

## A utilização do Sensoriamento Remoto Orbital na identificação de unidades fotolitológicas

Claudia Vanessa dos Santos Corrêa<sup>1</sup>  
Hermes Dias Brito<sup>1</sup>  
Juércio Tavares de Mattos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/RC  
Av. 24-a,1515 - 13506-900 - Rio Claro - SP  
claudiav@rc.unesp.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FEG  
Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - 12.516-410 - Guaratinguetá, SP  
juercio@feg.com.br

**Abstract.** It aims to identify photolithology units, which are capable of being analyzed by means of satellite imagery, as well as evaluating the potential use of remote sensing techniques and GIS for studies of this scope. The study area is part of the sedimentary basin and Taubaté limited to the south and north by the Crystalline Basement, featuring morphologies linked to these rock types. The method will be based on proposals Vedovello (2000) and Soares and Fiori (1976), suggest that the regional division in homologous zones, later called the Basic Units of Compartmentation. To this end, criteria are established and geotechnical fotointerpretativos based on three stages of analysis: Photoreading, Photoanalysis and Photointerpretation. The results show the geotechnical properties of each zone, which totaled in 21 sectors.

**Palavras-chave:** Remote Sensing, Geoprocessing, Photoreading, Photointerpretation, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento, Fotoleitura, Fotointerpretação

### 1. Introdução

A intervenção em sistemas ambientais requer uma série de estudos multidisciplinares, onde devem ser abordados aspectos do meio físico, biológico e socioeconômico, de modo a minimizar os impactos e otimizar os resultados, do ponto de vista técnico, econômico e social (CAETANO, 2006).

Não obstante, destacam-se os aspectos geoambientais, sintetizados pelo clima, solo, relevo, formações rochosas, topografia e outras características do terreno. Vedovello e Mattos (1993) salientam que

“Independente de serem naturais ou induzidos, os problemas da interação entre a ação antrópica e o meio físico são causados principalmente pela não consideração da limitação e aptidão desse meio” (VEDOVELLO & MATTOS, 1993).

Os mesmos autores denominam esses problemas como fenômenos geodinâmicos, listados por escorregamentos, colapso de terrenos, tremores e enchentes. Fornasari Filho et. al. (1990) complementam, caracterizando os processos do meio físico como

“ [...] série de fenômenos sucessivos com relação de causa-efeito, que resulta da interação entre componentes materiais e tipo de energia, sendo deflagrada ou catalisada por agentes físicos, químicos, biológicos o humanos, em um determinado ambiente [...]” (FORNASARI FILHO et. al., 1990).

Assim, para estes autores, o resultado dessa relação causa-efeito pode ocasionar erosão pluvial, fluvial e eólica, além de escorregamento, rastejo, alteração na drenagem superficial e sub-superficial, mudança das interações físico-química no material de cobertura e na água, emissão de partículas e gases, deposição de sedimentos, inundação, alteração na pedogênese, subsidência, queda de blocos, indução de sismos e alteração na umidade do ar (FORNASARI FILHO et. al.,1990).

De modo a subsidiar estudos relacionados a essa temática, Bell (1993) sugere o uso de produtos de sensoriamento remoto, tais como fotos aéreas ou imagens de satélite. Estes, devido às suas características de periodicidade de imageamento, visão sinóptica e informações multispectrais e multiespaciais, são ferramentas úteis na observação do alvo e avaliação integrada do ambiente, pois minimizam custos e facilitam o monitoramento da dinâmica e transformação da paisagem.

Portanto, as técnicas de Sensoriamento Remoto, aliado às ferramentas do geoprocessamento, fornecem subsídios para o levantamento atualizado de recursos ambientais (topografia, solos, minérios e água) nas intervenções no meio físico, onde é vital que as tomadas de decisões garantam a sua viabilidade e a melhor relação entre funcionalidade e custo/benefício. Deste levantamento resultam mapas temáticos básicos (uso e cobertura do solo, geomorfologia e declividade e outros) contendo as informações mais relevantes ao problema, de modo que este pode ser diagnosticado e modelado, orientando a integração dos dados em mapas-síntese, cartogramas, tabelas e quadros, que subsidiam o processo de planejamento e os prognósticos que norteiam a tomada de decisões (PENIDO et. al., 1998).

Tendo como premissa essas considerações iniciais, o objetivo do presente trabalho é o de identificar e apontar, através de técnicas de sensoriamento remoto e fotointerpretação, as unidades fotolitológicas presentes no Médio Vale do Paraíba do Sul, especificamente das folhas topográficas São José dos Campos (SF-23-Y-D-II-1) e Jacareí (SF-23-Y-D-II-3).

## 1.2. Caracterização da área de estudo

A área de estudo localiza-se no cone leste paulista, denominada de Médio Vale do Paraíba (Figura 1). Compreende as folhas topográficas 1:50.000 de São José dos Campos (SF-23-Y-D-II-1) e Jacareí (SF-23-Y-D-II-3), delimitada pelos paralelos 23°00' à 23°30' e meridianos 46° W à 45°45' W.

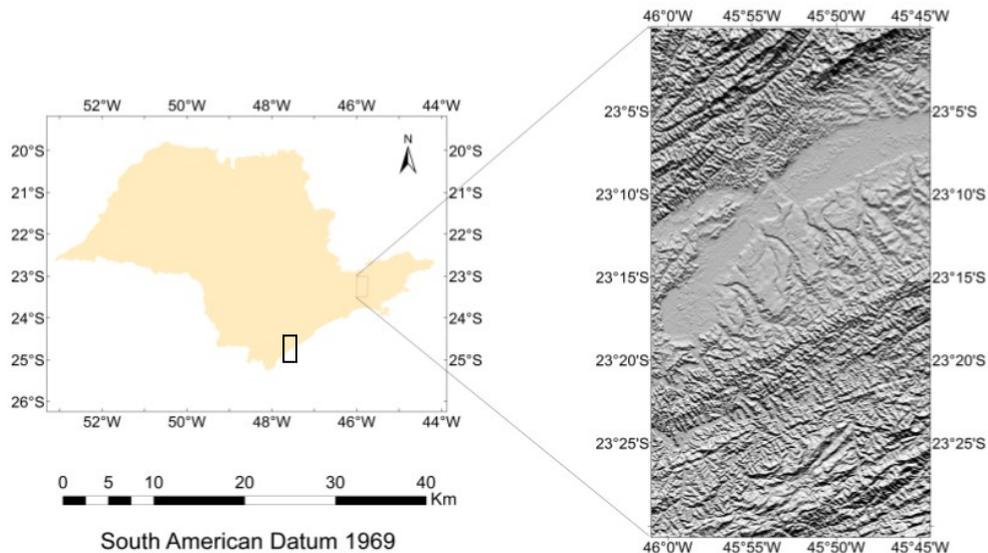


Figura 1: Localização da área de estudo

De maneira geral, segundo a classificação de Köppen, o clima da área em questão permeia entre o Cfa (subtropical oceânico) e Aw (tropical sazonal com estação seca no inverno) (KOTTEK et. al., 2006). Em relação ao contexto geológico, o Vale do Paraíba está inserido na Bacia Sedimentar de Taubaté, limitada pelo Embasamento Cristalino da Serra do Mar e da Mantiqueira, que por sua vez é constituído principalmente de sequências gnáissicas e granitos. A Bacia Sedimentar de Taubaté é constituída por sedimentos preenchidos a partir do Terciário, e compreende na área de estudo as Formações Resende, Formação Tremembé, Formação São Paulo, Formação Pindamonhangaba e sedimentos quaternários.

Atrelada a essas formações geológicas, a área em questão, segundo a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo (IPT, 1981) insere-se na Província do Planalto Atlântico, na zona do Médio Vale do Paraíba. Para o mesmo autor o Médio Vale do Paraíba é uma zona que se subdivide em uma região de morros desenvolvidos sobre rochas cristalinas pré-cambrianas, conhecida como Morros Cristalinos, uma região denominada de Colinas Sedimentares, localizando-se a Bacia de Taubaté e a Planície Aluvial, onde estão alocados os sedimentos quaternários originados da atual morfodinâmica do Rio Paraíba do Sul.

## 2. Metodologia de trabalho

### 2.1. Materiais

Foram utilizados como instrumentos de pesquisa produtos de sensoriamento remoto (imagem de satélite), documentos cartográficos e equipamentos. A imagem orbital selecionada foi a TM/Landsat5, cujas características sinópticas estão descritas a seguir:

<b>Órbita</b>	<b>Ponto</b>	<b>Formato</b>	<b>Bandas</b>	<b>Data</b>	<b>Ângulo de inclinação solar</b>
218	76	Papel ou analógico	4 (Infravermelho próximo)	17/07/1987	59°18'17"
219	76	Papel ou analógico	4 (Infravermelho próximo)	09/08/1987	59°18'17"

É importante salientar que as datas escolhidas seguiram critérios padronizados. O catálogo de imagens no *website* do Inpe não disponibiliza imagens desta mesma data para as duas cenas, portanto imagens de datas próximas foram selecionadas. A escolha do ano de 1987 fundamenta-se na interferência antrópica: a ação do homem mascara feições geológicas. Assim, as imagens propostas foram as que apresentavam menos ruído (interferências no sensor) e menos cobertura de nuvens, auxiliando no processo de fotointerpretação.

Os documentos cartográficos serviram como apoio para interpretação de imagens orbitais, bem como para fazer o georreferenciamento da imagem, definindo precisos pontos de controle. As cartas usadas no trabalho foram as folhas São José dos Campos (SF-23-Y-D-II-1) e Jacareí (SF-23-Y-D-II-3), ambas em escala 1:50.000.

## 2.2. Métodos

O presente trabalho visou a interpretação de produtos de sensoriamento remoto (imagem de satélite), no sentido de avaliar os diversos elementos de relevo e drenagem que permitiram a compartimentação fisiográfica da área em Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) e posteriormente a caracterização geológico-geotécnica. Para a compartimentação do terreno e de sua caracterização, utilizaram-se os procedimentos propostos por Vedovello (2000), os quais consistem na elaboração de carta geotécnica, com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto e na utilização de princípios de Análise de Terreno. O procedimento compreende três etapas: compartimentação fisiográfica, caracterização geotécnica.

Para tal, a banda 4 (infra-vermelha) do sensor TM/Landsat 5 foi adquirida devido à melhor visualização da vegetação, hidrografia e do relevo. Os critérios para definir a área de estudo foram o poder econômico e geodiversidade ambiental do local em questão.

Posteriormente, foram definidos três procedimentos metodológicos: Fotoleitura, Fotoanálise e Fotointerpretação, de acordo com o método Soares e Fiori (1976).

A Fotoleitura foi um procedimento preliminar para reconhecimento da área de estudo, já na Fotoanálise a imagem foi caracterizada nas diversas formas de arranjo de relevo e drenagem, de modo a distinguir as diferentes Zonas Homólogas e na Fotointerpretação buscou-se avaliar nas Zonas o seu significado em relação das propriedades a serem avaliadas.

Como forma de obtenção de informações sobre o Meio Físico, utilizou-se como ferramenta duas imagens orbitais do satélite TM/Landsat5 da banda 4, processadas digitalmente por contraste linear no SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) 5.1.8. Posteriormente, as imagens foram georreferenciadas no ArcGis 10, definidas na escala 1:200.000 para a etapa de fotointerpretação e impressas com o sistema de coordenadas, de modo a facilitar seu registro após a etapa de fotointerpretação. Para extrair dados da imagem foram analisados seus elementos texturais, definidos como a menor superfície contínua e homogênea distinguível na imagem e passível de repetição.

Foi utilizado para este trabalho como critério principal o elemento textural de imagem. Este elemento foi utilizado como definição de Zonas Homólogas e teve a sua interpretação relacionada com o número e tamanho de sua textura na imagem. Para classificar as Zonas a partir dos elementos texturais foram criados níveis distintos de densidade de textura, que foram muito alta, alta, moderada, baixa e nula. Após a individualização das Zonas Homólogas buscou-se avaliar o seu significado em relação ao objetivo do trabalho, definindo as propriedades desejadas para caracterizar o meio físico. As propriedades escolhidas para serem analisadas e caracterizadas na imagem foram: **(1)** Resistência a Erosão, **(2)** Plasticidade x Ruptibilidade, **(3)** Tropicidade, **(4)** Assimetria de Relevo e **(5)** Permeabilidade. Além destas o nível de cinza foi considerado, segundo as propriedades de reflectância dos materiais, classificados em cinza claro (cC), cinza (C) e cinza escuro (eC).

Conforme supracitado, posteriormente a essas etapas, os dados fotointerpretados foram vetorizados em ambiente ArcGis 10. Foram criados bancos de dados geográficos com projeções adequadas (DATUM SAD/69), georreferenciamento com pontos de controle precisos e geradas cartas referentes ao processo de fotoanálise e fotointerpretação.

## 3. Resultados e discussões

Em relação à fotoanálise (Figura 2), os traçados vermelhos indicam as juntas, localizadas principalmente nas regiões do Embasamento Cristalino. As quebras negativas são representadas pela drenagem, que apresentam-se delimitadas pela cor azul. Em contrapartida,

as quebras positivas do relevo são representadas pelas cristas, cuja representação cartográfica é a coloração marrom. Assim, como proposta da etapa da fotoanálise, foram delimitadas as zonas homólogas de repartição, representadas pelos polígonos esverdeados.

A região do vale do Paraíba, conforme supracitado é subdividida em dois grupos geológicos: Embasamento Cristalino e Bacia de Taubaté. Verifica-se que nos locais identificados como Embasamento Cristalino o grau de faturamento é elevado, assim como a declividade das vertentes, facilmente identificada na imagem orbital através do critério sombra. As quebras negativas de relevo também são intensas na referida área, principalmente nos locais identificados com traços de juntas. Na região da grande planície aluvial do Rio Paraíba do Sul nota-se a ausência de quebras positivas do relevo, ocorrendo apenas em alguns pontos isolados traços de juntas, porém não tão fraturado quanto o Embasamento Cristalino. Diferentemente do terreno cristalino, o sedimentar não apresenta grandes amplitudes de declividade em suas vertentes, fato observado pela sombra e textura da imagem orbital.

Para a fotointerpretação (Figura 3) foi seguida a proposta de Soares e Fiori (1976) e Vedovello (2000), a qual se baseia na caracterização das zonas homólogas segundo suas propriedades geotécnicas. Além destas, foram inseridos os alinhamentos de descontinuidade e os mergulhos das camadas, segundo metodologia de Mattos (2011). Assim, nas folhas topográficas São José dos Campos (SF-23-Y-D-II-1) e Jacareí (SF-23-Y-D-II-3) foram totalizadas 21 zonas homólogas (Unidades Básicas de Compartimentação).

As zonas ao norte e ao sul da área (correspondentes às Serras da Mantiqueira e Serra do Mar, respectivamente) apresentaram características geotécnicas semelhantes. As zonas que permeiam essa região apresentam-se muito fraturadas, muito resistentes à erosão, muito orientadas e pouco permeáveis. As principais descontinuidades de alinhamento encontram-se nas zonas pertencentes ou limítrofes ao Embasamento Cristalino. Este fato é comprovado por estudos correlatos realizados por Júnior e Mattos (2003), no qual também verificaram esses aspectos geotécnicos.

Para as zonas localizadas na porção central da Bacia de Taubaté, a planície aluvial do Rio Paraíba do Sul, as características geotécnicas se opõem às das anteriores. Sua principal característica é o relevo horizontalizado e assimétrico, com pouca presença de descontinuidades de alinhamento. Nesse sentido, as áreas que se encontram em transição entre o Embasamento Cristalino e a Bacia de Taubaté, caracterizadas geomorfologicamente por Colinas terciárias, também se caracterizam como zonas homólogas com características transicionais entre as supracitadas. Suas características geotécnicas transicionam entre as zonas do Cristalino e Sedimentar, conforme verificado no mapa.

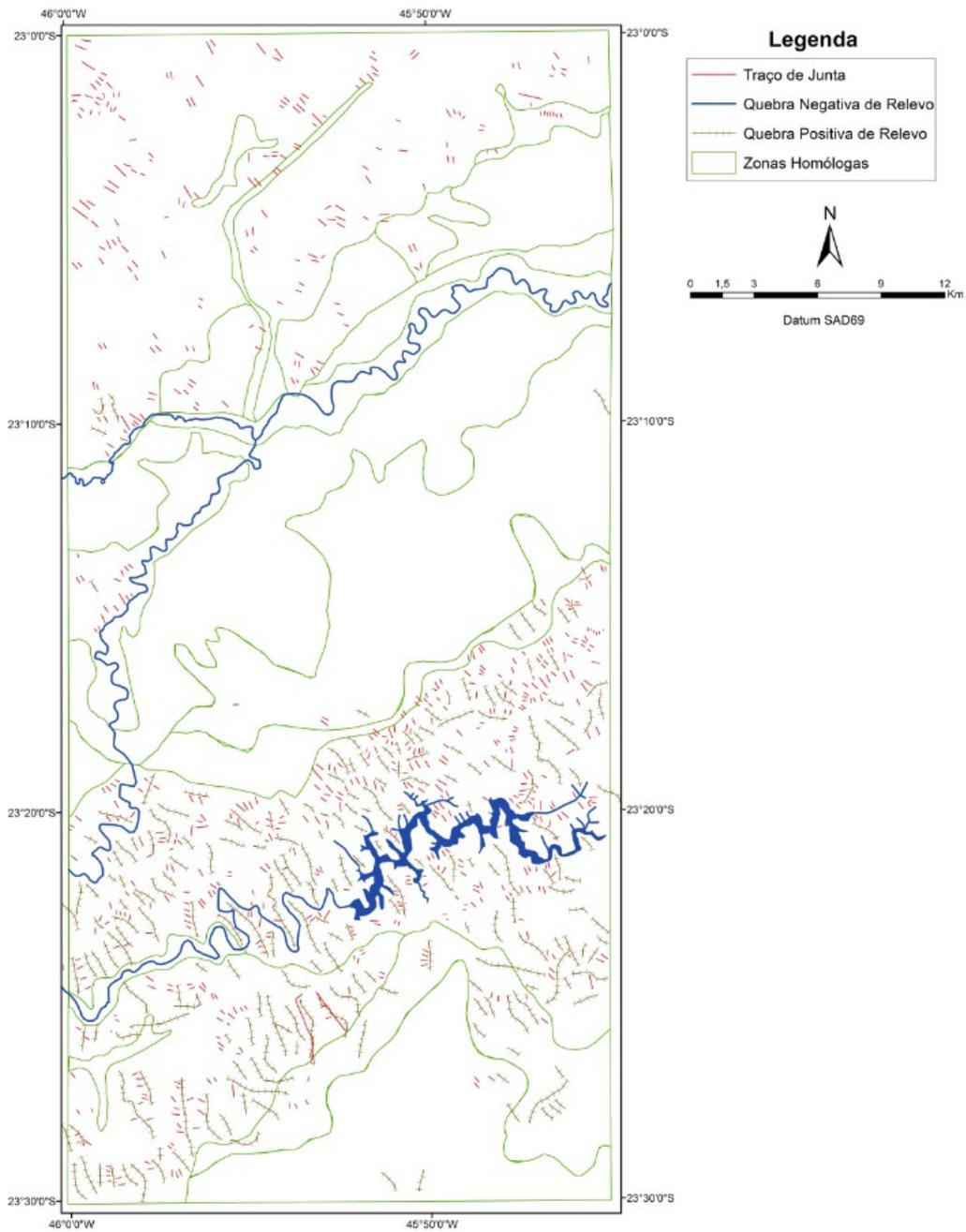


Figura 2: Fotoanálise das folhas topográficas São José dos Campos (SF-23-Y-D-II-1) e Jacaré (SF-23-Y-D-II-3)

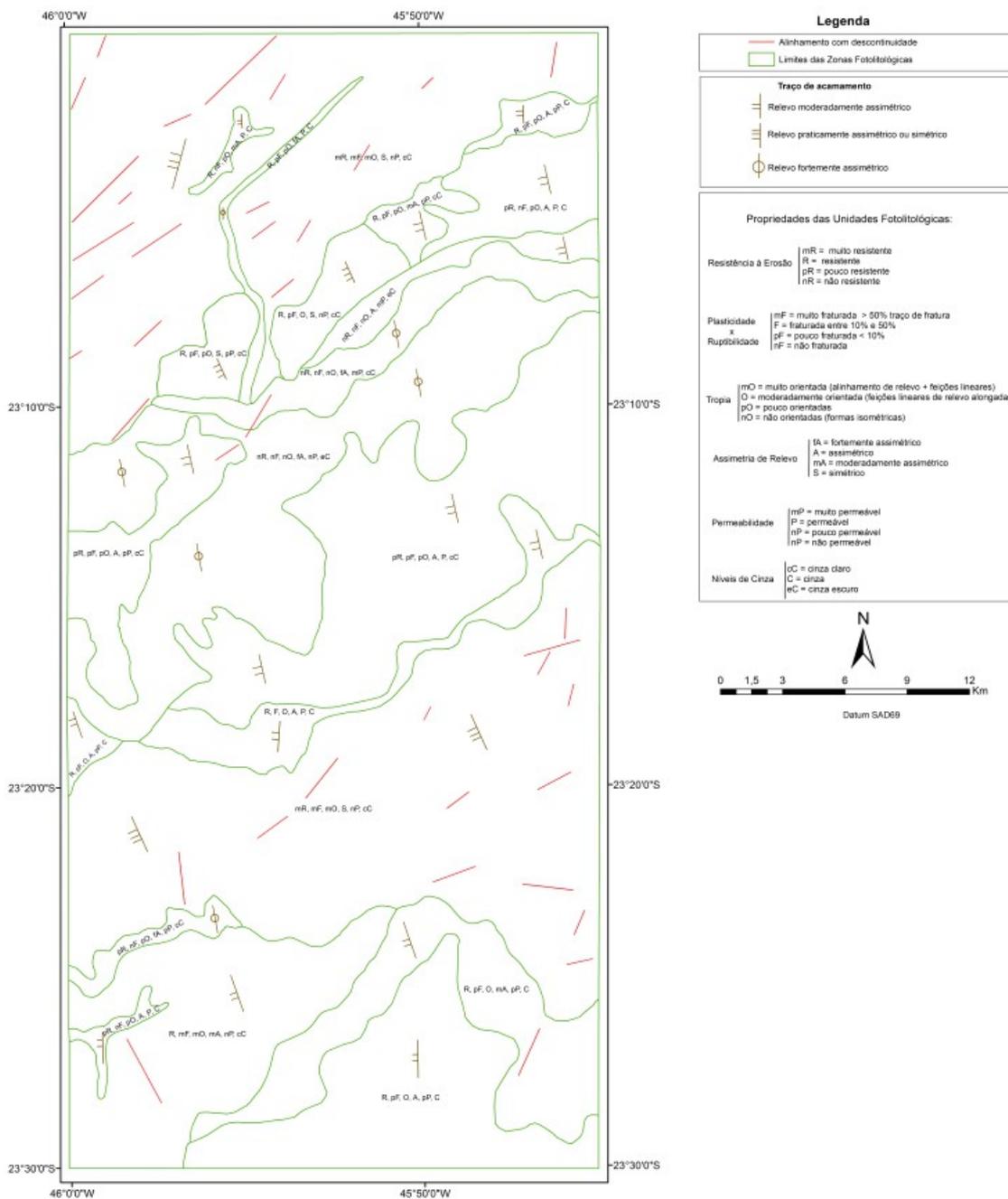


Figura 3: Fotointerpretação das folhas topográficas São José dos Campos (SF-23-Y-D-II-1) e Jacareí (SF-23-Y-D-II-3)

#### 4. Considerações finais

As técnicas de sensoriamento remoto aqui empregadas, aliadas ao uso do geoprocessamento, permitiram a divisão da área de estudo em unidades fotolitológicas, que permitem o direcionamento das atividades antrópicas no meio físico.

O mapeamento realizado serve como balizador para pesquisas futuras de detalhe e semidetalhe, utilizando-se de outros produtos e técnicas de sensoriamento remoto de maior resolução que venham confirmar ou detalhar as áreas de capacidade de suporte do meio físico.

## Referências bibliográficas

Bell, F.G. **Engineering Geology**. Oxford: Blackwele Science Ltd. 359p. 1993.

Caetano, N.R. **Procedimentos metodológicos para o planejamento de obras e usos: uma abordagem geotécnica e geoambiental**. 2006, 163. f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

Fornasari Filho, N.; Braga, T. O.; Galves, M. L.; Bitar, O. Y.;Amarante, A. **Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia**. São Paulo: IPT, 1990.

IPT. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. v.1 (IPT. Relatório ; n. 1183)

Junior, J. A. S.; Mattos, J. T. Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Elaboração de Projetos de Traçado de Rodovias. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11. 05 a 10 de Abril de 2003. Belo Horizonte. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2003. P. 1943 – 1950.

Kottek, M.; Grieser, J.; Beck, C.; Rudolf, B.; Rubel, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259-263, 2006.

Penido, L. R.; Kux, H. J. H.; Mattos, J. T. Aplicação de Técnicas de Sensoriamento Remoto e GIS como subsídio ao planejamento rodoviário. Estudo de Caso: Trecho Oeste do Rodoanel Metropolitano de São Paulo, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9., 1998, Santos. **Anais...** São Paulo: Imagem Multimídia. Seção de Comunicações Técnico-Científicas, 2003. CD-ROM.

Soares, P. C.; Fiori, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 32, p. 71–104, Dez. 1976.

Vedovello, R. **Zoneamentos Geotécnicos Aplicados à Gestão Ambiental, a partir de Unidades Básicas de Compartimentação – UBCs**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

Vedovello, R. & Mattos, J.T. Zoneamento Geotécnico, por Sensoriamento Remoto, para estudos de planejamento do meio físico – aplicação em expansão urbana.Simpósio Brasileiro de Sensoriamento RemotoGeotécnica, 7, **Anais...** (CD-ROM), 1993.