
AVALIAÇÃO DE IMAGENS DO SENSOR QUICKBIRD DE ACORDO COM O DECRETO N.º. 89.817/84 – PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICO

ENG. CART. DOUTORANDA VIVIAN DA SILVA CELESTINO¹
PROF.DR. RONALDO DOS SANTOS DA ROCHA²

1- ELETROSUL – Centrais Elétricas
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Departamento de Engenharia Civil
2 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Departamento de Geodésia
1 – vivian.celestino@eletrosul.gov.br
2 – ronaldo.rocha@ufrgs.br

RESUMO - O mapeamento em grandes escalas nos últimos anos ganhou um novo impulso devido o lançamento dos sensores de altíssima resolução (Ikonos e QuickBird), que permitiram uma mudança na forma de uso dos dados gerados por imagens. Hoje em dia, na maioria das vezes, essas imagens são utilizadas para mapeamento de áreas em grandes escalas sem critérios e controle de qualidade. Este artigo apresenta uma metodologia, a ser utilizada em áreas planas, através da definição de critérios para avaliação da qualidade do processo de geração de produtos cartográficos através de imagens QuickBird, de forma que o produto final gerado tenha uma alta qualidade. A área de estudo situa-se em Xangri-lá – RS. As imagens utilizadas foram corrigidas geometricamente através de dois modelos polinomiais: o simples e o racional. Após executou-se vetorizações que foram comparadas com levantamento topográfico. As imagens foram avaliadas em relação ao Padrão de Exatidão Cartográfico (Decreto N.º. 89.817/84). A exatidão de 0,86 m foi obtida para a imagem corrigida pelo modelo polinomial simples e a de 1,805 para o modelo ortorretificado.

ABSTRACT - The mapping in great scales in recent years took a new impulse due to the launching of the sensors of highest resolution (Ikonos and QuickBird), that had allowed a change in the form of use the data generated for images. Nowadays, these images are used for mapping areas in great scales without criteria and quality control. This paper presents a methodology, to be used in plain areas, through the definition of criteria for evaluation of the quality in the process of cartographic's generation products through QuickBird images, of form that the product has one high quality. The study area is placed in Xangri-lá - RS. The used images had been corrected through two polynomial models: simple and rational. The vectors had been compared with topographical survey. The images had been evaluated in relation to the Padrão de Exatidão Cartográfico (Decreto N.º. 89.817/84). The accuracy of 0,86 m was got to sharpened simple correction geometrical model and 1,805 to Orthorectified sharpened model.

1. INTRODUÇÃO

Após o surgimento de imagens orbitais provenientes de sensores de altíssima resolução espacial, o mapeamento em escalas grandes tomou um novo impulso, proporcionando o surgimento de metodologias inovadoras na geração de bases cartográficas.

Devido à facilidade de obtenção e manipulação, muitos usuários estão utilizando erroneamente as imagens de sensoriamento remoto para produzir produtos cartográficos, confundindo o pixel da imagem com o erro inerente da tomada dela, sem fazer as devidas correções

geométricas necessárias para que se adquira no final, um produto de qualidade.

Este trabalho apresenta uma metodologia de geração e avaliação de bases cartográficas planimétricas geradas a partir de imagens QuickBird. Para tanto foi utilizada o Decreto N.º. 89.817/84 como parâmetro na avaliação.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um método que possa ser aplicado com confiabilidade e

simplicidade na geração de bases cartográficas e avaliar seus resultados, garantindo um padrão de exatidão de mapeamento *à priori*, por meio de imagens orbitais do sensor QuickBird, nos seus modos fusionado e ortorretificado.

Os objetivos específicos são:

- Definir critérios estatísticos de correção geométrica para distribuição e quantificação dos pontos de controle;

- Corrigir geometricamente uma imagem QuickBird no modo fusionado através do modelo polinomial simples e gerar vetores;

- Gerar vetores através de uma imagem corrigida pelo modelo polinomial racional (ortorretificada);

- Avaliar geometricamente os vetores gerados através das imagens e classificá-los de acordo com as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira.

3. JUSTIFICATIVA

Conforme o Decreto 89.817, as cartas, mapas ou similares analógicos devem ter sua qualidade final definida conforme um indicador estatístico de dispersão, denominado Padrão de Exatidão Cartográfico - PEC, que atribui valores e classes para as diferentes exatidões geométricas dos produtos testados.

No uso de imagens de sensores orbitais a qualidade final dos produtos gerados deve ser definida antecipadamente pelo usuário conforme suas necessidades cartográficas. Esta qualidade está relacionada com diversos fatores como: a resolução espacial da imagem, a completude e área imageada, a correção geométrica executada, a vetorização e etc. Neste caso o critério que deve ser mantido é o da qualidade geométrica dos pontos de campo a serem utilizados na correção geométrica e, na avaliação da qualidade do produto, esta exatidão dos pontos deve, obrigatoriamente, ter um valor mais exato do que a do erro máximo tolerável, *a priori*.

Neste trabalho são analisadas considerações *a priori*, calculadas através de métodos estatísticos e com base na Legislação Brasileira, que serão comparadas com o resultado final, para verificar se os produtos cartográficos gerados atendem ou não as definições previstas em Lei.

4. LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

O Decreto N°. 89.817/84 estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional e define procedimentos de padronização, permitindo a avaliação e produção de cartas com qualidade compatível com padrões internacionais, apresentando uma avaliação da qualidade do mapa no tocante à exatidão das informações cartográficas, criando o PEC e uma classificação das cartas em A, B e C, conforme apresentação do Quadro 1.

Quadro 1 - Classes de cartas

Carta	PEC planimétrico	Erro padrão
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala
Classe B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala

Fonte: Decreto Lei 89.817 (1984)

As cartas, quanto à sua exatidão planimétrica, devem obedecer ao PEC, segundo o seguinte critério: noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC estabelecido.

5. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida situa-se no Condomínio Ilhas Park. A área possui aproximadamente

0,5 km², é completamente plana, com altitude de aproximadamente 7 m e situa-se na no litoral norte do Rio Grande do Sul, na Cidade de Xangri-lá.



Figura 1 – Área de Estudo: Condomínio Ilhas Park – Xangri-lá/RS - Imagem QuickBird ortorretificada (composição colorida 3,2,1)

6. IMAGEM QUICKBIRD

O satélite comercial QuickBird fornece imagens com altíssima resolução espacial e radiométrica (entre 8 e 16 bits) com qualidades diferenciadas conforme apresentação do Quadro 2. Os produtos são disponibilizados em uma banda pancromática, com pixel de 0,61 metros e quatro bandas multiespectrais, com pixel de 2,4 metros, que compõem o espectro do visível e infravermelho próximo.

Quadro 2 - Produtos do QuickBird

Produtos	Precisão Posicional CE90	Orto Correção	RMS
<i>Basic</i>	23,0 m	Não	14,0 m
<i>Standard</i>	23,0 m	Não	14,0 m
<i>Orthorectified RPC</i>	12,7 m	Sim	7,7 m
<i>Orthorectified Efemeris</i>	10,2 m	Sim	6,2 m
<i>Basic Stereo</i>	23,0 m	Não	14,0 m

Fonte: Adaptado de DigitalGlobe (2006)

Conforme Digital Globe (2006), o produto *Basic* possui correção radiométrica e de sensor aplicados, (detector de geometria interna, distorção óptica, direção de varredura, variações na varredura) mas não é geometricamente corrigido para uma projeção cartográfica, o produto *Standard* tem o mesmo processamento do produto *Basic*, mas possui a correção geométrica e a atribuição de uma produção cartográfica, o produto *Orthorectified Efemeris* é ortoretificado pela Digital Globe, através da utilização do modelo rigoroso, o produto *Orthorectified RPC* permite a ortoretificação através do modelo polinomial racional, relacionando os pontos de controle, os RCPs e modelo digital de terreno e, o produto *Basic Stereo* pode ser utilizado para realizar a extração tridimensional de feições do terreno.

7. RESULTADOS

Este trabalho utilizou o controle da qualidade do processo e do produto para a imagem corrigida pelo modelo polinomial simples e somente o controle da qualidade do produto para a imagem corrigida pelo modelo polinomial racional.

Na etapa de planejamento foi escolhido o tipo de imagens e bandas que seriam utilizadas:

- Uma imagem *Pan-sharpened* (fusionada), na composição colorida real RGB (3, 2, 1), com resolução espacial de 0,70 m (nadir);
- Uma imagem *Orthorectified RPC* (ortoretificada), na composição colorida real RGB (3, 2, 1), com resolução espacial de 0,70 m (nadir).

Foi executada uma propagação de erros *a priori*, com erros identificados no processo de geração a serem comparados no final da pesquisa:

- Erro 1: Levantamento GPS (100 mm)
- Erro 2: Levantamento Topográfico (150 mm)
- Erro 3: Gráfico (0,2 mm)
- Erro 4: Resolução da Imagem (700 mm) – distância lateral – Georreferenciamento
- Erro 5: Vetorização (0,2 mm)
- Erro 6: Resolução da Imagem (700 mm) – distância lateral – Vetorização

$$\sigma := \sqrt{(\sigma_1^2) + (\sigma_2^2) + (\sigma_3^2) + [(\sigma_4^2) + (\sigma_5^2) + (\sigma_6^2)]} \quad (1)$$

O erro propagado *a priori* é de 1015 mm. O método da propagação dos erros *a priori* foi aplicado para avaliação pontual das bases de acordo com o Decreto Lei N° 89.817.

Na etapa de Avaliação da Qualidade do Processo de Geração foi executada, juntamente com a geração de vetores, a avaliação da qualidade deste processo.

Na definição dos critérios para correção geométrica, foram utilizadas adaptações das propostas de Rocha (2002) através das fórmulas 2, 3 e 4, que foram aplicadas para cada sensor com suas respectivas características, com a utilização do intervalo de confiança de 90% da tabela da distribuição Normal ($Z=1,6994$). Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 1.

$$n := \frac{(Z^2 \cdot \gamma^2 \cdot N)}{\left[(N-1) \cdot (\epsilon_r)^2 \right] + (Z^2 \cdot \gamma^2)} \quad (2)$$

$$\epsilon_r := \frac{\epsilon}{\mu} \quad (3)$$

$$\gamma := \frac{\sigma}{\mu} \quad (4)$$

Tabela 1- Número de Pontos para Correção Geométrica Adaptações da Proposta de Rocha (2002)

n	Tamanho da amostra	20,494
N	Área da imagem em pixel	294857
ϵ_r	15% de μ	0,125
σ	$\mu/3$	0,23
μ	Resolução da imagem em metros	0,7
Z	90%	1,699
γ	σ/μ	0,333

Na aplicação das fórmulas 2, 3 e 4 chegou-se a 21 pontos para execução da correção. O valor do pixel da imagem foi adotado como sendo o valor da média amostral e o desvio padrão foi definido a partir do valor de 1/3 do pixel, adotado como tolerância do erro a ser cometido nas medições, para um intervalo de confiança de 99,7%.

Os métodos de levantamento através de NAVSTAR GPS e topografia suprem à necessidade descrita acima, tendo em vista que um pixel da imagem fusionada é igual a 0,7 metros, 1/3 é igual a 0,23 metros. O levantamento dos pontos foi amarrado ao WGS84, compatível com o Sistema Geodésico Brasileiro vigente no Brasil em 2005/2006 (SIRGAS2000), a projeção cartográfica utilizada foi a plano-retangular UTM.

Para um intervalo de confiança de 90%, na a correção geométrica, o erro médio quadrático não deve ultrapassar o valor de 1 pixel, para isso a correção foi executada através de modelo polinomial simples e o interpolador utilizado foi o do algoritmo do vizinho mais

próximo. O erro médio quadrático pode ser visualizado na tabela 2.

Tabela 2- Erros da Correção Geométrica *a priori* e *a posteriori*

Imagem	Erro (pixel) <i>a posteriori</i>	Erro (metros) <i>a posteriori</i>	Erro (metros) <i>a priori</i>
Fusão	0,6446	0,4512	0,7

Na Avaliação da Qualidade dos Produtos foram executadas as avaliações dos produtos gerados. Como o conjunto de pontos para avaliação, em geral deve ser três vezes mais exato que a expectativa de exatidão do conjunto testado, a expectativa para o modo fusionado, que é de 1,015 metros, necessitou de pontos de controle com exatidão de 0,338 metros. Foi executado o levantamento planimétrico através de GPS e irradiação topográfica, que supriram tal necessidade.

Em relação ao Padrão de Exatidão Cartográfica, os vetores foram avaliados e classificados segundo os seguintes critérios:

- Utilização de pontos para verificação da qualidade da população definidos através de amostra, escolhida e distribuída por métodos estatísticos;
- Os pontos testados utilizados devem representar 100% da amostra;
- Os pontos testados não devem ultrapassar o erro máximo tolerável, em relação ao PEC em número maior do que 10% do total da amostra;
- As bases que apresentem número de pontos com erro acima do tolerável em quantidade igual ou abaixo ao especificado pelo Decreto devem ser classificadas em classes de carta padrão A, B ou C;
- As bases que apresentarem número de pontos com erro acima do tolerável em quantidade acima do especificado pelo Decreto não podem ter uma classe definida.

Após o levantamento topográfico ter sido finalizado, a graficação foi executada. Foram gerados vários vetores com característica geométrica (linhas, polígonos e pontos). Os vetores foram transformados para um arquivo de texto com linhas e colunas, contendo as coordenadas dos vetores num total de 672, que é o número da população.

Como a base topográfica, que já havia sido levantada, continha inúmeros pontos que poderiam servir para avaliação, se fez necessária a escolha de alguns pontos para avaliação pontual.

A definição do número de pontos para avaliação também foi definida conforme as fórmulas 2, 3 e 4 e foi condicionada ao número da população.

Foram levados em consideração valores distintos para a média, desvio padrão e erro amostral para cada base gerada. Esses valores foram utilizados seguindo a propagação de erros *a priori*, apresentados na Tabela 1. Os valores de desvio padrão, erro amostral e número de pontos para avaliação da qualidade estão sendo apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Número de pontos para Avaliação
Adaptação da Fórmula de
Pereira

n	Tamanho da amostra	19,918
N	Número de vetores	672
ϵ_r	15% de μ	0,125
σ	$\mu/3$	0,29
μ	Propagação <i>a priori</i>	1,015
Z	90%	1,699
γ	σ/μ	0,333

O número de pontos calculado para avaliação, conforme a fórmula apresentada foi de 20. Para a imagem ortorretificada os valores são os mesmos que os valores da imagem fusionada. A escolha de pontos foi executada através de sorteio manual sem reposição.

A identificação dos pontos na base topográfica foi executada através da inserção das coordenadas sorteadas diretamente no mapa (coordenadas de campo). A identificação das coordenadas dos vetores gerados foi executada com o auxílio da imagem (coordenadas de mapa). Foram comparadas coordenadas de campo com coordenadas de mapa, gerando resíduos. Na tabela 4a e 4b estão sendo apresentados os valores dos resíduos e a comparação das propagações *a priori* e *a posteriori*.

Como a imagem ortorretificada não teve as etapas de correção geométrica avaliadas, a definição do erro *a priori* se deu de forma diferente, através do PEC declarado pela empresa Intersat, que ortorretificou a imagem e declarou qualidade de 2,187 m.

Tabela 4a - Resíduos das coordenadas - imagem fusionada

	Erro E (m)	Erro N (m)	Posteriori	Priori
1	-0,71	-0,25	0,753	1,015
2	-0,38	0,51	0,636	1,015
3	-0,76	-0,08	0,764	1,015
4	-0,24	-0,18	0,3	1,015
5	-1,03	0,09	1,034	1,015
6	-0,01	0,62	0,62	1,015
7	-0,4	0,49	0,633	1,015
8	-0,37	-0,13	0,392	1,015
9	0,05	-0,21	0,216	1,015
10	0,17	-0,33	0,371	1,015
11	0,77	0,29	0,823	1,015
12	-0,13	0,85	0,86	1,015
13	0,47	-0,12	0,485	1,015
14	-0,52	-0,1	0,53	1,015
15	-0,19	-0,67	0,696	1,015
16	-0,33	-0,43	0,542	1,015
17	0,56	0,31	0,64	1,015
18	-0,25	0,03	0,252	1,015
19	-0,42	0,22	0,474	1,015
20	-1,16	-0,67	1,34	1,015

Analisando os dados acima, percebe-se que somente os pontos de número 5 e 20 não atenderam a expectativa definida *a priori*. Portanto, conforme definições do Decreto Lei 89.817 os vetores gerados através da imagem fusionada atendem plenamente o PEC, possuindo qualidade geométrica compatível com 0,86 m.

Tabela 4b: Resíduos das coordenadas - imagem ortorretificada

	Erro E (m)	Erro N (m)	Posteriori	Priori
1	-0,43	-1,25	1,322	2,187
2	-0,99	-0,49	1,105	2,187
3	-0,33	-1,86	1,889	2,187
4	-0,05	-1,82	1,821	2,187
5	0,3	-1,1	1,14	2,187
6	0,17	0,50	0,528	2,187
7	0,29	-0,41	0,502	2,187
8	-0,37	-0,84	0,918	2,187
9	0,59	-0,8	0,994	2,187
10	0,01	-0,81	0,81	2,187
11	0,78	0,03	0,781	2,187
12	0,3	-0,43	0,524	2,187
13	-0,29	-0,3	0,417	2,187
14	-0,02	-1,49	1,49	2,187
15	-0,29	-0,79	0,842	2,187
16	-0,71	-1,66	1,805	2,187
17	0,64	0,00	0,64	2,187
18	-0,69	-1,21	1,393	2,187
19	-0,79	-0,53	0,951	2,187
20	-0,57	-1,7	1,793	2,187

Analisando os dados acima, percebe-se que todos os pontos atendem a expectativa de exatidão definida *a priori*. Portanto, conforme definições do Decreto 89.817, os vetores gerados através da imagem ortorretificada atendem plenamente o PEC, possuindo qualidade geométrica de 1,805 m.

9. CONCLUSÕES, SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

Analisando os resultados conclui-se que foram definidos critérios para correção geométrica, para quantidade e qualidade dos pontos de controle através de métodos que garantiram a exatidão de três vezes melhor do que o pixel da imagem.

A imagem fusionada corrigida geometricamente através do modelo polinomial simples atendeu a expectativa definida *a priori*, de que o erro médio quadrático deveria ser menor que um pixel.

Em relação ao PEC, as bases tiveram expectativa definida *a priori* atendida em 90% dos casos. Os valores de exatidão calculados para a imagem fusionada e ortorretificada, foram de 0.86 m e 1.805 m.

Com segurança, ficou comprovado que através da utilização de critérios, as escalas e exatidões definidas *a*

priori garantem um mapeamento gerado por imagens QuickBird de alta qualidade. Apesar de todos os testes executados, sem que haja outras avaliações, com outras áreas de estudo, de diferentes tamanhos, relevos e épocas, não podemos afirmar que os valores definidos podem ser alcançadas em um mapeamento através de qualquer imagem QuickBird.

Sugere-se que a metodologia seja reaplicada em diferentes produtos, em áreas grandes e com relevos diferenciados nas imagens QuickBird, a fim de que se possa chegar a valores extensíveis a todas as imagens testadas. Recomenda-se também que sejam realizadas aplicações da metodologia em diferentes imagens, como: Ikonos, Áster, Spot, Landsat, CBERS e etc.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. DECRETO Nº 89.817, **Estabelece as instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Diário Oficial da União, de 20 de junho de 1984.

CELESTINO, V.S.; ROCHA, R.S.; SILVA, R.R; MATSUOKA, C.T. **Investigação geométrica para aplicação de imagens orbitais na retificação e geração de produtos cartográficos**. XXII Congresso Brasileiro de Cartografia – Outubro/2005.

DIGITAL GLOBE. **QuickBird Imagery Products**. Colorado. Maio de 2006.

MERCHANT, D. C. **Spatial accuracy standards for large scale line maps**. American Congress on Surveying and Mapping. Denver. 1982.

PEREIRA, R. **A estatística e suas aplicações**. Editora Grafosul. Porto Alegre - RS. 1978.

ROCHA, R.S. **Exatidão Cartográfica para cartas digitais urbanas**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFSC. Florianópolis. 2002.

SPIEGEL, MURRAY. **Estatística**. Editora McGraw-Hill. São Paulo – SP. 1978.

XANGRI-LÁ (cidade). **Prefeitura Municipal**. Disponível em www.xangrila.rs.gov.br/historia. Acesso em 15 de janeiro de 2007.