



Avaliação de Imagens do Sensor Quickbird de Acordo com a Legislação Brasileira

Vivian da Silva Celestino, *UFRGS Porto Alegre*
Dejanira Luderitz Saldanha, *UFRGS Porto Alegre*
Ronaldo dos Santos da Rocha, *UFRGS Porto Alegre*

Conteúdo [[esconder](#)]

1. **Introdução**
2. **Objetivos**
3. **Justificativa**
4. **Legislação brasileira**
5. **Área de Estudo**
6. **Imagem Quickbird**
7. **Resultados**
8. **Conclusões, Sugestões e Recomendações**
9. **Referências bibliográficas**

► **Resumo**

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 a Legislação Brasileira 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 *a priori*, por meio de imagens orbitais do sensor QuickBird, nos seus modos fusionado e ortorretificado.

Os objetivos específicos são:

1. Definir critérios estatísticos de correção geométrica para distribuição e quantificação dos pontos de controle;
2. Corrigir geometricamente uma imagem QuickBird no modo fusionado através do modelo polinomial simples e gerar vetores;
3. Gerar vetores através de uma imagem corrigida pelo modelo polinomial racional (ortorretificada);
4. Avaliar geometricamente os vetores gerados através das imagens e classificá-los de acordo com as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira;
5. Avaliar geometricamente as áreas geradas através da vetorização e classificá-las de acordo com o artigo 500 do Código Civil Brasileiro.

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 mapeada, 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

Fonte: Decreto Lei 89.817 (1984)

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

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.

A Lei N°. 10.406/02, do código civil brasileiro, especifica em seu artigo 500, no inciso primeiro que, se na venda de um imóvel, se estipular o preço por medida de extensão, ou se determinar a respectiva área, e esta não corresponder, em qualquer dos casos, às dimensões dadas, o comprador terá o direito de exigir o complemento da área, e, não sendo isso possível, o de reclamar a resolução do contrato ou abatimento proporcional ao preço, desde que a diferença de áreas não ultrapassem um vigésimo.

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 ortoretificada (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

Fonte: Adaptado de DigitalGlobe (2006)

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 Ephemericis</i>	10,2 m	Sim	6,2 m
<i>Basic Stereo</i>	23,0 m	Não	14,0 m

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 Ephemericis* 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:

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

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

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 Nº 89.817. Para avaliação das áreas e, conseqüentemente as escalas, foram aplicadas definições da Lei No 10.406. Então *a priori*, foi utilizado o valor especificado de 5%.

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.

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

$$\text{er} := \frac{\varepsilon}{\mu} \quad (3)$$

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

Tabela 1 : Número de Pontos para Correção Geométrica
Adaptação da Fórmula de Pereira (1978)

n	Tamanho da amostra	20,494
N	Área da imagem em pixel	294857
er	15% de m	0,125

s	m/3	0,23
m	Resolução da imagem em metros	0,7
Z	90%	1,699
ã	s/m	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:

1. Utilização de pontos para verificação da qualidade da população definidos através de amostra, escolhida e distribuída por métodos estatísticos;
2. Os pontos testados utilizados devem representar 100% da amostra;
3. Os pontos testados não devem ultrapassar o erro máximo tolerável, em relação ao PEC em número maior do que 10% do total da amostra;
4. 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;
5. 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
er	15% de m	0,125
s	m/3	0,29
m	Propagação <i>a priori</i>	1,015
Z	90%	1,699
ã	s/m	0,333

O número de pontos calculado para avaliação, conforme a fórmula apresentada foi de 20. Para a imagem ortorectificada 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)	<i>A posteriori</i>	<i>A priori</i>
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)	<i>A posteriori</i>	<i>A priori</i>
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.

Para avaliação das imagens em relação às áreas e as escalas, foram executadas vetorizações nas feições com características geométricas regulares, que foram avaliados e classificados segundo os seguintes critérios:

1. Utilização de áreas para verificação da qualidade da população escolhida conforme a feição e disponibilidade em campo;
2. As áreas testadas utilizadas representam 100% na descrição do Decreto n° 89.817/84;
3. As áreas testadas não devem ultrapassar o erro máximo tolerável, em relação ao PEC em número maior do que 10% do total de vetores;
4. As áreas que apresentem erro acima do tolerável, em quantidade igual ou abaixo do especificado pelo Decreto, atendem a definição do Código Civil Brasileiro;
5. As áreas que apresentarem erro acima do tolerável em quantidade acima do especificado pelo Decreto, não atendem a definição do Código Civil Brasileiro;

Foram utilizadas 15 áreas, com cantos bem definidos, entre elas: faixas de segurança, quadras de esporte e etc. Foram comparadas áreas levantadas por topografia com áreas vetorizadas em mapa, gerando resíduos. Na tabela 5a e 5b estão sendo apresentados os valores dos resíduos e a comparação *a priori* e *a posteriori*.

Tabela 5a : Resíduos das áreas e perímetros - imagem fusionada

	Dif. Área	Dif. Área %	<i>a priori</i>	Dif. Per.	Dif. Per. %
1	-29,36	-0,03	0,05	-4,31	-0,03
2	-7,97	-0,01	0,05	-0,96	-0,01
3	30,09	0,04	0,05	2,36	0,02
4	13,71	0,03	0,05	1,33	0,02
5	10,23	0,05	0,05	1,00	0,02
6	11,5	0,09	0,05	1,21	0,03
7	-1,47	-0,03	0,05	-0,19	-0,01
8	-1,16	-0,04	0,05	-0,85	-0,03
9	-1,31	-0,05	0,05	-0,93	-0,04
10	1,68	0,05	0,05	0,82	0,03
11	0,36	0,01	0,05	-1,43	-0,06
12	-0,63	-0,03	0,05	-0,46	-0,03
13	-0,28	-0,01	0,05	-0,88	-0,03
14	-2,93	-0,04	0,05	-1,44	-0,04
15	11,92	0,01	0,05	1,17	0,01

Analisando os dados acima, percebe-se que somente a área de número 6 não atende a expectativa definida *a priori*. Portanto, as áreas vetorizadas através da imagem fusionada atendem plenamente o PEC para 5% de diferença. Possuindo precisão compatível para atender ao Código Civil Brasileiro.

Tabela 5b : Resíduos das áreas e perímetros - imagem ortorretificada

	Dif. Área	Dif. Área %	<i>a priori</i>	Dif. Per.	Dif. Per. %
1	-38,43	-0,040	0,05	-2,64	-0,020
2	-26,75	-0,040	0,05	-2,32	-0,020
3	2,82	0,000	0,05	-0,29	0,000
4	8,59	0,020	0,05	0,83	0,010
5	9,21	0,050	0,05	0,51	0,010
6	16,0	0,130	0,05	2,99	0,070

7	-1,09	-0,030	0,05	-0,57	-0,020
8	0,07	0,000	0,05	-0,09	0,000
9	0,51	0,020	0,05	-0,18	-0,010
10	-1,46	-0,040	0,05	-0,05	0,000
11	0,27	0,010	0,05	-0,83	-0,030
12	0,11	0,010	0,05	-0,55	-0,030
13	-0,10	0,000	0,05	-0,82	-0,030
14	-0,28	0,000	0,05	-1,03	-0,030
15	11,03	0,010	0,05	0,76	0,000

Analisando os dados acima, percebe-se que somente a área de número 6 não atende a expectativa definida *a priori*. Portanto, as áreas vetorizadas através da imagem ortorretificada atendem plenamente o PEC para 5% de diferença. Possuindo precisão compatível para atender ao Código Civil Brasileiro.

8. 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.

Em relação às áreas, as bases também tiveram expectativa definida *a priori* atendida em 90% dos casos.

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.

9. 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.
- **BRASIL.** LEI Nº 10.406. *Código Civil Brasileiro de 10 de janeiro de 2002*. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10406.htm. Acesso em 15 de janeiro de 2007.
- **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.xangri.rs.gov.br/historia. Acesso em 15 de janeiro de 2007.