

## Estudo sobre a exatidão de bases cartográficas digitais

Profa. Me. Rosana Maria Siqueira <sup>1</sup>  
Profa. Dra. Maria Teresa Françoso <sup>2</sup>  
Prof. Dr. Paulo César Lima Segantine <sup>3</sup>

<sup>1</sup> FATEC-SP - Depto. de Transportes e Obras de Terra  
CEP: 01124-060 - São Paulo - SP  
rosana@fatecsp.br

<sup>2</sup> Unicamp - Depto. de Geotecnia e Transportes  
CEP: 13.083-852 - Campinas - SP  
mteresa@fec.unicamp.br

<sup>3</sup> USP São Carlos - Depto. de Transportes  
CEP: 13566-590 - São Carlos - SP  
seganta@usp.br

**Resumo:** Este trabalho apresenta um comparativo entre as bases cartográficas do campus da USP e do campus da Unicamp, ambas elaboradas a partir de levantamentos aerofotogramétricos em condições diferenciadas. Para a comparação das bases foram lançadas algumas poligonais fechadas utilizando-se levantamentos topográficos convencionais. Dos vértices destas, foram irradiados pontos que a serem identificados na restituição. Para análise considerou-se a resolução espacial do scanner, a exatidão da posição horizontal de um ponto em relação ao datum horizontal e o desvio padrão de acordo com a formulação apresentada no item 8.3.1 da NBR 13.133/1994. Conclui-se que para verificação da exatidão das bases cartográficas os três parâmetros utilizados nesta pesquisa apresentaram um bom efeito, entretanto necessita-se de um estudo mais profundo deste assunto.

**Palavras chaves:** exatidão; bases cartográficas e restituição digital.

**Abstract:** This work presents a comparison between the cartographic bases of USP and UNICAMP campuses, both elaborated from aerial surveys under different conditions. To compare there bases, some closed polygons were materialized through conventional topographic data. From their vertices, dots were irradiated to be identified in the digital restitutions. For the analysis, the scanner spatial resolution the exactness of the horizontal position of a dot in relation to a horizontal datum and the standard deviation according to the formulation presented in the item 8.3.1. of NBR 13.133/1994, were used as a point of reference. The conclusion was that to verify the exactness of the cartographic bases, the three parameters used in this research presented a satisfactory result; however, deeper studies on the matter will be necessary.

**Keywords:** accuracy, cartographic bases and digital restitution.

### 1 Introdução

As constantes alterações da paisagem, bem como as diferentes necessidades de informações da superfície em projetos específicos na área de engenharia, requer a elaboração de uma base cartográfica.

Para a elaboração de bases cartográfica há necessidade de se equacionar diversos fatores tais como: exatidão, complexidade, qualidade, preço, prazo, entre outros, de maneira a definir escalas (vão e restituição), métodos de representações, produtos intermediários e finais. Em contrapartida, as empresas especializadas no assunto indicam que é uma questão de mercado, ou seja, é o usuário que define as características dos produtos finais. Cabe destacar que, geralmente, por falta de conhecimento, o usuário não leva em consideração as finalidades específicas das bases cartográficas.

Portanto, o usuário deve ter um determinado conhecimento para poder apontar as finalidades a que se destina o produto, além de identificar quais as características indispensáveis para o bom desempenho e o cumprimento dos objetivos iniciais. Estas indicações são primordiais, pois podem levar as especificações a um custo muito elevado e/ou um prazo muito mais longo para a execução, podendo até inviabilizar o projeto dentro das circunstâncias concretas.

Com as especificações necessárias deve-se analisar o emprego de materiais e produtos mais adequados para determinadas finalidades. Este procedimento evita desperdícios. Entretanto, nem sempre isto é possível. Existem alguns fatores restritivos, tais como disponibilidade de recursos financeiros ou de prazos, por exemplo, os quais podem influir na seleção de métodos ou até modificar os padrões de tolerância admitidos.

Especificamente para aplicações da base cartográfica que necessitem de análise ou síntese da informação espacial, há a preocupação de detectar e medir erros, além de considerar as possíveis associações entre eles. Além disso, há que se considerar as incertezas decorrentes da manifestação desses erros.

Costa (2001) afirma que dentro da bibliografia disponível poucas referências têm sido feitas quanto a exatidão da base cartográfica. Diante disso, neste estudo pretende-se mostrar que bases cartográficas produzidas com qualidade, em escalas adequadas para a finalidade em questão, fornecerão informações necessárias da espacialidade do território.

Este trabalho tem como objetivo analisar a exatidão de base cartográfica digital, pois, como afirma Quintanilha (1996), tanto os erros quanto as incertezas são tratados como eventos independentes os quais raramente são considerados pelos profissionais usuários e/ou construtores das bases cartográficas digitais. Para isso fez-se uma correlação entre os erros e incertezas referentes as Bases Cartográficas digitais do campus da USP - São Paulo/SP e da Unicamp - Campinas/SP obtidas a partir de aerolevanteamento nas escalas 1:4.000 e 1: 8.000 com restituição na escala 1:1.000 e 1:2.000, respectivamente.

Além disso, esta pesquisa também visa apresentar aos profissionais construtores e usuários de bases cartográficas que a utilização da legislação cartográfica e das normas brasileiras referentes a Execução de Levantamento Topográfico - Procedimento (1994), Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento (1998) e da Elaboração do como Executado (as built) para edificações: Levantamento Planialtimétrico e Cadastral de imóvel Urbanizado com área de até 25.000 metros quadrados, para fins de estudos, projetos e edificação - Procedimento (2000) permitirá o discernimento do melhor processo e produtos a serem contratados, além do entendimento básico de todas as fases necessárias à sua elaboração.

## **2 Execução das bases cartográficas digitais do campus da USP São Paulo e do campus da Unicamp**

As Bases Cartográficas digitais do campus da USP - São Paulo e da Unicamp - Campinas - SP foram obtidas a partir de aerolevanteamento nas escalas 1:4.000 e 1:8.000 com restituição na escala 1:1.000 e 1:2.000, respectivamente. Apresentam-se, a seguir, os equipamentos e procedimentos adotados durante a elaboração das bases cartográficas digitais.

### **2.1 Campus USP - São Paulo**

A câmera métrica utilizada foi a RMK TOP15 da Zeiss a qual possui Lentes Pleogon A3 de grande abertura angular, distância focal de 153 mm (6"), campo angular de 93° (diagonal), abertura f/4 a f/22 continuamente, distorção  $\leq 3\mu\text{m}$ , com base giroestabilizada, correção de arrasto e centro da foto com coordenadas GPS.

O filme utilizado foi o SO 2444 Kodak.

O apoio básico planimétrico foi medido através de rastreamento de satélites com a utilização do GPS (L1/L2) Novatel.

O apoio suplementar foi executado a partir do apoio básico, com medidas no terreno das coordenadas de pontos facilmente identificáveis nas fotos aéreas, com uma densidade mínima de quatro pontos por

modelo estereoscópico.

As imagens foram digitalizadas com o scanner métrico SCAI da Zeiss, com densidades mínima de 0,05 e máxima de 1,95 e resolução desde 7 microns por pixel.

Tanto para a aerotriangulação quanto para a restituição foram utilizados restituidores de 1ª ordem, equipados com sistema gráfico com software do sistema DIAP (ISM).

## 2.2 Campus Unicamp

A câmara métrica utilizada foi a WILD RC-10 a qual possui lentes tipo universal AVIOGON I, dimensão do quadro do negativo 230mm x 230 mm, máxima abertura focal f/5,6, cone tipo grande ocular e distância focal 153,0 mm.

O apoio suplementar horizontal foi executado com GPS Geodésico de dupla frequência, marca DSNP, modelo 6502 SP/MP, com tempo mínimo de rastreamento de uma hora por estação, com taxa de coleta de 10 segundos. Utilizou-se o método estático com precisão milimétrica, rastreando simultaneamente sempre 3 (três) marcos, sendo um deles o vértice da rede GPS em Vinhedo.

O processamento dos dados foi realizado utilizando-se o programa 3S PACK, desenvolvido para este modelo de GPS.

O scanner utilizado foi o UltraScan 5000. Este equipamento trabalha com o princípio de rasterização em "subscans" na direções x e y. Com isso, o sistema CCD alcança resoluções para rasterização que variam de 5 microns (5080 DPI - pontos por polegada) a 29 microns (875 DPI) podendo ser utilizada na área da Fotogrametria para digitalizar diafilmes positivos e negativos além de fotocontatos coloridos ou monocromáticos.

A restituição aerofotogramétrica foi executada em estação gráfica da Intergraph com software da MacroStation, de forma numérica através do registro de dados em meio magnético, obtidos das informações provenientes da aerotriangulação apresentando registros das coordenadas diretas dos dados, através do emprego de um sistema automático de aquisição de coordenadas acopladas aos 3 (três) eixos, X, Y e Z.

## 3 Comparação das bases cartográficas digitais do campus da USP São Paulo e do campus da Unicamp

Para a comparação das bases cartográficas da USP e da Unicamp foram lançadas algumas poligonais fechadas. Dos vértices destas, foram irradiados pontos que a serem identificados na restituição. Optou-se pela realização de levantamentos topográficos convencionais, utilizando a Estação Total TC 305 Leica. Cabe destacar que antes do início dos trabalhos de campo, esta estação foi calibrada na BASE-EPUSP-MED, entre os pilares 0 e 5, a qual estava dentro da precisão nominal do instrumento igual a  $\pm 3\text{mm}$  e  $\pm 2\text{ppm}$ , ou seja, classe 3, precisão alta.

Os levantamentos foram executados segundo os critérios recomendados pela NBR 13.133/1994, de acordo com a classe IVP de poligonais para levantamentos planimétricos. Para as medições de ângulos aplicou-se o método das direções com uma série de leituras conjugadas direta e inversa, horizontal e vertical. Para as medidas de distância foram executadas leituras recíprocas (vante e ré), utilizando as médias das medidas lineares inclinadas.

Os cálculos foram processados no software "Sistema de Automação Topográfica Posição", da Manfra & CIA. Ltda, utilizando as tolerâncias de fechamento angular e linear recomendadas pela NBR 14.645/2000, ou seja,

$$\text{Angular } T = 1' \sqrt{n} \quad \text{e} \quad \text{Linear } T = 0,0095 \sqrt{\ell}$$

sendo:  $n$  o número de vértices e  $\ell$  o perímetro da poligonal expresso em metros.

### 3.1 Tipos de análises realizadas nos produtos

A exatidão da cartografia digital é função de vários fatores, além da escala adotada. Depende da câmara aerofotogramétrica, do filme utilizado no levantamento aerofotogramétrico, do processo de revelação e digitalização do produto (principalmente a qualidade do *scanner*) e do apoio terrestre e restituição.

O processo de digitalização dos filmes ou dispositivos, a partir de “scanners” fotogramétricos é ainda muito utilizado na Fotogrametria Digital, visto que as câmaras digitais não preenchem todos os campos da Fotogrametria. Assim, a primeira análise realizada, neste trabalho, foi a resolução espacial dos “scanners” utilizados, pois de acordo com Rosalen (1997), a precisão planimétrica de uma restituição fotogramétrica digital, equivale aproximadamente a 70% do tamanho do pixel e depende da escala da foto aérea.

A segunda análise foi feita tomando-se por base a exatidão da posição horizontal, ou seja, da incerteza na posição horizontal de um ponto m relação ao datum horizontal exigido por uma especificação do produto. Esta incerteza pode ser causada por erros de diversas fontes (aleatórios ou sistemáticos). A exatidão da posição horizontal (planimétrica) é tratada por vários organismos, tanto nacionais como internacionais. O Brasil, por exemplo, utiliza o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC), regulamentado pelo decreto nº 89.817 – DOU 1984 – para tratar de documentos cartográficos impressos (cartas, mapas e plantas). Para o critério de qualidade, é considerado que 90% dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC estabelecido. A probabilidade de 90%, segundo o decreto, corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão ( $PEC = 1,6449 \cdot EP$ ). O erro padrão isolado não deverá ultrapassar a 60,8% do PEC. O nível de exatidão das cartas impressas é dividido em classes A, B e C.

$$PEC = 1,6449 \times EP \quad \text{ou} \quad EP = \frac{PEC}{1,6449}$$

Classe A - Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,5 mm, na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

Classe B - Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

Classe C - Padrão de Exatidão Cartográfica - Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro-Padrão correspondente.

A terceira análise foi feita a partir do desvio-padrão admissível (item 8.3.1 da NBR 13.133/1994) para as discrepâncias entre as posições de pontos obtidas em planta e as obtidas pelos procedimentos topográficos no terreno, a qual deve ser:

$$m \leq \pm 0,4 \times E \times K$$

onde:

m = desvio-padrão admissível em milímetro,

$$0,4 = 0,2 \times \sqrt{0,2} * \sqrt{0,2}$$

0,2 = erro de graficismo adotado (mm),

E = módulo da escala da planta (denominador),

$\sqrt{0,2} * \sqrt{0,2} =$  deve-se ao fato de que as posições dos pontos são definidas por duas coordenadas planimétricas (E, N ou X, Y) e de que estas coordenadas são distâncias medidas na planta dos pontos às interseções das perpendiculares baixadas destes pontos aos eixos do retículo gráfico (E, N ou X, Y) e

K = coeficiente relativo à classe do levantamento topográfico quanto à medição de distâncias no seu levantamento. Nos dois casos K = 1, pois as medições foram realizadas com distanciômetro eletrônico.

O desvio padrão, resultante dos erros de posição dos pontos testados, não pode ser superior ao erro médio admissível acima prescrito e deve ser dado pela seguinte expressão:

$$\Delta p = \pm \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$$

onde:  $\Delta p$  = erro de posição.

$\Delta E$  e  $\Delta N$  = discrepâncias encontradas nas coordenadas E-N respectivamente, entre planta e terreno.

### 3.2 Campus USP – São Paulo

Para o levantamento topográfico convencional foram utilizadas as coordenadas UTM dos pilares P0, P4, P5 e P6 (cf. tabela 01), do Campo de Provas do campus da USP-SP, como referência para os cálculos das poligonais.

	UTM
P0	7.394.486,844 N
	323.282,737 E
P4	7.394.272,910 N
	323.699,815 E
P5	7.394.104,000 N
	324.029,087 E
P6	7.393.875,084 N
	324.475,320 E

**Tabela 1:** Coordenadas UTM dos pilares da USP – São Paulo - SPDatum SAD-69, meridiano central 45° W

Foram levantadas 3 poligonais com 4 vértices e uma com 5.

A poligonal nº 1 está situada nas faixas de vôo números 1 e 2 e têm 37 pontos irradiados. Destes, 11 deles foram identificados na restituição, o que representa 29,7% do total. A diferença máxima de medição obtida foi de 0,1118m.

A poligonal nº 2 está situada na faixa de vôo número 3 e têm 93 pontos irradiados, dos quais apenas 24 foram identificados na restituição, o que representa 25,8% do total. A diferença máxima de medição foi de 0,1447m.

A poligonal nº 3 está situada na faixa de vôo número 2 e têm 114 pontos irradiados. Destes, apenas 23 foram identificados na restituição, o que representa 20,2% do total. A diferença máxima de medição foi de 0,1351m.

A poligonal nº 4 está situada nas faixas de vôo números 3 e 4 e têm 87 pontos irradiados, dos quais 8 foram identificados na restituição, o que representa 9,2% do total. A diferença máxima de medição foi de 0,1264m.

Generalizando, foram irradiados 331 pontos dos quais 66 foram identificados na restituição, o que representa 19,9% do total. A diferença máxima obtida entre as medições de campo e as medições na restituição foi de 0,1447m.

Como descrito no item anterior, analisou-se inicialmente a resolução espacial dos scanners. A empresa BASE Aerofotogrametria utilizou o scanner Scai da Zeiss, com resolução 900 x 900 dpi (pontos por polegada) e tamanho do pixel 28x 28  $\mu\text{m}$  (micro). Como um micro equivale a  $10^{-6}\text{m}$ , a precisão planimétrica deve girar em torno de:

$$\text{Precisão} = 0,000001 \times 28 \times 0,7 \times 4000 \quad \therefore \quad \text{precisão} \cong 0,08\text{m}$$

Comparando com os resultados do levantamento topográfico convencional, contata-se que 42,4% dos pontos estão dentro desta precisão, isso significa que 28 dos 66 pontos identificados na restituição estão

abaixo do 0,08m.

A segunda análise tomou por base o PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica. Na USP a restituição foi obtida na escala de 1:1.000, portanto o erro padrão corresponde é:

$$\text{Classe A - EP} = \frac{0,50\text{m}}{1,6449} \quad \therefore \quad \text{EP} = 0,30\text{m} ,$$

$$\text{Classe B - EP} = \frac{0,80\text{m}}{1,6449} \quad \therefore \quad \text{EP} = 0,48 \cong 0,50\text{m} ,$$

$$\text{Classe C - EP} = \frac{1,00\text{m}}{1,6449} \quad \therefore \quad \text{EP} = 0,60\text{m} .$$

Como já citado a diferença máxima entre as medições de campo e as medições na restituição é de 0,1447m, portanto nenhum dos pontos testados chegou a atingir o erro padrão referente a classe A de aproximadamente 0,30m.

A terceira análise foi feita tomando-se por base o desvio padrão, de acordo com a formulação apresentada no item 8.3.1 da NBR 13.133/1994:

$$m \leq \pm 0,4 \times 1000 \times 1 \quad \therefore \quad m \leq 400\text{mm desvio padrão admissível}$$

Nesta análise, de acordo com a referida norma, 90% das posições testadas não podem ter discrepâncias superiores ao padrão de exatidão planimétrica em posição, sendo o erro médio das comparações obtidas igual ou menor que o desvio padrão admissível para essas comparações. No caso em questão pode-se concluir que todos os pontos estão dentro do padrão de exatidão planimétrica, pois o desvio padrão admissível é de 0,40m e a maior discrepância de medida entre os pontos testados das poligonais é de 0,1447m.

### 3.3 Campus Unicamp

Para o levantamento topográfico convencional, foram utilizadas as coordenadas UTM dos pilares UNIC e do azimuth UNIC-AZ pertencentes a Rede de Referência do Município de Campinas e dos marcos topográficos M1, M9, M10 e M11 da Rede de Referência Cadastral do Campus da Unicamp (cf. Tabela 02), os quais foram utilizados inclusive como apoio de campo.

	UTM
UNIC	7.475.529,876 N
	288.851,895 E
UNIC-AZ	7.475.431,678 N
	287.329,568 E
M1	7.475.817,751 N
	287.843,661 E
M9	7.474.347,316 N
	287.963,995 E
M10	7.474.740,782 N
	287.607,489 E
M11	7.475.148,880 N
	287.318,258 E

**Tabela 2:** Coordenadas UTM dos marcos de referência na Unicamp – Campinas – SP Datum SAD-69, meridiano central 45°W

No campus da Unicamp foram lançadas 4 poligonais, com 4 vértices. As poligonais números 1 e 2 estão situadas na faixa de vôo número 2 e têm 225 pontos irradiados. Destes foram identificados na restituição 23, o que representa 10,2% do total. A diferença máxima de medição foi de 0,5910m.

As poligonais números 3 e 4 estão situadas na faixa de vôo número 1 e têm 197 pontos irradiados, dos quais 26 foram identificados na restituição, o que representa 13,2% do total. A diferença máxima na

medição foi de 0,5917m.

Generalizando, foram 422 pontos irradiados, dos quais apenas 49 foram identificados na restituição o que representa 11,6% do total. A percentagem de pontos identificados é baixa pois optou-se pelo levantamento de muitas bocas de lobo e de leão, as quais não apareceram na restituição, uma vez que estas toponímias não foram solicitadas no edital.

A diferença máxima entre as medições de campo e as da restituição é de 0,5917m.

Para a análise da resolução espacial, considerando que a empresa Multispectral utilizou o scanner Vexcel UltraScan 5.000, com resolução de 1.200 x 1.200 dpi (pontos por polegada) e tamanho do pixel 21x 21 µm (micro), pode-se determinar a precisão planimétrica a qual deve girar em torno de:

$$\text{Precisão} = 0,000001 \times 21 \times 0,7 \times 8000 \quad \therefore \quad \text{precisão} \cong 0,12\text{m}$$

Comparando este valor com os resultados do levantamento topográfico convencional, constata-se que 18,4% dos pontos estão dentro desta precisão, isso significa que 09 dos 49 pontos identificados na restituição estão abaixo de 0,12m.

Segunda análise tomou por base o PEC – Padrão de Exatidão Cartográfica. Como a restituição foi realizada na escala de 1:2.000, o erro padrão corresponde é:

$$\text{Classe A - EP} = \frac{1,00\text{m}}{1,6449} \quad \therefore \quad \text{EP} = 0,60\text{m},$$

$$\text{Classe B - EP} = \frac{1,60\text{m}}{1,6449} \quad \therefore \quad \text{EP} = 0,97\text{m},$$

$$\text{Classe C - EP} = \frac{2,00\text{m}}{1,6449} \quad \therefore \quad \text{EP} = 1,22\text{m}.$$

Como já citado a diferença máxima entre as medições de campo e as da restituição é de 0,5917m, portanto nenhum dos pontos testados chegou a atingir o erro padrão referente a classe A de aproximadamente 0,60m.

A terceira análise foi feita a partir do desvio padrão, de acordo com a formulação apresentada no item 8.3.1 da NBR 13.133/1994.

$$m \leq \pm 0,4 \times 2000 \times 1 \quad \therefore \quad m \leq 800\text{mm desvio padrão admissível}$$

Nesta análise, em função das condições estabelecidas pela NBR 13.133/94 o desvio padrão admissível é de 0,80m e a maior discrepância de medida entre os pontos testados das poligonais é de 0,5917m. Conclui-se, então, que todos os pontos estão dentro do padrão de exatidão planimétrica.

#### 4 Resultados obtidos

A tabela 03 apresenta uma síntese das comparações realizadas no capítulo anterior.

	% de pontos dentro do limite	
	USP	UNICAMP
Resolução espacial do scanner	42,4	18,4
Padrão de Exatidão Cartográfica	100,0	100,0
Desvio padrão	100,0	100,0

**Tabela 3:** Síntese das comparações entre os parâmetros utilizados

Nos recobrimentos aerofotogramétricos nas escalas de 1:8.000 e 1:4.000 com restituições nas escalas de 1:2.000 e 1:1.000, respectivamente, têm-se resultados satisfatórios comparados com os levantamentos topográficos convencionais.

Os resultados obtidos na avaliação do mapeamento da Unicamp ficaram prejudicados em função do baixo número de pontos identificados na restituição.

## 5 Discussão e conclusão

Considerando todas as análises efetuadas pode-se verificar que nenhum dos parâmetros considerados nesta pesquisa está completamente de acordo com a legislação vigente. No caso da análise da resolução espacial do scanner, existem poucos estudos científicos relacionando a precisão planialtimétrica de uma restituição fotogramétrica digital com o tamanho do pixel.

A segunda análise foi feita com base na exatidão da posição horizontal, ou seja, a medida da incerteza na posição horizontal de um ponto em relação ao datum horizontal exigido por uma especificação do produto. No Brasil utiliza-se como referência o Padrão de Exatidão Cartográfico PEC. Este parâmetro, entretanto, é balizado em equipamentos analógicos e semi-analíticos e não em equipamentos digitais, ou seja, com a interação de “softwares”. Sabe-se que essa norma foi inspirada nas americanas (National Map Accuracy Standard – NMAS, publicada em 1947). As Normas da NMAS determinam que 90% dos pontos bem definidos devem ter erros menores que 2,146 dos erros permitidos. O padrão de exatidão é tratado como “Circular Map Accuracy Standard” (CMAS) e o erro padrão como “Circular Standard Error”. A American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) desenvolveu outra norma para mapeamentos de escalas grande, na qual a exatidão horizontal é definida a partir do erro médio quadrático (EMQ) das coordenadas levantadas e dos pontos de conferência na escala do mapa.

Cabe destacar que a NMAS está sendo revisada pela American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) e Federal Geographic Data Committee (FDGC), com ênfase nos avanços da tecnologia espacial (SATO, 2003), o que não vem acontecendo com as normas brasileiras.

A terceira análise foi feita a partir do desvio padrão, cuja formulação consta no item 8.3.1 da NBR 13.133/1994, norma esta que trata somente de procedimentos para a execução de levantamentos topográficos convencionais, ou seja, não apresenta parâmetros para comparar várias restituições aerofotogramétricas, mas sim entre originais topográficos e pontos medidos no terreno.

Fica constatado, também, que as normas técnicas devem ser utilizadas como referencia em quaisquer trabalhos topográficos ou geodésicos, as quais nem sempre estão sendo devidamente utilizadas pelos profissionais da área.

A análise da exatidão de uma base cartográfica digital deveria se feita tomando-se por base vários levantamentos aerofotogramétricos realizados numa mesma área, em várias escalas de vôo e de restituição. A comparação poderia ser feita utilizando os parâmetros adotados nesta pesquisa, enfatizando-se a análise de produtos digitais, dando ênfase a resolução espacial do scanner.

Um outro método que poderia ser adotado para controlar a qualidade em cada uma das etapas dos processos aerofotogramétricos, seria adotar a estratégia apresentada por Eslami Rad (1995) e Mayfield (2002) apud Sato, (2003), na qual a precisão do produto seria dada pela somatória dos erros associados a cada uma das partes dos processos de produção (apoio terrestre, aerotriangulação, orientação e coleta de dados espaciais).

Conclui-se que para verificação da exatidão das bases cartográficas os três parâmetros utilizados nesta pesquisa apresentaram um bom efeito, entretanto necessita-se de um estudo mais profundo deste assunto. Acredita-se que isto deu-se devido aos grandes avanços tecnológicos que ocorreram recentemente nos equipamentos digitais, não havendo tempo hábil para um estudo mais profundo. Sendo assim, o resultado desta pesquisa é uma pequena contribuição neste sentido.

Fica constatado, também, que as normas técnicas devem ser utilizadas como referencia em quaisquer trabalhos topográficos ou geodésicos. Cabe destacar que nem sempre estas estão sendo devidamente utilizadas pelos profissionais da área.

Finalizando, recomenda-se uma revisão na legislação vigente e nas normas sobre exatidão cartográfica, para que melhor se adeque tanto aos equipamentos, como aos “softwares” de automação topográfica em evolução, levando-se em consideração a realidade brasileira, não sendo simplesmente uma adaptação das recomendações de outros países.

## 6 Referências Bibliográficas

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13133:** Execução de levantamento topográfico: procedimento. São Paulo, 1994.

\_\_\_\_\_. **NBR 14166:** Rede de referência cadastral municipal: procedimento. São Paulo, 1998.

**BRASIL.** Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília, 1984.

\_\_\_\_\_. **NBR 14645:** Elaboração do como executado (as built) para edificações: levantamento planialtimétrico e cadastral de imóvel urbanizado com área de até 25.000 metros quadrados, para fins de estudos, projetos e edificações - procedimento. São Paulo, 2000.

**COSTA, Diógenes Cortijo.** Diretrizes para elaboração e uso de bases cartográficas no planejamento municipal: urbano, rural e transportes. 2001. 329 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidades de São Paulo, São Paulo.

**QUINTANILHA, José Alberto.** Erros em bases digitais de dados espaciais para uso de sistemas de informação geográfica. 1996, 236 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidades de São Paulo, São Paulo.

**ROSALEN, David Luciano.** Estudo do processo de captação de imagens aplicado à fotogrametria digital. 1997, 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidades de São Paulo, São Carlos –SP.

**SATO, Simone Sayuri.** Sistema de controle de qualidade dos processos fotogramétricos digitais para produção de dados espaciais. 2003. 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidades de São Paulo, São Carlos – SP.