



XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

Avaliação de um Mapa Urbano Produzido de Forma Automática a partir de Imagem Orbital de Alta Resolução

Salomão Soares	Roberto Coelho de Berrêdo	Agnaldo Morais Ataíde
CEMIG Distribuição S.A.	CEMIG Distribuição S.A.	CEMIG Distribuição S.A.
salomao.soares@CEMIG.com.br	rberredo@CEMIG.com.br	agnaldom@CEMIG.com.br

Palavras-chave

Análise estatística

Exatidão posicional

Imagem orbital de alta resolução

Mapa urbano

Resumo

Desde há alguns anos tem sido observado o surgimento no mercado de vários produtos de imageamento orbital, cujo potencial de aplicação ao geoprocessamento nas concessionárias de energia elétrica não foi ainda completamente avaliados. Sendo assim, a experiência aqui relatada tem por objetivo principal verificar a precisão cartográfica planimétrica e a aplicabilidade de mapas gerados de forma automática a partir de imagens orbitais de alta resolução na produção de mapas urbanos na **escala 1:5.000** para uso no cadastro de redes na CEMIG Distribuição. Neste trabalho, utilizou-se um mapa gerado de forma automática a partir de uma amostra de imagem do satélite *Quickbird*, cobrindo uma área de 4 Km² da cidade de Belo Horizonte.

O mapa resultante foi submetido a um processo de verificação da qualidade, utilizando análises estatísticas pra determinação da exatidão planimétrica, a qual é composta por uma análise de tendência e uma análise de precisão. Os resultados dessa verificação apresentam a possibilidade de uso do mapa, mas com algumas restrições e considerações.

1. Introdução

Desde há alguns anos tem sido observado o surgimento no mercado de vários produtos de imageamento orbital, cujo potencial de aplicação ao geoprocessamento nas concessionárias de energia elétrica não foi ainda completamente avaliados. Sendo assim, a experiência aqui relatada tem por objetivo principal verificar a precisão cartográfica planimétrica e a aplicabilidade de imagens orbitais de alta resolução na produção de mapas urbanos na escala 1:5.000 para uso no cadastro de redes na CEMIG Distribuição.

O produto utilizado no teste foi um mapa compreendendo uma área de 4 km² da região central de Belo Horizonte, gerado de forma automática a partir de uma imagem ortorretificada do satélite *Quickbird*.



Figura 1: Amostra da imagem utilizada para gerar o mapa urbano.

O mapa passou por uma avaliação da sua qualidade, utilizando como metodologia a análise estatística da exatidão planimétrica, que é composta pela análise de tendências, buscando averiguar a presença de erros sistemáticos, e a análise de precisão, comparando a variância das discrepâncias amostrais com o Erro Padrão estabelecido por lei. Para Marotta e Vieira *apud* Marotta e Calijuri (2006), a qualidade posicional absoluta contempla a comparação entre coordenadas homólogas originadas de um sistema de referência conhecido, enquanto que a qualidade posicional relativa representa a comparação entre pontos homólogos originados de um sistema de coordenadas pré-estabelecido. Estas qualidades podem ser avaliadas através do Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC. Sendo assim, utilizou-se o PEC para classificação do mapa gerado pela imagem.

2. Desenvolvimento

A avaliação da precisão cartográfica foi feita através da determinação das coordenadas precisas de pontos de controle em campo, de fácil identificação no mapa, e posterior comparação entre estas coordenadas. Foram utilizados 9 pontos de controle, cujas coordenadas foram obtidas através de um receptor GPS de dupla frequência, *ASHTEC Z-Xtreme*. O levantamento teve a duração de 1 hora por ponto. O pós-processamento dos pontos foi realizado de duas maneiras: a primeira vez utilizando os dados da estação fixa da CEMIG na cidade de Varginha, integrada à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo distante 240Km de Belo Horizonte; depois com uma base curta distante menos de 5Km da área de estudo utilizando a mono frequência. O software utilizado para pós-processar os dados, tanto em L1/L2 como em L1 foi o *ASHTEC Solutions*.

Como parâmetro de qualidade para os produtos cartográficos utilizou-se o PEC definido pelas normas de regulamentação e classificação de produtos cartográficos, Decreto-lei nº89.817 de 20/06/1984, artigos 8º a 11º, que tratam da classificação de uma carta quanto à exatidão definindo-as em classes.

De posse das coordenadas (X_t, Y_t -terreno; X_i, Y_i -mapa), avaliam-se as discrepâncias (dx, dy) através das distâncias entre as ordenadas e as abscissas, separadamente, obtendo a média (\bar{X}, \bar{Y}) e o desvio-padrão (S_x, S_y).

$$(dx, dy) = (X_t - X_i, Y_t - Y_i) \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \quad (2)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Os valores das discrepâncias em planimetria, sendo n o número de elementos da amostra, são dados por:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{xy_i} \quad (4)$$

$$d_{xy} = \sqrt{dX_i^2 + dY_i^2} \quad (5)$$

A partir do cálculo das estatísticas amostrais realizou-se os testes para avaliação de tendência e precisão.

Para Galo et al. (2001) a análise estatística da acurácia planimétrica é composta pela análise de tendências, com objetivo de averiguar a presença de erros sistemáticos, e análise de precisão.

A análise de tendência foi realizada utilizando o Teste t de Student. As discrepâncias das médias amostrais obtidas em cada uma das n coordenadas planimétricas, a certo nível de significância ($1 - \alpha$) e com um grau de liberdade ($n - 1$), admite-se a não existência de tendência nas direções cartesianas quando o valor calculado $t_{n-1, \alpha/2}$ for inferior ao valor limite $t_{n-1, \alpha/2}$ obtido por meio de tabela, para que o mapa esteja livre de erros sistemáticos nas coordenadas X e Y .

O teste t de Student é calculado obedecendo as seguintes hipóteses e fórmulas:

- Para a coordenada N :
 H_0 se $\Delta X = 0$, então X não é tendencioso.
 H_1 se $\Delta X \neq 0$, então X é tendencioso.
- Para a coordenada E :
 H_0 se $\Delta Y = 0$, então Y não é tendencioso.
 H_1 se $\Delta Y \neq 0$, então Y é tendencioso.

$$t_x = \frac{\bar{\Delta X} \times \sqrt{n}}{S_x} \quad t_y = \frac{\bar{\Delta Y} \times \sqrt{n}}{S_y} \quad (6)$$

Para análise da precisão utilizou-se o Teste Qui-quadrado (χ^2) para comparar a variância das discrepâncias amostrais com o Erro Padrão (EP) do Decreto-lei.

$$\delta x = \delta y = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (7)$$

As precisões nas direções X e Y do mapa gerado pela imagem orbital são atendidas quando os valores calculados $\chi_{x,n-1}^2$ e $\chi_{y,n-1}^2$ forem inferiores ao valor limite $\chi_{\alpha,n-1}^2$ obtido da tabela de χ^2 .

O Teste Qui-quadrado é calculado obedecendo as seguintes hipóteses e fórmulas:

- Para a coordenada N:
H0 se $Sx^2 = \delta x^2$
H1 se $Sx^2 > \delta x^2$
- Para a coordenada E:
H0 se $Sy^2 = \delta y^2$
H1 se $Sy^2 > \delta y^2$

$$\chi_{x,n-1}^2 = (n-1) \times \left(\frac{Sx^2}{\delta x^2} \right) \quad \chi_{y,n-1}^2 = (n-1) \times \left(\frac{Sy^2}{\delta y^2} \right) \quad (8)$$

3. Resultados

Para realização do teste de tendência, os 9 pontos de controle levantados em campo geraram resíduos com as coordenadas de referência como pode ser observado na Tabela 1 abaixo:

Tabela 1: Resíduos entre as coordenadas de referência e as coordenadas homólogas.

Mapa		Mapa	
Resíduos - base longa		Resíduos - base curta	
Δ N(m)	Δ E(m)	Δ N(m)	Δ E(m)
0.16	0.76	0.44	1.44
0.32	1.6	0.73	2.33
-1.08	-1.53	-0.72	-0.8
3.11	-3.21	3.6	-2.31
4.62	-3.1	4.83	-2.24
-0.6	-1.63	-0.36	-1.09
0.26	-1.69	0.77	-0.85
1.31	-1.33	1.6	-0.69
-0.37	-1.33	-0.11	-0.73

Em seguida, calculam-se as médias, os desvios padrão, as variâncias, os erros mínimos e máximos entre as coordenadas homólogas (Tabela2).

Tabela 2: Resultados estatísticos.

Resíduos – Base Longa	Δ N(m)	Δ E(m)	Resíduos – Base Curta	Δ N(m)	Δ E(m)
	Média	0.86		-1.27	Média
DP	1.76	1.48	DP	1.76	1.44
Variância	3.1	2.20	Variância	3.1	2.08
Máximo	4.62	1.60	Máximo	4.83	2.33
Mínimo	-1.08	-3.21	Mínimo	-0.72	-2.31

Já com os resultados estatísticos, realizaram-se testes de tendência ao nível de significância ($\alpha/2$) com $\alpha = 10\%$ e teste t de Student com 9 amostras e 1 grau de liberdade. Quando o módulo de t amostral é menor que t tabelado, não há presença de tendência. Sendo assim, observa-se que a direção E(m) apresentou tendência para a base longa, entretanto, para a base curta, quem apresentou uma leve tendência foi N(m), conforme pode ser visto na Tabela 3.

Tabelas 3: Resultado do teste de tendências.

Resíduos – Base Longa	$\Delta N(m)$	$\Delta E(m)$	Resíduos – Base Curta	$\Delta N(m)$	$\Delta E(m)$
t amostral	1.46	-2.57	t amostral	2.04	-1.14
t tabelado	t 5%(9)	1,83	t tabelado	t 5%(9)	1,83

Para a avaliação da precisão posicional realizou-se o teste Qui-quadrado(χ^2), com nível de significância $\alpha = 10\%$ e $n=9$.

Para o cálculo de χ^2 nas direções N e E, os valores de δx e δy foram obtidos a partir do Decreto-lei nº89.817. Os valores variam de acordo com a escala. Para este trabalho a escala utilizada foi 1:5.000 (Tabela 4).

Tabela 4: Valores do PEC, EP, δx e δy organizado em classes para produtos cartográficos na escala 1:5.000.

Classe	PLANIMETRIA		ESCALA 1:5.000	
	PEC(mm)	EP(mm)	δx	δy
A	0,5	0,3	1,061	1,061
B	0,8	0,5	1,768	1,768
C	1,0	0,6	2,121	2,121

Com os valores $\chi^2_{x\alpha, n-1}$ e $\chi^2_{y\alpha, n-1}$ calculados, comparou-se os valores. Para os valores N e E tem-se χ^2 tabelado conforme se segue: $\chi^2_{10, 8} = 15,51$. Percebe-se que o mapa está classificado como classe B para um nível de significância $\alpha = 10\%$ (Tabela 5).

Tabela 5: Valores $\chi^2_{x\alpha, n-1}$ e $\chi^2_{y\alpha, n-1}$ calculados.

Classe	Mapa - Base Longa		Classe	Mapa - Base Curta	
	N	E		N	E
A	22.07	15.66	A	22.07	14.79
B	7.95	5.64	B	7.95	5.32
C	5.52	3.91	C	5.52	3.70

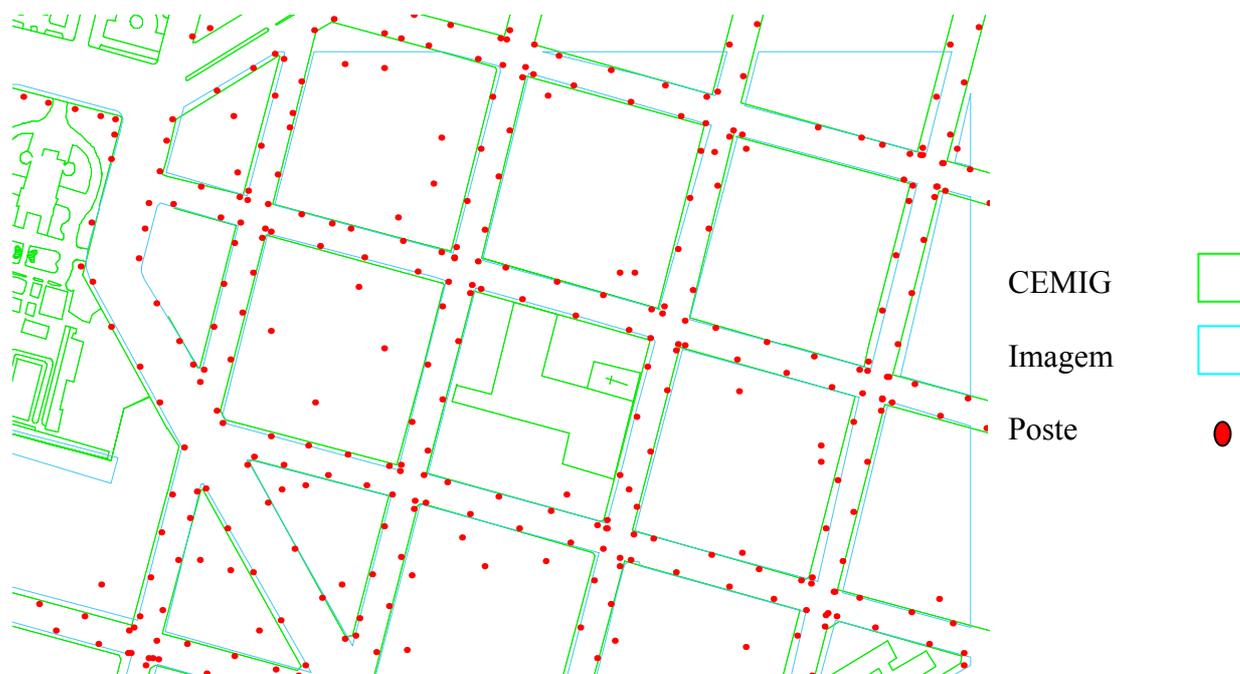


Figura 2: Comparação entre os mapas da CEMIG e o gerado a partir da imagem.

4. Considerações finais

Seguindo o que determina o PEC e diante do exposto, pode-se concluir que o mapa gerado a partir da imagem orbital apresenta uma precisão boa, entretanto, não representa detalhes importantes para as atividades da CEMIG na área de cadastro. Foram observadas inúmeras discrepâncias entre os mapas gerados a partir da imagem com relação ao mapa da CEMIG, tais como, ruas faltando, praças não desenhadas, vias em favelas não desenhadas, etc. A única vantagem em relação ao mapa atualmente usado é a linha de centro, mas esta vantagem somente seria concreta se o nível de detalhes representados fosse adequado.

Um outro ponto relevante, diz respeito ao Decreto nº 89.817/84, que não informa com clareza quais métodos estatísticos devem ser utilizados na avaliação da qualidade posicional de produtos cartográficos, bem como o critério de determinação do tamanho da amostra e sua distribuição. Conclui-se que para os trabalhos da CEMIG, o mapa gerado a partir da imagem *Quickbird* é uma razoável ferramenta em área urbana, não sendo a opção mais recomendada, sendo útil na identificação das alterações ocorridas no espaço urbano, como sua ocupação e expansão, mas indubitavelmente não substitui a ida a campo para o processo de atualização de uma base cadastral. Ademais, as imagens de alta resolução possuem um custo ainda muito alto em relação às técnicas utilizadas atualmente.

5. Referências Bibliográficas

- DECRETO-LEI nº89.817 de 20 de junho de 1984. Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 1984.
- GALO, M; DAL POZ, A. P; FERREIRA, F.M. Uso de feições no controle de qualidade em cartografia. In Anais do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, 2001, p 7-12.
- MAROTTA, G.S; CALIJURI, M.L. Avaliação da qualidade posicional planimétrica em planta cadastral utilizando diferentes processos na extração de feições. In Anais do VII Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário., Florianópolis, 2006, p 1-8.