

USO DE IMAGENS ORBITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO NA DEMARCAÇÃO DE SETORES CENSITÁRIOS DEMOGRÁFICOS

MAURÍCIO ZACHARIAS MOREIRA¹
MADALENA NIERO PEREIRA²

¹IBGE – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Departamento Sudeste 1 – Divisão de Pesquisa do Estado de São Paulo
CEP 04542-050 – Rua Urussui, 93 - São Paulo - SP, Brasil
mauricio@ibge.gov.br

²INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
madalena@ltd.inpe.br

Abstract. This paper represents a descriptive analysis of the high resolution image spatial discriminatory power provided by IKONOS II satellite in order to identify the perimetric descriptive elements within IBGE-censitor demographic sectors, specially in urban space. Through visual interpretation ,build-up an interpretation key for targets and is done the classification according with the levels of identification easyness. The final results represent the satisfaction degree obtained by the discrimination of the compiled elements regarding genese and type.

Keywords: remote sensing, Ikonos satellite, high resolution images.

1. Introdução

O avanço tecnológico que tanto modificou o final do século XX, configurou-se também, na área de sensoriamento remoto, principalmente nos sistemas sensores, gerando, uma nova família de satélites orbitais de alta resolução espacial que, conseqüentemente, acabou por ampliar consideravelmente o uso de imagens de satélite para estudos urbanos .

Paralelamente a essa evolução tecnológica existe atualmente, em países subdesenvolvidos como o Brasil, grande limitação de recursos financeiros no serviço público federal (e outras esferas de governo) que enfrentam cortes contínuos em suas atividades para se adequar a atual realidade orçamentária nacional. Particularmente no caso do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, órgão responsável pela estatística oficial do governo do Brasil, esses cortes estão impondo as atividades de pesquisa de restrições aos levantamentos a campo, devido seu elevado custo, prejudicando então, a atividade de construção e atualização da malha setorial do Censo Demográfico que, tradicionalmente, é determinada a partir de trabalho de campo. A atualização da malha setorial é feita a cada véspera de um censo e conforme IBGE (1990), subdividir o País em pequenas parcelas territoriais (setores censitários) é prerrogativa básica para evitar-se a omissão ou duplicação de informações e áreas. Para tanto, torna-se fundamental delimitar devidamente os setores censitários e identificar seus perímetros através de descrições corretas.

Neste contexto, as imagens de alta resolução podem viabilizar uma transformação na determinação, identificação e descrição de alvos limítrofes de setores censitários urbanos, principalmente nas áreas de baixa aglomeração de domicílios ou destinadas a expansão urbana reduzindo e racionalizando as contínuas e custosas inserções ao campo. Desta forma, procurou-se, através das técnicas apropriadas, estabelecer uma relação potencial entre os elementos utilizados na descrição dos perímetros dos setores censitários demográficos e os alvos identificáveis através de imagens de alta resolução espacial.

Na realização do estudo proposto foram definidos os seguintes objetivos:

- Pesquisar a viabilidade do uso de imagens orbitais de alta resolução, na identificação de alvos urbanos utilizados na delimitação de setores censitários demográficos.
- Realizar, através de interpretação visual, a identificação dos limites de setores censitários, caracterizando e classificando os alvos urbanos disponíveis na imagem de alta resolução espacial do satélite IKONOS que definem estes limites.

2. Sensoriamento Remoto e os Setores Censitários

Comprovando a necessidade estratégica da informação espacial, para NOVO citado por ISHIKAWA (2001), o conhecimento atualizado da distribuição e da área ocupada pela agricultura, vegetação natural, áreas urbanas e edificadas, bem como informações sobre as proporções de suas mudanças, tornam-se cada vez mais necessários aos legisladores e planejadores. Para tanto, o uso de ferramentas de apoio como o sensoriamento remoto tem facilitado a interpretação da realidade e, principalmente, ajudado a planejar o futuro. Ainda segundo ISHIKAWA (2001) os produtos orbitais de alta resolução do satélite IKONOS, com grau de detalhamento em torno do metro, permitem um melhor aproveitamento das imagens em aplicações cartográficas. As imagens deste satélite permitem o mapeamento da cobertura e uso do solo de maneira detalhada e continuada, desde que sejam usados métodos e/ou técnicas apropriadas.

Nesta mesma linha, SOUZA *et al* (2002), comprovou a viabilidade do uso de imagens orbitais, de alta resolução espacial, na estimativa de unidades residenciais para inferência de população em períodos intercensitários, bem como o uso desses dados como ferramenta auxiliar no planejamento dos censos demográficos em substituição da operação contagem rápida para redefinição dos setores censitários. Para os autores, estas imagens podem também orientar o recenseador nas atividades de campo melhorando a precisão dos dados de coletados.

3. Área de Estudo

O Município de Itatiaia, **figura 1**, situa-se no Estado do Rio de Janeiro na confluência do paralelo $22^{\circ}29'46''$ de latitude sul e do meridiano $44^{\circ}33'48''$ de longitude oeste. Localiza-se a 390m de altitude, no Vale do Paraíba Fluminense sendo cortado pelo próprio rio Paraíba do Sul. Situado às margens da Rodovia Federal Presidente Dutra (BR-116) dista aproximadamente 174Km da capital do Estado e 257Km da cidade de São Paulo possui uma área de 224,96 km² (0,6% da superfície territorial do Estado do Rio de Janeiro).

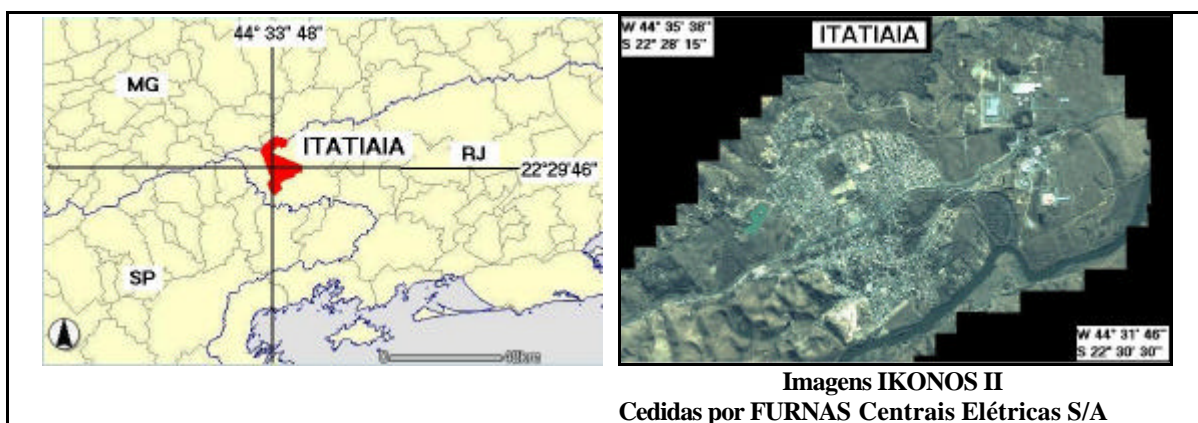


Figura 1: Área de Estudo

O município tem cerca de 90% de suas vias públicas pavimentadas e iluminadas, o abastecimento de água através da rede geral atende 96% dos domicílios e o esgotamento sanitário por rede geral é utilizado por 47% das residências. O lote mínimo no município é de 125m² e a média de licenças para construção ao ano é de 210 e em torno de 150 habite-se no mesmo período (1998). Segundo o Censo de 2000 existem em Itatiaia 24.739 habitantes, sendo 12.278 homens e 12.461 mulheres residindo em 6.797 domicílios e a taxa de alfabetização é de 92,6% da população de 10 anos ou mais. A infra-estrutura do município é muito diversificada e atende às necessidades locais da população residente e principalmente da população flutuante (turistas ecológicos) que visitam a cidade e o Parque Nacional do Itatiaia, primeiro do gênero no Brasil (criado em 1937). Não fugindo do atual modelo econômico vigente no País e, principalmente na região do Vale do Paraíba, a industrialização tornou-se a principal atividade econômica do município empregando cerca de metade da população.

4. Materiais e Método

Na realização do trabalho foram utilizadas, como produto de Sensoriamento Remoto, as imagens orbitais do satélite IKONOS II, cedidas por FURNAS Centrais Elétricas S/A, **figura 1**. As imagens de 11 bits são projetadas em UTM e referidas a WGS 84; no formato GeoTiff; no nível de correção GEO (Standard Geometrically Corrected); e geradas pela fusão da banda pancromática com as multi-espectrais (produto denominado Pan Sharpened) com reamostragem por Interpolação Bicúbica com *pixels* de 1m de tamanho. A data de aquisição da imagem foi 11 de julho de 2000 às 12 horas e 37 minutos com o azimute e ângulo de elevação do sensor em 100,3° e 51,8° respectivamente, azimute do Sol em 41,2° e elevação solar em 33,0°.

Também foram utilizados um GPS GARMIN 12 XL, microcomputador PC GenuineIntel x86 family 6 model 8 stepping 10 512,0 MB RAM com os softwares Windows 98 Office 2000 e Spring versão 3.6.

A metodologia utilizada no trabalho obedeceu aos passos descritos na **figura 2**.

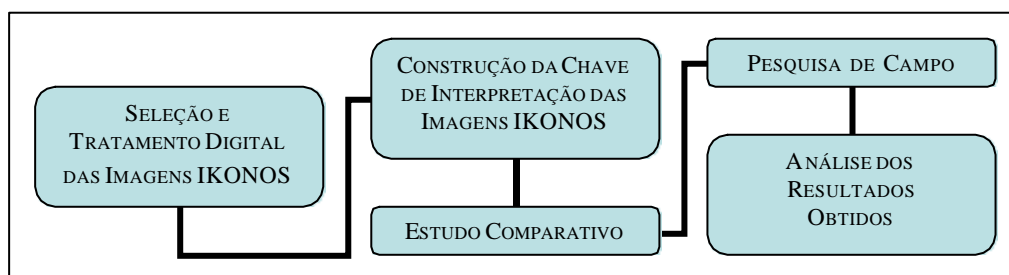


Figura 2: Fluxograma das Atividades da Pesquisa

Buscou-se a seleção de uma área de estudo, que abrangesse toda a área urbana do município. O critério de seleção envolveu uma avaliação visual através do sistema SPRING (versão 3.6) módulo IMPIMA. O extrato selecionado foi importado através do mesmo sistema no formato GeoTiff. Nesse processo, devido aos 11 bytes originais das imagens, o sistema SPRING requereu a conversão para 8 bits, que se procedeu através de transformação pelo algoritmo linear e tratamento digital para aumento de contraste. O espalhamento dos níveis de cinza ocorreu através da função *Look-up Table* e de forma linear. No intuito de realçar os alvos e objetos para interpretação visual, a partir do tratamento digital citado, foram criadas três imagens sintéticas **figura 3**.



Figura 3: Amostra das Imagens Sintéticas

O passo subsequente foi a construção da chave de interpretação das imagens do satélite IKONOS da área de estudo que, devido a alta resolução do produto orbital, foi possível utilizar o método e as técnicas de interpretação visual de fotos aéreas trabalhando-se na escala aproximada de 1:3.000. Buscou-se nas imagens, alvos ou objetos que normalmente já fazem parte das descrições dos perímetros dos setores censitários, através de consulta ao Manual de Atualização de Bases Cartográficas para Coleta do Censo 2000 IBGE (1998) e Mapoteca Topográfica Digital IBGE (2002).

Na etapa seguinte, foi analisado o poder discriminatório das imagens IKONOS na identificação visual dos elementos descritivos dos perímetros dos setores censitários. Estabeleceu-se diferentes níveis quanto a facilidade de identificação visual destes elementos como:

- **Muito Satisfatório:** Elemento da descrição do limite de setor censitário amplamente reconhecido (inclusive com maior grau de especificidade que a descrição requeria).
- **Satisfatório:** Elemento da descrição do limite de setor censitário devidamente reconhecido.
- **Parcialmente Satisfatório:** Elemento da descrição do limite de setor censitário parcialmente reconhecido ou quando se buscou um alvo ou objeto que apresentasse melhor compatibilidade com o elemento analisado na imagem.
- **Insatisfatório:** Elemento da descrição do limite de setor censitário não foi reconhecido na imagem do satélite IKONOS através da interpretação visual apesar de compor a paisagem da área de estudo.

Na seqüência, buscou-se a validação do processo de interpretação visual das imagens através de pesquisa de campo, observando-se os alvos e objetos que apresentaram grau parcialmente satisfatório ou insatisfatório na classificação. Estes alvos e objetos foram localizados através de GPS e devidamente identificados para posterior análise.

E, finalmente, na última etapa do presente trabalho ocorreu a avaliação dos resultados através de uma análise do grau de satisfação na discriminação dos elementos descritivos dos perímetros dos setores censitários demográficos do IBGE, compilando-se (em naturais e antrópicos) os cerca de 50 alvos e objetos identificados através da interpretação visual das imagens IKONOS.

5. Resultados e Conclusões

A **tabela 1** exemplifica parte dos resultados obtidos a partir da análise do poder discriminatório das imagens IKONOS quanto a identificação dos elementos.

Tabela 1: Exemplificação da Avaliação Comparativa Segundo o Grau de Satisfação dos Elementos Utilizados como Limites de Setores Censitários

Chaves de Interpretação				Avaliação Comparativa (Níveis de Identificação)
Alvos e Objetos	Cor / Sombra	Local / Lugar	Forma / Textura	
Rio.	Cor escura devido a baixa refletância da água ao menos que esteja carregando grande quantidade de sedimentos.	Fundo de vales, banhados, depressões, etc.	Forma sinuosa e de bordas bem definidas e margens distantes, textura lisa.	Muito Satisfatório
Córregos, Ribeirões e Riacho.	Cor escura devido a baixa refletância da água ao menos que esteja carregando grande quantidade de sedimentos.	Foz em curso de água de maior grandeza.	Curvas com ângulos abertos e de traçado sinuoso. Apresenta vegetação nas margens dos cursos (mato, mata ciliar, etc.) com textura rugosa.	Satisfatório
Picos, Vertentes e Divisores de água.	Sombras nas vertentes.	Variado.	Variada.	Satisfatório
Muros de divisa de lotes	Quando de cor clara, são visível pela própria cor e, quando possível, identificáveis também através das sombras.	Quando possível, são visível entre os lotes ou em seu entorno.	Linhas retas.	Satisfatório
Estabelecimentos Religiosos (Igrejas)	Geralmente, fachada clara, telhado de telhas de barro de cor laranja e sombra das torres.	Próximo a aglomerações residenciais ou de frente a praças no centro das cidades.	Construções de grande porte e de altura significativa e com torres.	Parcialmente Satisfatório
Torres de transmissão elétrica	Sombra próxima a objeto indefinido de cor verde musgo.	Variado, entretanto, próximo a indústrias de grande porte ou em áreas mais ocupadas por habitações são mais fácil identificação.	Dispostas sobre morros em sentido único, com a área por de baixo reservada (sem construções, cultivos de grande altura ou matas).	Parcialmente Satisfatório
Ferrovias	Linhas muito finas claras no meio de uma faixa estreita de limites bem definidos de cor cinza (devido o pedregulho por debaixo dos trilhos).	Variado.	Traçado reto mudando de direção através de curvas suaves.	Satisfatório
Rodovias Pavimentadas Maiores (duas ou mais vias)	Cor cinza escuro com canteiro(s) claro(s).	Variado.	Vias com os limites bem definidos e separações através de canteiro(s) de concreto, mureta central ou das guias. Nota-se também a pintura de solo (faixas) nas vias.	Muito Satisfatório
Rodovias Pavimentadas Médias (uma via)	Cor cinza escuro com acostamento mais claro.	Variado.	Via com os limites bem definidos. Nota-se a pintura de solo (faixas) para o acostamento.	Muito Satisfatório
Estradas sem Pavimentação (vicinais)	Destacadamente de cor clara (areia ou creme),	Variado.	Pouco limitada pela vegetação que a margeia (mato, pastagem, gramíneas, arbustos, etc.). Geralmente apresentam entroncamentos abruptos e, por vezes, curvas bastante fechadas.	Muito Satisfatório
Viadutos, Pontes e Passarelas.	Cor cinza muito claro (concreto) contrastando com o cinza escuro do asfalto e sombra por debaixo.	Sobre estradas, ferrovias, rios, etc.	Forma poligonal e retilínea bem definida.	Muito Satisfatório
Rotatórias	Cor varia conforme a cobertura do solo.	No entroncamento de vias.	Simétrico e com clara definição do seu limite pelo arruamento em seu entorno.	Muito Satisfatório
Ruas pavimentadas.	Cor cinza escuro.	Variado.	Formas retilíneas de via única e bem delimitadas pelas guias e calçadas.	Satisfatório
Ruas sem pavimentação.	Cor clara (areia ou amarelado) devido a ausência de revestimento.	Variado.	Formas retilíneas de via única (com no mínimo de 6 m). Não se observa claramente a presença de guias ou calçadas.	Satisfatório
Becos e Vielas	Geralmente, cor clara (areia, cinza claro ou amarelado)	No interior de loteamentos irregulares (invasões, favelas, etc.), geralmente, partindo de uma via maior.	Formas irregulares, oblíquas e fragmentadas (em torno de 2 m). Não se observa a presença de guias ou calçadas.	Satisfatório

Na análise dos dados verificou-se que 37,3% dos elementos foram classificados como muito satisfatório, 35,7% como satisfatórios, 15,3% parcialmente satisfatórios e 11,7% dos elementos demonstraram-se insatisfatórios para a identificação visual através das imagens IKONOS. Observou-se também que os elementos naturais (hidrografia e hipsografia) apresentaram, inicialmente, um maior grau de satisfação (poder discriminatório) do que os elementos antrópicos (obras, edificações e sistema viário). Entretanto, cabe uma ressalva neste item, pois 28% dos elementos de obras e edificações e 50% do sistema viário não foram analisados, pois não fazem parte da paisagem da área de estudo. Desta forma, ao eliminarmos esses elementos (no total de 25 não analisados) teremos um significativo aumento no percentual de satisfação (*Muito Satisfatório, Satisfatório e Parcialmente Satisfatório*) dos elementos válidos na **tabela 2** (quase 90% dos elementos).

Tabela 2: Elementos da Área de Estudo por Gênero e Grau de Satisfação

Elementos por Gênero ¹ (exclusive não-analisados)	Grau de Satisfação	Nº de Elementos	Muito Satisfatório, Satisfatório e Parcialmente Satisfatório	
			Nº	%
Naturais (Hidrografia e Hipsografia)		24	21	87,5
Antrópicos (Obras, Edificações e Sistema Viário)		34	31	91,2
Total		58	52	89,6

Nota ¹ : Somente elementos das descrições dos limites dos perímetros de setores censitários disponíveis na paisagem da área de estudo exclusive os não-analisados. Exclui-se o Limite Administrativo por ser numericamente insignificante.

Comprovou-se, também, através da **tabela 3** a hipótese estudada, pois os elementos que mais comumente são utilizados na prática como limites dos setores censitários, cerca de 60% dos antrópicos como obras, edificações e sistema viário e 100% dos elementos naturais hidrográficos e hipsográficos, foram efetivamente classificados como *Muito Satisfatório e Satisfatório* na interpretação visual das imagens de alta resolução do satélite IKONOS .

Tabela 3: Elementos da Área de Estudo mais Comumente Utilizados por Gênero e Grau de Satisfação

Elementos Mais Comumente Utilizados nos Setores ¹ (exclusive Não-analisados)	Grau de Satisfação	Nº de Elementos	Muito Satisfatório e Satisfatório	
			Nº	%
Naturais (Hidrografia e Hipsografia)		11	11	100
Antrópicos (Obras, Edificações e Sistema Viário)		28	17	60,7
Total		39	28	71,8

Nota ¹ : Somente os principais elementos mais comumente utilizados nas descrições dos limites dos perímetros de setores censitários disponíveis na paisagem da área de estudo exclusive os não-analisados. Exclui-se o Limite Administrativo por ser numericamente insignificante.

Considerando-se os resultados obtidos, pode-se concluir que as imagens IKONOS têm a possibilidade de se constituir numa ferramenta de grande importância no processo de identificação e delimitação dos setores censitários demográficos.

6. Referências

- ARNOLD, R. H.; *Interpretation of Airphotos and Remotely Sensed Imagery*. Upper Saddle River, NJ: Prentice may, 1996.
- BORGES, M. L. V.; MACIEL, M. N. M.; *Aquisição de Imagens Através do Satélite Ikonos II*. Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001, disponível em <http://www.geoc.ufpr.br/~gfoto/pdi/ikonos/ikonos.html> acesso em 05/08/2002.
- BOWDEN, L. W.; *Urban Environments: Inventory and Analysis*. in Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry (A.S.P), Falls Church, 1975. p 1815 – 1842.
- CHEN, K.; *An Approach to Linking Remotely Sensed Data and Areal Census Data*. in International Journal of Remote Sensing, vol. 23 n 1. Taylor & Francis LTD, London: 2002, p 37-48.
- CORREIA, J. D.; RIBEIRO, A. B. C.; FILHO, A. B.; FERREIRA, D. M.; CAVALCANTI, M.J.; *Avaliação da Capacidade de Discriminação de Alvos Naturais e Artificiais pelo Satélite IKONOS*. XX Congresso Brasileiro de Cartografia. Porto Alegre: 2001.
- CRÓSTA, A. P.; *Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto*. UNICAMP. Campinas: 1992.
- ENGESAT; *homepage* da ENGESAT Imagens de Satélites S/C Ltda, disponível em www.engesat.com.br, acesso em 28/07/2002.
- Foresti, C., Niero, M.; *Aplicações do Sensoriamento Remoto em Geografia*. INPE, São José dos Campos: 1983.
- IBGE. *Divisão do território Brasileiro*. Rio de Janeiro: 1980.
- _____. *Instruções para Revisão do Trabalho da Base Operacional Geográfica*. TR-23, Rio de Janeiro: 2000.
- _____. *Manual de Atualização de Bases Cartográficas para Coleta do Censo 2000*. Rio de Janeiro: 1998.
- _____. *Manual Técnico de Noções Básicas de Cartografia*. Rio de Janeiro: 1989.
- _____. *Mapoteca Topográfica Digital*. disponível na *homepage* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em <http://www.ibge.gov.br/home/geografia/decar/mtd/Mapoteca.zip> acesso em 15/10/2002.
- _____. *Metodologia do Censo Demográfico 1980 e 2000*. Rio de Janeiro: 1980 e 2000.
- ISHIKAWA, M. I. *Potencialidades de Uso de Imagens IKONOS/Geo Para Aplicações em Áreas Urbanas*. Dissertação de Mestrado em Ciências Cartográficas na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista – UNESP. Presidente Prudente: 2001.
- JOHANSSON, A. O. Jr.; *Aerofoto e Fotointerpretação*. Notas de aula, FH 0436, 2000. Disponível na *homepage* da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP em <http://www.aryjohansson.hpg.ig.com.br/notas/naero09.htm> acesso em 02/08/2002.
- LEITE, C. E. S.; *Fotointerpretação*. Disponível em <http://www.geocities.com/CollegePark/Bookstore/8237/fotointerpretacao/fotointerpretacao> acesso em 02/08/2002.
- MOREIRA, M. A.; *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. INPE, São José dos Campos: 2001.
- NIERO, M.; *Utilização de dados orbitais*. INPE, São José dos Campos: 1978.
- SOUZA, I. M.; PEREIRA, M. N.; KURKDIAN, M. L. N. O.; *Estimativa de Unidades Residenciais a partir da Utilização de Imagens Orbitais de Alta Resolução Espacial para Cálculo de População Urbana*. INPE. São José dos Campos: 2002.
- SPACE IMAGING; *homepage* da Space Imaging, disponível em www.spaceimaging.com acesso em 01/08/2002.
- TOUTIN, T.; CHENG, P. *Desmistificando o IKONOS*. In Revista InfoGeo 3(15) p. 48-54, 2000.