

Avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfica em imagens HRC/CBERS-2B após correção geométrica baseada no mosaico Geocover

Julio Cesar de Oliveira^{1,2}
Marcio Pupin Mello²
José Carlos Neves Epiphanyo²
Adriano Caliman Salvador³

¹Universidade Federal de Viçosa – UFV
Campus Universitário – Viçosa, MG, 36570-000, Brasil
oliveirajc@ufv.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Av. dos Astronautas, 1758 – Jd. Granja – São José dos Campos - SP, 12227-010, Brasil
{mello, epiphanyo}@dsr.inpe.br

³Topocart Topografia Engenharia e Aerolevantamentos S/S Ltda
Edifício Miguel Badya, Bloco L, n. 30 - Salas 301/310 – Brasília – DF, 70.394-901, Brasil
adriano@topocart.com.br

Abstract. There are several remote sensing satellites acquiring Earth surface images. Indeed, these satellites generated a large amount of data that have been used in scientific studies as land cover change, disaster monitoring and also cartography. Therefore, it is important to evaluate remote sensing products in terms of positional accuracy. This work aims to assessing positional accuracy of HRC/CBERS-2B (2.7m spatial resolution) prior and after geometric correction based on Geocover data. The accuracy assessment was performed according to the Cartographic Accuracy Standard, as defined by the National Cartography Technical Reference, Brazil. The results showed that before geometric correction HRC image has poor positional accuracy. After geometric correction, based on Geocover data, HRC image substantially increased its positional accuracy. However, despite of high spatial resolution the HRC image geometric corrected by Geocover was classified as class B category at the 1:50,000 scale and does not presented positional accuracy better than Geocover image, which presented class A category at the same scale.

Palavras-chave: remote sensing, positional accuracy, cartographic standard of accuracy, sensoriamento remoto, exatidão posicional, padrão de exatidão cartográfica.

1. Introdução

Nos últimos anos o desenvolvimento tecnológico e a quantidade de informações geradas, em especial pelos sensores orbitais (Rudorff et al., 2009), possibilitaram o surgimento de tecnologias de gerenciamento de bancos de dados geográficos em sistemas de informações geográficas (SIG – por exemplo, o SPRING – Câmara et al., 1996). Esses bancos de dados constituem meios poderosos de manipulação de grandes volumes de informação e embasamento para soluções de problemas que envolvem o meio ambiente e os seres que nele vivem.

Contudo, a ausência de dados atualizados implica no fornecimento de informações não confiáveis que, conseqüentemente irão comprometer a qualidade dos estudos (Seabra et al., 2003). Com o propósito de resolver os problemas de dados desatualizados, aliado a necessidade de se entender e monitorar os fenômenos que ocorrem na superfície da Terra, o sensoriamento remoto (SR) passa a ser uma das principais ferramentas para entrada de dados nos SIGs (Marotta e Vieira, 2005). Atualmente o SR, aliado aos SIGs, têm sido amplamente utilizado, no que se refere à aquisição de dados, monitoramento e análise dos recursos terrestres e atualização cartográfica. (Pinto e Lombardo, 2003). Vergara et al. (2002) destacam que as imagens de sensoriamento remoto possuem potencial para a atualização cartográfica por serem mais econômicas do que as fotografias aéreas, terem melhor resolução

temporal e espectral e por fornecerem uma visão sinóptica da área de estudo quando se trata de escalas menores.

Na medida em que os procedimentos de mapeamento desenvolvem-se com espantosa velocidade, o número de usuários não especialistas em mapeamento também aumenta, e justamente em função de certo desconhecimento sobre as distorções nas imagens orbitais, a questão da qualidade geométrica é muitas vezes esquecida, proporcionando aos usuários erros nas decisões tomadas com base na utilização dessas imagens (Dai e Khorram, 1998).

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade posicional de imagens orbitais e registros dessas imagens, com diferentes resoluções espaciais, de acordo com as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional.

2. Avaliação Geométrica de Imagens

Silva e Nazareno (2009), avaliaram o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) de imagens do Google Earth disponíveis em outubro de 2007 para o município de Goiânia-GO, sendo as imagens analisadas provenientes do satélite *Quickbird*. Os autores utilizaram coordenadas de 64 pontos obtidas por meio de GPS para a verificação do PEC do produto do Google Earth, constatando que o mesmo atendeu ao PEC classe A (veja Tabela 1), na escala 1:5.000 com 90% de confiança.

O programa GeoPEC, desenvolvido por Santos (2008), fornece ao usuário uma ferramenta amigável e de fácil utilização para a verificação da qualidade de produtos cartográficos com base na norma cartográfica nacional, ou seja, avaliação e classificação dos produtos cartográficos por meio do PEC, instituído pelo decreto-lei nº. 89.817 de 20 de junho de 1984. Segundo Santos (2008), o GeoPEC baseia-se nos procedimentos descritos por Merchant (1982) para avaliar o PEC, bem como a existência de tendência nas coordenadas do produto cartográfico. O autor destaca que a análise estatística da qualidade geométrica de um produto cartográfico é realizada por meio da análise de exatidão e de tendência, esta última usada para verificar erros sistemáticos. Estas análises são realizadas através de testes de hipóteses sobre a média e o desvio padrão amostral dos resíduos, obtidos pela diferença entre as coordenadas de referência e da imagem ou mapa.

A tendência das coordenadas é avaliada pelo teste *t de Student*, com nível de confiança de 90% ($\alpha = 0,10$), onde a partir do número de pontos analisados é calculado o valor de $t_{n-1, \alpha/2}$. A hipótese de nulidade (H_0) assume variabilidade nula para coordenadas (ou seja, ponto sem tendência em sua coordenada), já a hipótese alternativa (H_a) assume discrepância entre os dados de referência e analisado (pontos com tendência).

Na análise de exatidão, utiliza-se o teste baseado na distribuição de *Qui-Quadrado*, que obedece aos valores do Erro Padrão (EP) para cada classe A, B ou C, estabelecido no Decreto-Lei 87.817/84 e apresentados na Tabela 1. As hipóteses para o teste do *Qui-Quadrado* testam se a variância dos resíduos é estatisticamente igual à variância estabelecida pelo Decreto-Lei no. 89.817/84. Portanto, para uma determinada escala, a imagem será classificada com a classe A, B ou C em função dos resultados obtidos nos testes de exatidão, para uma determinada escala.

Tabela 1. Valor do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e Erro Padrão (EP) para cada classe e referentes à escala da carta.

Classe	PEC	EP
A	0,5 mm × escala	0,3 mm × escala
B	0,8 mm × escala	0,5 mm × escala
C	1,0 mm × escala	0,6 mm × escala

3. Materiais e Métodos

Foram analisadas imagens orbitais da região de São Joaquim da Barra, no estado de São Paulo, provenientes de dois sensores orbitais: *Thematic Mapper* (TM) a bordo do satélite norte-americano Landsat-5, obtida no site da *Global Land Cover Facility* (GLCF) com nível de processamento 1G, ou seja, imagem com correção radiométrica e geométrica obtidas por meio de pontos de controle (NASA, 2010), no âmbito do mosaico Geocover (Tucker et al., 2004); *High-Resolution panchromatic Camera* (HRC) a bordo satélite brasileiro/chinês CBERS-2B, obtida no catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do INPE, com correção nível 2, ou seja, calibração radiométrica e procedimento de correção geométrica de sistema por meio dos dados de plataforma e sem uso de pontos de controle (DGI, 2010). A Tabela 2 apresenta especificações das imagens utilizadas.

Tabela 2. Características das imagens utilizadas.

Sensor	Data	Resolução espacial	Bandas espectrais	Órbita/Ponto	Parâmetros
TM (Landsat-5)	14/04/2006	30 m	7 bandas (0,45 – 2,35 μm)	220/074	WGS-84
HRC CBERS-2B	21/06/2009	2,7 m	1 banda (0,50 - 0,80 μm)	156_B/123_2	Projeção – UTM
	21/06/2009	2,7 m		156_B/123_3	Fuso – 23 S

Para a verificação geométrica das imagens foram utilizados 18 pontos de controle obtidos, em campanha de campo no mês de setembro de 2009, por GPS de dupla frequência e processados com base na Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC – bases UBER e MGUB). A Figura 1 apresenta a distribuição espacial dos pontos de controle sobre as cenas.

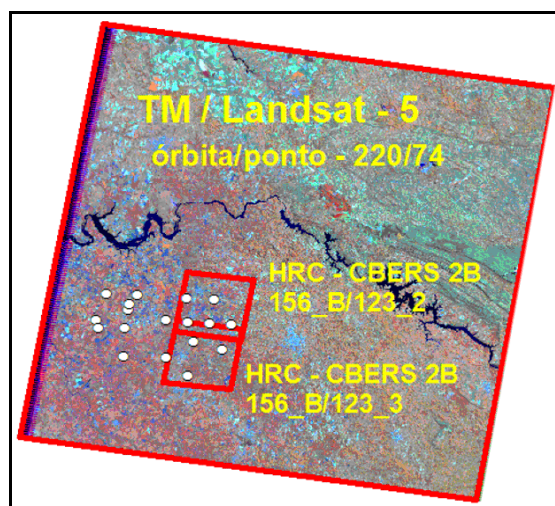


Figura 1. Distribuição dos pontos de controle sobre as cenas analisadas.

A metodologia consta de análises, baseadas no PEC, sobre as imagens originais, bem como da imagem do sensor HRC após registro geométrico com base no mosaico Geocover (imagem TM). Como base para as análises foram utilizadas as normas que dispõem sobre o PEC e classificação cartográfica quanto à exatidão posicional, descrita nos artigos 8º e 9º do Capítulo II do Decreto-Lei nº. 89.817. A avaliação geométrica das imagens consiste em uma avaliação do PEC planimétrico e da existência de tendência nas coordenadas do produto cartográfico, tendo por base os pontos de controle (referência) coletados em campos com GPS de dupla frequência e suas respectivas coordenadas identificadas visualmente sobre as imagens. A Figura 2 apresenta um fluxograma da metodologia.

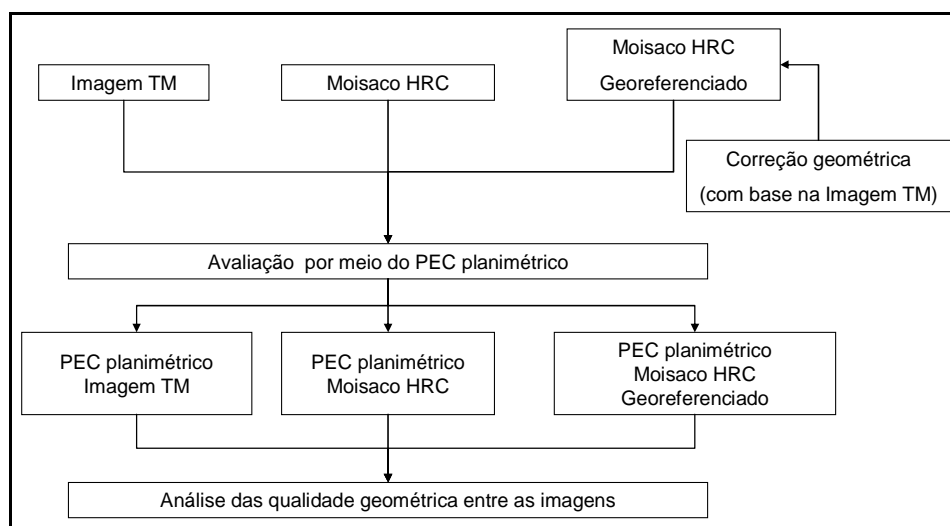


Figura 2. Fluxograma da metodologia utilizada.

Os pontos de referência foram obtidos através do método de posicionamento por rastreamento de satélites do sistema GPS. Foi utilizado o método de posicionamento relativo estático rápido para rastreamento dos pontos, e uma distância aproximada de 180 km para as bases MGUB e UBER (Universidade Federal de Uberlândia e Uberlândia, respectivamente) pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC). Além disso, foi definido um PDOP menor do que 6, número mínimo de 5 satélites a serem rastreados e a taxa de coleta de dados equivalente a 15 segundos garantindo precisão posicional de 0,5 m. A Tabela 3 apresenta as coordenadas dos pontos de referência para o presente estudo.

Tabela 3. Coordenadas dos 18 pontos de referência obtidos em campo.

#	Nome	Coordenadas Geodésicas			UTM (WGS-84)		
		Lat (°)	Long (°)	Alt (Elips)	N (m)	E (m)	Fuso
2	P8A	-20.506291	-47.975266	597.9117	7729666.5	189672.85	23 S
3	P7	-20.470068	-48.09732	667.0522	7733815.4	802822.54	22 S
4	P4	-20.438021	-48.21249	541.1207	7737574.0	790860.45	22 S
5	P4A	-20.466441	-48.203342	540.4053	7734409.8	791761.83	22 S
6	P3	-20.335046	-48.168412	543.8509	7748901.5	795659.10	22 S
7	P1	-20.401125	-48.078013	578.3804	7741416.7	804974.16	22 S
8	P1A	-20.377967	-48.076217	568.2890	7743978.7	805207.43	22 S
9	P15	-20.442246	-47.926197	555.7587	7736853.7	194667.39	23 S
10	P2	-20.341949	-48.043264	519.7398	7747907.1	808721.26	22 S
12	P13	-20.356939	-47.837812	695.2878	7746465.3	203732.38	23 S
13	P16	-20.363762	-47.723118	641.0719	7745911.9	215725.99	23 S
14	P19	-20.462599	-47.655891	808.0634	7735080.0	222925.02	23 S
15	P11	-20.457377	-47.746708	698.5957	7735502.0	213435.48	23 S
17	P10	-20.561094	-47.695409	753.3937	7724103.3	218980.02	23 S
18	P17	-20.529353	-47.814746	622.5358	7727408.9	206469.99	23 S
19	P9	-20.590642	-47.928735	753.8679	7720410.1	194697.15	23 S
20	P6	-20.579745	-48.103038	586.4407	7721676.6	802010.00	22 S
21	P18	-20.660278	-47.840109	770.3066	7712860.4	204076.44	23 S

Para avaliar a qualidade geométrica da imagem TM foram utilizados os 18 pontos. Porém, no mosaico constituído das duas cenas HRC foram utilizados somente 8 pontos entre o total de 18 possíveis, isto em virtude da menor largura de faixa de imageamento do sensor HRC.

4. Resultados e Discussão

O procedimento de análise da exatidão cartográfica foi realizada no programa GeoPEC comparando os pontos de controle, levantados com GPS (referencia), e os pontos homólogos identificados visualmente nas imagens. Seguindo os cálculos descritos anteriormente, a qualidade geométrica era rotulada nas classes A, B ou C em função dos testes de exatidão para uma determinada escala.

4.1. Imagem TM (Geocover)

Para verificar a exatidão geométrica da imagem TM (Geocover) foi efetuado uma análise do PEC planimétrico da cena com base nos 18 pontos de referências levantados em campo e de suas respectivas coordenadas de imagem. A Figura 3 apresenta os valores das coordenadas de imagem, de campo e os resíduos planimétricos para cada ponto analisado.

Ponto	Descrição	E(m) Imagem	N(m) Imagem	H(m) Imagem	E(m) Campo	N(m) Campo	H(m) Campo	Resíduo E(m)	Resíduo N(m)	Resíduo H(m)	Resíduo Abs
10	P2	808692.668	7747934.097	519.7398	808721.2586	7747907.1035	519.7398	28.591	-26.994		39.32
12	P13	203718.728	7746506.404	695.2878	203732.3777	7746465.3038	695.2878	13.65	-41.1		43.307
13	P16	215734.314	7745939.838	641.0719	215725.993	7745911.9466	641.0719	-8.321	-27.891		29.106
14	P19	222973.116	7735095.858	808.0634	222925.0245	7735079.9919	808.0634	-48.092	-15.866		50.641
15	P11	213429.205	7735535.086	698.5957	213435.4757	7735502.026	698.5957	6.2707	-33.06		33.649
17	P10	218959.031	7724127.737	753.3937	218980.0238	7724103.3409	753.3937	20.993	-24.396		32.185
18	P17	206464.668	7727439.46	622.5358	206469.9917	7727408.8607	622.5358	5.3237	-30.599		31.059
19	P09	194680.083	7720448.853	753.8679	194697.1539	7720410.1441	753.8679	17.071	-38.709		42.306
2	P8A	189607.746	7729634.397	597.9117	189672.8514	7729666.5301	597.9117	65.105	32.133		72.603
20	P6	802000.349	7721703.102	586.4407	802010.0044	7721676.6498	586.4407	9.6554	-26.452		28.159
21	P18	204058.909	7712879.085	770.3066	204076.443	7712860.402	770.3066	17.534	-18.683		25.622
3	P7	802805.225	7733832.273	667.0522	802822.5364	7733815.4166	667.0522	17.311	-16.856		24.162
4	P4	790842.248	7737595.826	541.1207	790860.4474	7737574.0263	541.1207	18.199	-21.8		28.398
5	P4A	791742.766	7734445.029	540.4053	791761.8293	7734409.7943	540.4053	19.063	-35.235		40.061
6	P3	795651.177	7748928.784	543.8509	795659.1031	7748901.4751	543.8509	7.9261	-27.309		28.436
7	P1	804942.936	7741436.141	578.3804	804974.1564	7741416.6989	578.3804	31.22	-19.442		36.779
8	P1A	805178.703	7744033.736	568.289	805207.4324	7743978.695	568.289	28.729	-55.041		62.088
9	P15	194669.073	7736887.541	555.7587	194667.3882	7736853.6658	555.7587	-1.6848	-33.875		33.917

Figura 3. Avaliação da qualidade geométrica da imagem TM (Geocover).

4.2. Mosaico de Imagens HRC

As duas cenas HRC foram mosaicadas, dando origem à imagem intitulada de *Mosaico HRC*. Destaca-se que no mosaico destas cenas não foram utilizados os pontos de referência, pois o objetivo era de preservar a correção geométrica disponibilizada no produto original. Sendo assim, o mosaico foi realizado com base no sistema de coordenadas das cenas originais, bem como na seleção de pontos homólogos na faixa de sobreposição entre as cenas. A Figura 4 demonstra as discrepâncias entre as coordenadas de imagens e de referência para os 8 pontos distribuídos sobre a imagem *Mosaico HRC*.

Ponto	Descrição	E(m) Imagem	N(m) Imagem	H(m) Imagem	E(m) Campo	N(m) Campo	H(m) Campo	Resíduo E(m)	Resíduo N(m)	Resíduo H(m)	Resíduo Abs
12	P13	203190.349	7745249.529	695.2878	203732.3777	7746465.3038	695.2878	542.03	1215.8		1331.1
13	p16	215235.12	7744983.756	641.0719	215725.993	7745911.9466	641.0719	490.87	928.19		1050
14	P19	222539.503	7734312.189	808.0634	222925.0245	7735079.9919	808.0634	385.52	767.8		859.16
15	P11	212986.547	7734550.577	698.5957	213435.4757	7735502.026	698.5957	448.93	951.45		1052
16	P12	203595.228	7734877.841	561.1697	204091.898	7736054.9566	561.1697	496.67	1177.1		1277.6
17	P10	218564.152	7723275.523	753.3937	218980.0238	7724103.3409	753.3937	415.87	827.82		926.41
18	P17	206020.043	7726311.657	622.5358	206469.9917	7727408.8607	622.5358	449.95	1097.2		1185.9
21	P18	203658.786	7711736.454	770.3066	204076.443	7712860.402	770.3066	417.66	1123.9		1199

Figura 4. Análise dos pontos sobre a imagem *Mosaico HRC*.

4.3. Mosaico de Imagens HRC registrada com base na Geocover

Com o objetivo de avaliar a qualidade geométrica do registro de imagens de melhor resolução espacial com base em imagens de menor resolução espacial georreferenciadas, o *Mosaico HRC* foi registrada usando como base a imagem Geocover. O registro foi executado por meio de uma transformação de similaridade, utilizando como referência pontos de

controle obtidos sobre a imagem TM (Geocover) e seus homólogos no *Mosaico HRC*. Neste procedimento foi utilizado um polinômio de 1º grau com 14 pontos de controles selecionados sobre a *Imagem TM* que resultou em um Erro Médio Quadrático de 8,022 pixels. A Figura 5 apresenta a distribuição dos 14 pontos selecionados sobre a imagem *Mosaico HRC*.

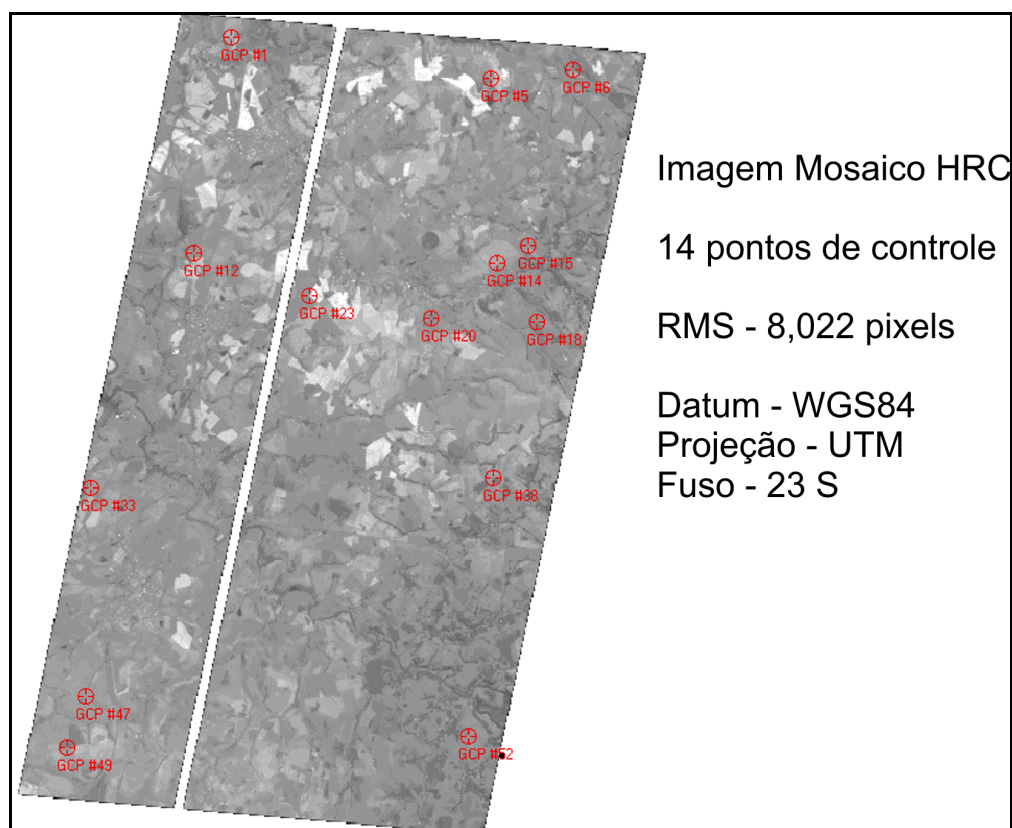


Figura 5. Pontos, sobre a imagem *Mosaico HRC*, utilizados para registro com base na imagem Geocover.

A correção geométrica resultou em uma imagem intitulada de *Mosaico HRC Georeferenciado*, onde foi avaliado o PEC e exatidão das coordenadas de 8 pontos de referência (GPS). A Figura 6 destaca as discrepâncias entre os pontos obtidos na imagem e os de referência.

Ponto	Descrição	E(m) Imagem	N(m) Imagem	H(m) Imagem	E(m) Campo	N(m) Campo	H(m) Campo	Residuo E(m)	Residuo N(m)	Residuo H(m)	Residuo Abs
12	P13	203725.182	7746469.057	695.2878	203732.3777	7746465.3038	695.2878	7.1957	-3.7532		8.1157
13	P16	215732.763	7745947.999	641.0719	215725.993	7745911.9466	641.0719	-6.77	-36.052		36.682
14	P19	222969.511	7735111.189	808.0634	222925.0245	7735079.9919	808.0634	-44.486	-31.197		54.335
15	P11	213441.062	7735549.158	698.5957	213435.4757	7735502.026	698.5957	-5.5863	-47.132		47.462
16	P12	204099.654	7736081.074	561.1697	204091.898	7736054.9566	561.1697	-7.756	-26.117		27.245
17	P10	218965.411	7724145.231	753.3937	218980.0238	7724103.3409	753.3937	14.613	-41.89		44.366
18	P17	206474.016	7727450.218	622.5358	206469.9917	7727408.8607	622.5358	-4.0243	-41.357		41.553
21	P18	204056.713	7712909.34	770.3066	204076.443	7712860.402	770.3066	19.73	-48.938		52.766

Figura 6. Discrepâncias dos pontos analisados sobre a imagem *Mosaico HRC Georeferenciado*.

4.4. Análise da Qualidade Geométrica

Com base nas discrepâncias entre os pontos, e com um nível de confiança de 90%, foram efetuados os testes de exatidão e de tendência para verificar a qualidade geométrica das imagens avaliadas e obter a classe, conforme a exatidão planimétrica atingida. A Tabela 4 apresenta uma síntese dos resultados obtidos em cada análise.

Tabela 4. Resumo com resultado da avaliação da exatidão geométrica das imagens avaliadas.

Imagem	Erro médio quadrático (em metros)	Escala	Classe	Tendência nas coordenadas	
				E	N
Imagem TM (Geocover)	36,058	1:50.000	A	SIM	SIM
Mosaico HRC	1096,851	1:500.000	B	SIM	SIM
Mosaico HRC Georeferenciado	41,590	1:50.000	B	NÃO	SIM

Com base nos dados da Tabela 4 pode-se verificar que a imagem disponibilizada pela GLCF possui ótima qualidade geométrica, pois o produto analisado obteve Classe A para a escala de 1:50.000. Este resultado indica uma qualidade na correção geométrica realizada por meio de pontos de controle e modelo de superfície executada antes da disponibilização da cena. Destaca-se ainda que a *Imagem TM* (Geocover) possui resolução espacial de 30 metros e um produto Classe A na escala de 1:50.000 tem que atender a um PEC planimétrico de 25 metros, ou seja, o posicionamento geométrico da cena analisada está abaixo de um pixel. Entretanto, apesar de obter uma classificação Classe A, a *Imagem TM* apresentou erros sistemáticos nas coordenadas E (coordenada X) e N (coordenada Y), ou seja, existe tendência em suas coordenadas.

Já o mosaico obtido sobre as imagens HRC forneceu a pior qualidade geométrica, o que evidencia a necessidade da correção geométrica dos produtos HRC processados e distribuídos aos usuários com o processamento nível 2.

A imagem *Mosaico HRC Georeferenciado* (imagens HRC registradas com base na imagem Geocover) apresentou uma melhora em sua qualidade geométrica após o registro, onde pode-se observar, inclusive, a eliminação de tendência em pelo menos uma das componentes de suas coordenadas cartográficas. Apesar da melhor resolução espacial disponível pela imagem *Mosaico HRC Georeferenciado*, a mesma obteve uma qualidade geométrica inferior à *Imagem TM* (Geocover), pois a sua classificação foi para a Classe B. O fato tem suas bases teóricas na teoria de propagação de erros (Heuvelink, 1998) o que é constatado ao se comparar os resultados obtidos de cada ponto isoladamente, nas duas imagens.

Ressalta-se que a melhor resolução espectral da *Imagem TM*, quando comparada com a resolução espectral das imagens HRC, possibilitou uma identificação mais precisa dos pontos de referências sobre as imagens.

5. Conclusão

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir que a metodologia e os materiais utilizados permitiram avaliar a exatidão posicional das imagens, através do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), definido no Decreto-Lei nº. 89.817/1984.

Pode-se constatar que a qualidade geometria de uma imagem está diretamente relacionada com o nível de processamento que os produtos são distribuídos. Em alguns casos, deve-se proceder a correção geométrica da imagem por meio de pontos de controle, para que a imagem atenda qualidade geométrica satisfatória.

A qualidade posicional de imagens corrigidas geometricamente depende diretamente dos dados de referência, ou seja, uma imagem corrigida, por exemplo, com registro baseado em outra imagem, terá a sua qualidade posicional condicionada à qualidade posicional da imagem que foi utilizada como base no processo de registro. Desta forma, imagens de alta resolução espacial (por exemplo, imagens do sensor HRC) registradas com base em imagens Geocover, tendem a apresentar qualidade posicional igual ou inferior à Geocover, mesmo a HRC tendo maior resolução espacial.

Agradecimentos

Os autores agradecem a equipe do Laboratório de Sensoriamento Remoto em Agricultura e Floresta (LAF), do INPE, pelos dados fornecidos.

6. Referências Bibliográficas

Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J.; Ii, F. M. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

Dai X; Khorram, S. The effects of image misregistration on the accuracy of remotely sensed change detection. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, n. 5, p. 1566-1577, 1998.

DGI, **Licença de uso das imagens CBERS para usuários brasileiros**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/pedidos_CBERS/licenca-CBERS.htm>. Acesso em: 01 Nov. 2010.

Heuvelink, G. B. M. **Error propagation in environmental modelling with GIS**. 1 ed. Londres: Taylor & Francis, 1998. 144 p.

Marotta, G. S.; Vieira, C. A. O. **Aplicação do padrão de exatidão cartográfica em imagens orbitais ASTER para fins de atualizações de mapeamentos**. Monografia – Engenharia de Agrimensura, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

Merchant, D. C. Spatial accuracy standards for large scale line maps. In: American Congress on Surveying and Mapping, 42., 1982, Falls Church, VA, USA. **Proceedings...** Gaithersburg, MD, USA: ACSM, 1982. v. 1, p. 222-231

NASA Landsat Program, 2010, **Landsat TM scene L5220074_07420060414**, USGS. Disponível em: <<http://glcfapp.glcf.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 01 Nov. 2010.

Pinto, S.A.F.; Lombardo, M.A. O uso de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas no mapeamento de uso da terra e erosão do solo. In: Congresso Brasileiro de Cartografia (CBC), 21., 2003, Belo Horizonte, MG. **Anais...** São Paulo: SBC, 2003.

Rudorff, B. F. T.; Mello, M. P.; Shimabukuro, Y. E. Imagens de satélites de sensoriamento remoto no Brasil. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal (GEOPANTANAL), 2., 2009, Corumbá, MS. **Anais...** Campinas / São José dos Campos, SP: EMBRAPA Informática Agropecuária / INPE, 2009. p. 1077-1083.

Santos, A. P. S. **Avaliação do Padrão de Exatidão Cartográfica em imagens IKONOS e CBERS-2B na Bacia do Ribeirão São Bartolomeu, em Viçosa-MG**. Monografia – Engenharia de Agrimensura, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008. 41 p.

Seabra, V. S.; Medeiros, D. R.; Cruz, C. B. M. A importância da correção geométrica de imagens orbitais na atualização cartográfica. In: Congresso Brasileiro de Cartografia (CBC), 21., 2003, Belo Horizonte, MG. **Anais...** São Paulo: SBC, 2003.

Silva, L. A.; Nazareno, N. R. X. Análise do padrão de exatidão cartográfica da imagem do Google Earth tendo como área de estudo a imagem da cidade de Goiânia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14., 2009, Natal, RN. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1723-1730.

Tucker, C. J.; Grant, D. M.; Dykstra, J. D. NASA's global orthorectified Landsat data set. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 70, n. 3, p. 313-322, 2004.

Vergara, O. R.; Cintra, J. P.; D'alge, J. C. L. Atualização cartográfica integrando técnicas de Sensoriamento Remoto, Processamento de Imagens e Sistemas de Informação Geográfica. In: Simpósio Latino Americano de Percepción Remota, 10., 2002, La Paz, Bolívia. **Anais...** La Paz: SELPER, 2002.