

## Escala Máxima de uso do Produto IKONOS-GEO: Estudo de Caso para Araçoiaba da Serra

Alex Sandro Akihiro Sasaki <sup>1</sup>  
Gustavo Cruz da Silveira <sup>2</sup>  
Rodrigo Otávio Magrini da Silva <sup>3</sup>  
Prof. Dr. Erivaldo Antonio da Silva <sup>4</sup>  
Prof. Msc. Mauro Issamu Ishikawa <sup>5</sup>

UNESP – Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Departamento de Cartografia  
Rua Roberto Simonsen, 305. CEP 19060-900, Presidente Prudente – SP

<sup>1</sup> [sassakialex@yahoo.com.br](mailto:sassakialex@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> [cruzdasilveira@pop.com.br](mailto:cruzdasilveira@pop.com.br)

<sup>3</sup> [rodrigomagrini@pop.com.br](mailto:rodrigomagrini@pop.com.br)

<sup>4</sup> [erivaldo@prudente.unesp.br](mailto:erivaldo@prudente.unesp.br)

<sup>5</sup> [mauro@prudente.unesp.br](mailto:mauro@prudente.unesp.br)

**Resumo:** Os avanços ocorridos nas diversas áreas da Cartografia auxiliam no desenvolvimento de novas metodologias para a elaboração de produtos cartográficos de melhor qualidade. Na área de sensoriamento remoto a maior revolução dos últimos tempos se deu com o lançamento, pela empresa norte-americana Space Imaging, do satélite IKONOS que produz imagens que chegam a 1 metro de resolução espacial. A comunidade cartográfica leva um certo tempo para adequar seus procedimentos a esses avanços, portanto, os estudos feitos utilizando-se dessas imagens tendem a esclarecer seu potencial e demonstram quais as vantagens de sua aplicação em relação aos produtos anteriores.

**Palavras Chaves:** Imagens de Alta Resolução, IKONOS, Análise da Qualidade.

**Abstract:** The progresses happened in the several Cartography areas aid in the development of new methodologies for the elaboration of cartographic products of better quality. In the area of remote sensing the largest revolution of the last times gave him with the release, for the North American company Space Imaging, of the satellite IKONOS that produces images that arrive to 1 meter of space resolution. The cartographic community takes a certain time to adapt its procedures to those progresses, therefore, the studies facts being used of those images tends to clarify its potential and they demonstrate which the advantages of its application in relation to the previous products.

**Keywords:** High Resolution Images, IKONOS, Quality Analysis.

### 1 Introdução

Segundo Novo (1989), Sensoriamento Remoto pode ser definido como a tecnologia que emprega a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos e fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Nesse âmbito, sensores são dispositivos eletrônicos que possuem a capacidade de captar a energia radiométrica refletida pelos objetos e converter em sinais que podem ser armazenados e posteriormente apresentados em forma de informações.

A partir da década de 70, com o lançamento dos primeiros satélites voltados para o Sensoriamento Remoto, a observação dos diversos aspectos da superfície terrestre, como por exemplo, cobertura vegetal, distribuição dos oceanos, geleiras, condições atmosféricas a distância, monitoramento de catástrofes, expansão urbana, entre outros, puderam ser facilmente monitorados. A partir daí, acompanhar as alterações ocorridas no meio ambiente com rapidez e eficiência se tornou uma atividade muito importante (Silva, 2002).

Dentre os sistemas existentes podemos citar os programas LANDSAT e SPOT como os mais comercializados. Isso se deve ao fato de que são os satélites de Sensoriamento Remoto que a mais tempo estão em operação e possuem custo mais baixo. O programa LANDSAT é o sistema com a maior

resolução espectral, sendo o sistema que ainda hoje possui a maior quantidade de sensores abrangendo um maior espaço do espectro eletromagnético. Porém sua resolução espacial é limitada (30 metros na multiespectral e 15 metros na pancromática). O satélite SPOT, apesar de possuir menor quantidade de bandas no modo multiespectral, gera imagens com resolução espaciais melhores (10 metros na multiespectral e 5 e 2,5 no pancromático). Porém, não é somente a resolução espacial a melhoria deste satélite. Uma inovação deste é a visada “off-nadir” que permite a aquisição de imagens de uma mesma área em menor períodos de tempo, além da possibilidade de geração de pares estereoscópicos. Outros sistemas de destaque são ERS, JERS, RADARSAT e IRS. Apesar disso, esses sistemas apresentam uma grande limitação com relação ao nível de detalhe oferecido.

Apontado como um dos mais importantes avanços científicos da atualidade, a técnica que utiliza imagens de satélites para o levantamento de informações georreferenciadas de uso cartográfico (mapas) deu um grande salto com o lançamento do IKONOS. Considerado atualmente um dos melhores equipamentos não-militares de alta definição para a identificação de alvos na da superfície terrestre em órbita no planeta Terra, o satélite IKONOS foi lançado em setembro de 1999 pela empresa Space Imaging, ao custo total de US\$ 750 milhões. Até então os americanos só utilizavam tecnologia semelhante para uso militar (Xavier, 2003).

O satélite IKONOS possui sensores capazes de gerar imagens com 1m de resolução espacial no modo pancromático e 4 m no modo multiespectral. O IKONOS está colocado em órbita de aproximação polar síncrono-solar a uma altitude de 680 km, permitindo passagens repetidas na mesma região a cada três dias. Além disso, permite ser rapidamente programado para fazer cobertura monoscópica ou estereoscópica de áreas de interesse, com até 11 km x 11 km (Ishikawa, 2001).

De acordo com as características do IKONOS seus produtos têm causado uma revolução na área de mapeamento, uma vez que, apresentam ótimo padrão de resoluções espaciais o que auxilia sobremaneira a área de Cartografia (Silva, 2002).

Avanços expressivos em sensoriamento vêm sendo feitos também com o objetivo de subsidiar a Cartografia Digital, principalmente com o uso de estereoscopia orbital. Vários programas se destacam nesse segmento: SPOT, ASTER, IKONOS e QUICKBIRD, todos com estereoscopia óptica convencional (Filho, 2004).

No entanto, segundo Silva (2003), em testes realizados pela NIMA (National Image Mapping Agency), foram definidos 32 produtos, bem especificados e com padrão de qualidade definido. Destes, a NIMA certificou o emprego do IKONOS em 31, e o emprego do QUICKBIRD em apenas 1.

Nos últimos anos, muito se tem discutido sobre as formas que possam viabilizar os processos de atualização cartográfica, visando a minimizar os custos e diminuir o tempo de execução dos mapeamentos. A rapidez em coletar, tratar e disponibilizar os dados para que se possa efetuar a atualização cadastral, hoje, é um fator crucial quando se trata de manutenção dessas bases. O advento dos sensores remotos de alta resolução espacial, encontrados atualmente no mercado, abre uma possibilidade sem precedentes para a atualização cartográfica e os estudos de planejamento urbano. A utilização de sensores para geração de bases cartográficas nas escalas 1:100.000 a 1:25.000 já representa uma realidade e atende uma parcela significativa do mercado. Entretanto, as escalas maiores, ou seja, 1:10.000, 1:5.000 e 1:2.000 ainda são verificadas as suas reais possibilidades, quando se diz respeito ao uso de sensores remotos, dentre os quais pode-se destacar o IKONOS e todo um conjunto de satélites que estão inseridos no mercado para atividade comercial (Bias, 2003).

## **2 Objetivo**

Este trabalho tem como objetivo principal analisar a escala máxima de uso de uma imagem de alta resolução, produto IKONOS tipo GEO, em projetos cartográficos aplicados em áreas urbanas.

## **3 Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC)**

O Decreto 89.817 de 20 de junho de 1984 – *Instruções reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional*, representa a norma que regulamenta as atividades cartográficas no Brasil. A seguir será apresentado o Capítulo II (artigos 8º e 9º), que estabelece a forma de classificação de um documento cartográfico segundo sua qualidade geométrica.

### 3.1 Classificação de uma carta quanto à exatidão

“Art. 8 : As cartas, quanto à exatidão, devem obedecer ao Padrão de Exatidão cartográfica, segundo o critério abaixo indicado:

- a. 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.
- b. 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.

Parágrafo Primeiro : Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico por dispersão, relativo a 90% (noventa por cento) de probabilidade, que define a exatidão dos trabalhos cartográficos.

Parágrafo Segundo : A probabilidade de 90% (noventa por cento) corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão - PEC = 1,6449 EP.

Parágrafo Terceiro : O Erro Padrão isolado num trabalho cartográfico não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

Parágrafo Quarto : Para efeito das presentes instruções, consideram-se equivalentes as expressões Erro Padrão, Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático.

### 3.2 Classes de cartas

Art. 9 : As cartas, segundo sua exatidão, são classificadas nas classes A, B e C, segundo os seguintes critérios:

a. Classe A

- Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico: 0,5mm na escala da carta, sendo de 0,3mm na escala da carta o Erro Padrão correspondente.
- Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas de nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro Padrão correspondente.

b. Classe B

- Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico: 0,8mm na escala da carta, sendo de 0,5mm na escala da carta o Erro Padrão correspondente.
- Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico: três quintos da distância entre as curvas de nível, sendo de dois quintos desta equidistância o Erro Padrão correspondente.

c. Classe C

- Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico: 1,0mm na escala da carta, sendo 0,6mm na escala da carta o Erro Padrão correspondente.
- Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico: três quartos da equidistância entre as curvas de nível, sendo a metade desta equidistância o Erro Padrão correspondente.”

A tabela a seguir ilustra os valores do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) e Erro Padrão (EP) planimétrico segundo essas normas:

**Tabela 1:** Valores do PEC e EP segundo Decreto nº 89.817/84

Classe	Planimetria	
	PEC	EP
<b>A</b>	0,5 mm	0,3 mm
<b>B</b>	0,8 mm	0,5 mm
<b>C</b>	1,0 mm	0,6 mm

#### 4 Escala Máxima de uso do Produto IKONOS-GEO

##### 4.1 Área de Estudo

Está localizada no município de Araçoiaba da Serra, SP, região de Sorocaba, distante 115 quilômetros da cidade de São Paulo, com uma altitude média de 625 metros e uma população aproximada de 19.000 habitantes, sendo as principais atividades econômicas a agricultura e a apicultura.



**figura 1:** Localização do município de Araçoiaba da Serra no Estado de São Paulo. Adaptado de Ishikawa (2001)

##### 4.2 Materiais Utilizados

Até a presente data, utilizou-se uma imagem IKONOS tipo Geo pancromática, um receptor de dupla frequência e dois receptores de simples frequência, 4000 ST e 4600 LS da Trimble, respectivamente, Software GPSurvey 2.35, Software de Processamento Digital de Imagens (IRAS/C).

##### 4.3 Etapas de Desenvolvimento

- a. Estudo das características da imagem;
- b. Estudo dos aspectos físicos da região de estudo;
- c. Planejamento da coleta GPS;
- d. Escolha dos pontos (imagem x localização);
- e. Escolha dos aparelhos;
- f. Escolha da técnica de posicionamento;
- g. Levantamento GPS;
- h. Processamento dos pontos (controle e base);
- i. Georreferenciamento da imagem;
- j. Extração dos pontos na imagem;
- k. Transformações geométricas;
- l. Análise das discrepâncias;
- m. Análise da Qualidade da Imagem (Precisão e Exatidão);
- n. Estudo da geometria da imagem;
- o. Verificação da máxima escala a ser utilizada.

Até a presente data, o trabalho encontra-se na etapa “h”, devendo ser totalmente concluído até o final de Junho de 2004.

#### 4.4 Coleta de dados GPS

Segundo Ishikawa (2001), a imagem IKONOS, produto Geo, não recebe qualquer tratamento adicional além da correção geométrica, tornando o uso deste tipo de imagem restrita a aplicações que exigem maior precisão.

Desta maneira, uma forma de verificar a escala adequada, para utilizar esta imagem, é fazer uso de pontos de controle no terreno.

Os pontos de controle são utilizados como ferramenta para se verificar a exatidão de um produto cartográfico. Através deles pode-se fazer uma comparação entre as coordenadas homólogas no terreno e no mapa. Os pontos de controle devem ser obtidos de modo a terem um mínimo de erro possível.

Dessa forma, o sistema GPS é a melhor ferramenta disponível para o levantamento destes pontos, pois além da facilidade de aquisição, possibilita a redução de tempo entre a coleta, o processamento, e análise destas informações. Associada ao sensoriamento orbital, representa a possibilidade de um melhor aproveitamento das imagens, inclusive quanto ao aspecto de obtenção de informação posicional diretamente na imagem.

#### 4.5 Levantamento do Ponto Base e dos Pontos de Controle

Segundo Merchant (1982), a exatidão de um mapa, é verificada a partir da comparação das coordenadas do terreno com as do mapa. Os pontos de controle a serem utilizados, devem ser determinados por procedimentos nos quais os erros na determinação das suas coordenadas não sejam superiores a 1/3 do erro padrão esperado para a classe da carta. Já que,  $1\sigma$  equivale a uma probabilidade de 68,26%, enquanto que,  $3\sigma$  equivalem a uma probabilidade de 99,7%.

Desse modo, calculou-se a tolerância mínima para os pontos, tomando como parâmetro uma carta de classe A, ou seja, com um erro padrão planimétrico de 0,3 mm na escala da carta. Vale ressaltar que a pesquisa em estudo, foram considerados apenas os erros em relação à planimetria. Como no Brasil, o produto mais avançado baseado na imagem IKONOS é o *Precision* e que segundo Ishikawa (2001) pode ser utilizado numa escala máxima de 1:5.000, concluiu-se que os pontos deveriam ser determinados com precisão superior a 0,5 m.

Logo, o posicionamento relativo atende a tolerância exigida em relação ao erro padrão requerido no levantamento do ponto base e dos pontos de controle utilizando o sistema GPS. O método empregado foi o estático, visto que as distâncias entre o ponto base e os pontos de controle são maiores que 10 km.

Para a escolha dos locais do ponto base e dos pontos de controle, os critérios considerados foram :

- boas condições para a recepção de sinais emitidos pelos satélites, sendo que os sinais transmitidos podem ser absorvidos, refletidos ou refratados por objetos próximos à antena ou entre a antena e o satélite, para tanto, em virtude da grande quantidade de árvores na área urbana, considerou-se a máscara de elevação em torno da antena acima de um ângulo de  $15^\circ$ ;
- evitar, quando possível, pontos em locais próximos a estações de transmissão de microondas, radares, antenas de rádio receptoras e linhas de transmissão de alta voltagem, pois estes são fontes de interferência para os sinais GPS; e,
- que os pontos estivessem bem definidos na imagem IKONOS, e com uma distribuição homogênea por toda a área de estudo.

Desta forma, um ponto base e 44 pontos de controle foram selecionados em campo, sendo constituídos de cantos de quadras, cruzamento de ruas, bifurcações de estradas, cantos de piscina, cantos de quadra de esporte, etc. O número excessivo de pontos serve para garantir que haverá dados suficientes para o processamento (superabundância para o ajustamento), tendo em vista que deve-se descartar os pontos que degradam o resultado do ajustamento.

No levantamento desses pontos foram utilizados os seguinte receptores GPS: no ponto base, implantado

numa chácara próxima à cidade de Araçoiaba da Serra, um receptor 4000 ST da Trimble de dupla frequência e na determinação dos pontos de controle dois receptores 4600 LS da Trimble de uma frequência.

O ponto base foi rastreado durante seis dias (17 a 22 de abril de 2004), ao mesmo tempo em que os pontos de controle foram rastreados. Para a coleta dos pontos, foram utilizados dois receptores, desta forma, dois pontos puderam ser rastreados sempre ao mesmo tempo. A taxa de rastreamento dos receptores foi de 15 segundos e o tempo de ocupação no ponto variou de 20 a 40 minutos, dependendo da existência de obstruções próximas ao local do rastreamento (grandes árvores, construções, etc.).

#### **4.6 Próximas Etapas**

Os tópicos seguintes apresentam os procedimentos que serão adotados de agora em diante, e que estarão totalmente concluídos em Julho de 2004.

##### **4.6.1 Processamento e análise dos dados GPS**

De modo a aumentar a confiabilidade do resultado das coordenadas do ponto base, este ponto está sendo processado juntamente com estações pertencentes à RBMC. Por questões de proximidade, optou-se pelas estações PRUDENTE, VIÇOSA e CURITIBA.

O resultado do processamento deve ser aceito no teste  $\chi^2$  (Qui-quadrado) do programa que será utilizado, possivelmente o TRIMNET Plus. Esse programa calcula com um nível de significância de 95% para a rede ajustada, sendo considerado aceito se o fator de referência (variância a posteriori) estiver próximo a 1.

Determinada as coordenadas do ponto base, a próxima etapa consiste em determinar as coordenadas dos pontos de controle que serviram de referência para o estudo da utilização da imagem IKONOS.

Neste processamento, utilizar-se-á o software GPSurvey 2.35, onde o ponto base será fixado, introduzindo suas coordenadas como origem e definir-se as linhas de base para os N pontos de controle a serem determinados.

##### **4.6.2 Georreferenciamento da imagem IKONOS/Geo**

Processadas as coordenadas dos pontos GPS, a próxima fase consiste em georreferenciar a imagem IKONOS/Geo. Para isto utilizar-se-á o software MGE Intergraph, mais especificamente os módulos Microstation e Image Analyst. Das transformações planas, as mais adequadas para o caso são a transformação afim e a transformação isogonal. Considerando que a transformação isogonal possui quatro parâmetros e à medida em que se diminui a quantidade de parâmetros, pode-se deixar de modelar efeitos que introduzem pequenas distorções geométricas, e considerando-se que a imagem é formada por um conjunto de elementos de área (pixels) que foram definidos por filtragens e amostragens em duas direções ortogonais e que passaram por um processo de reamostragem quando da aplicação da correção geométrica, é de se esperar que a utilização de dois fatores de escala, um ao longo das varreduras e outro na direção do traço da órbita, possa melhorar o registro entre as coordenadas da imagem e as coordenadas GPS. Desta forma, será adotado o uso do modelo de transformação afim com seis parâmetros.

##### **4.6.3 Extração dos pontos na imagem IKONOS/Geo**

Após a etapa de georreferenciamento, a imagem será aberta no *software* Image Analyst, e com o auxílio da ferramenta *zoom*, os pontos serão identificados e terão suas coordenadas extraídas de modo manual, utilizando o *mouse*.

##### **4.6.4 Análise da qualidade posicional da imagem IKONOS/GEO**

A partir da determinação dos pontos de controle coletados via GPS, do georreferenciamento, da extração dos pontos na imagem IKONOS/Geo e do cálculo das discrepâncias, a próxima fase consistiu em efetuar uma análise estatística do resultados.

A análise estatística da exatidão cartográfica planimétrica descrita por Merchant (1982) é composta pela análise de tendências para verificar a existência de erros sistemáticos e a análise de precisão. Tais procedimentos são baseados na realização de testes de hipótese sobre a média e o desvio padrão

amostral das discrepâncias, obtidas através da diferença entre as coordenadas dos pontos no terreno e na imagem.

Nas equações apresentadas a seguir, ao denominar-se a variável  $X$  para um ponto, entende-se que este é válido tanto para as coordenadas  $E$ , quanto para as  $N$ .

#### 4.6.4.1 Análise de tendência

As coordenadas com índice superior  $r$  são referentes as coordenadas de referência (verdadeira) e as que possuem índice superior  $i$  foram obtidas da imagem em avaliação. Logo;

$$\Delta X_i = X_i^r - X_i^i \quad (4.1)$$

A média, bem como o desvio padrão das discrepâncias amostrais, deverão ser calculadas por:

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (4.2)$$

$$S_{\Delta X} = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.3)$$

onde,  $n$  indica o número de pontos amostrais.

Na análise de tendência serão avaliadas as seguintes hipóteses:

$$H_0 : \overline{\Delta X} = 0, \text{ não é tendencioso} \quad (4.4)$$

$$H_1 : \overline{\Delta X} \neq 0 \text{ é tendencioso} \quad (4.5)$$

Para esta análise deverá ser obtida (valor tabelado) a estatística  $t$  de Student, e verificar se o valor de  $t_x$  amostral está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula.

O valor de  $t_x$  amostral é calculado através de:

$$t_x = \frac{\overline{\Delta X}}{S_{\Delta X}} n^{1/2} \quad (4.6)$$

Normalmente utiliza-se a expressão (4.6) para calcular a estatística  $t_x$  amostral, porém parece mais razoável substituir o denominador pelo desvio padrão populacional ( $\sigma_x$ ) estabelecido para a escala em análise, de modo a aumentar o rigor estatístico durante a análise (Francisco, 2001).

$$t_x = \frac{\overline{\Delta X}}{\sigma_x} n^{1/2} \quad (4.7)$$

onde  $\sigma_x$  corresponde ao desvio padrão ou erro padrão esperado para a coordenada  $X$  (planimétrico).

É importante observar que, no caso da análise ser feita sobre as resultantes, a equação é simplificada para:

$$\sigma_x = EP \quad (4.8)$$

O valor limite  $t_{(n-1, \alpha/2)}$  é determinado através da tabela  $t$  de Student para um nível de confiança  $(1 - \alpha)$ . O intervalo de confiança é dado por:

$$|t_x| < t_{(n-1, \alpha/2)} \quad (4.9)$$

Cabe ressaltar, que a existência de tendência em alguma direção significa a ocorrência de problemas. Isto só acontecerá se a estatística  $t_x$  amostral não atender à desigualdade mostrada na expressão (4.9). Neste caso, é rejeitada a hipótese nula, isto significa que a imagem possui tendências significativas na coordenada testada, para um determinado nível de confiança.

A análise de exatidão da imagem é baseada na análise estatística das discrepâncias entre as coordenadas observadas no terreno com GPS e as suas homólogas extraídas da imagem IKONOS/Geo.

Para a análise da exatidão, será utilizada a estimativa intervalar dada pela distribuição  $t$  de Student, pois esta é particularmente válida para amostras menores que trinta, consideradas pequenas.

Seguindo as normas do Decreto n° 89.817/84, o intervalo de confiança de 90% de certeza para a média populacional a partir da média amostral e do desvio padrão amostral.

Para esta análise deve-se determinar a estatística amostral  $t$  e verificar se o valor de  $t_x$  amostral (equação 4.9) está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula. Lembrando que na determinação do valor de  $t_x$  amostral considera-se no denominador o desvio padrão populacional ( $\sigma_x$ ) estabelecido para a escala em análise e o erro padrão para a imagem tipo classe A. Considerou-se como classe A em virtude de, ser considerada segundo o Decreto Lei a mais exata e considerando que o objeto de estudo deste trabalho é uma imagem de satélite, o qual não é classificada segundo classes.

#### 4.6.4.2 Análise da precisão

A análise da precisão, é realizada comparando-se o desvio padrão das discrepâncias com o Erro Padrão planimétrico (EP) esperado, para a classe na qual se deseja testar. Portanto, o teste de hipótese a ser formulado é o seguinte:

$$H_0 : S_x^2 = \sigma_x^2, \text{ contra } (4.10)$$

$$H_1 : S_x^2 > \sigma_x^2 \quad (4.11)$$

O valor de Qui-quadrado amostral é obtido através da equação:

$$\chi_x^2 = (n-1) \frac{S_{\Delta x}^2}{\sigma_x^2} \quad (4.12)$$

A hipótese nula é aceita se este valor satisfaz a seguinte desigualdade:

$$\chi_x^2 \leq \chi_{(n-1, \alpha)}^2 \quad (4.13)$$

Se a expressão (4.13) não for aceita, rejeita-se a hipótese nula de que a imagem atende à precisão preestabelecida.

A análise da precisão é feita comparando-se o desvio padrão das discrepâncias com o erro padrão (EP) esperado, para a classe que se deseja testar. Para esta análise, será utilizada a estimativa dada pela distribuição Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), num intervalo de confiança de 90%.

## 5 Conclusão

Quanto às análises a serem realizadas, observa-se, no Decreto nº 89.817/84, que este não se refere às escalas que deverão ser contempladas pela avaliação. Porém, estabelece o Padrão de Exatidão Cartográfica e o Erro Padrão que permitem classificar as cartas como A, B ou C, deixando implícito que, para todas as escalas este padrão poderá ser usado. A distinção se dá apenas nos valores encontrados conforme a escala em que se deseja trabalhar.

Quanto à potencialidade da imagem, a Space Imaging, orienta a seus usuários que o produto do tipo Geo, atende aos requisitos geométricos de um mapeamento na escala máxima de 1:100.000. Mas alguns estudos demonstram que em alguns casos, esse valor pode variar, e esse trabalho vem reforçar a idéia de que é possível obter resultados melhores de acordo com os procedimentos utilizados.

## 6 Referências Bibliográficas

**Bias, E. S.** *Análise de Precisão e do Custo das Imagens de Alta Resolução Ikonos Orto Kit para Geração de Mapas Cartográficos*. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 21., 2003, Belo Horizonte. **Anais ...** Belo Horizonte: SBC, 2003. CD-ROM.

**Chaves, E. E. D. C.** *Análise da qualidade de dados georreferenciados utilizando a tecnologia GPS*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

**Filho, C. R. S.** *Sensoriamento remoto orbital - Uma breve viagem no tempo e no espaço*. Revista InfoGeo, Curitiba, ano 4, n. 31, mar./abr. 2003.

**Francisco, H. R.** *Qualidade dos dados espaço-temporal: Estudo de caso de acurácia posicional e atualização*. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001.

**Freitas, M. A.; Fonseca JR.; E. S.; Ferreira, L. F.; Oliveira, L. C.; Barbosa, L. G.** *Controle do georeferenciamento de imagens Orbitais com uso do GPS*. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 17., 1995, Salvador. **Anais ...** Salvador: SBC, 1995. p. 645-651.

**Galo, M.; Camargo, P. O.** *O uso do GPS no controle de qualidade de cartas*. In: COBRAC, 1., Florianópolis. **Anais ...** Florianópolis: UFSC, 1994, tomo II. p. 41-48. 1994.

**Ishikawa, M. I.** *Estudo da viabilidade da imagem IKONOS, produto Geo, para aplicações cartográficas urbanas*. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2001.

**Markus, F. F.; Passos, A. C. P.; Antunes, A. F. B.; Araki, H.** *Avaliação da Aplicabilidade de Imagem de Alta Resolução para o Cadastro Técnico Municipal*. In: GIS Brasil 2002, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: GIS Brasil, 2002.

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

**Nogueira Junior, J. B.** *Controle de qualidade de produtos cartográficos: uma proposta metodológica*. 159p. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003.

**Novo, E. M. L.** *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações*. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1989. 307p.

**Rocha, C. H. B.** *Geoprocessamento, tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora, MG. 2000. 220p.

**Silva, A. M.** *Imagens de Alta Resolução: Uma realidade cada vez maior*. Revista InfoGeo. Curitiba, ano 4, n.29, p. 48-49, jan./fev. 2003.

**Silva, E. A.** *Notas de aula de Sensoriamento Remoto I*. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2002.

**Silva, M. M. S.; Silva, A. A.; Filho, C. Z.; Centeno, J. A.; Krueger, C. P.** *Uso de Imagens de Satélite de Alta Resolução e Sistemas de Informações Geográfica para o Mapeamento de Catástrofes*. In: Simpósio Brasileiro de Geomática, 2002, Presidente Prudente. **Anais...** Presidente Prudente: UNESP, 2002. p. 338-341.

**Xavier, M.** *Uma nova era*. Revista InfoGeo. Curitiba, ano 4, n.29, p.24-27, jan./fev. 2003.