

Zoneamento Geoambiental da região de Campo Grande-MS a partir da interpretação de imagens orbitais ETM+/Landsat-7: base para o planejamento ambiental

Juécio Tavares de Mattos¹
Fabiano do Nascimento Pupim²
Jairo Roberto Jiménez-Rueda²
Norton Roberto Caetano³
Juliano Oliveira Martins Coelho²
Cristiane Alessandra de Moura²
Elias Carneiro Daitx²

¹Universidade Estadual Paulista - UNESP/FEG
Caixa Postal: 205 - 12516-410 - Guaratinguetá - SP, Brasil
juercio@feg.unesp.br

²Universidade Estadual Paulista - UNESP/IGCE
Caixa Postal: 178 - 13506-900 -Rio Claro - SP, Brasil.
fabianopupim@yahoo.com.br; jairorjr@rc.unesp.br; julianotatoo@yahoo.com.br;
cristmoura@hotmail.com; ecdaix@rc.unesp.br

³Universidade Federal de Rondônia
78960-000 - Ji-paraná - RO, Brasil
norton@unir.br

Abstract. The irrational use of soil and natural resources is a growing problem in Brazil. The indifference with the environment is evident in the area of Campo Grande, state of Mato Grosso do Sul where is possible to observe the increase of growing areas and few areas designated for the preservation of natural resources. Therefore, the geoenviromental zones searches analyse and interpretate environmental parameters with the intent to supply subsidy that guide actions over the environment, contributing for local and regional development. For this study were used ETM+/Landsat-7 images and photointerpretation systematic techniques, having as analysis criteria of the relief elements and drainage, their resulting forms and properties to make the support capacity chart that supplies a basis for subsequent detailed studies. Through the chart, areas with bigger potential of use, areas that should be better studied or others that need big investments in infrastructure to their occupation can be identified.

Palavras-chave: Geoenvironmental zones, photointerpretation, planning.

1. Introdução

O zoneamento geoambiental deve ter como meta, o fornecimento de subsídios técnicos para orientar e elucidar a tomada de decisões na implementação de alternativas de desenvolvimento regional compatíveis com a sustentabilidade e vulnerabilidade dos sistemas ambientais (OHARA et al., 2003).

O presente trabalho contempla a análise, avaliação e a compartimentação do meio físico da região de Campo Grande-MS, Brasil, visando a identificação de unidades geoambientais, que por sua vez são representativas da capacidade de suporte do meio físico.

Tais unidades são obtidas com base na Densidade Textural de imagens orbitais (no caso ETM+/Landsat-7) e posteriormente se realiza a equivalência da textura com suas propriedades e fatores físicos (Permeabilidade, Tropicidade e Alterabilidade), propriedades que são determinadas previamente em função da necessidade de compartimentação.

Então, buscou-se identificar os materiais, os fenômenos e os processos do meio físico presente na área de estudo, alcançando após a fotointerpretação um diagnóstico do meio, que é representado na Carta de Capacidade Suporte do meio físico.

Deve ser considerado que este diagnóstico é base de estudos posteriores, como planejamento de obras, manutenção, ocupação e conservação.

2. Material e Métodos

Foi utilizada uma imagem orbital ETM+/Landsat-7, órbita/ponto 225/74 obtida em 17/06/2002, banda Pan, fornecidas pela Intersat em formato analógico, na escala 1:100.000 (papel gloss paper). Essas se apresentavam sem nuvens e com tratamento (contraste, brilho, correção atmosférica) compatível com o esperado.

Para a fotointerpretação utilizou-se de lupas de aumento 2x e 4x, papel terkron com espessura de 50 microns, lápis comum e dermatográfico. A editoração dos diversos produtos foi realizada com a ajuda de um scanner A0 e microcomputador (personal computer), a partir do software AutoCad® (versão 2000) e posteriormente ArcGis 9.0.

O princípio metodológico da interpretação parte dos critérios propostos por Guy (1966), transcrito por Rivereau (1969), adaptado no Brasil por Soares et al. (1976) para fotografias aéreas e sistematizado por Veneziani e Anjos (1982) para imagens de satélite. Estes critérios permitem obter informações indiretas a respeito das propriedades físico-químico-mecânicas dos litotipos presentes na área de estudo Veneziani et al.(1998).

A interpretação das imagens orbitais do ETM+/Landsat-7, nesse trabalho, tem como base a análise de elementos de relevo e de drenagem, das formas resultantes e de suas propriedades. Esses elementos são analisados nas imagens a partir de suas características espectrais e radiométricas, traduzidas pelo arranjo dos elementos tonais na forma de diferentes texturas.

Para a definição das unidades homólogas foram analisadas as variações texturais e sua densidade. Segundo Oliveira et al. (1989), os limites de cada unidade mapeada coincide, de modo geral, com os contatos litológicos (quebras negativos do relevo) e com os contatos erosivos (quebras positivas do relevo), as quais indicam mudanças na composição litológica dos materiais. Posteriormente as unidades homólogas foram interpretadas frente suas propriedades físicas, gerando unidades geoambientais. As propriedades físicas estabelecidas para esse estudo foram: Permeabilidade, Tropicidade e Alterabilidade do maciço, as correlações das propriedades com a textura da imagem estão descritas em Mattos (2002).

Os termos Permeabilidade, Tropicidade e Alterabilidade foram inicialmente definidos por Soares et al. (1978) e usados por diversos outros autores como Ohara (1995), Vedovello (2000), Mattos et al. (2002), Caetano (2006), Coelho et al. (2006), entre outros.

2.1. Densidade textural

A Densidade de Textura é estabelecida pelo número de elementos de textura (relevo ou drenagem) em uma determinada área. A partir da análise da textura, sobrepondo um papel *terkron (over lay)*, foram delimitadas as zonas fotogeológicas homólogas.

É importante frisar que a repetição dos elementos texturais, com o mesmo grau e ordem de estruturação é o que permite definir as zonas homólogas, que quando interpretadas passarão a constituir-se em Unidades Geoambientais. Foram definidos quatro intervalos de densidade de textura: baixo, moderado, alto e muito alto.

2.2. Permeabilidade

Permeabilidade relaciona-se com a capacidade de infiltração das águas das chuvas no terreno. A Permeabilidade deve-se à porosidade primária (intergranular), em materiais sedimentares e à porosidade secundária (fraturas), em materiais metamorfizados ou ígneos. Portanto na área de estudo a análise baseia-se na densidade da rede de drenagem, quanto maior a densidade menor a Permeabilidade.

2.3. Tropa

Tropa é a característica da orientação ou não das formas de relevo e drenagem. Materiais ígneos são isotrópicos por natureza, portanto não apresentam orientação das formas de relevo e drenagem. Já materiais metamórficos são anisotrópicos, devido a sua foliação/gnaissificação/xistosidade e apresentam relevo e drenagem alinhados. A anisotropia das formas pode também ser resultado de intenso fraturamento.

Desse modo, áreas de relevo com cristas alongadas de diversos tamanhos e drenagem unidirecional foram classificadas como “muito orientada”. Áreas de relevo com pequenas cristas alongadas e drenagem bidirecional, com alta angularidade foram classificadas como “orientadas”. Já áreas de relevo com cristas esparsas alongadas e drenagem bidirecional com baixa angularidade foram classificadas como “pouco orientadas”. E enfim, áreas com relevo isotrópico e drenagem dendrítica foram classificadas como “não orientada”.

2.4. Alterabilidade

Alterabilidade dos maciços é a susceptibilidade do mesmo se alterar química e fisicamente sob a ação dos agentes intempéricos (clima, tempo, organismos).

A classificação segundo a Alterabilidade versa sobre o domínio deste processo em relação à erosão, ou seja, áreas em que predomina a Alterabilidade alta existe uma baixa resistência à erosão, formando um espesso manto de alteração intempérica. Em contraponto, áreas onde a Alterabilidade é baixa, predominam alta resistência à erosão e quase não existe material inconsolidado de cobertura, a não ser litossolos.

Para classificação da Alterabilidade é observada a forma das encostas.

- encostas convexas = Alterabilidade muito alta.
- encostas côncavo/convexas = Alterabilidade alta.
- encostas côncavo/retilíneo/convexas = Alterabilidade moderada.
- encostas côncavas = Alterabilidade baixa.

A classificação da Alterabilidade em áreas onde a identificação das formas de encosta é prejudicada, seja por baixa qualidade da imagem ou mesmo por baixa amplitude altimétrica, é tomado como base a densidade de drenagem. Quanto maior a densidade de drenagem, menor é a resistência à erosão do material, portanto maior sua alterabilidade. Assim a Alterabilidade é diretamente proporcional à densidade de drenagem.

2.5. Classificação das unidades geoambientais

A **Figura 1** apresenta um esquema geral da classificação quanto à Permeabilidade, Tropa e Alterabilidade, com a simbologia utilizada na carta de Unidades Geoambientais. Esta classificação não é paramétrica, ou seja, ela é baseada em deduções lógicas, em caráter comparativo. Assim, pode-se dizer que o zoneamento geoambiental baseia-se em padrões qualitativos gerando, portanto, resultados qualitativos.

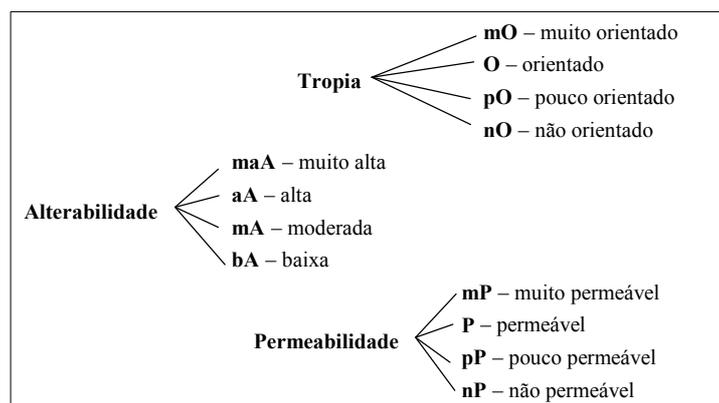


Figura 1: Esquema e símbolos para a classificação das propriedades.

2.5. Classes de capacidade de suporte

As cartas de Capacidade de Suporte apresentam a classificação da área quanto à capacidade de suporte do meio físico em relação às intervenções antrópicas, frente às características analisadas na imagem (densidade textural, tropia, permeabilidade e alterabilidade).

A partir da análise destas quatro propriedades do meio físico, pode-se concluir que a condição mais crítica encontrada é a combinação de densidade textural muito alta (Dma), feições muito orientadas (mO), material muito permeável (mP), com muito alta alterabilidade (maA).

Analogamente, a condição mais favorável encontrada é a combinação de densidade textural baixa (Db), feições não orientadas (nO), material não permeável (nP), com baixa alterabilidade (baA).

Para integração das propriedades obtidas a partir da imagem foram atribuídos valores numéricos relacionados a sua Capacidade de Suporte. Para as condições mais críticas à intervenção antrópica ponderou-se o valor 4 e para as condições mais favoráveis ponderou-se valor 1, do mesmo modo, para situações intermediárias ponderou-se os valores 2 e 3.

Dentre essas propriedades mapeadas, a que tem maior influência é a alterabilidade do maciço, a qual possui relação direta e proporcional com a susceptibilidade a erosão. A permeabilidade também traz uma informação que é de suma importância como a identificação de planícies de inundação e de zonas extremamente fraturadas.

Desse modo atribuiu-se para as informações de “densidade textural” e “tropia” um peso unitário. Para a informação de permeabilidade atribuiu-se um peso de 1,5. E, para a informação de alterabilidade atribuiu-se peso 2,0.

Para se realizar a avaliação da Capacidade de Suporte foi utilizada a equação 1, a seguir:

$$ACS = (2.A + 1,5.P + T + Dt) / 5,5$$

Onde: ACS – avaliação da capacidade de suporte; A – alterabilidade; P – permeabilidade; T – tropia; Dt – densidade textural.

Assim foram estabelecidas quatro classes de capacidade de suporte, estas estão relacionadas a faixas de valores, obtidas com a equação anterior e para cada uma foram atribuídas cores que facilitem na cartografia final, representadas na **Tabela 1**.

Capacidade de Suporte	Faixa de valores (equação 1)	Cor na carta
Alta	1,00 a 1,99	Verde
Moderada	2,00 a 2,49	Amarelo
Baixa	2,50 a 2,99	Laranja
Muito baixa	3,00 a 4,00	Vermelho

Tabela 1: Classes de capacidade de suporte, valores ponderados e cor de representação.

O mapa de unidades geoambiental confeccionado em papel *terkron* foi scaneado em *scanner A0* e posteriormente digitalizado com o auxílio do software *AutoCad 2000* e posteriormente exportado para o software *ArcGis 9.0*, sendo georreferenciado e acabado para a boa apresentação do mapa final.

3. Resultados e Discussões

A **Figura 2** representa a carta de Capacidade de Suporte da região de Campo Grande-MS. Na **Tabela 2** se encontram as classes de capacidade de suporte e respectivas recomendações.

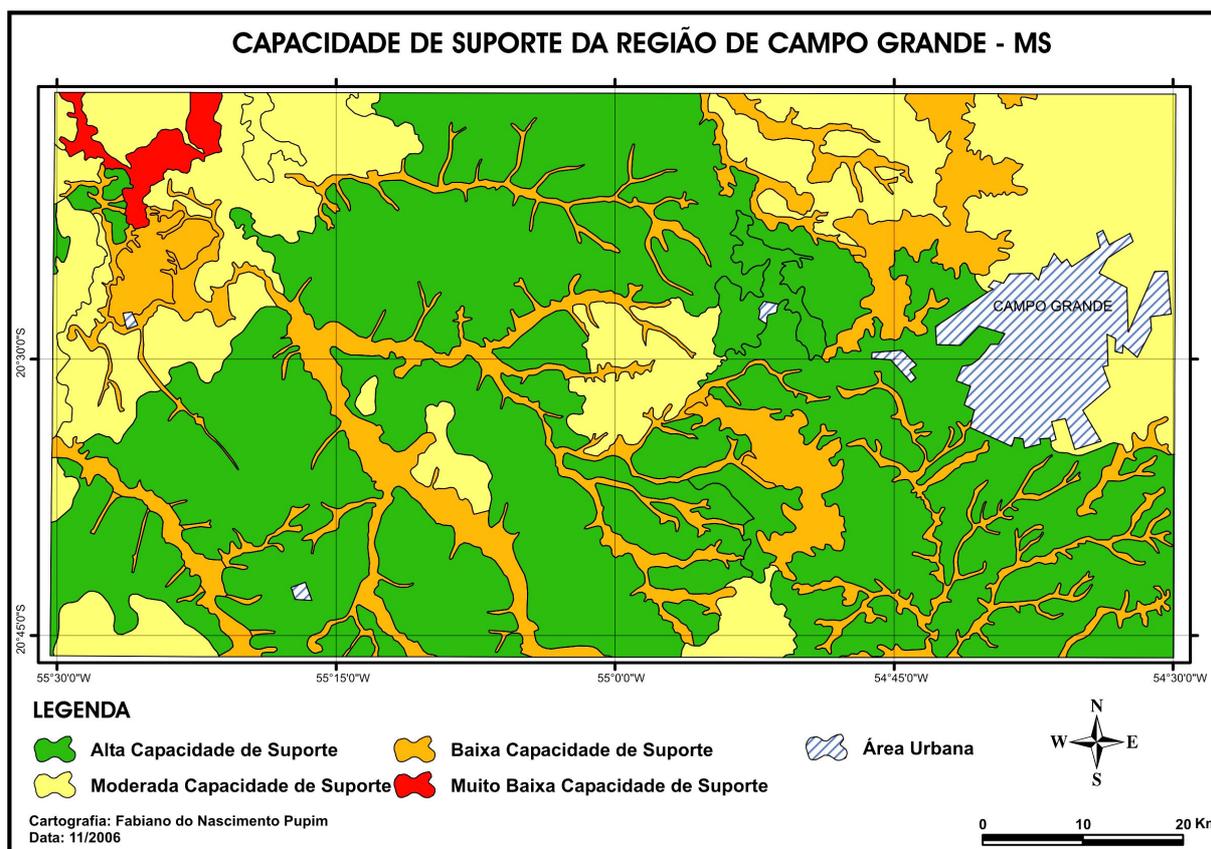


Figura 2: Mapa de classes de capacidade de suporte da região de Campo Grande-MS.

Capacidade de suporte	Recomendações
Alta Capacidade de Suporte	Áreas que apresentam baixas restrições ao uso e ocupação. Exige manutenção mínima em condições naturais.
Moderada Capacidade de Suporte	Áreas com restrições moderadas ao uso, requerendo obras de pequeno porte para manutenção do equilíbrio eco-dinâmico.
Baixa Capacidade de Suporte	Áreas com fortes restrições ao uso e ocupação. Densa infraestrutura para a ocupação.
Muito Baixa Capacidade de Suporte	Áreas não recomendadas à ocupação sem que haja estudo prévio para se estabelecer obras de sustentação à ocupação específica.

Tabela 2: Casses de capacidade de suporte e ações recomendadas

As áreas classificadas como de “Alta Capacidade de Suporte”, ocupam extensas áreas da região, em uma primeira interpretação essas áreas apresentam pequenas restrições a intervenções antrópicas, sendo áreas favoráveis para instalação humana. Entretanto, foram identificados dois sistemas de direções bem marcados na análise e caracterização do rede de

drenagem, um N40W e outro N35E, apresentando regularidade de repetições e formando diedros de rompimento perfeitos, tendo ainda um terceiro sistema mais discreto na direção EW. Essa combinação de direções de drenagem, que reflete o sistema de falhamento e fraturas, determina que a área apresenta caráter rúptil e assim uma maior instabilidade, podendo vir a causar impactos ambientais quando mal utilizada, aumentando os pontos de ravinamento e voçorocamento.

As áreas classificadas como de “Moderada Capacidade de Suporte”, apresentam moderadas restrições a intervenções antrópicas, em obras de engenharia requerem cuidados de pequeno porte para manutenção do equilíbrio ecodinâmico.

As áreas classificadas como de “Baixa Capacidade de Suporte”, apresentam fortes restrições a intervenções antrópicas, requerendo densa infra-estrutura para se instalar e manter obras de engenharia e com caráter restritivo a grandes monoculturas. Essas utilizam maquinário pesado, processos de preparo repetitivo, aplicação de insumos e corretivos agrícolas, além de instalações de irrigação e drenagem, o que quando não levado em conta os direcionamentos e os diedros de rompimento pode induzir-se a uma aceleração do processo erosivo, como esta ocorrendo nesta região.

Nota-se que o procedimento de trabalho, classificou áreas de planície de inundação fluvial como de “Baixa Capacidade de Suporte”. No entanto, estas são áreas que apresentam características especiais e devem ser observadas suas particularidades caso a caso.

Nestas regiões de planícies fluviais predominam sedimentos inconsolidados. Este possui elevada permeabilidade, baixa capacidade de suporte e predomina a erosão laminar.

As áreas classificadas como de “Muito Baixa Capacidade de Suporte”, não são recomendadas à ocupação humana sem que haja estudos prévios de detalhe, devendo preferencialmente ser destinada à preservação ou recuperação quando já se encontram degradadas. Nestas áreas mais críticas os processos erosivos (sulcos e voçorocas) são desencadeados por qualquer intervenção humana (cortes, escavações, exposição do solo, entre outros).

A região apresenta grande variação textural de imagem, o que sugere muita variabilidade de materiais caracteriza-se por ser pouco ou não resistente a erosão (alta a muito alta alterabilidade). Em áreas com alta permeabilidade tornam-se muito susceptível a intensa percolação e lixiviação, fato que desfavorece a ocupação, pois qualquer tipo de intervenção sobre a área pode gerar um desequilíbrio, levando a perda de solo e assoreamento da drenagem.

Em toda a área deve-se atentar no cruzamento de drenagens. Essas áreas são sujeitas a inundação devido a chuvas sazonais de grande intensidade pluviométrica que são comuns na região. Drenagem essa que em grande parte dos canais principais se apresenta assoreada, o que confirma a intensa erosão a que estão submetidas às camadas superiores das coberturas.

No entanto, em alguns casos não se identificou “alta” ou “muito alta” alterabilidade para esses materiais. Portanto, pode-se atribuir essa forte dinâmica erosiva à falta de manejo agrícola adequado na área (técnicas agrícolas versus clima e tipo de solo).

4. Considerações finais

O presente trabalho teve como escopo principal a avaliação da capacidade de suporte da paisagem frente a intervenção antrópica, mas de maneira alguma deve ser visto como um ponto final, ao contrario, deve servir de orientação a futuros estudos que venham a aprofundar o conhecimento de outros parâmetros do meio físico (estrutura, tectônico, geológico, pedológico, geomorfológico, geotécnicos, climatológicos), biótico (fauna e flora) e socioeconômico (uso da terra, maquinário, cultivos, insumos agrícolas, agronegócio entre outros).

A elaboração do presente estudo se deu de maneira rápida, isso ocorre pela escolha da metodologia e sua relativa simplicidade, não necessitando que o executor seja um especialista em sensoriamento remoto ou geologia, mas que possua conhecimentos básicos sobre as áreas afins das ciências da terra.

Outra vantagem esta relacionada ao baixo custo do trabalho, pois conta com materiais simples que podem ser obtidos de maneira fácil e barata. Com o avanço do Brasil na área de sensoriamento remoto, através do satélite CBERS-2 e o software SPRING, as imagens podem ser adquiridas e processadas sem custos.

As unidades geoambientais e respectivas classes de capacidade de suporte permitem, no estágio de diagnóstico, selecionar áreas prioritárias para maior acompanhamento devido suas fragilidades ou suscetibilidade a intervenções antrópicas.

A opção pela representação gráfica dos resultados em mapas que substituíam os valores e símbolos por cores foi de grande valor para a apresentação, divulgação e utilização do mesmo por parte de tomadores de decisão, que nem sempre possuem conhecimentos específicos para interpretar os dados. Dessa maneira, as cores auxiliaram de forma eficiente no que se pretende demonstrar em cada unidade.

Recomenda-se que os estudos posteriores sejam realizados a partir das unidades mais críticas, estudos esses que devem contemplar análises de campo e laboratório, pois só assim poderá se chegar a resultados mais precisos e detalhados.

Referências

Artigo em Revista:

Ohara, T. Jiménez-Rueda, J. R.; Mattos, J. T. de; Caetano, N. R. Zoneamento geoambiental da região do altomédio rio Paraíba do Sul e a carta de aptidão física para a implantação de obras viárias. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 173-182, jun. 2003.

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

Veneziani, P.; Santos, A.R dos; Crepani, E.; Anjos, C.E dos; Okida, R. Mapa de classes de erodibilidade de parte da região do rio Taquari baseado em imagens TM-Landsat. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, número especial, p. 1747-1754, 1998.

Tese:

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

Ohara, T. **Zoneamento Geoambiental da região do Alto-médio Paraíba do Sul (SP) com sensoriamento remoto**. 235 f. 1995. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

Vedovello, R. **Zoneamentos geotécnicos aplicados à gestão ambiental, a partir de unidades básicas de compartimentação – UBCs**. 2000. 154 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

Evento:

Coelho, J.O.M.; Jiménez-Rueda, J.R.; Mattos, J.T. de; Caetano, N.R.; Moura, C.A.; Pupim, F.N.; Guimarães, P.L. Zoneamento geoambiental da região de Ibatinga-SP, como subsídio a planejamento de uso e ocupação da terra. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, n. 6, 2006, Goiânia. **Anais VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia: UGB, 2006. CD-RON.

Guy, M. Quelques principes e quelques expériences sur la methodologie de la photo-interpretation. In: Symp. Intern. Photo-Interpretation, 2., Paris, **Acte**, v.1, p. 21-41. 1966.

Mattos, J.T. de; Jiménez-Rueda, J.R.; Ohara, T.; Mendes, M.L. de B.; Santana, M.A. Critérios para mapeamento de classes a erosão de solos em imagem TM-Landsat. In: Simpósio Latinoamericano de Percepção Remota, n.

9, 2002, Cochabamba. **Anais IX Simpósio Latino-americano de Percepción Remota**. Cochabamba-Bolívia: SELPER, 2002. CD-ROM.

Oliveira, W.J. de; Mattos, J.T. de; Jiménez-Rueda, J.R. Contribuição para o mapeamento geológico da região sudeste do Estado de Rondônia através de uma sistemática e estudo usando dados de satélite. In: Simpósio Latinoamericano de Percepción Remota, n. 4, 1989, San Carlos de Bariloche. **Anais IV Simpósio Latino-americano de Percepción Remota**, Tomo 1. San Carlos de Bariloche-Argentina: SELPER, p. 543-548, 1989.

Soares, P.C.; Fiori, A.P.; Mattos, J.T.de. A lógica de interpretação de fotografias aéreas convencionais aplicada a imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n. 1, 1978, São José dos Campos. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos-Brasil: CNPq/INPE, v. 2, p. 616-618, 1978.

Relatório Técnico:

Rivereau, J.C. **Notas de aula do curso de fotointerpretação**. Curitiba, Instituto de Geologia/UFPR. 128 p. 1969.

Mattos, J.T.de. **Sensoriamento Remoto Aplicado a Mapeamentos Geoambientais**. IGCE/UNESP, Rio Claro (Curso pós-grad. Geoci. Meio Ambiente, notas de aula). 2002.

Veneziani, P.; Anjos, C.E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos : INPE, 1982. 54p. (INPE 2227).

Agradecimento

Gostaria de agradecer a Julia Emi de Faria Oshima, graduanda em Ecologia (UNESP), pela tradução do abstract.