

# AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE IMAGENS HÍBRIDAS IRS/ETM+ PARA ATUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

Miqueles, M.<sup>1</sup> e Centeno, J.A.S.<sup>1</sup>

1 - Universidade Federal do Paraná, Depto. de Geomática, Centro Politécnico, CP 19001 - 81531-990 Curitiba, [max\\_miqueles@pop.com.br](mailto:max_miqueles@pop.com.br) e [centeno@ufpr.br](mailto:centeno@ufpr.br)

**RESUMO** - Conciliando diferentes tipos de informações, ou seja, espacial e espectral provenientes de diferentes sensores, visa-se a atualização cartográfica de determinadas feições para uma determinada escala, sempre levando em conta as normas técnicas estabelecidas pelo padrão de exatidão cartográfica (PEC) estabelecido pelo decreto lei nº. 89.817 de 20 de junho de 1984. Tais normas regem a cartografia brasileira e deve ser levada em consideração para qualquer tipo de mapeamento. No caso de geração ou atualização de cartas através de imagens de satélites, o PEC também estabelece o tipo de produto a ser gerado para determinada resolução espacial. O presente trabalho tem como objetivo investigar e desenvolver uma metodologia para realização e atualização de mapas integrando imagem de alta resolução espacial IRS com imagem multiespectral de baixa resolução espacial LANDSAT 7 ETM+, empregando técnicas de processamento digital de imagens.

**ABSTRACT** - This work seeks a mapping update of some kind of objects to a established scale, adjusting different kinds of informations, spatial and spectral derived from differents platforms, always tanking in consideration the technical rules established by the exactness cartographic pattern (PEC) made by the decret law nº 89.817 of 20.06.1984. This rule commands the Brazilian cartography and must be taken considerer by any kind of mapping. In the case of generation or update of maps through satellite images, the PEC also establishes the type of product to be generated for some spatial resolution. The main objective of this work is to investigate and develop a methodology to construct and update maps, integrating IRS pan-chromatic high spatial resolution images with low spatial resolution LANDSAT 7 ETM+ multi-spectrel images utilizing digital image processing techniques.

**PALAVRAS CHAVE:** Atualização Cartográfica, IRS, LANDSAT.

## 1 INTRODUÇÃO

Documentos cartográficos em diferentes escalas são ferramentas fundamentais para conhecer o meio ambiente em escala local, regional e global, e ajudar na tomada de decisões necessárias para o planejamento ambiental e o gerenciamento de recursos, bem como na solução de problemas em áreas tão variadas como saúde, desmatamento, qualidade do ar e da água, demografia, etc. No Brasil, os índices atuais de mapeamento demonstram que existe uma carência de cartas topográficas nas mais diferentes escalas, agravando-se mais para as escalas maiores: 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, e 1:25.000 (IBGE, 2004).

No caso de cartas ou mapeamentos mais detalhados, os municípios estão se encarregando de diminuir o “déficit” cartográfico, até porque, o levantamento cartográfico é de suma importância para o planejamento e desenvolvimento de uma região.

O objetivo deste trabalho é investigar e desenvolver uma metodologia para realização e atualização de mapas

integrando imagem de alta resolução espacial IRS com imagem multiespectral de baixa resolução LANDSAT.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Atualização Cartográfica

O fator dominante da determinação da necessidade de uma revisão cartográfica, não está na idade dos mapas, mas, sim, na quantidade de modificações ocorridas nos elementos representados nela. A escolha da sistemática de atualização orienta-se pela escala do mapeamento, que é definida em função dos objetivos da carta, pelo tipo e método de atualização.

Para a atualização cartográfica, assim como na construção de cartas, dispõe-se de uma gama de recursos tecnológicos e métodos. A tecnologia aplicada pode vir de diferentes áreas da cartografia, como por exemplo, a coleta de dados com equipamentos topográficos e/ou geodésicos, sensoriamento remoto e aerofotogrametria.

Na atualidade, é comum a utilização de sensores de alta resolução para aplicações cartográficas, assim como existem vários sensores que atendam essa condição, as

aplicações ou resultados que podem ser extraídos são inúmeros.

A crescente disponibilidade de novos sensores aumentou a variedade de sistemas de sensoriamento remoto com potencial uso na atualização cartográfica. A escolha da opção mais apropriada depende da finalidade ou aplicação em questão. Neste projeto, a utilização de uma alternativa que combina a informação de dois sistemas sensores, o tradicional LANDSAT e o sistema IRS é discutida.

## 2.2 Sistema Sensor

O sistema LANDSAT é, de longe, o sistema mais conhecido no sensoriamento remoto e vem sendo utilizado desde 1972. Já a série de satélites IRS (Indian Remote Sensing Satellite), teve início no ano de 1988 com o lançamento do IRS-1A, seguido pelo IRS-1B no ano de 1991. A terceira geração de satélites, IRS-1C lançado em 1996, tem sensores multiespectrais e pancromáticos capazes de gerar imagens com alta resolução espacial. O IRS é interessante pelas suas imagens pancromáticas (PAN) de 5 metros de resolução espacial, sendo que cada imagem recobre uma área aproximada de 70 por 70 km. A Tabela 1 demonstra de forma resumida algumas características importantes de toda a série de satélites IRS.

Missão	Indian Remote Sensing Satellite (IRS)					
	IRS-1A	IRS-1B	IRS-P2	IRS-P3	IRS-1D	IRS-P6
Lançamento	17/03/1988	29/8/1991	5/10/1994	21/3/1996	29/9/1997	17/10/2003
Situação Atual	Ativo	Ativo	Ativo	Ativo	Ativo	Ativo
Altitude	617 km	617 km	17 km	817 km	817 km	817 km
Período de Revisita	22 dias	22 dias	4 dias	5 dias	dias	5 dias
Instrumentos Sensores	LISS 1/CCD e LISS 2 A & B	LISS 1/CCD e LISS 2 A & B	LISS 2 A & B	MOS A, MOS B, MOS C, WIFS	LISS 3, WIFS e PAN	LISS 3, LISS 4 e AWIFS

Tabela 1 – Características dos Satélites IRS

## 2.3 Fusão de Imagens

A fusão é um procedimento digital que permite obter uma imagem híbrida formada de uma imagem multiespectral com menor resolução espacial e outra de maior resolução espacial, porém pancromática. A fusão de imagens tem sido um procedimento largamente utilizado devido ao modo complementar em que os vários conjuntos de dados atuam entre si (CHAVEZ; ANDERSON; SIDES, 1991). Obtém-se, com a fusão de imagens, uma imagem com o mesmo número de bandas da imagem multiespectral, porém, com maior resolução espacial. Uma das boas opções de fusão são os métodos por Componentes Principais ou por Sistema IHS, aonde o operador pode optar por uma delas. A seguir consta uma breve descrição sobre estas duas metodologias.

## 3 MATERIAIS

### 3.1 Área de Estudo

A área de estudo encontra-se localizada na região metropolitana de Curitiba. Trata-se de uma região residencial próxima ao Bairro Centro da cidade de São José dos Pinhais, mais precisamente no bairro Cidade Jardim.

### 3.2 Base de Dados

O município possui uma base cartográfica cadastral na escala de 1:2000, derivada de um levantamento aerofotogramétrico realizado no ano de 1999, o departamento de Geoprocessamento forneceu os dados no formato vetorial para a execução deste trabalho.

Para que se pudesse realizar a etapa de atualização dos dados vetoriais, a empresa ENGESAT, forneceu imagens IRS e LANDSAT 7 ETM+ referentes à região de São José dos Pinhais. A imagem IRS é pancromática e possui uma resolução especial de 5 metros, por outro lado, a imagem LANDSAT possui sete bandas do espectro eletromagnético com uma resolução espacial de 30 metros e 1 banda pancromática de 15m.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Avaliação da Base Cartográfica

O primeiro passo foi a verificação da qualidade geométrica da base cartográfica. Para isto, realizou-se um levantamento de campo com um GPS topográfico de alta precisão da marca ASHTECH, modelo PRO MARK II.

Como o GPS permite obter soluções milimétricas através da portadora de fase L1. Foram coletados 8 pontos de controle, bem espaçados e bem identificáveis. A técnica utilizada para a realização do levantamento em campo foi a estação de referencia PARA (localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná) com coordenadas conhecidas e bem definidas para que desse suporte à coleta feita pelo GPS em diferentes pontos.

### 4.2 Correção Geométrica

Procedeu-se a efetuar a correção geométrica da imagem IRS utilizando a base cartográfica como referência, uma vez que a imagem possui melhor resolução espacial, sendo possível identificar melhor os detalhes que caracterizam os pontos de apoio. Um total de 16 pontos de apoio foram utilizados.

A seguir, a imagem LANDSAT foi corrigida usando a imagem IRS já corrigida. A vantagem deste último método é que na correção da imagem LANDSAT é possível utilizar uma grande quantidade de pontos, pois as feições visíveis nas duas imagens são muito similares.

### 4.3 Fusão de Imagens

A fusão de imagens foi feita em duas etapas. Na primeira, uma imagem híbrida foi gerada a partir das bandas multiespectrais e a pancromática do LANDSAT. Na segunda fase, esta imagem híbrida foi utilizada num segundo processo de fusão, combinando-a com a imagem IRS. Para esta metodologia, duas técnicas de fusão de imagens foram utilizadas neste trabalho, demonstradas a seguir.

#### 4.3.1 Sistema IHS

Neste procedimento, a imagem composta por três bandas multiespectrais é transformada do espaço RGB ao sistema IHS, um sistema cujas componentes se assemelham muito aos termos utilizados para descrição da percepção humana de cores; I=intensidade (*intensity*), H=Tonalidade (*hue*) e S=saturação (*saturation*). Então a imagem associada à intensidade é substituída pela banda pancromática e depois a transformação inversa é aplicada, retornando ao sistema RGB com uma imagem multiespectral com melhor resolução espacial.

#### 4.3.2 Componentes Principais

É um procedimento muito similar à fusão por IHS. Neste caso, as componentes principais da imagem multiespectral são calculadas e uma das componentes principais é substituída pela imagem pancromática antes de aplicar a transformação inversa.

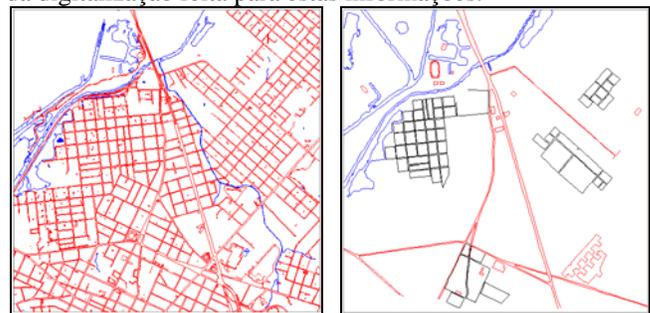
### 4.4 Verificação da digitalização de novas feições

Antes de realizar a digitalização das feições de atualização, deve-se verificar a acurácia e precisão desta metodologia e a sua aplicabilidade para uma determinada escala. Para isto, escolheu-se uma área onde a cartografia existente é de qualidade, de modo a serem coletados pontos de controle que demonstrem que a digitalização é viável e que apontem a escala de utilização destas novas feições. Realizou-se então a digitalização dos objetos presentes para comparar as coordenadas dos pontos digitalizados com as coordenadas dos mesmos pontos na Base cartográfica.

A coleta dos pontos deve levar em conta os mesmos princípios e conceitos aplicados para a coleta de pontos de controle para registro de imagens, ou seja, pontos bem espaçados e que não sigam padrões, de forma a não atingir ou influenciar a etapa de análise estatística.

Antes da realização da digitalização das feições para a verificação, foi necessária a seleção de informações que fossem pertinentes. Assim sendo, foram selecionados os seguintes níveis: Rios, Quadras e Vias Principais. A Figura 1 A e B demonstra os níveis de informação

selecionados na base cartográfica bem como o resultado da digitalização feita para estas informações.



A – Base Cartográfica

B – Digitalização.

Figura 1 – Verificação da digitalização de feições

#### 4.4.1 Digitalização das feições cartográficas

Na primeira fase da atualização se deve realizar a detecção de regiões aonde necessite a realização de uma atualização cartográfica. Portanto, a análise visual entre imagem e dados vetoriais é chave importante para a delimitação de áreas que necessitem de uma revisão cartográfica. A identificação de regiões desatualizadas na carta foi possível realizando assim um *overlay* de informações, sobrepondo a base cartográfica às imagens na tela do computador.

Procuraram-se áreas onde a desatualização fosse bastante visível, uma vez detectadas estas, iniciou-se a etapa de restituição dos dados a partir da imagem híbrida, digitalizando os dados inexistentes. A tarefa de digitalização, que ao princípio se imaginava ser simples, comprovou ser uma das mais complicadas e desafiantes, visto que a imagem aparenta ter um poder de visualização muito bom, mas ao iniciar a digitalização se verifica que alguns níveis de informação tornam-se confusos, como por exemplo, o nível de quadras e vias.

Dependendo do tipo de arruamento existente, a extração de informações para estes níveis não se torna tão difícil, principalmente quando o arruamento é do tipo antipó ou simplesmente quando o solo é exposto. Caso contrário, quando a rua é asfaltada, pode haver uma confusão entre o limite das ruas com edificações, ou simplesmente haverá uma confusão na hora de delimitar a quadra ou rua. A Figura 2A demonstra um exemplo de via aonde o solo encontra-se exposto facilitando a digitalização dos dados e a Figura 2B demonstra um exemplo em que a via é asfaltada e com muita vegetação, o que gera dúvidas ao efetuar a digitalização.

A dimensão dos objetos é algo que influencia muito na etapa de interpretação, podendo-se citar novamente como exemplo as vias, uma vez que quanto mais estreitas sejam, maior será a confusão na hora da interpretação, já não é o caso de vias mais largas. Uma das questões abordadas na etapa de digitalização é a

quantidade de informação que deve ser coletada. Com relação a isto, foi consultada a câmara técnica de níveis de informação realizada pelo instituto Paraná-Cidade. Nesta tabela constam todas as informações necessárias para a geração de mapas em diferentes escalas, variando desde a escala de 1:1000 até a escala de 1:10000.



A – Vias com solo exposto      B – Vias asfaltadas  
 Figura 2 – Exemplos de visualização na imagem

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Avaliação da base cartográfica na escala 1:2000

Como a base cartográfica utilizada é um produto aerofotogramétrico, a precisão e acurácia dos dados esperadas são da ordem centimétrica, ou seja, gira em torno de 10 a 40 cm de exatidão posicional.

Comparando os dados obtidos na imagem com os dados resultantes do levantamento GPS, constatou-se que apenas um ponto superou o limite especificado pelo PEC, de 1m para a classe A na escala 1:2000. Duas são as explicações plausíveis para a ocorrência do erro: a primeira é a não solução das ambigüidades do sinal GPS na etapa de pós-processamento. A segunda é a presença de obstruções que danificaram a qualidade do posicionamento. Para uma melhor visualização dos resultados, a Figura 3 ilustra graficamente os desvios encontrados para as coordenadas.

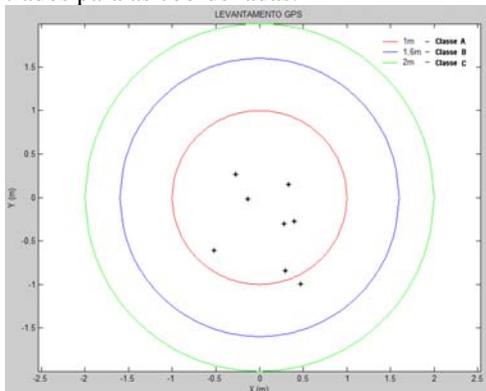


Figura 3 - Diferença entre as coord. GPS e da B.C.

### 5.2 Avaliação da correção geométrica

Na correção geométrica da imagem IRS, o RMS calculado a partir dos pontos de controle não ultrapassa o valor de 5m, que é o valor da resolução espacial da imagem IRS, portanto, o registro foi considerado satisfatório.

No registro da imagem LANDSAT, usando a IRS como base, o RMS calculado a partir dos pontos de controle não ultrapassa 1/3 do valor da resolução espacial da imagem de 30m, demonstrando que o registro neste caso ocorreu de forma mais que satisfatória.

### 5.3 Fusão de imagens

Na realidade a discussão sobre qual das técnicas utilizar é relativa, visto que, a interpretação da imagem híbrida resultante de qualquer técnica pode variar para cada usuário ou no caso intérprete, portanto, a execução de ambas técnicas faz-se necessária. O resultado da aplicação dos dois métodos de fusão pode ser visto na Figura 4.

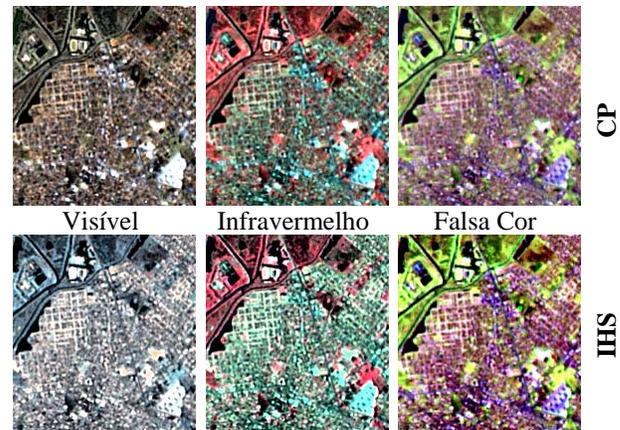


Figura 4 - Resultados da Fusão para a imag. LANDSAT

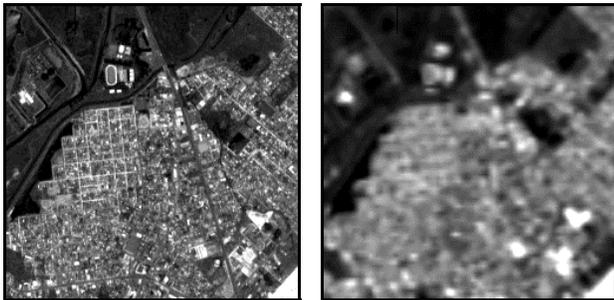
Na segunda etapa da fusão, combinou-se a imagem LANDSAT híbrida (Figura 4) com a imagem IRS. A primeira questão a ser abordada é a utilização ou não da imagem híbrida LANDSAT ou a imagem original de 30 metros na fusão. Tecnicamente, não é aconselhável a utilização da imagem híbrida, visto que, os dados originais foram degradados durante o processo de fusão, onde pode ocorrer perda de informação. Porém, na prática verifica-se visualmente que a metodologia proposta de utilização da imagem híbrida gera melhores resultados. Uma vez que o pixel não passa por uma reamostragem brusca (30m → 5m) e sim por uma intermediária, aonde há um ganho de informação espacial duas vezes maior, portanto, a reamostragem passa a ser mais singela (15m → 5m).

A Figura 5A demonstra uma área como exemplo, aonde foi realizada a fusão da imagem IRS com a imagem LANDSAT híbrida diferentemente da Figura 5B que demonstra a fusão das imagens sem a imagem híbrida. É notória a diferença destas imagens em termos de definição visual para certas regiões.



A - IRS / Landsat Híbrida      B - IRS / Landsat bruta  
 Figura 5 - Comparação entre fusões [IRS / LANDSAT]

Para avaliar se é adequado utilizar a imagem IRS para substituir uma das bandas no processo de fusão, uma análise estatística entre as imagens foi aplicada através do cálculo da correlação entre a imagem pancromática IRS com a imagem de intensidade do sistema IHS (ou a primeira componente principal). Efetuando o cálculo da correlação para estas duas imagens, chega-se a um valor de 0.7714, o que indica que estas possuem um bom grau de correlação, porém, não excelente. Isto era esperado, considerando a diferença de resolução espacial.



A - IRS Pancromática      B - Banda intensidade  
 Figura 6 - Imagens utilizadas para análise da fusão

#### 5.4 Avaliação da digitalização das feições

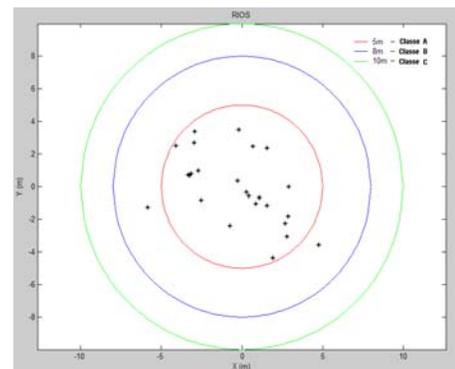
Uma vez digitalizadas as feições da área teste escolhida, deve-se analisar se as coordenadas obtidas correspondem às coordenadas reais dos objetos na base de dados. Para isto, deve-se comparar as informações digitalizadas com seus similares na base cartográfica fornecida. A Figura 6 demonstra a área teste com as digitalizações realizadas sobrepostas.



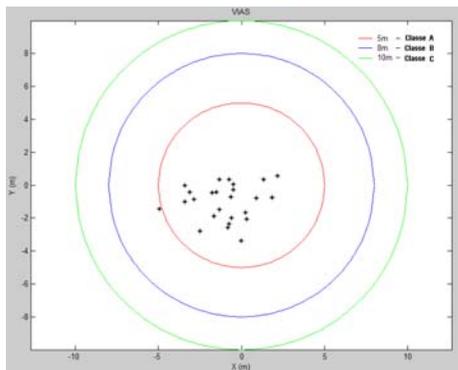
Figura 6 – Identificação das áreas de digitalização

De modo a gerar uma melhor interpretação sobre os resultados encontrados através dos experimentos, as Figuras 7 A, B, e C demonstram graficamente os desvios encontrados em todos os níveis de informação digitalizados. As circunferências, nestas figuras, representam os limites estipulados pelo PEC para as classes A, B e C, na escala 1:10000.

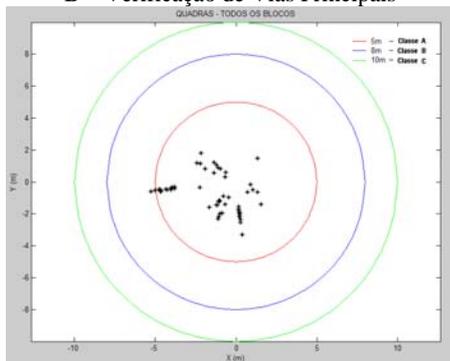
Pode-se verificar que 90% dos pontos de controle extraídos da digitalização das feições esta dentro do erro padrão permitido para cartas na escala de 1:10000. Desta maneira a realização de digitalizações sobre a imagem híbrida poderá gerar cartas de Classe A na escala de 1:10000 ou cartas de Classe C na escala de 1:5000.



A - Verificação de Rios



B – Verificação de Vias Principais



C – Verificação das Quadras [Total]

Figura 7 – Verificação das digitalizações

## 6 CONCLUSÕES

Os resultados apontam que a utilização da imagem IRS pancromática de alta resolução espacial combinada com a imagem multiespectral LANDSAT é viável para a atualização de mapas a partir da escala de 1:10000 sendo viável também em termos de custo benefício. Uma vez que imagens de alta resolução IKONOS ou QUICKBIRD custam em média de duas a três vezes mais do que imagens IRS.

Os resultados obtidos apontaram a viabilidade do uso desta metodologia em regiões planas, mas recomenda-se a realização de uma correção mais rigorosa em regiões de relevo ondulado, mais precisamente o uso da ortoretificação da imagem de alta resolução híbrida, de modo a corrigir a influência do terreno sobre a digitalização de dados. Uma opção é a utilização da transformação DLT (Transformação Linear Direta) para a correção geométrica das imagens, o que evita a calibração do sistema sensor (câmaras) e permite usar as medidas de coordenadas diretamente lidas na imagem.

A utilização das técnicas de fusão trouxe um ganho de informação na interpretação visual das feições de atualização. Não se pode determinar qual das técnicas de fusão é a melhor ou a mais aconselhável, uma vez que

cada analista ou intérprete pode extrair informações diferenciadas a partir de cada imagem. Porém, pode-se afirmar que as técnicas de fusão foram indispensáveis para a geração de bons resultados, visto que a utilização de chaves da foto interpretação se deu ao longo de todo o trabalho, uma vez que chaves como cor, tamanho, forma, foram extremamente importantes na parte de interpretação visual das informações.

Uma aplicação prática para a metodologia proposta é a atualização cartográfica ou mapeamento de feições que permitam um planejamento sobre certa região a ser estudada, uma vez que órgãos municipais ou governamentais necessitam que informações espaciais estejam em constante atualização de forma a gerar consultas ou produtos confiáveis.

O emprego de imagens orbitais não é tão preciso quanto as demais técnicas de posicionamento existente na atualidade, como por exemplo, a Topografia que é muito usual, ou até mesmo o posicionamento através do sistema GPS. Porém, a utilização do Sensoriamento Remoto para esta prática torna-se cada dia mais interessante e viável, uma vez que os sensores apresentam um maior poder de resolução cada vez maior, permitindo a atualização ou até mesmo a geração de mapas de forma prática e precisa.

## 7 REFERÊNCIAS

CENTENO, J.; **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Editora do Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Curitiba. 2003.

LEAL, E. M.; **Análise da Qualidade Posicional em Bases Cartográficas Geradas em Cad**. Curitiba, 1998. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas - UFPR.

LUGNANI, J. B.; **Aprimoramentos para Atualização Cartográfica**. 84p. Tese de Mestrado (Professor Titular em Geociências) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1985.

MIQUELES, M.; **Avaliação da utilização de imagens híbridas IRS/ETM+ para atualização cartográfica**. Trabalho apresentado à disciplina de Projeto Final do Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004.

SONKA, M.; HLAVAC, V.; BOYLE, R. **Image Processing, Analysis and Machine Vision**. PWS Publishing, Second Edition. 1999.