

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO NO ESTUDO DAS FORMAÇÕES SUPERFICIAIS
VISANDO O DESENVOLVIMENTO ECONOMICO INTEGRADO - CASO EXEMPLO: RE-
GIÃO DE RIO CLARO, SP.

Paulina Setti Riedel
Juércio Tavares de Mattos
Jairo Roberto Jimenez Rueda
UNESP - Rua 10, nº 2527
13500 - Rio Claro, SP - Brasil

RESUMO

O presente trabalho propõe uma metodologia para a interpretação sistemática de dados de sensores remotos para o mapeamento das formações superficiais da região de Rio Claro, SP, como subsídio à organização do meio físico. O método utilizado inclui a análise dos elementos texturais e estruturais de relevo e drenagem visando a caracterização das formas e propriedades destas.

1. INTRODUÇÃO

O estudo das formações superficiais está gradativamente adquirindo dimensões de uma ciência à parte no campo das Geociências. Desde fins da década de setenta, tem havido grande motivação para pesquisa, mas a quantidade de informação é ainda insuficiente.

As cartas geológicas clássicas não discriminam, de maneira adequada a parte superficial da crosta terrestre. Os materiais alterados que recobrem as formações geológicas intemperizadas são denominados por vários autores de depósitos de cobertura ou formações superficiais. Qualquer que seja a denominação, sua importância é muito grande em regiões tropicais úmidas como a nossa, onde o material de origem sempre se encontra bastante alterado.

Os maiores e mais graves problemas decorrentes do uso inadequado do meio físico por desconhecimento de suas potencialidades e limitações ocorrem exatamente em áreas de ocorrência de formações superficiais.

Neste trabalho foram considerados como formações superficiais todos os materiais que cobrem a superfície da crosta, provenientes tanto do transporte e deposição, como da alteração das rochas in-

- Devido à forte pressão que existe para ampliar as terras agrícolas no município de Barra do Turvo, pelo fato do mesmo encontrar-se cerca de 80% dentro da área do Parque, ressalta-se a importância da conscientização de autoridades e comunidade em geral, acerca da necessidade de proteção desse ecossistema, através da compatibilização e articulação de atividades de educação ambiental e lazer, com as atividades de fiscalização, manejo e fomento.

BIBLIOGRAFIA

- AOKI, H.; SARAIVA, Iliana R.; SANTOS, J.R. & HERNANDEZ FILHO, P. 1984. Wild areas monitoring using Landsat data. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING INC. 15. IUo de Janeiro - RJ. p. 745.
- AOKI, H. 1986. Sensoriamento remoto aplicado à conservação dos recursos naturais renováveis. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5. Olinda - PE. p. 145-150.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. (1978). Plano Diretor do Desenvolvimento Agrícola do Vale do Ribeira. V. 1, p. 101-107.
- HERNANDEZ FILHO, P. & SARAIVA, Iliana R. 1986. Análise cenográfica das alterações na vegetação do P. E. Jacupiranga através de tratamento digital das imagens Landsat. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Gramado - RS. p. 785-791.
- ITAPEMA-CARDOSO, Rosa Cristina, 1982. Cartas do Meio Ambiente no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE RESSURCÍAS NATIVAS, 1. Campos do Jordão - SP. p. 1859-1864.
- PFEIFER, R.M.; DOHENGUE, Iliana R. & SARAIVA, Iliana H.; GUERRA DE ANDRADE, Gina & LIZ, J.C. 1986. Zoneamento reativo do Parque Estadual de Jacupiranga. Bol. Técn. IF, São Paulo, 40 (2) :163-182.

situ, conforme definição de Dewolf (1965), também adotada por Nakashima (1973).

Uma metodologia é proposta para a caracterização destas formações baseada numa sistemática de interpretação de produtos de sensoriamento remoto, concomitante à coleta de dados de campo.

A área estudada localiza-se na porção centro-leste do Estado de São Paulo, dentro da província geomorfológica conhecida como Depressão Periférica, Zona do Médio Tietê, Subzona Piracicaba, limitada pelos meridianos $47^{\circ}44'00''$ e $47^{\circ}36'00''W$ e paralelos $22^{\circ}21'30''$ e $22^{\circ}40'00''S$, perfazendo um total de 590 km^2 . Geologicamente a área situa-se numa região de estrutura dômica (domo de Pit. açra) constituída pelas formações Itararé, Tatui, Irati, Corumbatai, Pirambóia e intrusivas básicas da Bacia Sedimentar do Paraná e sedimentos cenozóicos da Formação Rio Claro.

2. CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

O crescimento acelerado da urbanização tem originado problemas graves, decorrentes da falta de conhecimento e critério para uso e ocupação dos 50105. Surge a necessidade de um levantamento que vise a orientação sobre áreas potenciais para uso agrícola, industrial, residencial ou mesmo áreas a serem preservadas. Um levantamento possibilita, desta forma, a obtenção de informações prévias de áreas a serem recuperadas, preservadas e conservadas dentro dos sítios urbanos.

São muito comuns casos de loteamentos instalados em regiões inadequadas, causando erosões profundas, cujas consequências são assoreamentos de vales e sistemas de drenagem, desencadeando inundações e diminuindo a capacidade de armazenamento de água dos reservatórios.

A ocupação, tanto urbana quanto rural, deve procurar minimizar o impacto no meio físico, reduzindo assim, deste modo, os gastos para conservação e recuperação das áreas degradadas.

Como exemplo da falta de conhecimento das formações superficiais para ocupação, pode-se citar, inicialmente, o caso de áreas do noroeste do Estado do Paraná, onde os 50105 arenosos que cobrem o arenito Caiuá não foram distinguidos da "terra roxa" proveniente dos basaltos. Estes 50105 arenosos foram intensamente requisitados, os quais sofreram rápida exaustão e apresentaram a curto prazo graves problemas de erosão e assoreamento,

comprometendo uma área superior a 30.000 km².

são também conhecidos os casos de várias regiões do Estado de São Paulo, onde as indústrias e cidades se instalaram sobre as formações superficiais mais aptas para agricultura, desenvolvendo a partir dos basaltos da Formação Serra Geral, enquanto que coberturas arenosas foram obrigatoriamente utilizadas para agricultura, sofrendo rápida exaustão e tornando-se sujeitas à erosão intensa, que hoje se manifesta em diversos pontos. Por outro lado, inúmeras cidades tem apresentado também problemas relacionados à exploração de recursos hídricos. Os poços, na maior parte dos casos, foram abertos sem análise prévia da situação geológica, levando a rápida queda da vazão média. Como consequência, foram abertos poços em excesso, com vazões médias cada vez menores, estabelecendo-se um ciclo irreversível. O conhecimento da porosidade e do grau de fraturamento da rocha, inferidos através das formações superficiais, poderiam ter evitado tais erros.

Dentre os mais variados e constantes problemas existem também algumas catástrofes, como a corrida de areia que provocou o afundamento de vários edifícios em Guaratubi, no Paraná, o soterramento que vem sofrendo o núcleo habitacional de Laguna, SC, instalado em região de dunas, entre outros.

Todos estes aspectos desfavoráveis do meio poderiam ser evitados, se o território fosse devidamente caracterizado e sua ocupação ocorresse de forma que não se impusesse ao meio solicitações contrárias às suas capacidades e limitações.

Neste contexto se enquadra a necessidade premente de um maior conhecimento e organização do meio físico, onde as formações superficiais representam papel primordial.

Segundo Journaux (1978), uma carta de formações superficiais constitui um verdadeiro documento base a ser utilizado por geomorfólogos, pedólogos, biogeógrafos, agricultores, urbanistas, engenheiros de obras públicas e planejadores. Como exemplo pode ser citado o caso de urbanistas e planejadores que fazem uso das cartas geotécnicas, cujos elementos, em grande parte, podem ser extraídos das formações superficiais, tais como: pedregosidade dos solos, tipo do terrenos impermeáveis em vista da drenagem e infiltração, perigos de movimentos de massa, erosão dos solos, valor agrícola dos solos, áreas a serem urbanizadas ou a serem conservadas, etc... Pode-se assim facilmente passar de uma cartografia de formações superficiais a uma cartografia do meio ambiente, onde todos os dados relativos ao solo, e a sua instabilidade ou a suas degradações estão implicitamente contidos no documento

base.

O estudo destas formações constitui, portanto, importante subsídio para o entendimento da paisagem, podendo ser considerado prioritário para várias pesquisas e aplicações.

3. MATERIAIS E M~TODOS

3.1. MATERIAIS

Foram utilizados os seguintes produtos de sensoriamento remoto:

- Imagens TM/LANDSAT, em preto e branco (papel fotográfico), escala 1:100.000, canais 3 e 4, passagem de 27 de julho de 1985.
- Fotografias aéreas pancromáticas, escala 1:25.000, tomadas em 15 de agosto de 1972.
- Base cartográfica utilizada
Folhas topográficas do IBGE, escala 1:50.000.

3.2. ~TODOS

O método empregado baseia-se nos critérios de fotointerpretação voltados para uma abordagem dos atributos espaciais das imagens, onde são analisados os elementos texturais e estruturais de relevo e drenagem visando a caracterização das formas e propriedades destas.

Através da análise dos elementos de fotointerpretação: textura, estrutura, formas, tons de cinza e sombras, chega-se a definições sobre as formas de relevo, padrão de drenagem e, portanto, à caracterização das formações superficiais.

Basicamente a metodologia é caracterizada por uma análise morfoestrutural aliada ao estudo de feições tonais das imagens, devido à influência da vegetação nas coberturas das formações superficiais.

Concomitante à fotointerpretação são efetuadas avaliações de campo para obtenção de características físicas como cor, porosidade, estrutura, granulometria, densidade e profundidade das unidades em estudo, procurando-se correlacionar estes parâmetros às propriedades texturais das formas nas imagens e avaliar o grau de relação existente entre elas.

Os produtos de sensoriamento remoto em reproduções fotográficas (imagens LANDSAT e fotografias aéreas) estão sendo utilizados para reconhecimento e caracterização das unidades que definem as diversas formações superficiais. Por outro lado, as fitas CCTs (fitas compatíveis com o computador) são processadas no imageador multiespectral 1-100 do INPE, em São José dos Campos, para se chegar a escalas de observação de 1:50.000 ou até 1:25.000 nas regiões mais problemáticas.

Para a melhor identificação das formações superficiais analisadas nas imagens são feitos ensaios granulométricos, com o propósito de se obter a relação granulometria/reflectância das áreas descobertas. Além disso, a granulometria guarda relação direta com a porosidade dos materiais que, por sua vez, controla a permeabilidade dos terrenos. A permeabilidade leva a uma maior ou menor densidade de drenagem, a qual refletirá na textura do relevo observado.

Todas estas relações em cadeia conduzem a uma otimização da fotointerpretação, uma vez que se consegue avaliar de que forma cada parâmetro contribui na separabilidade das unidades em estudo.

Ensaio simples para obtenção das densidades aparente e real podem também ser executados para a obtenção da porosidade total do material, reforçando assim os resultados dos ensaios granulométricos.

Ensaios de limite de liquidez e plasticidade são realizados, já que estes parâmetros têm relação direta com a capacidade de retenção de água nos solos. Indica o ponto de saturação acima do qual o relevo não será mais estável, tornando-se propício a movimentos de massa e escorregamentos, além de ter relação direta com a reflectância.

As análises químicas das diferentes formações são também efetuadas, com o fim de evidenciar os teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , K_2O , Na_2O , TiO_2 , P_2O_5 e H_2O . Elementos esses que permitem caracterizar o material de origem das formações superficiais e que, por outro lado, são os responsáveis pelas mudanças tonais observadas nas imagens. Por exemplo: quantidades de Fe_2O_3 , FeO , Al_2O_3 , CO e MnO modificam a cor do material, alterando portanto os níveis de cinza da imagem, também os teores de SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO e MgO , por estarem relacionados à cimentação do material, permitem uma maior estabilidade estrutural e do relevo, o que provoca mudanças nas texturas fotográficas e nas quebras negativas para estabelecer os limites dos corpos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de Sensoriamento Remoto no estudo e organização do meio físico a partir das formações superficiais foi motivado, na região de Rio Claro, devido às profundas alterações no comportamento sócio-econômico da região. Esta área, décadas atrás, se caracterizava pelo desenvolvimento de agricultura, sem grandes ocupações de núcleos urbanos. Atualmente, o complexo industrial que envolve usinas de açúcar, álcool, maquinário agrícola, fertilizantes e outros tem provocado o crescimento das cidades (Piracicaba, Limeira, Araras, etc...), surgindo necessidade de novas vias de transporte, recursos hídricos e, num futuro próximo, de urbanização e distribuição mais racional do uso da terra (industrial, agrícola, residencial).

A organização do meio físico tem como um de seus fatores primordiais o estudo das formações superficiais, uma vez que sobre estas se dá quase todo tipo de ocupação em regiões tropicais. Como a nossa.

~ neste sentido que este trabalho pretende colaborar, já que a cartografia destas formações constitui o primeiro passo para estudos mais detalhados sobre o comportamento, potencialidades e limitações do meio físico, que levam a uma caracterização de áreas susceptíveis a maior impacto.

Além disso, o estudo das formações superficiais torna possível a identificação mais segura e confiável da rocha original, o que tem grande importância quando se pretende avaliar recursos hídricos superficiais, depósitos minerais de argila e calcário para indústrias de cerâmica e utilização agrícola, caracterizar áreas férteis para agricultura, materiais de empréstimo para construção civil e zonas de descontinuidades (falhas que irão comprometer obras de engenharia), do melhor perfil de eixos de barragens de múltiplos usos, evidenciar zonas de colapsos naturais ou provocados, etc...

Até hoje o documento considerado base para guiar os diferentes usos dos materiais tem sido a carta geotécnica. Uma cartografia das formações superficiais pode também ser considerada como um documento base para as diversas aplicações, constituindo parte essencial nas cartas geotécnicas. No entanto, até hoje têm sido relegadas a um segundo plano, sendo o objetivo deste trabalho salientar a importância das mesmas em regiões de intenso intemperismo como é o caso da grande parte do território brasileiro.

BIBLIOGRAFIA

- AVILA, I.G. de et alli - 1981 - Estudos para diagnose e soluções dos problemas técnicos relacionados com a implantação de loteamentos na Grande são Paulo. In: Simpósio sobre Controle de Erosão, 2, são Paulo, 1981. Anais ... são Paulo, ABGE, v.2, p. 137-154.
- DEWOLF, Y. - 1965 - Interêt et principes d'une Cartographie des formations superficielles. Association des Publications de la Faculté des Letters et Sciences Hermaines de l'Université de Caen. 183 p. Caen, France.
- JOST, H. - 1978 - Formações superficiais e sua importância para alguns ramos da geologia. Terna I: Formações superficiais e Geologia. In: Colóquio Estudo e Cartografia das formações superficiais e suas aplicações em regiões tropicais, vol. I. Comunicações e Debates, p. 55-72, são Paulo, 1978.
- JOURNAUX, A. - 1978 - Apresentação do Colóquio Estudo e Cartografia de formações superficiais e suas aplicações em regiões tropicais. Vol. I. Comunicações e debates, são Paulo, 1978, p. 11-15.
- JOURNAUX, A. - 1973 - O estudo das formações superficiais na França. Sedimentologia e Pedologia, 4. Instituto de Geografia, USP, são Paulo, 17 p.
- NAKASHIMA, P. - 1973 - Estudo das formações superficiais na área de Campinas - Viracopos (SP), suas relações com a evolução geomorfológica e os solos. Tese de Mestrado apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de são Paulo, USP, S.Paulo, 128 p., il.
- PRANDINI, F.L.; OLIVEIRA, A.M.S. - 1978 - Problemas do uso racional do meio físico In: 19 Simpósio Nacional de Ecologia, Curitiba, 1978, 8 p.
- QUEIROZ NETO, J.P. - 1983 - Colóquio Estudo e Cartografia de formações superficiais e suas aplicações em regiões tropicais. Volume 1. Comunicações e Debates, são Paulo, 1978, p. 1-14.