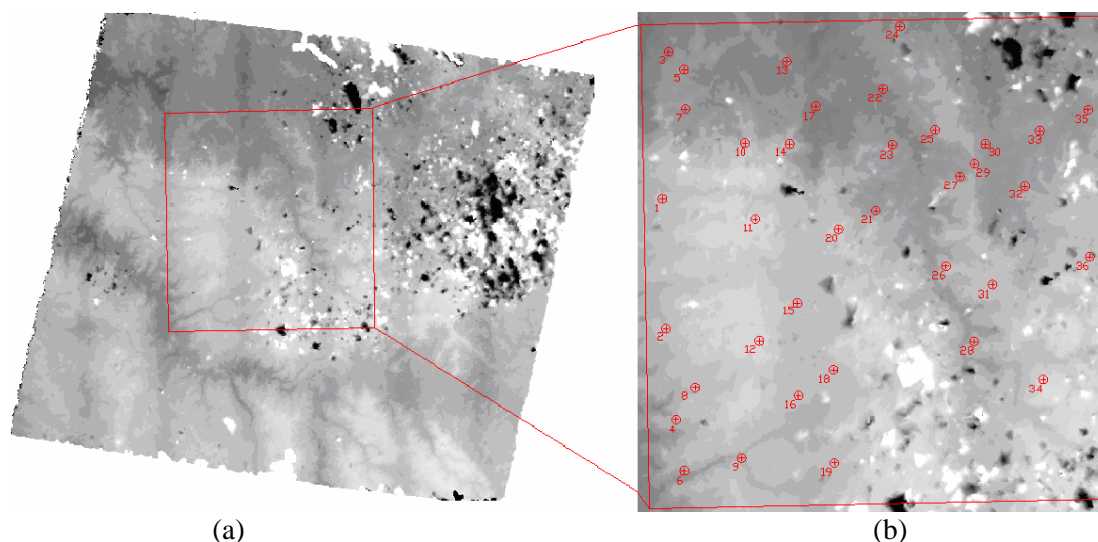


Figura 2: Área abrangida pelas cartas topográficas (a) e distribuição dos 36 pontos de verificação (b).

Tabela 2: Relação dos 36 pontos de verificação do MDT (100 x 100m)

	E	N	Z _{carta}	Z _{CBERS}	Z _{SRTM}	Z _{carta} - Z _{CBERS}	Resíduo _{CBERS}	Z _{SRTM} - Z _{CBERS}	
1	185925	7931717	953	979,10	960	-26,10	26,10	-19,10	
2	186330	7916940	939	994,94	956	-55,94	55,94	-38,94	
3	186645	7948453	665	681,88	687	-16,97	16,97	5,03	
4	187490	7906600	972	939,53	889	32,47	32,47	-50,53	
5	188400	7946430	763	813,23	755	-50,23	50,23	-58,23	
6	188426	7900760	818	877,30	824	-59,30	59,30	-53,30	
7	188559	7941945	767	811,32	764	-44,32	44,32	-47,32	
8	189680	7910240	885	981,19	894	-96,19	96,19	-87,19	
9	194953	7902201	870	871,09	784	4,70	4,70	-81,30	
10	195340	7938065	885	942,12	906	-88,00	88,00	-67,00	
11	196535	7929395	992	1079,89	1009	-87,89	87,89	-70,89	
12	196975	7915540	977	1083,73	1002	-106,73	106,73	-81,73	
13	200100	7947320	767	765,71	765	1,29	1,29	-0,71	
14	200430	7937955	930	967,71	947	-37,71	37,71	-20,71	
15	201310	7919839	968	992,38	996	-23,29	23,29	4,71	
16	201435	7909340	958	1003,91	971	-45,91	45,91	-32,91	
17	203420	7942240	741	670,14	736	70,86	70,86	65,86	
18	205434	7912268	961	992,65	977	-31,65	31,65	-15,65	
19	205529	7901665	963	1008,86	975	-45,86	45,86	-33,86	
20	206000	7928255	1003	1041,16	1006	-38,16	38,16	-35,16	
21	210240	7930359	789	843,68	779	-54,68	54,68	-64,68	
22	211041	7944245	675	722,15	677	-47,15	47,15	-45,15	
23	212136	7937863	753	822,17	744	-69,17	69,17	-78,17	
24	212980	7951350	728	779,34	724	-51,34	51,34	-55,34	
25	216990	7939570	808	864,52	808	-56,52	56,52	-56,52	
26	218237	7924066	901	962,70	924	-61,70	61,70	-38,70	
27	219830	7934258	802	830,12	805	-28,12	28,12	-25,12	
28	221435	7915464	892	914,99	908	-22,99	22,99	-6,99	
29	221480	7935710	870	872,45	867	-2,45	2,45	-5,45	
30	222728	7937955	846	813,50	842	32,50	32,50	28,50	
31	223533	7921962	1009	1007,20	1009	1,80	1,80	1,80	
32	227229	7933167	810	852,63	810	-42,63	42,63	-42,63	
33	228930	7939450	807	841,82	806	-34,82	34,82	-35,82	
34	229325	7911160	1003	1096,38	1008	-93,38	93,38	-88,38	
35	234440	7941863	743	799,81	751	-56,81	56,81	-48,81	
36	234620	7925110	900	967,38	910	-67,38	67,38	-57,38	
						μ_{100}	-38,88	46,86	-37,16
						σ_{100}	37,82	26,95	33,94

Apesar de serem bem maiores do que os valores observados para os resíduos das cotas do SRTM, os valores de média amostral e desvio padrão amostral dos resíduos do MDT do CBERS-2 apresentaram valores que, inicialmente, parecem compatíveis com os definidos na legislação brasileira para documentos cartográficos classe A na escala 1:250000.

4.2. Controle de Qualidade

Os requisitos de altimetria do PEC para um documento cartográfico ser considerado Classe A definem os critérios de exatidão em metade da equidistância das curvas de nível e os de precisão em um terço dessa equidistância. Partindo desse princípio, testou-se a hipótese de se definir a escala máxima para trabalho com as informações altimétricas obtidas do MDT gerado a partir de imagens do satélite CBERS-2 em 1:250000 (equidistância das curvas de nível: 100 metros).

4.2.1. Análise da Exatidão

Conforme procedimentos obtidos de Leal & Dalmolin, (1999), pôde-se estimar a média populacional a partir da média amostral, construindo um intervalo de confiança de 90% e 35 graus de liberdade, aplicando-se a equação a seguir:

$$\mu \leq \bar{x} + (t_{\alpha}) \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \Rightarrow \mu \leq 52,98m$$

Onde:

\bar{x} : média amostral = 47,16m

s : desvio padrão amostral = 26,75

α : nível de significância = 10%

t_{α} : valor tabelado na distribuição de Student = 1,306

n : tamanho da amostra = 36

Obtido esse valor, o próximo passo foi a avaliação da acurácia dessas informações de resíduos altimétricos. Essa avaliação se deu através do teste de hipótese a seguir:

$$H_0: \mu \leq 50m$$

$$H_1: \mu > 50m$$

Como o valor tabelado na distribuição de Student para 35 graus de liberdade e 10% de nível de significância, $t_{35;0,1} = 1,306$, é maior que a estatística de teste calculada, $t = -0,637$, aceita-se a hipótese H_0 . Ou seja, pode-se dizer com confiança de 90% que a média populacional dos erros nas informações altimétricas estudadas não deve ser maior do que 50 metros.

4.2.2. Análise da Precisão

De forma semelhante à exatidão, estimou-se também um intervalo de confiança de 90% referente ao desvio padrão populacional através da equação a seguir:

$$\sigma \leq \sqrt{\frac{(n-1).s^2}{\chi^2_{1-\alpha}}} \Rightarrow \sigma = 31,78m$$

Onde:

s : desvio padrão amostral = 26,75m

$1-\alpha$: intervalo de confiança = 90%

$\chi^2_{1-\alpha}$: valor tabelado na distribuição Qui-quadrado = 24,797

n : tamanho da amostra = 36

Outro teste de hipótese teve de ser aplicado para a verificação da precisão dos dados de altimetria extraídos do MDT em estudo. A diferença é que, para esse fim, utilizou-se o desvio padrão como a grandeza a ser considerada e a distribuição Qui-quadrado como parâmetro.

$$H_0: \sigma \leq 33,333m$$

$$H_1: \sigma > 33,333m$$

Pelo cálculo da estatística de teste chega-se ao valor de $\chi^2 = 22,54$, que é inferior ao valor tabelado $\chi^2_{90} = 46,059$, o que novamente leva à aceitação da hipótese H_0 . Isso equivale a dizer que se tem 90% de confiança de que o desvio padrão populacional dos erros nas informações altimétricas estudadas deve ser menor ou igual a 33,333 metros.

4.2.3. Análise de Tendência

Ao observar as colunas “ $Z_{\text{carta}} - Z_{\text{CBERS}}$ ” na **Tabela 2**, constatou-se que os valores de cota calculados a partir das imagens CBERS-2 são quase sempre bem superiores aos medidos nas cartas. Surgiu, assim, uma indicação de que possivelmente haja um erro sistemático nessas cotas.

Formulou-se, então, a hipótese de que esse erro seria igual ao valor da média observada (38 m) e procedeu-se o teste a seguir, também com nível de significância de 10%:

$$H_0: \mu = 38m$$

$$H_1: \mu \neq 38m$$

Sendo a estatística de teste definida por:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$$

Após o cálculo da estatística de teste chegou-se aos valores de $t = 0,034$ e $t = 0,086$, ambos menores do que o valor tabelado $t_{n;\alpha/2} = t_{35;0,05} = 1,690$, levando à aceitação da hipótese H_0 . Portanto, com confiança de 90%, pode haver um erro sistemático de 38 metros nas cotas extraídas dos pares estereoscópicos do CBERS-2.

Embora ainda não haja outros pares estereoscópicos de imagens CBERS-2 para que se realize a mesma análise mais vezes e, assim, se possa ter certeza de que esse erro seja realmente sistemático, pode-se inferir que existe a possibilidade de um melhoramento das cotas desses MDTs subtraindo-se delas 38 metros, conforme a **Tabela 3**.

Tabela 3: Análise dos pontos de verificação do MDT (100 x 100m) subtraído de 38m

	Z_{carta}	$Z_{CBERS - 38m}$	Z_{SRTM}	$Z_{carta} - (Z_{CBERS - 38m})$	$Resíduo_{CBERS - 38m}$	$Z_{SRTM} - Z_{CBERS}$
1	953	941,10	960	11,90	11,90	18,90
2	939	956,94	956	-17,94	17,94	-0,94
3	665	643,88	687	21,12	21,12	43,12
4	972	901,53	889	70,47	70,47	-12,53
5	763	775,23	755	-12,23	12,23	-20,23
6	818	839,30	824	-21,30	21,30	-15,30
7	767	773,32	764	-6,32	6,32	-9,32
8	885	943,19	894	-58,19	58,19	-49,19
9	870	833,09	784	36,91	36,91	-49,09
10	885	904,12	906	-19,12	19,12	1,88
11	992	1041,89	1009	-49,89	49,89	-32,89
12	977	1045,73	1002	-68,73	68,73	-43,73
13	767	727,71	765	39,29	39,29	37,29
14	930	929,71	947	0,29	0,29	17,29
15	968	954,38	996	13,62	13,62	41,62
16	958	965,91	971	-7,91	7,91	5,09
17	741	632,14	736	108,86	108,86	103,86
18	961	954,65	977	6,35	6,35	22,35
19	963	970,86	975	-7,86	7,86	4,14
20	1003	1003,16	1006	-0,16	0,16	2,84
21	789	805,68	779	-16,68	16,68	-26,68
22	675	684,15	677	-9,15	9,15	-7,15
23	753	784,17	744	-31,17	31,17	-40,17
24	728	741,34	724	-13,34	13,34	-17,34
25	808	826,52	808	-18,52	18,52	-18,52
26	901	924,70	924	-23,70	23,70	-0,70
27	802	792,12	805	9,88	9,88	12,88
28	892	876,99	908	15,01	15,01	31,01
29	870	834,45	867	35,55	35,55	32,55
30	846	775,50	842	70,50	70,50	66,50
31	1009	969,20	1009	39,80	39,80	39,80
32	810	814,63	810	-4,63	4,63	-4,63
33	807	803,82	806	3,18	3,18	2,18
34	1003	1058,38	1008	-55,38	55,38	-50,38
35	743	761,81	751	-18,81	18,81	-10,81
36	900	929,38	910	-29,38	29,38	-19,38
			μ	-0,21	27,03	1,51
			σ	36,82	24,59	33,76

Partindo das conclusões a que levam os resultados dos testes de hipótese acima, pode-se utilizar informações altimétricas obtidas do MDT extraído de par estereoscópico do CBERS-2 na geração de documentos cartográficos Classe A em escalas até 1:250000.

5. Conclusões

Inicialmente, deve-se registrar que a distância e as dificuldades de acesso à área de estudo abrangida pelos pares estereoscópicos disponíveis inviabilizaram a coleta de pontos de controle *in loco*. Esse procedimento proporcionaria uma melhor precisão desses pontos de controle, garantindo um controle de qualidade mais confiável do que a coleta em cartas topográficas de escala 1:25000.

Outro grande obstáculo para a realização do trabalho foi a excessiva cobertura de nuvens existente nas imagens, o que prejudicou muito a qualidade dos dados do MDT. O quadrante nordeste do MDT gerado, por exemplo, ficou praticamente inutilizável devido a esse problema. No entanto, foi de fundamental importância a utilização do primeiro par gerado pelo CBERS-2 em território brasileiro.

Inicialmente, observaram-se valores de erro dentro do esperado, em torno de 40 metros. Esse resultado remete a escalas de até 1:250000 para documento Classe A de acordo com o PEC, já que nessa escala a equidistância das curvas de nível é de 100 metros. Apesar da existência de valores de erro muito elevados, traduzida por um desvio padrão bastante alto, os testes formulados para analisar as hipóteses de que estes valores apresentavam acurácia e precisão adequadas apontaram para um resultado positivo.

Outra observação importante foi a verificação de um erro sistemático nos valores de cota interpolados a partir dos pares estereoscópicos. Quase todas as observações apresentaram valores mais elevados no MDT do que os lidos nas cartas, com exceção dos pontos 4, 9, 17, 29, 30 e 31. Testou-se a hipótese dessa tendência ser igual a 38 metros, valor aproximado da média observada, e obteve-se resultado afirmativo.

Após a subtração desse valor das altitudes lidas no MDT gerado pelas imagens CBERS-2, o resultado mostrou-se mais compatível com os valores das cartas (a média dos resíduos passou a ser de 27,03 metros) e do SRTM. Seria aconselhável um estudo mais detalhado, utilizando outros pares de imagens CBERS-2, a fim de verificar a real existência desse erro sistemático.

Cabe lembrar que outro requisito constante no PEC para classificação de um documento cartográfico como Classe A é que “*Noventa por cento dos pontos isolados de altitude, obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfica - Altimétrico - estabelecido*”. Essa característica não foi observada nas primeiras verificações (somente 55,5% dos valores de erro eram inferiores a 50 metros). A partir da subtração de 38 metros dos valores de cota do MDT, chegou-se a uma proporção de 85% das observações com erro inferior a 50 metros.

Os valores de cota extraídos do MDT do SRTM, dados mais atuais do que as cartas e de reconhecida qualidade, com resolução espacial semelhante às aqui utilizadas para geração dos MDTs do CBERS-2, apresentaram valores muito bons em relação às cartas de escala 1:25000, superando a qualidade dos valores extraídos das imagens (**Figura 3**). A média dos erros encontrados foi de 13,83 metros, com desvio padrão de 19,01 metros.

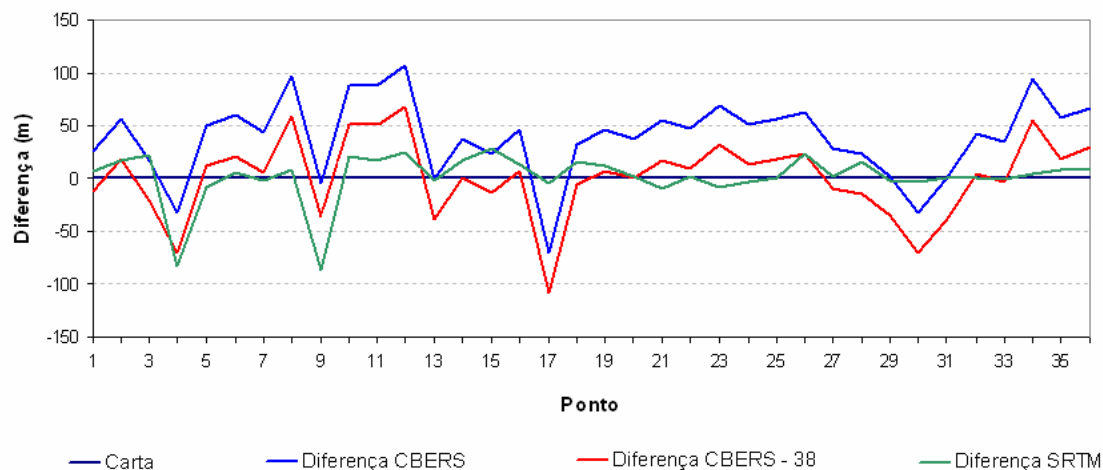


Figura 3: Gráfico das diferenças entre as cotas dos MDTs e das cartas topográficas.

Considerando a precisão das cartas utilizadas como verdade de campo e até mesmo algum eventual erro em decorrência da idade dessas cartas, conclui-se que pode ser possível a utilização de pares estéreo de imagens CBERS-2 para extração de informações altimétricas compatíveis com escalas menores ou iguais a 1:250 000, obedecendo aos requisitos para documento Classe A do PEC. Apesar disso, já existem outras fontes gratuitas de dados para trabalhar nessa escala com melhor qualidade, o que leva à necessidade de melhorias no sistema de aquisição de pares estereoscópicos nos próximos satélites CBERS para que seus produtos possam entrar nesse mercado de forma realmente competitiva.

Mais uma vez, ressalta-se a importância de mais estudos envolvendo a extração de informações altimétricas a partir de imagens do satélite CBERS-2, principalmente utilizando outros pares estereoscópicos de imagens de diferentes regiões. Espera-se que esse trabalho estimule pesquisas do mesmo tipo no CBERS-2 e nos próximos satélites sino-brasileiros que estão para ser lançados.

Referências

BRASIL. **Decreto Lei 89.817**, de 20 de Junho de 1984. Estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Brasília, 1984. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/CCIVIL/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 20 de out. 2005.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **O Programa CBERS**. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br>. Acesso em 16 de maio 2005.

ITAME, O.Y. **Controle de Qualidade Aplicado na Modelagem Digital de Terreno**. 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Departamento de Cartografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001.

JPL - Jet Propulsion Laboratory. **Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/dataprod.htm>. Acesso em: 16 de maio 2005.

LEAL, E.; DALMOLIN, Q. Análise da Qualidade Posicional em Bases Cartográficas Geradas em CAD. In: GIS BRASIL 99, 5., 1999. Salvador. **Anais...** Salvador, 1999.

MARANHÃO, M.R.A.; RAIVEL, J.P.C. Análise de pares estereoscópicos obtidos pelo CBERS II - Primeiros testes utilizando fotogrametria digital. 2005. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005.

ROCHA, R.S. **Exatidão Cartográfica Para as Cartas Digitais Urbanas**. 2002. 126 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ZANARDI, R.P. **Geração de Modelo Digital de Terreno a Partir de Par Estereoscópico do Sensor CCD do Satélite CBERS-2 e Controle de Qualidade das Informações Altimétricas**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.