

Uso da imagem Ikonos (PSM, 1m) ortorretificada e das ortofotos no estudo de áreas degradadas em ambiente urbano

Nívea Adriana Dias Pons¹
Osni José Pejon²

¹ Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI
Instituto de Recursos Naturais
Av. BPS, 1303 - 37500-903 - Itajubá - MG, Brasil
npons@unifei.edu.br

² Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP
Departamento de Geotecnia
Av. Trabalhador Sancarlene, 400 - 13566-970 – São Carlos - SP, Brasil
pejon@sc.usp.br

Abstract. This paper presents a comparison of the use of the Ikonos image (PSM, 1m) orthorectificate and orthophotos in the study of land degradation in urban areas. The area under study was the city of São Carlos, state of São Paulo, Brazil (urban and expansion area). The Envi 4.1 software package was used to prepare the digital orthophotos (aerial photographs of 1998, esc. 1:8.000) and the Ikonos image (PSM, 1m; june/2004) orthorectificate which served as a reference base for the information. The different dates allowed analyzing the evolution of land degradation processes. In the orthophotos and Ikonos image was possible to get precise dimensions of the size of observed land degradation and its localization. In relation to the costs, the Ikonos image (PSM, 1m) Geo Ortho Kit corresponded to 60% of the investment done to the orthophoto generation processes. Moreover, the Ikonos image have greater availability and periodicity, which it is extremely important in the accompaniment of the evolution of land degradation.

Palavras-chave: remote sensing, orthophotos, land degradation, sensoriamento remoto, ortofotos, áreas degradadas.

1. Introdução

O problema da degradação ambiental é bem antigo, confundindo-se no tempo e no espaço com a evolução e a capacidade modificadora do Homem.

Na cidade de São Carlos, onde foi realizado o estudo em questão, a urbanização ocorreu de forma bastante rápida e irregular, como na maioria das cidades de porte médio no Brasil, gerando o agravamento dos problemas ambientais. Diante de tais fatos, o estudo visou conhecer a situação atual do meio físico da cidade de São Carlos – SP e, com isso, fornecer subsídios ao planejamento urbano.

A classificação e avaliação da degradação ambiental é um dos maiores problemas de interesse no mundo. Muitos métodos têm sido propostos, entre eles, o geoprocessamento tem sido aplicado para identificar e caracterizar áreas degradadas e monitorar as tendências das degradações (Feng et al., 2005).

As técnicas de fotointerpretação, ortofotos e ortorretificação da imagem Ikonos foram utilizadas neste trabalho com a finalidade de testar sua aplicação e trazer contribuições ao estudo das áreas degradadas. O trabalho buscou analisar comparativamente os produtos resultantes das duas técnicas de ortorretificação (ortofotos e imagens de satélite) quanto à precisão, custos, facilidade de obtenção e resultados no estudo das degradações.

Segundo Tommaselli (2002), a ortorretificação é o processo de retificação diferencial de imagens aéreas que tem por objetivo remover efeitos da inclinação, deriva, variações de altitude da câmara aérea e deslocamentos devidos ao relevo. As vantagens em se utilizar as

ortoimagens são devidas a que algumas aplicações requerem a cobertura cartográfica de grandes áreas em curto período, por exemplo, o monitoramento ambiental, catástrofes, planejamento, etc.

A análise detalhada das degradações nas ortofotos digitais (obtidas a partir das fotos aéreas 1:8.000 de 1998) e as visitas de campo para verificação e caracterização da situação atual destas degradações foi complementada com o uso da imagem Ikonos (PSM, 1m), adquirida no ano de 2004. Esta imagem passou por um amplo processo de ortoretificação, com a obtenção de pontos de controle de campo com GPS de precisão cartográfica, o que propiciou a identificação mais precisa do estado atual das degradações ambientais na área.

2. Área de Estudo

O Município de São Carlos está localizado na região central do Estado de São Paulo, entre as coordenadas 47°30' e 48°30' Longitude Oeste e 21°30' e 22°30' Latitude Sul, sendo circundado pelos municípios de Ibaté, Itirapina, Dourado e Luís Antônio. A área ocupada pelo município é de 1.140,90 km² (Oliveira, 1996) (**Figura 1**).

A área adotada para este estudo compreende 160,0 km², a qual foi determinada em função das bacias hidrográficas existentes dentro ou próximo à área urbanizada. Apesar da drenagem de algumas bacias ocorrer na direção contrária à área urbanizada, tornou-se necessário abrangê-las, tendo em vista a futura ocupação do local. Esta ocupação tanto pode ser residencial quanto industrial, sendo que a instalação desta última torna o estudo mais relevante ainda.

O município possui uma população total de 192.923 habitantes, sendo 183.369 referentes à população urbana e 9.554 habitantes rurais (IBGE, 2001).

A urbanização ocorreu de forma bastante rápida, como na maioria das cidades de porte médio. Observa-se que a distribuição da população, no espaço urbano, ocorreu de forma irregular, gerando o agravamento dos problemas ambientais.

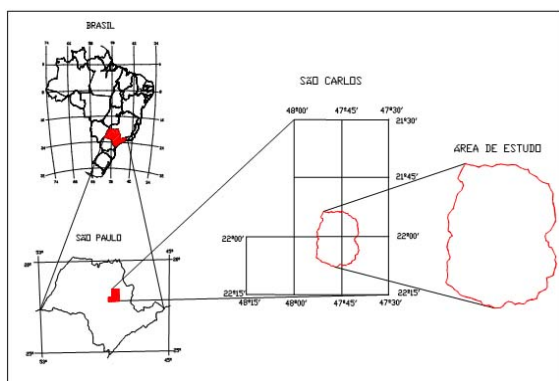


Figura 1- Localização da área de estudo.

3. Materiais e Métodos

3.1. Materiais

Neste trabalho foram utilizados os mapas topográficos publicados pelo IGC (escala 1:10.000); fotografias aéreas do ano de 1998 (escala 1:8.000); imagem do satélite Ikonos de junho de 2004 (PSM, 1m, Geo Ortho Kit). Quanto aos equipamentos, foi utilizado o aparelho GPS Leica SR9400, visor C333, para a obtenção dos pontos de controle; scanner tamanho A3, ScanMaker 9800XL Microtek para digitalização das fotografias aéreas.

Os principais softwares utilizados foram o *Autocad Map 3.0* – digitalização das informações cartográficas; *Surfer 8.0* – modelagem digital de terreno; *TrackMaker Pro* – processamento dos pontos de controle; *Envi 4.1* – geração de ortofotos, ortorretificação da imagem Ikonos, processamento digital de imagem.

3.2. Métodos

Tendo em vista o objetivo da pesquisa que é comparar a aplicação da imagem Ikonos ortorretificada e das ortofotos no estudo da degradação ambiental em ambiente urbano, inicialmente procedeu-se a compilação das informações disponíveis para a área de estudo através da revisão bibliográfica. Os mapas topográficos na escala 1:10.000 foram digitalizados a fim de se compor a base cartográfica onde todas as informações obtidas seriam lançadas. Com as curvas de nível digitalizadas foi possível gerar o MDT. Paralelamente, foram obtidos os pontos de controle de campo com GPS de precisão cartográfica. Em seguida foi realizado o processo de ortorretificação das fotografias aéreas (a partir das fotos aéreas 1:8.000 de 1998) e da imagem Ikonos (PSM, 1m, junho/ 2004) no software *Envi 4.1*.

O levantamento das áreas degradadas na cidade de São Carlos (SP) foi realizado inicialmente nas ortofotos digitais. Este levantamento orientou o passo seguinte que constou da análise detalhada das degradações nas ortofotos e das visitas de campo para verificação e caracterização da situação atual destas degradações. Este processo foi também complementado com o uso da imagem Ikonos, a qual passou por um amplo processo de ortorretificação, o que propiciou a identificação mais precisa do estado atual das degradações ambientais na área de estudo.

4. Resultados

4.1. Geração de ortofotos

Para a geração das ortofotos é necessária uma série de procedimentos intermediários, que envolve a obtenção de uma base topográfica confiável e em escala compatível, a geração de Modelo Digital do Terreno (MDT) (**Figura 2**) e uso de softwares específicos. Neste trabalho buscou-se testar a utilização de métodos de geração de ortofotos que possam ser acessíveis a custo baixo e não utilizem equipamentos sofisticados de difícil obtenção. Para a execução do processo foram realizadas as etapas apresentadas na **Tabela 1**.

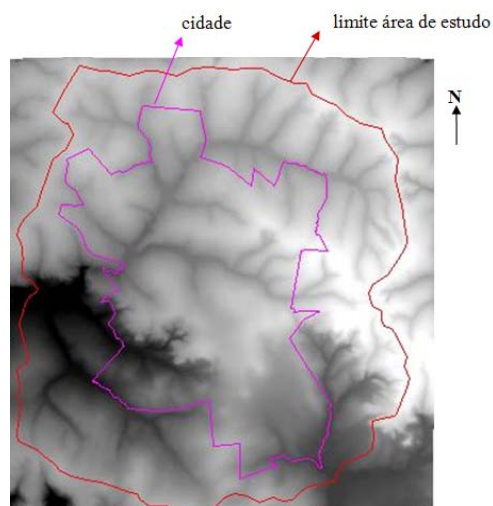


Figura 2: MDT da área de estudo (área urbana e de expansão) na cidade de São Carlos (SP) gerado no software *Envi4.1*.

Tabela 1 – Etapas do processo de geração de ortofotos.

Etapa	Observação
Obtenção das coordenadas planimétricas e altimétricas de pontos de apoio	uso de GPS Leica SR9400 – Visor C333. Processamento no software <i>TrackMaker Pro</i> .
Transformação das fotografias aéreas para a forma digital	uso de scanner ScanMaker9800XL, com alta resolução (não fotogramétrico) - densidade ótica máxima: 3,7; resolução: 1600x3200 dpi e pixel de 16x8 µm. Resolução utilizada: 1000dpi; tamanho do pixel: 25µm, em tons de cinza.
Geração do Modelo Digital do Terreno (MDT) no software <i>Envi 4.1</i>	a partir das curvas de nível das cartas topográficas, esc. 1:10.000, digitalizadas. Método de interpolação utilizado: triangulação.
Geração de cada ortofoto no software <i>Envi 4.1</i>	para cada pixel da imagem associa-se uma altitude a partir da interpolação local de elementos do MDT. Usando as coordenadas do pixel, sua altitude interpolada e os elementos de orientação interior e exterior da imagem, calcula-se a projeção deste pixel na imagem original e interpola-se o seu tom de cinza (ou cor), atribuindo-se este valor ao pixel ortofotograma.
Confecção do mosaico ortorretificado da área no software <i>Envi 4.1</i>	as ortofotos são unidas e formam uma ortofotocarta.

A finalidade principal em se utilizar as ortofotos foi obter informações das degradações do meio físico, como área, localização, extensão, distância das ocupações urbanas ou de drenagens, etc., que seriam de difícil obtenção em campo.

Depois de feita a ortorretificação de todas as fotos que pertenciam à área de estudo, foi gerado o mosaico, também no software *Envi 4.1*. Para as imagens georreferenciadas, conforme Envi (2004), o sistema ajusta o tamanho do pixel de saída àquele do pixel da imagem de mais alta resolução e reamostra, automaticamente, as imagens de resolução mais baixa para adequá-las à mosaicagem. A **Figura 3** mostra o mosaico das ortofotos importado para o software *AutoCad 2004* como imagem raster, no formato TIFF, onde foram sobrepostos os vetores das degradações observadas na cidade, das drenagens, do perímetro urbano e da área de estudo.

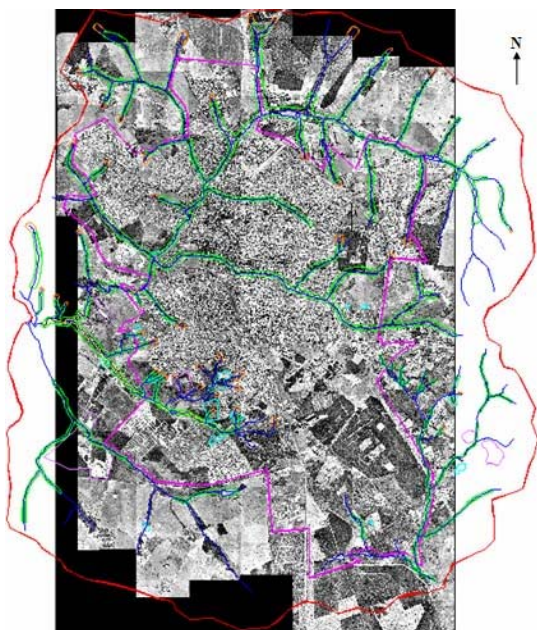


Figura 3: Mosaico das fotografias aéreas ortorretificadas com sobreposição dos vetores das degradações, drenagens (azul), perímetro urbano (magenta) e limite da área de estudo (vermelho).

4.2. Processo de ortorretificação da imagem Ikonos

Para o processo de ortorretificação, a ferramenta disponível na versão 4.1 do *ENVI* solicita que a imagem Ikonos seja carregada no sistema de janelas de visualização de imagens, e também o MDT associado à imagem, já que o uso desta informação permite refinar a ortorretificação.

A ortorretificação foi feita com cada banda (R, G, B, IR) separadamente. Após, foi gerada a composição das bandas RGB ortorretificadas e feito o mosaico das imagens que compõem a área de estudo. O produto final foi salvo no *Envi 4.1* no formato TIFF e importado no *AutoCad 2004*, sendo apresentado na **Figura 4**, onde foram sobrepostos os vetores das degradações observadas na cidade de São Carlos, do perímetro urbano e da área de estudo.

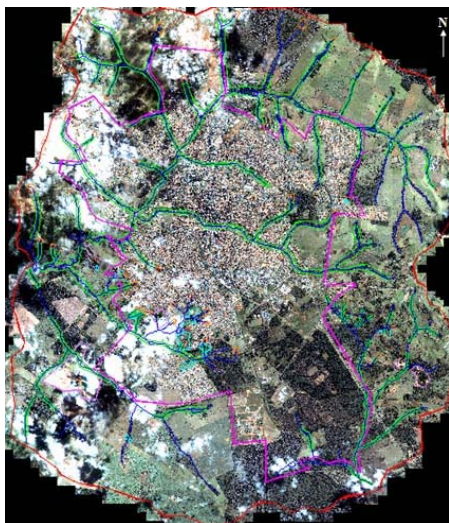


Figura 4: Imagem Ikonos (PSM,1m) ortorretificada, de junho/2004 da cidade de São Carlos - SP. Sobreposição dos vetores das degradações observadas na cidade, do perímetro urbano (magenta) e da área de estudo (vermelho).

4.3. Comparação entre o uso da imagem Ikonos ortorretificada e das ortofotos no estudo de áreas degradadas

A utilização das duas técnicas contribuiu neste estudo quanto à obtenção de informações do meio físico de forma rápida e precisa, tornando as visitas a campo mais objetivas.

Tanto na ortofoto como na imagem Ikonos ortorretificada foi possível obter dimensões precisas do tamanho da área de degradação observada, bem como da sua localização. No entanto, a imagem Ikonos permitiu obter melhores detalhes em função da sua resolução.

Quanto aos custos, a imagem Ikonos (PSM, 1m) Geo Ortho Kit, correspondeu a 60% do investimento feito para o processo de geração da ortofoto, considerando-se somente a compra do scanner de alta resolução e do conjunto de fotografias aéreas. O software *Envi 4.1*, o computador e os pontos de controle utilizados no processo de ortorretificação, tanto da imagem de satélite quanto das fotografias aéreas, foram os mesmos.

Além disso, as imagens Ikonos podem ser obtidas com maior facilidade e com menor periodicidade, o que é extremamente importante no acompanhamento da evolução das degradações ambientais.

4.3.1. Uso das ortofotos no estudo de áreas degradadas

O produto final obtido foi considerado satisfatório quanto ao atendimento das necessidades do trabalho, visto que as informações a respeito das degradações atingiram o nível de detalhamento necessário.

Como exemplo de contribuição desta ferramenta no estudo das degradações ambientais tem-se as medidas realizadas nos córregos da cidade, a fim de se obter a extensão da margem de vegetação ribeirinha retirada. A **Figura 5** mostra o mosaico das ortofotos na tela do *AutoCad 2004*, onde foi possível medir a extensão da margem desmatada do Córrego Tijuco Preto, localizado no centro da cidade. Neste caso, verificou-se que a drenagem, em toda sua extensão (3 km), já não possui vegetação ciliar.

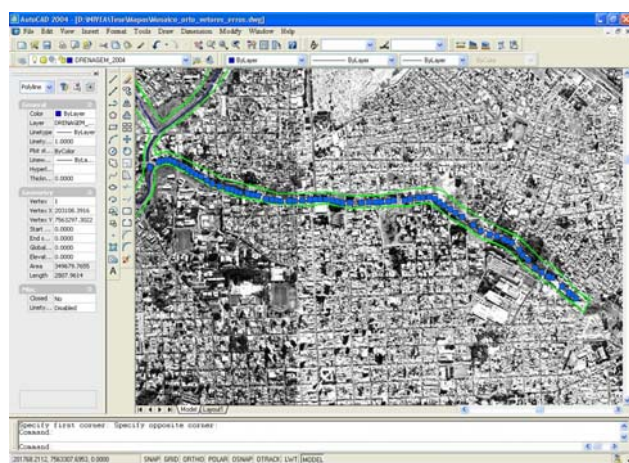


Figura 5: Mosaico das ortofotos, com sobreposição do vetor da drenagem e da degradação ambiental por retirada de mata ciliar. Foi possível medir a extensão da margem do Córrego Tijuco Preto onde foi retirada a mata ciliar.

Outra medida obtida do mosaico das ortofotos é a área aproximada de uma pedreira abandonada na região oeste da cidade. A **Figura 6** mostra o mosaico das ortofotos sobreposto com o vetor da área degradada no *AutoCad 2004* e o tamanho da área do polígono traçado e apontado.

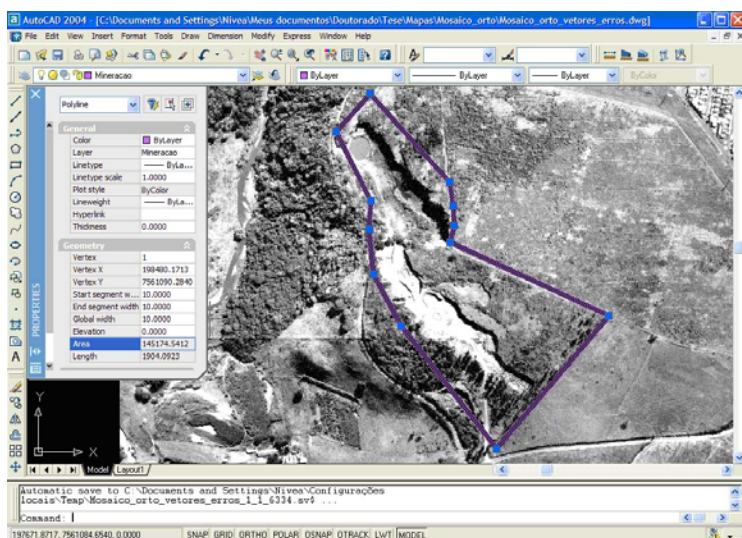


Figura 6: Mosaico das ortofotos, com sobreposição do polígono traçado da mineração abandonada. Foi possível medir a área aproximada ocupada pela degradação ambiental.

4.3.2. Uso da imagem Ikonos ortorretificada no estudo de áreas degradadas

Assim como as ortofotos, a imagem Ikonos ortorretificada permitiu obter dimensões precisas a respeito da extensão de margens de drenagens que sofreram degradação pela retirada da mata ciliar, de áreas degradadas por processos erosivos e de áreas degradadas por minerações ativas ou abandonadas. Na **Figura 7** pode-se observar a área de mineração abandonada, localizada na região oeste da cidade, na tela do *AutoCad 2004*. A mesma área, mostrada anteriormente em tons de cinza no mosaico das ortofotos, agora é apresentada em RGB na imagem Ikonos, o que proporciona uma visualização mais detalhada a respeito das condições atuais do meio físico.

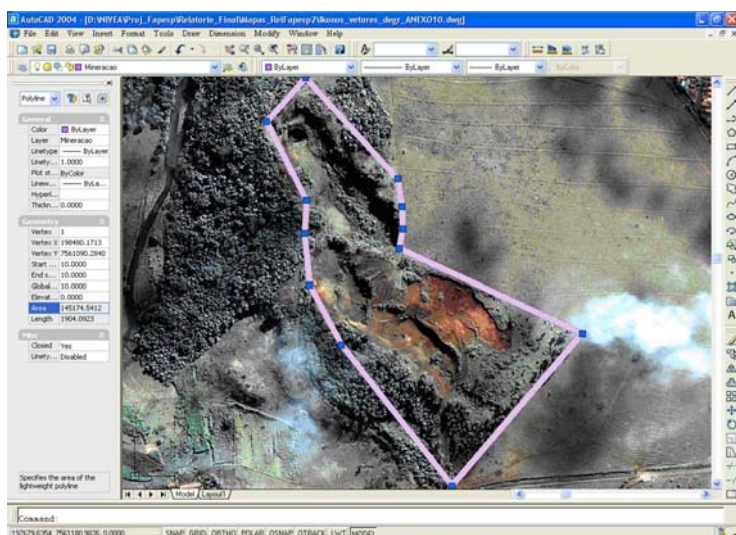


Figura 7: Imagem Ikonos, com sobreposição do polígono traçado da mineração abandonada. Medição da área aproximada atingida pela degradação ambiental e observação das condições da cobertura vegetal.

Na **Figura 8** pode-se observar na imagem Ikonos o detalhamento das condições atuais do meio físico na região oeste da cidade, onde foram encontrados os maiores problemas de degradação ambiental, como processos erosivos, assoreamento e retirada da mata ciliar, bem

como a proximidade de residências dessas degradações, cuja distância pode ser medida com precisão no *AutoCad 2004*. Neste caso, pode-se observar que as residências estão bem próximas (100 metros) da área que sofre processo erosivo e também das margens da drenagem, o que gerou o desmatamento inadequado e agravou o assoreamento.

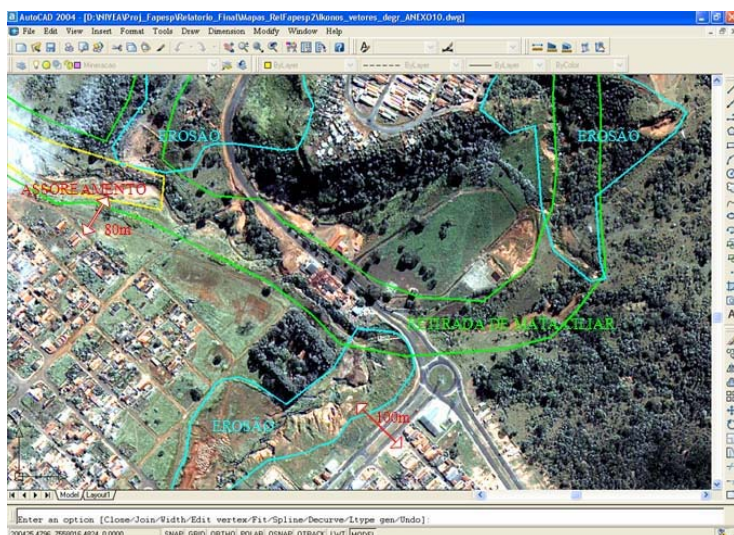


Figura 8: Região oeste da cidade de São Carlos, observada na imagem Ikonos ortorretificada, onde são destacados os maiores problemas de degradação ambiental, como erosões, assoreamento e retirada de mata ciliar, além da proximidade de residências.

5. Conclusões

As tecnologias de geoprocessamento baseadas em ortofotos digitais e em imagens de satélite de alta resolução se mostraram totalmente adequadas ao levantamento de áreas de degradação em ambiente urbano, em função da alta resolução espacial e precisão cartográfica que propiciaram. Percebeu-se que as imagens de satélite de alta resolução permitiram maior rapidez e precisão nos levantamentos, além da facilidade de obtenção periódica. Os custos das imagens de satélite foram equivalentes aos das fotos aéreas na escala 1:8.000, no entanto quando considerados os custos dos equipamentos necessários para a geração das ortofotos digitais, o produto final das imagens ortorretificadas é significativamente mais baixo.

Referências

- ENVI. **Guia do Envi em Português**. Sulsoft. Arquivo digital. 09/2004.
- Feng, J., Wang, T., Qi, S., Xie, C. Land degradation in the source region of the Yellow River, northeast Qinghai-Xizang Plateau: classification and evaluation. In: **Environmental Geology**, 2005, 47: 459-466.
- Grodecki, J. E Dial, G. Ajustamento de bloco das imagens de satélite de alta resolução descritas por Polinomiais Racionais. In: **Engenharia de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto**, 2005, 69(1):59-68.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Web Site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.htm. Consultado em 02/11/2001.
- Oliveira, C. H. **Planejamento ambiental na Cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. 1996. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 1996.
- Tommaselli, A. **Ortofoto**: um conceito antigo com novas técnicas de produção. Disponível em: http://www.mundogeo.com.br/artigos.asp?id_artigo={F78F4A27-7CF9-492F-9D4E-69418FE49544}. Consultado em 02/10/2002.