

## **Metodologia de Baixo Custo para Cadastro Técnico Multifinalitário em Municípios, utilizando-se de Produtos obtidos por Radar interferométrico de Abertura sintética (InSAR) e Imagens do Satélite Ikonos**

**Dra. Silvana Ribeiro Liporaci**  
silvana.liporaci@orbisat.com.br

**Dr.- Ing. João Roberto Moreira**  
joao.moreira@orbisat.com.br

**Dipl. Ing. Dieter Luebeck**  
dieter.luebeck@orbisat.com.br

**Orbisat – Remote Sensing**  
Av. José de Souza Campos, 1815, Cj. 310  
13025-320 Campinas

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma metodologia de baixo custo para ser utilizada na produção das informações cartográficas para o cadastro técnico multifinalitário dos municípios. Ela é baseada na obtenção de dados planialtimétricos do terreno, empregando-se radar interferométrico de abertura sintética (InSAR). Os dados assim obtidos podem ser utilizados na representação altimétrica do relevo, bem como na correção geométrica a ser efetuada em imagens providas pelo satélite Ikonos. O modelo digital do terreno fornecido pelo radar combinado com a imagem Ikonos são utilizados para execução e suporte dos trabalhos de campo para o cadastramento urbano e municipal. A solução Radar/Ikonos garante um custo inferior ao da aerofotogrametria. A disponibilidade e consulta às informações pode ser feita através de sistemas de informações geográficas.

**Palavras Chaves:** Sensoriamento Remoto; Radar Interferométrico de Abertura Sintética (InSAR) Aerotransportado; Cadastro Técnico Multifinalitário e Sistemas de Informações Geográficas

**Abstract:** This work presents a methodology of low cost to be used in the production of the cartographic information for it registers in multifinalitário technician cadastre of the cities. It is based on the attainment of planialtimetrics data of the land, having used itself airborne interferometric synthetic aperture radar systems (InSAR). The thus gotten data can be used in the altimetric representation of the relief, as well as in the geometric correction being effected in images provided for the Ikonos satellite. The digital model of the land supplied for the radar combined with the Ikonos image is used for execution and support of the works of field for the urban and municipal cadastral survey. The Radar/Ikonos solution guarantees an inferior cost to the one of the aerial-fotogrametry. The availability and consults to the information can be made through of geographical information systems.

**Keywords:** Remote Sensing; Airborne Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR); Cadastral Survey; Geographical Informations Systems

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas enfrentados hoje pelos municípios brasileiros é a falta de informações cadastrais georreferenciadas e interligadas, que permitam a devida atualização e controle sobre os dados cadastrais das cidades e municípios. Por este motivo, propõe-se esta metodologia de baixo custo para os municípios, onde o modelo digital do terreno fornecido pelo radar, combinado com a imagem Ikonos é utilizado na execução e suporte dos trabalhos de campo para o cadastramento urbano e municipal, o que garante um custo inferior ao da aerofotogrametria. Portanto esta metodologia visa a solução dos problemas para a atualização do cadastramento onde todos os esforços estão focados na facilitação dos trabalhos de campo para a efetiva atualização dos cadastramentos contando com o apoio do sensoriamento remoto.

A metodologia utilizada na produção das informações cartográficas baseia-se na obtenção de dados planialtimétricos do terreno, empregando-se radar interferométrico de abertura sintética (InSAR). Os dados assim obtidos podem ser utilizados na representação altimétrica do relevo, bem como na correção geométrica a ser efetuada em imagens providas pelo satélite Ikonos. Tais imagens podem ser posteriormente utilizadas como base cartográfica, sendo que, sobre elas representa-se tanto o relevo, através do desenho de curvas de nível com equidistância de 25 m, como a planimetria, obtida pela digitalização. A disponibilidade e consulta das informações pode ser feita através de softwares de sistemas de informações geográficas.

Os documentos de apresentação dos resultados desta seqüência metodológica permitem que o IPTU seja calculado com base nos valores de área do terreno e área construída atualizados. O Sistema de Informações Geográficas possibilita ainda consultas ao banco de dados, apresentando o resultado no mapa. As consultas são preparadas de acordo com os dados existentes e disponibilizados pela prefeitura, incluindo a pesquisa por proprietários (através do nome, CPF, número de inscrição na prefeitura, endereço, etc). É possível ainda realizar consultas a mapas temáticos sobre as informações fiscais ou do ISS (por exemplo, quem não pagou IPTU no último ano, localização das propriedades que possuem dívida ativa, classificação das propriedades conforme valor do IPTU, localização das propriedades com uso comercial, etc).

O Sistema de Informações Geográficas possui ainda um conjunto de ferramentas essenciais às atividades de planejamento. Trabalhando sobre um mapa com uma representação atualizada da realidade do município, a administração pública terá melhoria da qualidade. As imagens Ikonos permitem a identificação e mapeamento de diversos elementos da infraestrutura e uma visualização detalhada do município. O Sistema de Informações Geográficas permite também o lançamento e pesquisa de informações sobre Turismo, Segurança, Sistema Viário, Meio Ambiente.

Após a conclusão desse projeto, o município poderá ter um aumento sensível na arrecadação de IPTU e ISS. Como benefícios paralelos, poderá haver uma grande melhoria na administração pública ao utilizar informações mais atualizadas e detalhadas para planejamento e a tomada de decisões.

## 2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é propor uma metodologia de baixo custo para apoiar a execução dos trabalhos de levantamento de campo do cadastro técnico multifinalitário nos municípios, utilizando-se de produtos obtidos por radar interferométrico de abertura sintética (InSAR) e imagens do satélite Ikonos. O importante desta metodologia é que a imagem do Ikonos conjugada com o modelo digital do terreno fornecido pelo radar são utilizados só para análise e dão o suporte necessário aos técnicos para desenvolver os trabalhos de cadastramento de campo o que garante um custo bem menor do que a aerofotogrametria tradicional.

A metodologia proposta está baseada na utilização de técnicas de coleta e tratamento de informações (levantamento por radar e pelo satélite Ikonos, sistemas GPS, coletores eletrônicos, gerenciadores de bancos de dados relacionais, softwares para CAD, base cartográfica digital, software para sistemas de informações geográficas). Objetivando sempre a utilização e aplicação das geotecnologias modernas e na obtenção de produtos compatíveis com os sistemas computacionais disponíveis no mercado. Baseia-se também na transferência de tecnologia moderna aos técnicos dos municípios, relacionada a cada etapa do processo de aquisição e implantação do processo.

É importante enfatizar que somente com a possibilidade de acessar as informações atualizadas, através de um sistema adequado, a administração municipal poderá obter um incremento das suas receitas, bem como na sua manutenção, através da definição de responsabilidades sobre as bases de dados, estabelecendo as formas de sua atualização e disponibilização.

### 3 METODOLOGIA

A seqüência metodológica para o desenvolvimento, obtenção, execução, e a utilização dos resultados dos trabalhos prevê as seguintes etapas:

1. aquisição das imagens de satélite Ikonos e de dados altimétricos através do radar interferométrico de abertura sintética (InSAR);
2. implantação dos marcos de apoio fundamental e suplementar em campo;
3. captura e processamento de dados planialtimétricos;
4. cálculo do modelo digital de terreno e geração de curvas de nível;
5. geração de orto-imagens digitais;
6. produção de orto-fotocartas na escala 1:10.000, através da interpretação das imagens orto-retificadas, com a representação das principais feições cartográficas ligadas à infraestrutura já existente, como sistema viário e informações complementares;
7. coleta das informações cadastrais qualitativas e quantitativas dos imóveis, além da medição das dimensões das unidades habitacionais em campo;
8. implementação dos sistemas de informações geográficas, para incrementar e facilitar o acesso e consultas ao banco de dados cadastrais.

#### 3.1 Mapeamento Planialtimétrico Digital

Inicia-se com a obtenção de imagens produzidas pelo satélite Ikonos. Posteriormente, essas imagens recebem um tratamento de orto-retificação, baseado em dados contidos num modelo digital de terreno, o que lhes conferirá a precisão necessária para servir de base ao processo de aquisição da geometria das feições cartográficas desejadas.

Primeira Etapa: Aquisição de imagens coloridas do satélite Ikonos, necessárias à cobertura da região a ser trabalhada.

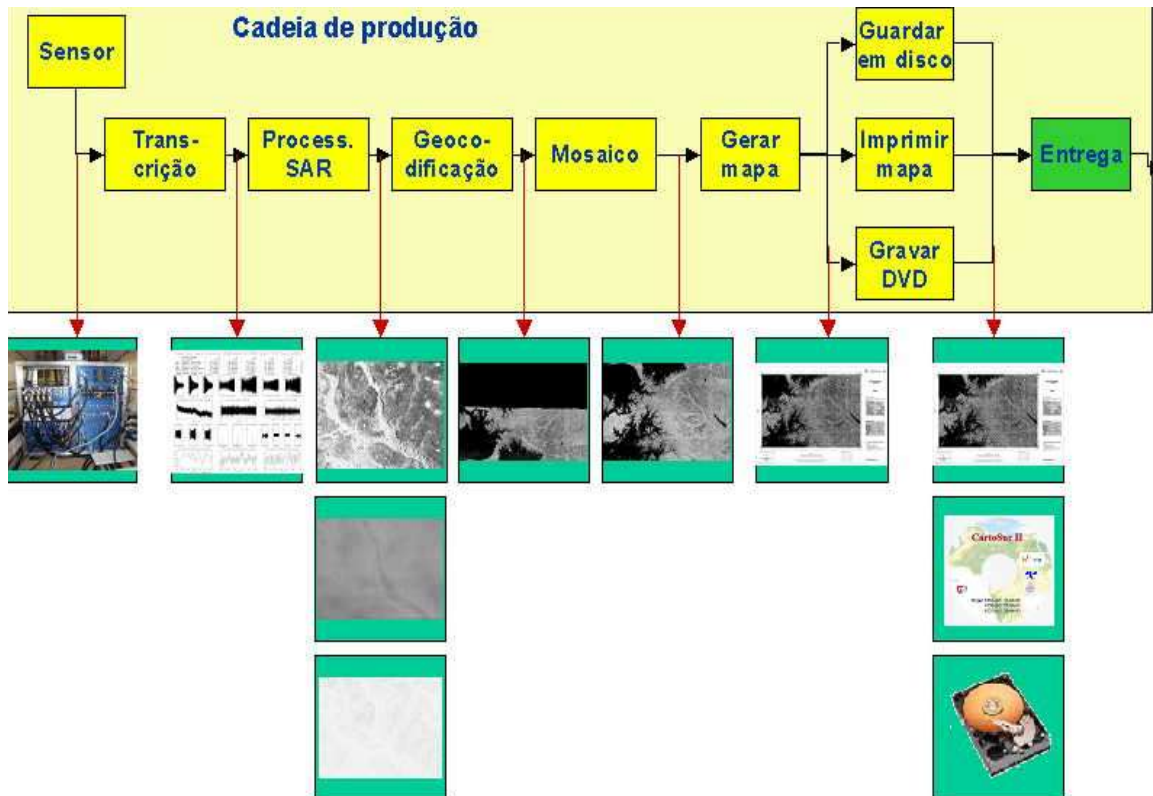
Segunda Etapa: Implantação das redes geodésicas de apoio básico, compostas por Vértices e Referências de Nível, distribuídos estrategicamente na área do mapeamento. Esses Vértices e RN são monumentados através de marcos de concreto, identificados no topo por chapas metálicas. O posicionamento desses monumentos deve ser realizado através do transporte de coordenadas a partir de pontos da rede do Sistema Geodésico Brasileiro, utilizando-se a tecnologia de rastreamento de satélites artificiais pertencentes à constelação Navstar-GPS. Essas redes, além de fornecerem o apoio aos trabalhos de mapeamento a serem realizados, poderão ser futuramente utilizadas, possibilitando o apoio necessário aos levantamentos topográficos que venham a ser desenvolvidos na região, por exemplo em novos loteamentos, logradouros e edificações.

A etapa de apoio de campo suplementar, que se constitui na determinação através de medições em campo, de coordenadas planialtimétricas de pontos identificáveis na imagem, que devem ser transportadas a partir de pontos da rede de apoio básico. Nesta etapa, devem ser empregados os mesmos equipamentos e técnicas descritos para implantação das redes de apoio básico.

A triangulação é a atividade que visa a implantação dos pontos necessários para a orientação das imagens. Para tanto, devem ser utilizados programas computacionais, que permitam a mescla das informações obtidas no apoio de campo, através do ajustamento pelo método dos mínimos quadrados.

Terceira Etapa: geração de orto-imagens digitais de toda área de interesse, utilizando-se os mesmos padrões de projeção cartográfica e articulação das folhas do mapeamento existente, conforme descrito a seguir:

- Geração do modelo digital do terreno (MDT), através da técnica de radar interferométrico de abertura sintética (InSAR). Visando redução de custos, onde deve ser utilizada uma precisão suficientemente necessária para geração de curvas de nível com equidistância de 25 m. A Figura 1 apresenta a cadeia de processamento para obtenção do MDT. A tecnologia de radar aerotransportado interferométrico de abertura sintética está apresentada em Rombach, Carvalho, Luebeck & Moreira (2003).



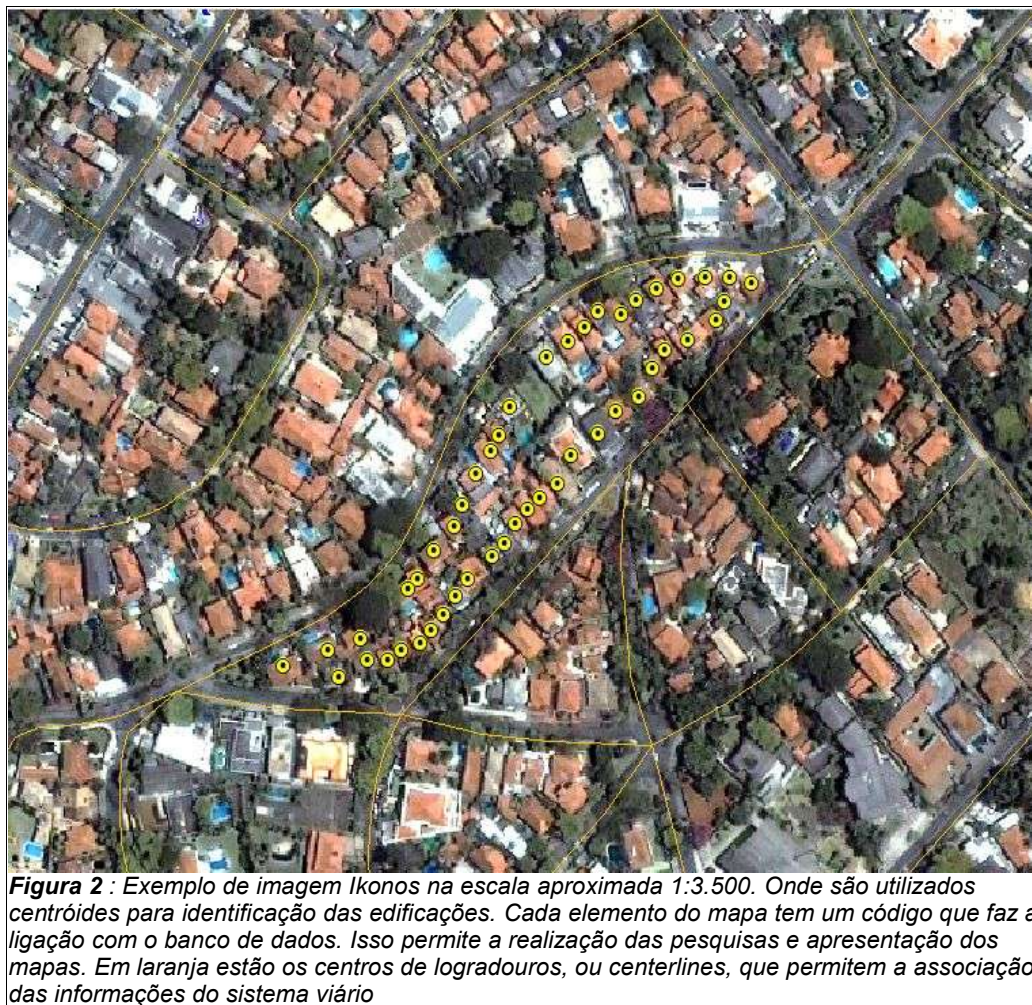
**Figura 1 :** Diagrama da cadeia de produção do modelo digital do terreno (MDT)

- Orto-retificação das imagens, segundo o sistema de projeção UTM, através de sistemas computacionais especificamente desenvolvidos para este fim. Tais sistemas computacionais procedem à associação das coordenadas tridimensionais do terreno, obtidas do MDT, com as coordenadas planas dos *pixels*, que compõem a imagem, deslocando-os para a posição correspondente à sua projeção ortogonal. Utilizando programas computacionais de qualidade comprovada, deve-se efetuar os tratamentos necessários nas imagens quanto aos ajustes radiométricos (luminosidade e descontinuidade nas imagens adjacentes), contraste e brilho, visando a maior uniformidade possível entre elas.

Concluídos os trabalhos referentes à ortogonalização das imagens, deve ser ainda efetuada, via sistemas computacionais, a montagem do mosaico das imagens adjacentes, de maneira a formarem ortofotocartas de acordo com o enquadramento de folhas adotado.

Quarta Etapa: Interpretação dos elementos cartográficos de interesse sobre as imagens ortoretilhadas. Os elementos a serem restituídos estarão compostos de: a) informações urbanas (contorno de quadras e edificações públicas). Determinação do centróide em todas edificações privadas e públicas, Conforme Figura 2; b) sistema viário (eixos de logradouros, estradas, ruas); c) altimetria (curvas de nível de 25 x 25 metros); d) Hidrografia (rios principais, barragens e lagos); e) Informações complementares (marcos do apoio básico e sua nomenclatura).

Esta etapa caracteriza-se pela confecção do desenho cartográfico das feições anteriormente listadas. O produto deve ser gravado em arquivos magnéticos, que devem ser preparados para uso em sistemas computacionais de geoprocessamento.



Geração de produtos finais analógicos, compostos por orto-fotocartas, contendo as imagens ortogonalizadas e a interpretação dos elementos de interesse, na escala de 1:10.000.

Geração dos produtos finais digitais, constituídos pelos arquivos digitais gerados no mapeamento, contendo as imagens orto-retificadas em formato TIF e as informações cartográficas digitalizadas em formato vetorial do tipo CAD a ser definido.

A precisão dos trabalhos executados, ou seja, os produtos finais devem ter as seguintes precisões cartográficas asseguradas:

- Detalhes Altimétricos: 90% das cotas altimétricas bem definidas a serem testadas não devem ter erro maior que a metade da equidistância das curvas de nível e os 10% restantes não devem ter erro maior que uma equidistância;
- Detalhes Planimétricos: 90% dos pontos bem definidos a serem testados não devem ter sua representação deslocada mais de 1 mm de sua posição real e nenhum ponto deve ter deslocamento maior que 2 mm de sua posição real, com relação à escala do mapeamento.

### 3.2. Levantamento das Unidades Habitacionais em Campo

Como já mencionado, esta metodologia visa fornecer os dados de apoio básico para a implantação das infra-estruturas das cidades e do território que compõem os municípios. Sendo assim, a documentação produzida serve de apoio ao desenvolvimento dos trabalhos de campo para a atualização dos levantamentos e cadastramentos de campo. Portanto, na fase de trabalhos de campo devem ser levantadas e medidas, todas as unidades habitacionais, para a verificação das áreas construídas e dimensões dos imóveis.

Os dados a serem levantados, referentes aos imóveis, devem ser definidos previamente com o município. Normalmente, os dados mais freqüentes a serem levantados são:

- a) Identificação do Imóvel: Localização cartográfica (distrito, quadra, lote, complemento); Tipo; Patrimônio (privado, público, religioso); Nome do logradouro, número, andar, complemento, CEP; Nome do contribuinte, CPF, domínio da propriedade, inscrição anterior, telefone.
- b) Caracterização do Lote: Situação do lote (normal, esquina, vila, quadra, gleba); Topografia (plano, aclave, declive, irregular); Pedologia (arenoso, argiloso, rochoso, inundável, pantanoso); Ocupação (sem, em construção, construção paralizada, edificado, agricultura, lazer, depósito); Espécie (normal, cond. vertical, cond. horizontal).
- c) Equipamentos Urbanos: Pavimentação para pedestres (sem, tijoleira, pedra rústica, mosaico, pré-moldado); Pavimentação para veículos (sem, pedra rústica, paralelepípedo, concreto, asfalto, pré-moldado); Rede de água (sem, com); Galeria pluvial (sem, com); Iluminação pública (sem, com); Rede de esgoto (sem, com); Guia e sarjeta (sem, com); Arborização (sem, com).
- d) Caracterização da Edificação: Situação relativa ao lote (recuado isolado, alinhado isolado); Classificação arquitetônica (casa, apto, apto cobertura, loja, sobreloja, garagem, flat, hotel); Estrutura (alvenaria, concreto, madeira, metálica, taipa); Piso (terra batida, tijoleira, cimento, mosaico, pedra, madeira, mármore, granito, carpete); Uso específico (sem, residencial, comercial, lazer, desportivo, religioso, saúde, fechado); Acabamento interno (sem, rústico, pintura plástica); Acabamento externo (sem, rústico, pintura plástica); Esquadrias (sem, alumínio, madeira, metálica); Vidros; Instalação elétrica.

### 3.3 - Sistemas de Informações Geográficas

Sistemas de Informações Geográficas (SIG) devem ser entendidos como um conjunto de programas, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuários), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e a análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação.

Sua implantação é fundamental para a tomada de decisões eficiente, baseada em informações confiáveis, atualizadas, apoiadas em recursos tecnológicos, que garantam uma precisão condizente com os objetivos estabelecidos nos aplicativos aos quais se direcionam.

Considerando as características, o mais adequado é a implantação de um aplicativo voltado ao gerenciamento do planejamento urbano.

Cada informação gráfica, representada sobre a base, será devidamente preparada e "ligada" aos respectivos atributos, armazenados em bancos de dados, que proporcionarão benefícios como:

- Identificação das informações cadastrais de qualquer imóvel do sistema. As informações cadastrais podem incluir: (informações dos proprietários: nome, CPF etc.); informações sobre o terreno/edificação (área do terreno, área construída etc.); informações sobre o ISS (atividade comercial etc.).
- Pesquisas para localização de informações no mapa através de qualquer informação das tabelas, por exemplo: pesquisa por nome ou CPF do proprietário; pesquisa pelo endereço; pesquisa por valor de IPTU ou área construída; pesquisa por atividade comercial.
- Geração de mapas temáticos, utilizando cores para representar informações do banco de dados, por exemplo: mapa com faixas de valor de IPTU; mapa apresentando os proprietários com dívida ativa; mapa classificando as propriedades conforme uso (residencial, comercial, industrial, mista etc.).

Para implementação destes aplicativos, são necessárias, além de uma precisão e excelência na base de dados (medições e interpretações digitais), também é necessária uma adequada estruturação do banco de dados, armazenados como dados relacionais.

O software para geoprocessamento deverá apresentar as seguintes características básicas:

- Deve possuir editor gráfico completo e poderoso, voltado para aplicações cartográficas, o qual deve oferecer suporte total ao desenho, adição e edição de entidades;
- Permitir escolha entre consulta, inserção ou armazenamento dos dados através de coordenadas geográficas;
- Possuir suporte à maior parte das marcas comerciais de coletores ou registradores de dados de campo e de coletores de dados GPS;
- Identificação de feições/entidades;
- Tipo de feições geográficas (ponto/linha/polígono);
- Ligação de atributos a qualquer sistema de banco de dados através de ODBC padrão do Windows;
- Controles de escala e posicionamento da visualização dos dados;
- Leitura de arquivos vetoriais nos formatos CAD (DWG e DGN) e imagens nos formatos JPEG, TIF, BMP, etc.

Com o objetivo de possibilitar plena autonomia no gerenciamento do sistema pelos técnicos da prefeitura, deve ser previsto e realizado treinamento do corpo técnico envolvido, já prevendo a atualização e expansão dos dados e informações. Sendo assim, devem ser contemplados, aspectos das geociências envolvidas no geoprocessamento e do software proposto e seus respectivos aplicativos.

#### 4 CONCLUSÃO

Os municípios brasileiros poderão atender às determinações da Lei N° 10.257, de 10 de julho de 2001 com o desenvolvimento e aplicação desta metodologia de baixo custo para cadastro técnico multifinalitário, utilizando-se portanto de produtos obtidos por radar interferométrico de abertura sintética (InSAR) e imagens do satélite Ikonos para facilitar a complementação dos trabalhos de campo do cadastramento.

A fusão dos dados altimétricos de radar com as imagens do satélite Ikonos proporcionam uma base sólida para o trabalho de campo exigido pelo cadastramento municipal.

A escala de detalhamento dos estudos, também poderá facilitar e contribuir para com os serviços dos órgãos gestores e fiscalizadores tanto da legislação estadual, como da lei municipal vigente. Conforme prevê a Lei N° 10.257, denominada Estatuto da Cidade, que estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental. Esta Lei regulamenta os artigos 182° e 183° da Constituição Federal, estabelecendo diretrizes gerais da Política Urbana e dá outras providências.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Liporaci S. R. & Röhm S. A.** "Mapas Geológico E Pedológico Da Bacia Do Rio Monjolinho na escala 1:10.000, para a Região Da Cidade De São Carlos (SP). Uma Contribuição às Novas Diretrizes do PLano Diretor e à Gestão Ambiental". 5° Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, ABGE/USP/UFSCar, 2004.

**Rombach, M.; Carvalho, A.; Luebeck, D. & Moreira, J. R.** "Newest Technology of Mapping by using Airborne Interferometric Synthetic Aperture Radar Systems", Proc. of IGARSS 03, 2003.