

Avaliação da Aplicabilidade de Imagem de Alta resolução para o Cadastro Técnico Municipal

ANTONIO CARLOS POLLI DOS PASSOS¹
FLAVIA FERNANDA MARKUS¹
PROF. MSC. ALZIR FELIPPE BUFFARA ANTUNES²
PROF. MSC. HIDEO ARAKI²

¹ Equipe Executora : alunos do curso de Engenharia Cartográfica. Disciplina Projeto Final.
ffmarkus@terra.com.br

² Orientadores: Professores do Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná. felippe@cce.ufpr.br

Abstract: This article presents feasibility of use high resolution images (Ikonos) for cadatral mapping. Focusing the differents geometrical correction approaches such third order polynomial and digital terrain model. The geometric corrected image was digitized and compared to digital map from the aerial photographs.

Key Words: cadastro urbano, imagens de alta resolução, sensoriamento remoto.

1. INTRODUÇÃO

A planta cadastral consiste em um instrumento que auxilia diversos setores de ordem pública ou privada; a utilização dessa ferramenta contribui para o planejamento e gestão municipal. Graças aos avanços tecnológicos, o Sensoriamento Remoto amplia seu espectro de aplicações no âmbito urbano.

Os procedimentos metodológicos clássicos de processamento digital de imagens utilizados em imagens tipo Landsat, Spot, Radar, poderiam ser reavaliados quando um dado de sensoriamento remoto alcança uma resolução próxima de uma fotografia aérea.

Este trabalho resultante de um projeto de final de curso de Engenharia Cartográfica, tenta analisar a viabilidade do uso da imagem IKONOS como fonte de dados cartográficos com fins cadastrais.

2. OBJETIVOS

- Avaliar a aplicabilidade das imagens de alta resolução para o cadastro técnico municipal;
- Delinear uma metodologia adequada para a manipulação da imagem;
- Comparar os resultados de mapas digitais oriundos do levantamento aerofotogramétrico com os resultados da restituição da imagem IKONOS.

3 MATERIAS E MÉTODO

3.1 Materiais

3.1.1- Dados

Os dados vetoriais, provenientes de restituição aerofotogramétrica (realizada pela empresa Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S. A.), em formato DXF, foram

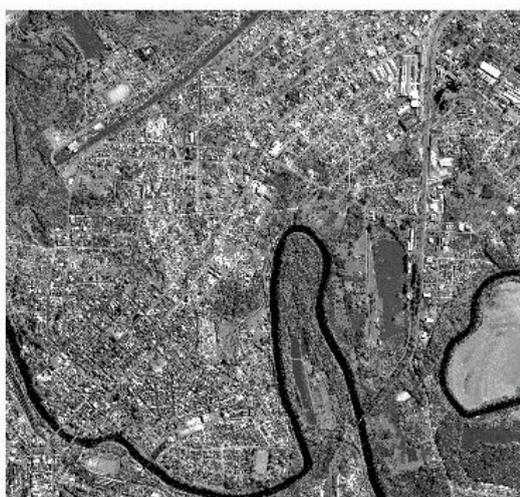
gentilmente cedidos para este estudo pelo PARANACIDADE. Correspondente a uma área de 4 km². Situada no Município de Rio Negro – Pr (figura 1).

Figura 1: Situação do Município de Rio Negro no Estado do Paraná.



Foi também cedida, pelo órgão estadual citado a imagem IKONOS II, de resolução espacial de 1 metro, da mesma área (figura 2).

Figura 2: Imagem IKONOS do município de Rio Negro - PR



3.1.2 Softwares

- *MicroStation SE. Bentley Systems, Inc.;*
- *ArcView GIS. Version 3.1.;*
- *Envi 3.2. Better Solutions Copnsulting Limited Liability Company;*
- *Erdas Imagine 8.4.ERDAS;*
- *Ashtech Prism – Precision GPS Surveying Software*

3.2 – Desenvolvimento Metodológico

3.2.1- Levantamento GPS validação dos dados disponíveis

Pretendeu-se neste tópico avaliar a acurácia da imagem IKONOS bem como a base cartográfica digital cedidas.

No levantamento GPS da área de estudo, utilizou-se o método de posicionamento relativo. A Estação Base (*Reference*) foi instalada ocupando-se o marco MR-01, implantado ao apoio terrestre do projeto PARANACIDADE.

A Estação Itinerante (*Rover*) ocupou 09 pontos de controle. Utilizando-se no levantamento, o modo de posicionamento estático rápido.

Os parâmetros definidos no rastreamento foram:

- elevação mínima do satélite de 10° ;
- armazenamento dos dados a cada 5 segundos;
- PDOP (*Geometric Dilution of Precision*) <= 8;
- número mínimo de 4 satélites rastreados;
- altura da antena;
- comprimento da linha de base < 5 km;
- tempo de rastreamento de 15 minutos.

A qualidade da base cartográfica, foi verificada através dos pontos de controle. O erro médio quadrático encontrado entre a base e os pontos de controle foi de **0,6270 m**. Este erro encontrado segundo o *Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC, IBGE)*, qualifica a base como classe A dentro da escala 1:2000. Portanto, se torna compatível para o registro da imagem de alta resolução.

Quanto a imagem IKONOS, originalmente em WGS84, foi transformada para o referencial SAD69. Uma vez estando no mesmo sistema de referência dos pontos de controle, pode-se comparar a imagem pré-corrigida com o levantamento GPS. O erro quadrático médio de posicionamento foi de aproximadamente **12,1464 metros**, o que conduziu a nova retificação da imagem.

3.2.2. Correção Geométrica da Imagem

Resolveu-se corrigir a imagem por meio de diferentes polinômios 2° e 3° ordem e a utilização do modelo numérico do terreno utilizando como referência, tanto a base cartográfica quanto os pontos de controle GPS.

a)- Polinômio de 2° ordem

O novo registro da imagem foi realizado usando a base de dados vetoriais como referência.

Na correção geométrica, definiu-se os métodos: de transformação polinomial de 2° ordem e de amostragem pelo vizinho mais próximo.

$$\boxed{x' = a_0 + a_1x + a_2y + a_3xy + a_4x^2 + a_5y^2 \quad y' = d_0 + d_1x + d_2y + d_3xy + d_4x^2 + d_5y^2}$$

Equação Polinomial de 2° ordem utilizada na transformação

Onde:

X' e Y' representam as coordenadas na imagem não corrigida pelo sistema de matriz das coordenadas georreferenciadas (x,y);

a₀, a₁, a₂, a₃, a₄, a₅, d₀, d₁, d₂, d₃, d₄, d₅ representam os parâmetros de transformação.

Foi determinado que a imagem registrada apresentaria os seguintes parâmetros: projeção UTM, *datum* South American 1969, zona 22 e hemisfério Sul.

Foram identificados 56 PC's, e observado um *rms* maior que 10 pixels, ocorrido no ajustamento dos mesmos, (tendo em vista que o propósito deste registro é realizar uma transformação polinomial de 2º ordem), foi escolhido um conjunto de 11 PC's, onde sua geometria atendeu toda área, possibilitando um ajuste no qual o *rms* mínimo alcançado foi de **1,2969 metros**, ou seja, aproximadamente um pixel.

b)- Correção utilizando-se Modelo Digital de Terreno (MDT)

Neste registro foi necessário a construção do modelo digital de terreno(MDT), baseado nas curvas de nível de metro em metro da base digital.

O modelo numérico do terreno foi baseado numa grade regular (*lattice*) com uma resolução compatível com a da imagem IKONOS, 1 metro de resolução espacial. Através de simulação tridimensional da imagem pode-se observar que a área de estudo situa-se numa região pouco acidentada onde a diferença entre a altitude máxima e mínima não ultrapassa a 40 metros.

Os PC's, foram lidos a partir da janela contendo a base cartográfica, e identificados na imagem. Observando-se um *rms* de aproximadamente 12 pixels, escolheu-se um conjunto de 8 pontos, que apresentaram um *rms* igual à **1,0050 metros**. Procedeu-se o registro, utilizando-se o método de reamostragem por vizinho mais próximo. Vale ressaltar que o modelo geométrico utilizado foi o mesmo construído para as imagens Spot, tendo em vista que os parâmetros de órbita do satélite IKONOS para construção de um modelo mais preciso não estão disponibilizados.

c)- Correção por meio de Levantamento GPS

Este registro foi realizado com o intuito de se fazer uma análise entre o registro utilizando-se o polinômio de 2º e 3º ordem com os pontos de controle GPS.

Os PC's, foram lidos a partir da janela contendo a base cartográfica, e identificados na imagem. Observando-se um *rms* de aproximadamente 10 pixels, escolheu-se um conjunto de 16 pontos, distribuídos por toda área em questão.

Na correção geométrica, definiu-se primeiramente os métodos: de transformação polinomial de 2º ordem e de reamostragem pelo vizinho mais próximo. Neste registro o *rms* do conjunto de pontos foi igual a **1,4105 metros**.

Posteriormente ao registro de 2º ordem, definiu-se os métodos: de transformação polinomial de 3º ordem e de reamostragem pelo vizinho mais próximo, para a correção geométrica da imagem. Neste registro o *rms* do conjunto de pontos foi igual a **1,14 metros**.

A tabela 1 resume os erros quadráticos médios alcançados em cada tipo de procedimento adotado.

Tabela 1: Erro Quadrático Médio.

Referência	RMS Base Cartográfica	RMS Levantamento GPS
Modelo Polinômio 2º Ordem	1,297 m	1,414
Polinômio 3º Ordem		1,140
MDT	1,005 m	

3.2.3 Restituição

Restituição, na sua origem, significa a “reconstrução” do terreno. Procedeu-se a restituição da imagem (resultante do registro de 3º ordem), no intuito desta de avaliar a qualidade da restituição monoscópica (visão bi-dimensional), proporcionada pela imagem IKONOS, e comparar com a restituição estereoscópica (visão tri-dimensional) e não só obter uma carta da área imageada.

A restituição foi realizada através da digitalização das feições cartográficas arruamento e edificações, com auxílio de um CAD (figura 3).

Figura 3- Digitalização das Feições Cartográficas sobre a Imagem IKONOS



O produto gerado pela restituição foi uma carta planimétrica de uma área pré-selecionada da cidade de Rio Negro-PR.

4 RESULTADOS

Além da simples avaliação do *rms* das diferentes correções geométricas preferiu-se avaliar os resultados baseados na sobreposição da imagem retificada sobre a base preexistente e determinar o deslocamento existente, ou erro, entre a base e a imagem. Partiu-se do princípio (item 3.2.1) que a base é um mapa cadastral 1:2000, classe A de exatidão cartográfica. A Tabela 2 mostra os erros alcançados para as diferentes imagens retificadas.

Tabela 2: Erros de deslocamento de feições entre base e a imagem corrigida

Imagem (correção)	Erro (base x Img)
<i>GPS (Poli. 3º ordem)</i>	4,77 m
<i>Base (Poli. 2º ordem)</i>	6,95 m
<i>DTM</i>	5,64 m

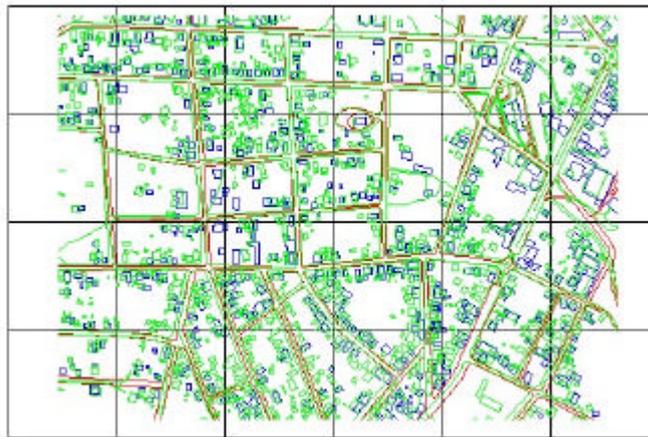
Considerando os *erros* ocorridos, determinou-se que a melhor retificação foi a realizada com o polinômio de 3º ordem, por apresentar o menor erro em planimetria. Apesar, de não ter apresentado o menor *rms* na correção geométrica (tabela1). Isto deve-se ao fato que os pontos de controle utilizados no registro com polinômio de 3º ordem não tiveram a mesma distribuição dos pontos de controle utilizados nos outros registros.

Outra análise foi realizada referente ao resultado da restituição. Fez-se a sobreposição das restituições, com o intuito de se proceder o cálculo do erro médio quadrático ocorrido entre elas. Foram lidos 10 pontos de verificação, observando a distribuição uniforme dos mesmos na área restituída, o *rms* médio foi de **3,9364** metros.

O *rms* evidenciado entre as restituições ficou 0,83 metros menor do que o *rms* encontrado entre a imagem restituída (registro de 3º ordem) e os pontos de controle provenientes do levantamento GPS, que por sua vez validaram o uso da base cartográfica.

A figura 4 mostra a sobreposição da restituição da imagem IKONOS com as feições em azul e vermelho e a restituição aerofotogramétrica com as feições cartográficas em verde.

Figura 4: Sobreposição da restituição IKONOS e Aerototogramétrica.



5 CONCLUSÕES

A partir dos objetivos propostos para este trabalho conclui-se o seguinte:

- Um fator importante na manipulação da imagem, é o fato de se ter um erro na localização da feição, de no mínimo um raio de um metro, isto quando a localização não é afetada pela confusão entre os níveis de cinza dos pixels. Logo deve-se no terreno escolher pontos muito bem identificáveis na imagem;
- Quando da digitalização sobre a imagem IKONOS, tornou-se ainda mais claro a dificuldade de se delinear a feição, não só pelo problema acima citado, como pela falta da visão tri-dimensional; pelo modo de coleta da imagem, sendo esta por varredura o que acarreta problemas com sombras, causando a perda da informação na região sombreada;
- Evidenciou-se que em áreas onde ocorrem pequenas variações em altimetria não se faz necessário a construção de um Modelo Digital de Terreno, ou seja, não há dispêndio com o levantamento altimétrico. Corrigindo-se possíveis problemas gerados pelos desníveis do terreno, através de um polinômio de grau 3 ou superior. No entanto, devemos levar em consideração que esta análise partiu de um registro com DTM usando uma função de ortoretificação desenvolvida para o satélite Spot, sendo que se esta fosse desenvolvida para o satélite IKONOS, seria mais acurada;

- A partir do erro médio quadrático calculado entre a restituição da imagem e a restituição aerofotogramétrica, conclui-se que a imagem IKONOS pode ser utilizada para gerar cartas numa escala de até 1:5.000, sendo esta última pertencente a classe C (segundo o *Padrão de Exatidão Cartográfico – PEC*), ou seja, erro planimétrico igual a 3 metros.
- A imagem IKONOS, é um importante instrumento na detecção de alterações, no entanto não atende as necessidades do cadastro técnico municipal que trabalha com uma planta cadastral na escala 1:2.000, com erro padrão de 0,6 m em planimetria e 0,3 m em altimetria (segundo o *Padrão de Exatidão Cartográfico – PEC*).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GERLACH, F. Characteristics of Space Imaging's One-Meter Resolution Satellite Imagery Products, Amstardam. **XIXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)**. The Netherlands, 16 – 23 July 2000.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford Science Publications, 1991.

KRUEGER, Cláudia Pereira. **Posicionamento Cinemático de Trens**. Dissertação de mestrado. Setor de Tecnologia. UFPR. Curitiba, 1993.

ANDRADE, José Bittencourt de. **Fotogrametria**. Curitiba; SBEE, 1998.

The Environment for Visualizing Images. Tutorials. Copyright © 1993 - 1997