

Avaliação da Qualidade Posicional Planimétrica em Planta Cadastral Utilizando Diferentes Processos na Extração de Feições

Acad. Giuliano Sant'Anna Marotta
Profa. Dra. Maria Lúcia Calijuri

UFV – Departamento de Engenharia Civil
36570-000 Viçosa MG
giumarotta@yahoo.com.br
calijuri@ufv.br

Resumo : Com o avanço tecnológico, grande parte dos produtos cartográficos, antes confeccionados de forma analógica, vem passando por processos de digitalização. Isso propicia maior facilidade na manipulação e maior durabilidade desses produtos. No entanto, esses processos geram erros, ocasionados por distorções, que precisam ser avaliados e corrigidos antes de utilizados. Este trabalho tem por objetivo, avaliar a qualidade posicional de uma planta cadastral, localizada no município de Viçosa – MG. A planta, que já se encontrava plotada e rasterizada, passou por uma avaliação de sua qualidade com uso de mesa digitalizadora e digitalização em tela na extração de feições. Como metodologia, utilizou-se a análise estatística da exatidão planimétrica, que é composta pela análise de tendências (onde se averigua a presença de erros sistemáticos) e a análise de precisão (onde se compara a variância das discrepâncias amostrais obedecendo aos valores do Erro Padrão – EP – estabelecidos por lei).

Palavras chaves: Digitalização, Exatidão Posicional, Planta Cadastral.

Abstract : With the technological advance, great part of the cartographic products, that were confectioned by analogical form, passed for a digitizing process. This propitiates an easier manipulation and greater durability of these products. However, this process of digitizing generates errors, caused for distortions, that need to be evaluated and to be corrected before the use of these cartographic products. This work has for objective, to evaluate the positional quality of these cadastral plants, located in the city of Viçosa - MG. This plant, that was already located and rendering, passed by a process of quality verification in digitizing tablet and on-screen digitize for the features extration . As methodology, it was used statistics analysis of the planimetric exactness, that is composed for the trends analysis (where it inquires the presence of bias quality controls) and the precision analysis (where it compares the variance of the discrepancies you show obeying the values of pattern error established by law).

Words keys: Digitizing, Positional Exactness, Cadastral Plant.

1 Introdução

Com o avanço tecnológico, diversas áreas das prefeituras estão passando por processos de sistematização de informações. Isto ocorre devido à necessidade de localizar falhas na administração pública e proporcionar suporte ao planejamento municipal, com ênfase em setores como o de infraestrutura, tributário, saúde, educação e moradia.

Além da sistematização das informações existe grande necessidade de sua espacialização. Os mapas georreferenciados proporcionam suporte tanto para a detecção de problemas de forma localizada, quanto para eliminação destes, facilitando e auxiliando as tomadas de decisão.

Entretanto, a maioria dos mapas existentes nas prefeituras além de desatualizados, encontram-se no formato analógico. Requerem atualização e conversão digital.

Cartas e mapas digitais, sejam em formato raster ou vetorial, proporcionam maior durabilidade e facilidade de manipulação. O processo de digitalização, entretanto, é passivo de distorções que precisam ser avaliadas e corrigidas para não comprometer a qualidade de suas informações.

Nem todos os produtos cartográficos apresentam um indicador de qualidade, pois a verificação é processo que leva tempo e gera custos ao contratante do trabalho (GALO 2001).

A qualidade apresentada em cartas e mapas é subdividida em temática e posicional, que por sua vez, é subdividida em posicional absoluta e posicional relativa.

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 (Marotta/Oliveira 2005).

Qualidade temática consiste na capacidade de identificação de atributos como edificação, vias, vegetação, relevo, solos, etc.

A qualidade em documentos cartográficos originados do processo de digitalização está diretamente relacionada com as distorções geométricas, ocasionadas pela qualidade dos equipamentos aos quais mapas e cartas foram confeccionados e impressos e diferentes metodologias para extração das feições, como a utilização da mesa digitalizadora e do scanner.

A correção geométrica dos produtos cartográficos plotados ou scaneados se dá através da coleta de pontos bem identificados e precisos na superfície da terra e os pontos homólogos bem identificados na carta plotada ou rasterizada, em que carta plotada ou rasterizada assume as propriedades de escala e da projeção pré-estabelecidos.

2 Objetivo

Este trabalho teve por objetivo, a avaliação da qualidade posicional de uma planta cadastral localizada no município de Viçosa – MG, confeccionada na escala de 1:2.000. Encontra-se plotada e rasterizada. Foram utilizadas diferentes metodologias na coleta de dados posicionais, bem como, na metodologia que definiu a análise estatística da exatidão planimétrica. Esta última é composta pela análise de tendências (onde se averigua a presença de erros sistemáticos) e a análise de precisão (onde se compara a variância das discrepâncias amostrais obedecendo aos valores do Erro Padrão (EP) pré-estabelecidos por lei).

3 Materiais e Métodos

3.1 Área de Estudo

Foi selecionado, como área de estudo, o imóvel urbano localizado no município Viçosa, MG. (Figura 1).

Este município apresenta relevo acidentado e têm como principais atividades econômicas, as instituições de ensino e o comércio varejista.

Devido ao crescente aumento destas instituições de ensino, a paisagem urbana vem passando por constantes mudanças. O mercado e a especulação imobiliária acompanham tal crescimento, requerendo atualização periódica do cadastro técnico imobiliário.

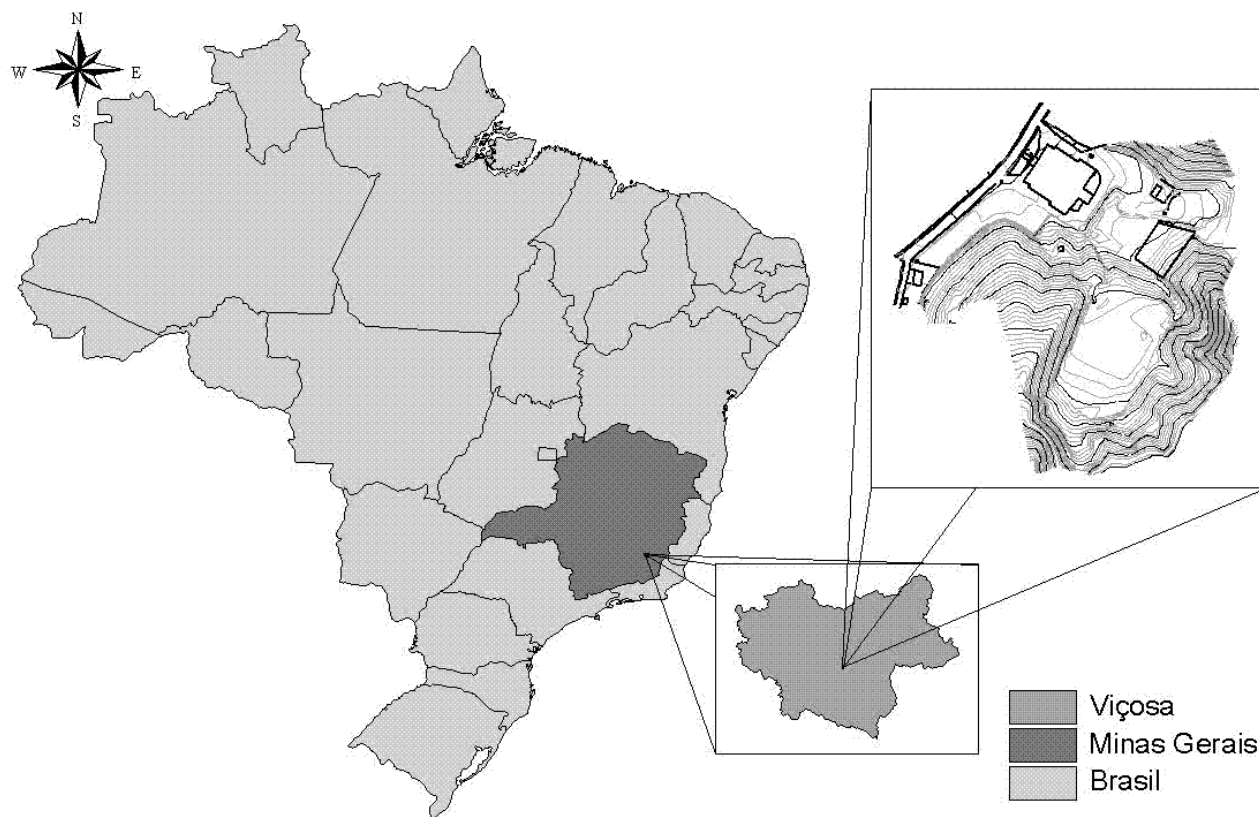


Figura 1: Imóvel urbano localizado no município Viçosa – MG

3.2 Materiais Utilizados

Para a realização do presente trabalho, utilizou-se como referência, um levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado, Datum Sad69 e sistema de projeção UTM, processado e posteriormente confeccionado em formato vetorial DXF.

Na extração de pontos de referência, empregou-se o software *AutoCAD 2004*.

Utilizou-se mesa digitalizadora *DIGIGRAF Renoir* e software *CARTALINX* na coleta de pontos de controle no mapa cadastral do imóvel em estudo.

Fez-se uso do scanner *Mustek Scan Express A3 USB* na rasterização da planta cadastral do imóvel, com 900 dpi de resolução e o software *ERDAS Imagine 8.5* para a correção geométrica e extração de pontos de controle.

3.3 Metodologia

Na coleta de coordenadas de referência foi utilizado o levantamento topográfico planialtimétrico georreferenciado, onde foram identificados pontos bem distribuídos abrangendo toda área do imóvel.

Na realização da correção geométrica no mapa cadastral plotado e na imagem raster proveniente do processo de scannerização, foram identificados e coletados os pontos de coordenadas homólogas aos pontos de coordenadas de referência, a partir da digitalização da planta cadastral e da imagem raster na

escala de 1:2.000, respectivamente.

De posse da imagem raster e do mapa cadastral plotado, corrigidos geometricamente, passou-se à etapa de avaliação da qualidade posicional segundo o PEC.

Para a verificação da qualidade posicional, foi coletada uma maior densidade de pontos homólogos bem distribuídos em toda área de estudo.

O PEC é definido, pelas normas de regulamentação e classificação de produtos cartográficos, pelo Decreto-lei nº 89.817, publicado pelo Diário Oficial da União em 20/06/1984, mais precisamente apresentados nos artigos 8º a 11º, que tratam da classificação de uma carta quanto à exatidão e das classes de cartas.

Na determinação do PEC, referentes a dados planimétricos, comparam-se as coordenadas dos pontos facilmente identificados na imagem raster e no mapa cadastral (X_c, Y_c) com as coordenadas homólogas de referência (X_r, Y_r), coletadas em carta ou em levantamento de campo, desde que possuam exatidão adequada para realização de análise de qualidade.

De posse de ambas as coordenadas, avaliam-se as discrepâncias através das distâncias entre as ordenadas e as abscissas, separadamente, e obtêm-se as estatísticas como média (\bar{X}, \bar{Y}); desvio padrão (S_X, S_Y); erro máximo (E_{max}); e erro mínimo (E_{min}); dados por:

$$(dx_i, dy_i) = (X_{ci} - X_n, Y_{ci} - Y_n) \quad (1)$$

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

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad (3)$$

$$S_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \Delta \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

$$S_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta Y_i - \Delta \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (5)$$

Posteriormente, obtêm-se os valores das discrepâncias em planimetria, sendo n o número de elementos da amostra, dado por:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_{xy_i}}{n} \quad (6)$$

$$d_{xy_i} = \sqrt{dx_i^2 + dy_i^2} \quad (7)$$

Com o cálculo das estatísticas amostrais são realizados testes para avaliação de tendência e precisão.

Segundo Galo/Dal Pos/Ferreira (2001), a análise estatística da acurácia planimétrica é composta pela análise de tendências, com o objetivo averiguar-se a presença de erros sistemáticos, e análise de precisão.

A análise de tendência foi realizada utilizando o *Teste t de Student*, onde a partir das discrepâncias das médias amostrais obtidas em cada uma das n coordenadas planimétricas coletadas, 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, ou seja, o valor $t_{n-1, \alpha/2}$ calculado deve ser inferior ao valor limite $t_{n-1, \alpha/2}$ obtido por meio de tabelas, para que a imagem raster e a planta cadastral estejam livres 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.

$$\bar{t}_X = \frac{\overline{\Delta X} \times \sqrt{n}}{S_X} \quad (8)$$

$$\bar{t}_Y = \frac{\overline{\Delta Y} \times \sqrt{n}}{S_Y} \quad (9)$$

A análise de precisão foi realizada utilizando o *Teste Qui-quadrado* (χ^2), onde se comparou a variância das discrepâncias amostrais e foi obedecido aos valores pré-estabelecidos pelo Erro Padrão (**EP**), definido pelo decreto nº89817 de 1984, com objetivo de verificar a classe que o produto analisado se enquadrava.

$$\sigma_x = \sigma_y = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (10)$$

As precisões nas direções X e Y das imagens orbitais são atendidas quando os valores calculados $\chi^2_{N \alpha, n-1}$ e $\chi^2_{E \alpha, n-1}$ forem inferiores ao valor limite $\chi^2_{\alpha, n-1}$ obtido por meio de tabela.

São as seguintes hipóteses e fórmulas para o *Teste Qui-quadrado*:

Para a coordenada X : H_0 : Se $S_X^2 = \sigma_x^2$

H_1 : Se $S_X^2 > \sigma_x^2$

Para a coordenada Y : H_0 : Se $S_Y^2 = \sigma_y^2$

H_1 : Se $S_Y^2 > \sigma_y^2$

$$\chi^2_{X, n-1} = (n-1) \times \left(\frac{S_X^2}{\sigma_x^2} \right) \quad (11)$$

$$\chi^2_{Y, n-1} = (n-1) \times \left(\frac{S_Y^2}{\sigma_y^2} \right) \quad (12)$$

Este teste (χ^2) é utilizado para avaliar a precisão das medidas das discrepâncias existentes entre as frequências observadas e esperadas.

4 Resultados e Discussões

Na correção geométrica da planta cadastral, foram definidos 6 pontos de controle bem distribuídos, obtendo o RMS igual a 0,1798. Já para a imagem raster, foram definidos 8 pontos bem distribuídos, com o qual, utilizando o modelo de transformação polinomial de ordem 2, e convolução cúbica como modelo reamostragem da imagem, obteve-se um RMS calculado igual a 0,0042.

Tabela 1: Resíduos entre coordenadas de referencia e coordenadas homólogas.

Planta cadastral		Imagem raster	
RESÍDUOS		RESÍDUOS	
ΔX (m)	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔY (m)
0,273	1,051	0,149	0,043
0,135	0,611	-0,113	0,014
0,169	0,176	0,091	0,062
-0,042	0,615	0,143	0,050
-0,046	0,832	-0,049	0,021
-0,083	0,401	0,205	0,047
-0,150	0,255	0,163	-0,048
0,059	0,038	0,037	-0,131
-0,337	0,078	0,332	0,029
-0,044	-0,289	-0,045	-0,109
-0,113	-0,504	0,209	-0,062
-0,179	0,100	0,148	0,098
-0,161	-0,307	0,149	0,093
-0,304	-0,736	0,221	-0,061
-0,132	-0,344	0,214	-0,078
-0,382	-0,132	0,319	-0,050
-0,237	0,286	0,025	-0,095
-0,013	-0,288	0,342	-0,078
-0,023	-0,145	0,041	-0,054
0,136	0,310	0,063	-0,103
0,056	-0,022	0,169	-0,096
0,115	0,073	0,321	-0,131
0,255	0,276	0,230	0,034
0,229	0,280	0,295	0,079
-0,052	0,499	0,041	-0,019
0,228	0,017	0,180	-0,085
0,228	0,546	0,029	0,011
0,461	0,435	0,392	-0,048
0,463	0,018	0,116	-0,120
0,643	0,025	0,243	-0,176
0,560	-0,156	0,308	-0,138
0,487	-0,362	0,118	-0,118
0,043	-0,270	-0,006	0,069
0,254	0,044	-0,017	-0,118

Na realização do teste de tendência, foram coletados 34 pontos de coordenadas na imagem raster e na planta cadastral plotada, geometricamente corrigidas, juntamente com seus respectivos homólogos no levantamento topográfico de referência (Tabela 1).

De posse das coordenadas coletadas, calculam-se as médias, os desvios padrão, os erros mínimos e os erros máximos das variações entre as coordenadas homólogas (Tabela 2 e Tabela 3).

Tabela 2: Resultado das estatísticas (Planta cadastral).

RESÍDUOS	ΔX (m)	ΔY (m)
MÉDIA	0,073	0,100
DESVIO PADRÃO	0,254	0,384
MÁXIMO	0,643	1,051
MÍNIMO	-0,382	-0,736

Tabela 3: Resultado das estatísticas (Imagem raster).

RESÍDUOS	ΔX (m)	ΔY (m)
MÉDIA	0,149	-0,037
DESVIO PADRÃO	0,126	0,077
MÁXIMO	0,392	0,098
MÍNIMO	-0,113	-0,176

A partir dos resultados estatísticos entre pontos de coordenadas homólogas, foram realizados testes de tendência ao nível de significância ($\alpha/2$) com $\alpha = 10\%$ e utilizando o teste *t* de Student com $n = 34$ amostras e 1 grau de liberdade (Tabela 4).

Tabela 4: Resultado do teste de tendências.

	RESÍDUOS	ΔX (m)	ΔY (m)
Planta cadastral	t amostral	1,662	1,503
Imagem raster	t amostral	6,768	-2,796
t tabelado	t 5%(33)	1,70	

Quando o módulo de *t* amostral é menor que *t* tabelado, não há a presença de tendência. Consequentemente, conforme ilustrado na tabela 3, os dados provenientes da planta cadastral utilizando mesa digitalizadora na coleta de dados não apresentou tendência nas direções **X** e **Y**, porém, os dados coletados na imagem raster utilizando software para correção geométrica, apresentaram certa tendência nas direções **X** e **Y**.

Segundo Galo/Camargo (1994), a presença de tendência pode ser eliminada subtraindo-se de cada coordenada lida o valor da discrepância nesta direção.

Após a realização do teste de tendências, passou-se à avaliação da precisão posicional utilizando o teste *Qui-quadrado* (χ^2), com nível de significância $\alpha = 10\%$ e $n = 34$.

Para o cálculo de χ^2 nas direções **X** e **Y**, os valores de σ_x e σ_y foram obtidos por meio do Decreto nº 89.817. Os valores variaram em função da escala previamente definida (Tabela 5).

Tabela 5: Valores do PEC, EP, σ_x e σ_y para as diferentes classes de documentos cartográficos na escala 1:2.000.

CLASSE	PLANIMETRIA		ESCALA 1:2.000	
	PEC (mm)	EP	σ_x	σ_y
A	0,5	0,3	0,4243	0,4243
B	0,8	0,5	0,7071	0,7071
C	1,0	0,6	0,8485	0,8485

De posse dos valores $\chi^2_{X \alpha, n-1}$ e $\chi^2_{Y \alpha, n-1}$ calculados, comparou-se os valores respeitando as hipóteses anteriormente mencionadas para o teste *Qui-quadrado* (Tabela 6).

Para os valores **X** e **Y** tem-se χ^2 tabelado = $\chi^2_{10, 33} = 43,7377$.

De acordo com os testes calculados em cada classe, conclui-se que, tanto a planta cadastral plotada quanto a imagem raster, ao nível de significância $\alpha = 10\%$ estão classificados nas direções **X** e **Y** como classe A.

Tabela 6: Valores $\chi^2_{X \alpha, n-1}$ e $\chi^2_{Y \alpha, n-1}$ calculados.

CLASSE	Planta cadastral		Imagem raster	
	X	Y	X	Y
A	11,8100	26,9749	2,9283	0,5396
B	4,2516	9,7110	1,0542	0,3885
C	2,9525	6,7437	0,7321	0,2698

5 Conclusão

De acordo com resultados calculados e avaliados, estatisticamente, no que se refere à qualidade posicional, não há diferença entre os métodos utilizados na extração de feições, porém, pode-se notar a presença de tendência para o método de extração de feições utilizando imagem rasterizada e a grande diferença entre os valores calculados no teste de precisão (Qui-Quadrado) para os diferentes métodos.

A presença de tendência pode ter como fonte, o somatório das possíveis distorções provenientes do equipamento de impressão e digitalização, salvo a inexistência de erros grosseiros por parte do operador.

Contudo, ambas as técnicas de digitalização atendem ao processo de construção e atualização do mapeamento sistemático em âmbito municipal, proporcionando a possível integração com banco de dados, em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O SIG reúne uma grande quantidade de dados convencionais de expressão espacial, estruturando-os adequadamente de modo a otimizar o tratamento integrado de seus três componentes: posição, topologia e atributos, na execução de análises e aplicações espaciais complexas por meio do estabelecimento de cenários que propiciam aos planejadores e administradores em geral, subsídios para a tomada de decisões (Marotta/Calijuri 2005).

6 Referencias Bibliográficas

Brasil: Decreto nº 89.817 de 20 de junho de 1984 - Normas Técnicas da Cartografia Nacional, Diário Oficial da União, Brasília, Brasil, 1984.

Ferreira, L. F.; Cintra; J. P.: *Quantificação de discrepâncias entre feições lineares por retângulos equivalentes*, Revista Brasileira de Cartografia, nº51/1999, p.1-8.

Galo, M.; Camargo, P. de O.: *O uso do GPS no controle de qualidade de cartas*. In: COBRAC - 1994, 1o Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, Florianópolis - SC, 1994, Tomo II, p.41-48.

Galo, M.; Dal Poz, A. P.; Ferreira, F. M.: *Uso de Feições no Controle de Qualidade em Cartografia*. In Anais do XIX CBC - Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, Brasil, 2001, p.7-12.

Marotta, G. S.; Calijuri, M. L.: *Utilização de Informações Espacializadas no Diagnóstico e Prevenção da Criminalidade em Instituições Públicas*, In Anais do XXII CBC – Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé, Brasil, 2005.

Marotta, G. S.; Vieira, C. A. O.: *Aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica em Imagens Orbitais Aster para fins de Atualizações de Mapeamentos*, In Anais do XXII CBC – Congresso Brasileiro de Cartografia, Macaé, Brasil, 2005.

Merchant, D. C.: *Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps*. In: American Congress on Surveying and Mapping, Denver, EUA, v.1, 1982, p.222-231.

Seixas, R. B.: *Verificação de exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeitos de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão*. Tese de Doutorado, UFV, Viçosa, Brasil, 1996.

Vasco, L. S. T.: *Subsídios para obtenção e atualização de base cartográfica a partir de fotografias aéreas de pequeno formato*. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa, Brasil, 1999.

Vieira, C. A. O.; Mather, P. M.; Borges P. A. F.: *Assessing the positional accuracy of remotely sensed products*. In: Anais 5th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, Melbourne, Australia, 2002.