

Avaliação da qualidade de produtos gerados a partir de imagem Quickbird através do PEC – Brasileiro

Vivian da Silva Celestino¹
Dejanira Luderitz Saldanha²
Ronaldo dos Santos da Rocha³

1-2-3 Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Porto Alegre – RS- Brasil
1 viviancart@yahoo.com.br
2 dejanira.saldanha@ufrgs.br
3 ronaldo.rocha@ufrgs.br

Abstract: After the sprouting of remote sensors of highest space resolution, the survey in great scales took a new impulse, what it did sprout of innovative methodologies in the generation of cartographic bases that could have been used in the diverse activities of the public and private domain. But, the lack of information about these images, with high space resolutions, makes with that some users confuse pixel of the image with inherent error of it and, the main purpose that is the support to the survey in great scales, is substituted by the survey. To verify the use of these images for great scales (above of 1:1000), a dissertation of masters degree of is being developed, and integrant part of this project is presented in this paper, whose objective is evaluate the geometric quality of cartographic bases generated by the sensor Quickbird; to define the relation between the space resolution of the image and the planimetric positional accuracy of the generated vectors; to use in the evaluation the Regulating Instructions of the Norms Techniques of the Brazilian Cartography.

Palavras-chave: sensores remotos, Quickbird, Padrão de Exatidão Cartográfico.

1. Justificativa

A utilização de imagens de satélite de monitoramento ambiental tem apresentado um grande crescimento, devido à praticidade, frequência, acessibilidade e baixo custo relativo, ocasionando o desenvolvimento de pesquisas referentes à potencialidade destas para atualização e geração de bases cartográficas em grandes e médias escalas, que podem ser utilizadas nas diversas atividades do domínio público e privado como: apoio ao Plano Diretor, Regularização Fundiária, Planejamento e Gestão Ambiental, dentre outros.

Para utilizarmos uma imagem orbital, se faz necessário a adaptação de critérios de qualidade no tratamento da mesma, para que o produto final gerado apresente um resultado satisfatório. Porém, a falta de informação sobre estas imagens, faz com que alguns usuários confundam o pixel da imagem com o erro inerente da tomada dela e a principal finalidade, que é somente o apoio ao mapeamento de feições de grandes escalas, é substituída pelo mapeamento propriamente dito.

A avaliação de um produto deve ser realizada toda vez que se utilizar um documento que não tenha especificado a sua qualidade geométrica, como é o caso de imagens orbitais e, a avaliação da qualidade do processo, conforme Celestino (2005), deve ser realizada durante as etapas de trabalho, através da definição de critérios que garantam a exatidão dos dados cartografados. Um dos critérios a ser mantido é o da qualidade geométrica dos pontos de campo a serem utilizados no georreferenciamento 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*.

Como no Brasil não existe uma legislação que defina um padrão de exatidão geométrico para utilização em imagens, como é o caso dos Estados Unidos, que utilizam o Indicador *National*

Mapping Accuracy Standard (NMAS) , e como também não existe nenhuma relação entre a exatidão geométrica final dos produtos gerados e a imagem orbital original que gerou estes produtos, para o sensor Quickbird, este trabalho sugere um valor final desta relação.

2. Obetivos

O objetivo principal do trabalho é desenvolver uma metodologia que possa ser reaplicada com confiabilidade e simplicidade na geração de bases cartográficas utilizando imagens orbitais de sensores remotos de altíssima resolução espacial. Os objetivos específicos são:

- Gerar três bases cartográficas planimétricas por meio de uma imagem orbital do sensor Quickbird, nos modos multiespectral, pancromático e fusionado;
- Avaliar a qualidade do processo de geração das três bases cartográficas;
- Avaliar a qualidade das três bases cartográficas geradas;
- Definir a relação resolução espacial e a exatidão posicional planimétrica das três bases cartográficas geradas;
- Avaliar as bases cartográficas de acordo com as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira.

3. Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984

Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Brasileira através de procedimentos e padrões a serem obedecidos na elaboração e apresentação de documentos cartográficos no Território Brasileiro. Um dos procedimentos a ser seguido é em relação à exatidão: as cartas devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfico - PEC, segundo o critério abaixo indicado:

1) Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfico, Planimétrico, estabelecido;

2) 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 Cartográfico, Altimétrico, estabelecido.

Padrão de Exatidão Cartográfico é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão - PEC. O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfico.

As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas Classes A, B e C, segundo os critérios apresentados no **Quadro 1**:

Quadro 1 – Classificação das Cartas

Fonte: Decreto Lei 89.817, 1984

Carta	PEC planimétrico	Erro padrão	PEC altimétrico	Erro padrão
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância	1/3 da equidistância
Classe B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância	2/5 da equidistância
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância	1/2 da equidistância

4. Metodologia e resultados

4.1 planejamento

4.1.1 Definição da área de estudo

Área do Anel Viário do Campus do Vale da UFRGS – Porto Alegre - Rio Grande do Sul - Brasil. A área possui um ponto da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo - RBMC, um marco da Rede Estadual GPS - REGPS e 18 pontos da rede geodésica da UFRGS com exatidão compatível a 3 cm. A região possui uma área de 4 km².



Figura 1 – Imagem QuickBird (3,2,1) do Campus do Vale da UFRGS.

4.1.2 Imagens e bandas

A imagem utilizada é do sensor Quickbird, no modo *Basic* (exatidão geométrica externa de 23 m), nos modo pancromático (com resolução espacial 0,61m), multiespectral (2,4m) e fusionado, exatidão geométrica interna conforme resolução espacial.

4.1.3 Propagação de erros *a priori*

Desenvolvimento através do método de Gauss (1777-1855), demonstrada na **Equação 1**, que leva em consideração os erros abaixo assinalados:

- Erro 1: Levantamento GPS (30 mm)
- Erro 2: Levantamento Topográfico (100 mm)
- Erro 3: Gráfico (0,2 mm)
- Erro 4: Resolução - Correção (610, 2400mm)
- Erro 5: Vetorização (0,2 mm)
- Erro 6: Resolução - Vetorização (610, 2400mm)

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

Para cada modo utilizado foram calculados valores diferentes para o erro propagado *a priori*, os resultados foram de 869 mm para o modo pancromático e fusionado e de 3396 mm para o modo multiespectral.

4.2 Avaliação da qualidade do processo de geração das bases cartográficas

4.2.1 Distribuição dos pontos para georreferenciamento

Para caracterizar uma boa rigidez geométrica nos processos de correção geométrica das imagens orbitais segue-se a definição de Rocha (2002): “Quando os dados testados definem uma área retangular de abrangência e acredita-se que é uniformemente exata, uma distribuição ideal de pontos teste deve privilegiar pelo menos 20 por cento dos pontos por quadrante”.

4.2.2 Número de pontos para georreferenciamento

Definidos através da função estatística de Pereira (1978), adaptada por Rocha (2002) para definir o tamanho da amostra para avaliação cartográfica, como segue:

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

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

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

Onde:

- n= tamanho da amostra
- Z= intervalo de confiança da tabela de Distribuição Normal
- N= tamanho da população (n° de pixels da imagem)

ε = erro amostral
 ε_r = erro amostral relativo (12,5% de μ)
 σ = desvio padrão amostral ($\mu/3$)
 μ = média amostral (resolução da imagem)

As fórmulas 2, 3 e 4 foram aplicadas para cada modo do sensor e a utilização do intervalo de confiança de 90% da tabela da distribuição Normal ($Z=1,6994$). Os resultados obtidos são apresentados na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Número de Pontos para Georreferenciamento

Sensor/Modo	N	ε	σ	μ	n
QuickBird/Pancromático	1075820	0.08	0.20	0.61	19
QuickBird/Multiespectral	70000	0.30	0.80	2.40	21

4.2.3 Exatidão geométrica dos pontos de apoio

Calculada a partir do valor do pixel, adotado como tolerância do erro a ser cometido nas medições. Conforme Rocha (2002), o conjunto de dados para teste deve ser da mais alta exatidão disponível, em geral, deve ser três vezes mais exato que a expectativa de exatidão do conjunto testado. Como o modo multiespectral do sensor QuickBird, possui resolução espacial de 2400 mm, necessita de pontos de apoio com exatidão de 800 mm, já o modo pancromático, com resolução de 600 mm, necessita de pontos de apoio com exatidão de 200 mm.

4.2.4 Métodos de levantamento dos pontos

Levantamento orbital NAVSTAR GPS e/ou topográfico através de Estação Total. Propagando os erros 1 e 2 do item 4.1.3, obtém-se um erro de 105 mm, que está abaixo do máximo tolerável *a priori* para o Quickbird pancromático, citado no item 4.2.3.

4.2.5 Correção geométrica

Utilização do modelo polinomial simples. A imagem por ser um recorte, não possui coeficientes polinomiais e não permite a utilização de um modelo função racional. Para reamostragem é utilizado o algoritmo do vizinho mais próximo, por apresentar, de acordo com Franke (1982), maior simplicidade e, também, por preservar os valores radiométricos originais dos pixels.

4.2.6 Vetorização, reambulação e edição

Execução manual através de programa gráfico. Todos os vetores relacionados a monumentos, interseções de estradas e cordões de calçadas, cantos de edifícios e etc., devem ser vetorizados, obrigatoriamente. As feições com características dinâmicas como hidrografia e vegetação podem ser vetorizados, porém, não podem ser avaliados por não apresentarem características métricas, como cantos e centros. Concomitantemente com o processo de vetorização deve ser executada a etapa de reambulação. A base deve ser editada com o auxílio de programa gráfico e deve conter informações básicas como: selo, legenda, quadrícula, topônimos e etc.

4.3 Avaliação da qualidade das bases cartográficas geradas

4.3.1 Discretização das bases geradas

Aplicada somente nos vetores com características geométricas, conforme citado no item 4.2.6. Os níveis de informação interessantes devem ser transformados de vetores para arquivos de texto com linhas e colunas. Este arquivo gerado deve fornecer o número de vetores de cada base gerada (número da população a ser avaliada posteriormente).

4.3.2 Número de pontos para avaliação

Definida conforme a função estatística de Pereira (1978), fórmulas 2, 3 e 4. Devem ser levados em consideração valores distintos para a média, desvio padrão e erro amostral para cada base gerada. Esses valores devem ser utilizados seguindo a propagação de erros *a priori*, apresentados na **Tabela 1**. Os valores de desvio padrão e erro amostral *a priori* estão sendo apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Desvio Padrão e Erro Amostral para Avaliação das Bases

Sensor/ Modo	Erro a priori= μ	ϵ	σ
QuickBird/Pancromático	869 mm	109 mm	290 mm
QuickBird/Multiespectral	3396 mm	425 mm	1132 mm

Como ainda não se dispõe do número de vetores (população), não se pôde aplicar as fórmulas 2, 3 e 4. Os intervalos de confiança definidos para avaliação da qualidade devem ser de 90%, 95% e 99% e os testes para a média e variância devem ser bilaterais.

4.3.3 Distribuição e escolha dos pontos para avaliação

A distribuição segue o critério do item 4.2.1, pois todos os vetores foram gerados a partir do mesmo método. Para que os pontos distribuídos privilegiem as regiões de maior índice de concentração de informações cartografadas, deve-se utilizar um método não tendencioso de escolha de pontos, como o método de sorteio manual simples sem reposição.

4.3.4 Identificação e levantamento dos pontos nas bases geradas

Após o sorteio manual das coordenadas, deve ser executada a inserção das mesmas nas bases gráficas, que após, devem ser identificadas e medidas rigorosamente no terreno. Foi calculada uma expectativa de exatidão planimétrica para cada sensor e modo, conforme a **Tabela 2**. O método de levantamento dos pontos de controle deve apresentar estimativa de erro máximo inferior a 290 mm. Conforme a propagação de erros definidas no item 4.1.3, os métodos de levantamento orbital e topográfico suprem esta necessidade.

4.3.5 Cálculo da exatidão das bases cartográficas

Após o término da etapa de levantamento de campo, se deve processar, calcular as coordenadas e identificar os valores cartográficos para os mesmos pontos. Através da comparação dos dois grupos de coordenadas (campo e mapa) deve ser iniciado o cálculo dos resíduos. Na avaliação dos resíduos das coordenadas deve se constatar ou não se os pontos apresentam valores dentro do esperado para cada sensor, ou seja, abaixo dos valores especificados na **Tabela 1**. Devem ser calculados a média dos resíduos, o desvio padrão e a variância para cada sensor e modo.

Para examinar se os resultados estão dentro da expectativa do usuário, em relação à precisão, utiliza-se o teste *Qui-quadrado*, verificando se a variância das diferenças das coordenadas levantadas, quando comparadas com as de referência, possui diferenças significativas ou não, com a variância da expectativa definida antecipadamente.

Na avaliação da exatidão planimétrica da média dos resíduos, adota-se os testes especiais de significância para grandes amostras (maior que 30). Neste caso específico, deve ser utilizado um teste de hipótese ou de significância em relação à média.

Em relação ao PEC, a base deve ser avaliada e classificada da seguinte forma:

- Devem ser utilizados todos os pontos sorteados para verificação da qualidade da população (para cada base);
- No Decreto nº 89.817/84 os valores mínimos para que as cartas sejam classificadas estão descritos em termos de porcentagem, então, os pontos testados utilizados devem representar 100% na descrição do Decreto;
- Os pontos testados não devem ultrapassar o erro máximo tolerável, em relação à média (PEC) e ao desvio padrão, identificados no cálculo dos resíduos, em número maior do que 10% do total de vetores;
- As bases que apresentam número de pontos com erro acima do tolerável em quantidade igual ou abaixo do especificado pelo Decreto devem ser classificadas em classes de carta padrão A, B ou C;
- As bases que apresentam número de pontos com erro acima do tolerável em quantidade acima do especificado pelo Decreto não podem ter uma classe definida.

Com base nos cálculos acima apresentados, deverá ser conhecida a relação resolução espacial da imagem X exatidão posicional da base gerada para cada modo utilizado.

5. Conclusões preliminares

Alguns procedimentos metodológicos já foram aplicados, *a priori*, conclui-se que a escala máxima que pode ser utilizada na geração de bases cartográficas, através de uma imagem do sensor Quickbird, no modo pancromático ou fusionado é de 1:1800, com um PEC de 0,9 m, carta padrão classe A. Portanto, para escalas maiores, como 1:1000, *a priori*, essas imagens não devem ser utilizadas.

6. Referências bibliográficas

Brasil, Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984. **Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia nacional.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, n120, 22 de junho de 1984.

Celestino, V.S.; Rocha, R.S., Saldanha, D.L., 2005. **Avaliação da Exatidão Geométrica Externa de Base Cartográfica Gerada Através de Imagem de Alta Resolução.** XIII Jornadas de jovens pesquisadores da AUGM. Agosto. São Miguel de Tucuman – Argentina.

Celestino, V.S.; Rocha, Silva, R.R., Matsuoka, C.T. 2005. **Investigação Geométrica para Aplicação de Imagens Orbitais na Retificação e Geração de Produtos Cartográficos.** XXII Congresso Brasileiro de Cartografia. Macaé – RJ.

Congalton, R. G.; Green, K. 1999. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices.** Editor Lewis Publishers. New York

Franke, R. 1982. **Scattered Data Interpolation: Test of Some Methods**, Mathematics of Computations.

Ganas, A Et Al. 2002. **An investigation on the spatial accuracy of the IKONOS 2 Orthoimagery within an urban environment**. International Journal of Remote Sensing,

Ishikawa, M. I. 2001. **Potencialidade de uso de imagens IKONOS/GEO para aplicações em áreas urbanas**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

Juran, J.M.; Gryna, F. M. 1991. **Controle de qualidade - conceitos, políticas e filosofia da qualidade**. Editora McGraw-Hill. São Paulo – SP.

Okida, R. Et Al. 2003. **Avaliação da precisão de orto-imagens ikonos**. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte – MG. Abril.

Paladini, Edson P. 1990. **Controle de Qualidade, uma abordagem abrangente**. Editora Atlas. São Paulo – SP.

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

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

Silva, A.J.F.M. Et Al, 2003. **Mapeamento topográfico usando imagens Ikonos**. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte - MG. Abril.

Silva, D.C., 1998. **Avaliação da Resolução de Imagens Digitais para Cadastro**. III Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis-SC. Outubro.

Tao, V.; Hu, Y. 2001. **A comprehensive study of the rational function model for photogrammetric processing**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

Toutin, Th.; Cheng, P. 2002. **QUICKBIRD – a milestone for high resolution mapping**. Earth Observation Magazine.