

CARACTERIZAÇÃO DAS COBERTURAS DE ALTERAÇÃO INTEMPÉRICA DA BAIXA MOJIANA

Norton Roberto CAETANO ¹, Juercio Tavares de MATTOS ²,
Jairo Roberto JIMENÉZ-RUEDA ³

(1) Universidade Federal de Rondônia (UNIR). BR 364, km 9,5. CEP 78900-000. Porto Velho, RO. Endereço eletrônico: ntroca@gmail.com. (2) Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista/Campus de Guaratinguetá. Avenida Prof. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333. CEP 12500-000. Guaratinguetá, SP. Endereço eletrônico: juercio@feg.unesp.br. (3) Departamento de Petrologia e Metalogenia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista /Campus de Rio Claro. Avenida 24-A, 1515. Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP. Endereço eletrônico: jairojrjr@rc.unesp.br.

Introdução
Área de Estudo
Métodos
Aquisição dos Materiais
Fotointerpretação
Seleção dos Pontos
Visita Técnica
Avaliação
Comportamento espectral no visível das CAIs
Sistematização
Discussão dos Resultados
Amostragem
Ensaio de Campo
Comportamento Espectral na Faixa do Visível
Conclusões
Trabalhos de Campo
Comportamento Espectral na Faixa do Visível
Considerações Finais
Referências Bibliográficas

RESUMO – O presente artigo tem o objetivo de apresentar os procedimentos e as técnicas necessárias para a caracterização genética, física e espectral das coberturas superficiais de alteração intempérica encontradas na região da Baixa Mojiana. A área de estudo refere-se a área da folha topográfica Moji-Guaçu, escala 1:50.000. Para delimitação das diferentes coberturas de alteração intempérica, procedeu-se a fotointerpretação na banda Pan do ETM+/Landsat-7. Foram visitados 54 pontos em campo, em 39 unidades de alteração intempérica, nas quais se coletou 36 amostras deformadas de material. Em campo foram realizados ensaios expeditos de física de solos e em laboratório, ensaios de comportamento espectral no visível usando uma máquina fotográfica digital convencional. Os dados foram inseridos em um sistema de informação geográfica, o SPRING 4.3. Os procedimentos utilizados no presente trabalho permitem a caracterização das coberturas de alteração intempérica da área quanto à sua gênese, além de definir os comportamentos mecânico e químico. Os resultados possibilitam subsidiar estudos geoambientais e de planejamento de usos e obras de engenharia.

Palavras-chave: Cobertura de alteração intempérica, sensoriamento remoto, física de solos.

ABSTRACT – *N.R. Caetano, J.T. Mattos, J.R. Jimenez-Rueda – Characterization of the weather alteration covering in the Mojiana Depression.* This paper presents the procedures and techniques for the genetic, physical and spectral characterization of the surface covers originated by weathering alteration in the Low Mojiana region, São Paulo State, Brazil. The study area corresponds to the Moji-Guaçu Sheet, 1:50,000 scale. The cover were mapped using photo-interpretation on Landsat ETM+, band Pan. 54 points were surveyed in 39 units in field, in which 36 deformed samples were collected. Tests of physics of soils were accomplished in the field. Visible spectral behavior were analysed using a conventional digital camera in laboratory. The data were inserted in a geographical information system, the SPRING 4.3. Mechanical, chemical and spectral behavior, beyond genesis of the founded covers could be characterized by the applied procedures. The results allow to subsidize geoenvironmental studies and engineering projects.

Keywords: Weather alteration covering, remote sensing, soil physics.

INTRODUÇÃO

A caracterização das coberturas de alteração intempérica tem muita utilidade para a sociedade, pois sobre essas coberturas é que se desenvolvem as principais atividades humanas como agricultura, ocupação urbana, obras de infra-estrutura, entre outros usos e atividades das sociedades modernas.

O material terroso, solto, sem consolidação, que recobre a superfície da terra pode ser chamado por várias designações, dependendo do interesse que se tem por ele. O termo “solo” é utilizado quando se define o processo pedológico pelo qual o material esteve ou está exposto (Toledo et al., 2000); normalmente os

profissionais da agronomia utilizam essa designação. O termo “material inconsolidado” pode ser utilizado quando se definem suas propriedades mecânicas (Souza & Zuquette, 1991); normalmente os profissionais da geotecnia empregam essa designação. O termo “cobertura de alteração intempérica” deve ser utilizado quando se definem a gênese, a morfologia, a física e a química desses materiais (Jiménez-Rueda, 2003); normalmente os profissionais do mapeamento geoambiental e da ecologia usam essa designação.

Segundo Pastore e Fontes (1998), a sequência lógica do procedimento para caracterização completa das coberturas de alteração intempérica é: (1) descrição, (2) caracterização e (3) classificação. A descrição é feita com base em observações e análises táteis-visuais em campo, diretamente no perfil onde aflora a cobertura. A caracterização é feita com base em ensaios de laboratório e a classificação pode ser feita de acordo com os diversos sistemas existentes.

Os ensaios táteis e visuais que, segundo Souza (1994), devem ser realizados na fase de descrição das coberturas são os de consistências seca, úmida e molhada (plasticidade), pegajosidade, textura e poro-

sidade, além da observação da cor, contato entre horizontes, estrutura, cimentação e existência de superfícies foscas, de fricção e de compressão.

Segundo Ben-Dor et al. (1998), o comportamento espectral do material terroso normalmente é obtido por meio de espectrômetros ou radiômetros que cobrem desde a faixa do azul ($0,4 \mu\text{m}$) até a faixa do infravermelho médio ($2,4 \mu\text{m}$). Nas curvas comprimento de onda (μm) vs. reflectância (%) são analisadas bandas de absorção e a porcentagem de reflexão para cada faixa do espectro. Dessa maneira, podem ser estimadas a composição mineralógica, a presença de matéria orgânica, a CTC e a umidade natural.

O presente trabalho não se preocupa com a classificação das coberturas, mas sim com apresentar uma sistemática de trabalho que permita caracterizar as coberturas de alteração intempérica e que forneça resultados consistentes para o planejamento de usos e obras de engenharia.

A caracterização proposta neste trabalho relaciona-se com sua gênese, além do comportamento físico, químico e mecânico do material, considerando-se as condições naturais a que o material esteve e está exposto.

ÁREA DE ESTUDO

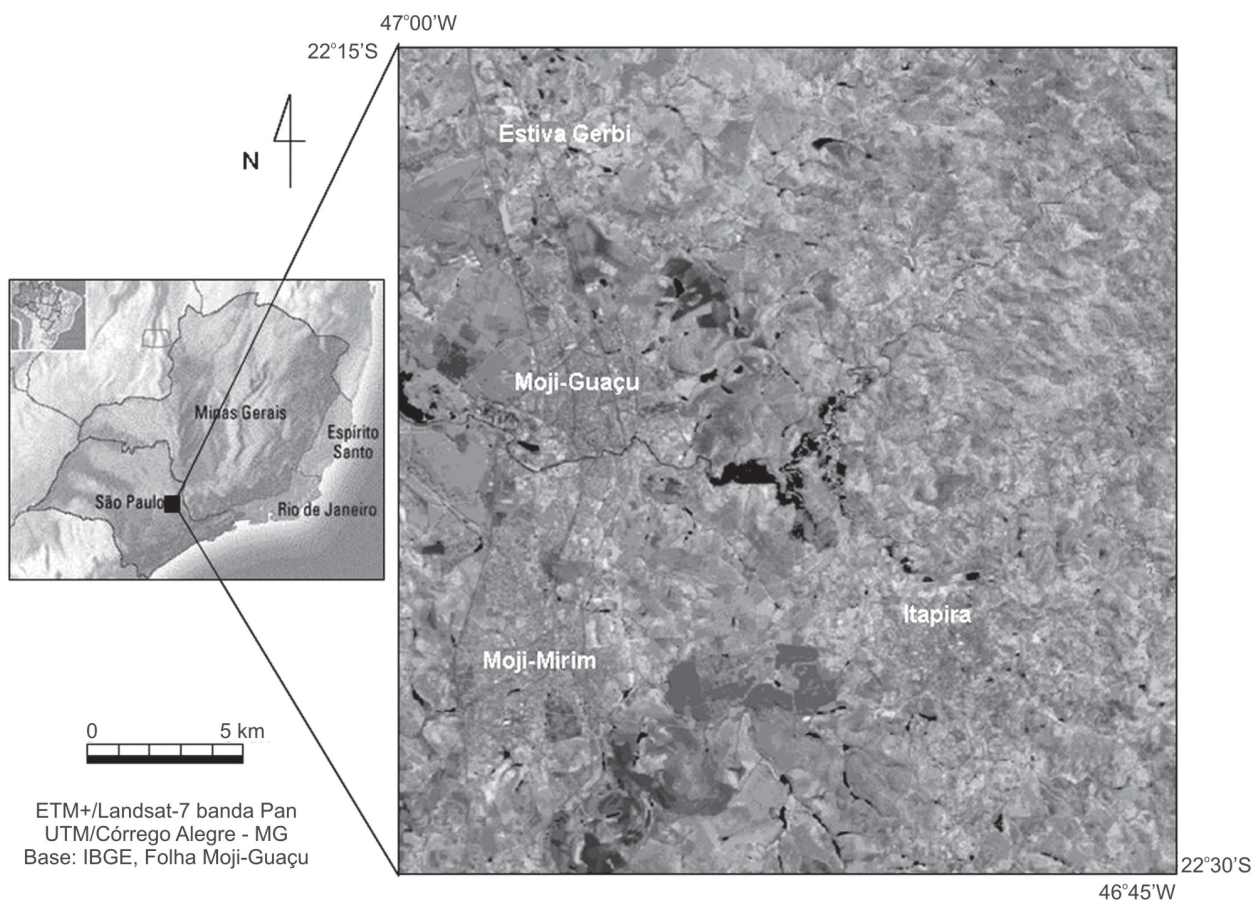


FIGURA 1. Localização da área de estudo com imagem ETM+/Landsat-7, banda Pan.

A área de estudo escolhida para aplicação dos procedimentos localiza-se na baixada Mojiana, dentro da Depressão Periférica Paulista, centro/leste do Estado de São Paulo. Compreendendo as cidades de Moji-Mirim, Moji-Guaçu, Estiva Gerbi e Itapira, é delimitada pelos paralelos 22°15'S a 22°30'S e meridianos 46°45'W a 47°00'W.

A área foi escolhida devido a grande gama de paisagens encontradas: planícies aluviais, colinas, morros e serras (Hasui et al., 1989; Almeida, 1964). É formada por granitos e basaltos (Wernick & Penalva, 1973), gnaisses, migmatitos e metaconglomerados (Ebert, 1968), além de arenitos, siltitos e argilitos das formações Tatuí, Itararé e Aquidauana (Almeida, 1964; Landim, 1970; Ebert, 1971; Saad, 1977; Cavalcante et al., 1979; Landim et al., 1980; Artur, 1980), rochas que se foram cartografadas pela CPRM (2001).

Ebert (1974), estudando o falhamento na região entre Itapira (SP) e Jacutinga (MG), identificou movimentos de transcorrência e empurrões locais. Há duas importantes falhas que condicionam o comportamento estrutural da região: as falhas de Jacutinga com direções de N45-55W e Ouro Fino com direções de N50-70E.

Posteriormente, houve reativações e intrusão dos corpos básicos (Hasui et al., 1989).

Na área de estudo há coberturas de alteração intempérica (CAI) monossialíticas, bissialíticas e alíticas, as quais foram estudadas por Bjornberg et al. (1964), Fulfaro & Suguio (1968), Penteadó (1976), Candido (2004), Oliveira (1992), e cartografadas pela CPRM (2001).

Nesta região existem alguns mapeamentos e estudos regionais e locais do meio físico, como os de Carpi Júnior (2001), Cottas (1998), CPRM (2002), São Paulo (2002), Lepsch et al. (1999) e Oliveira et al. (1999).

A área insere-se no regime climático da transição entre o muito úmido subtropical e o úmido tropical, com estações secas marcantes (Mu-Cw e U-Cw), com precipitação média anual próxima de 1.400 mm, temperaturas médias no verão girando em torno de 24°C e as temperaturas mínimas médias próximas de 16°C (Setzer, 1976).

A Figura 1 apresenta um esquema da localização da área de estudo, com uma imagem ETM+/Landsat-7, banda Pan.

MÉTODOS

Para a delimitação das unidades de alteração intempérica (UAI, mas referidas como UG) utilizou-se de fotointerpretação da banda Pan do ETM+/Landsat-7, segundo o método sistemático de Rivereau (1970). As unidades são delimitadas de acordo com a forma, grau e ordem de estruturação dos elementos de relevo e drenagem.

Os métodos expeditos de campo para caracterização das CAI são uma reunião dos ensaios de física e morfologia de solos que permitem uma caracterização do comportamento do mesmo.

Souza (1994) compilou algumas análises morfológicas que permitem uma caracterização qualitativa quanto a cor, textura, estrutura, coesão, consistências seca, úmida e molhada, cimentação e poros.

Jiménez-Rueda (2003) relacionou os resultados destas análises morfológicas com a composição química, granulometria, gênese, paleo-ambiente, plasticidade, pegajosidade, resistência à compressão, susceptibilidade a erosão, expansibilidade, colapsividade, porosidade e permeabilidade.

A Figura 2 apresenta um diagrama de fluxo de trabalho com as etapas executadas no presente trabalho, as quais são descritas a seguir.

AQUISIÇÃO DOS MATERIAIS

A banda Pan do ETM+/Landsat-7, órbita 219, ponto 76, de 21/06/2000, foi obtida via Internet no

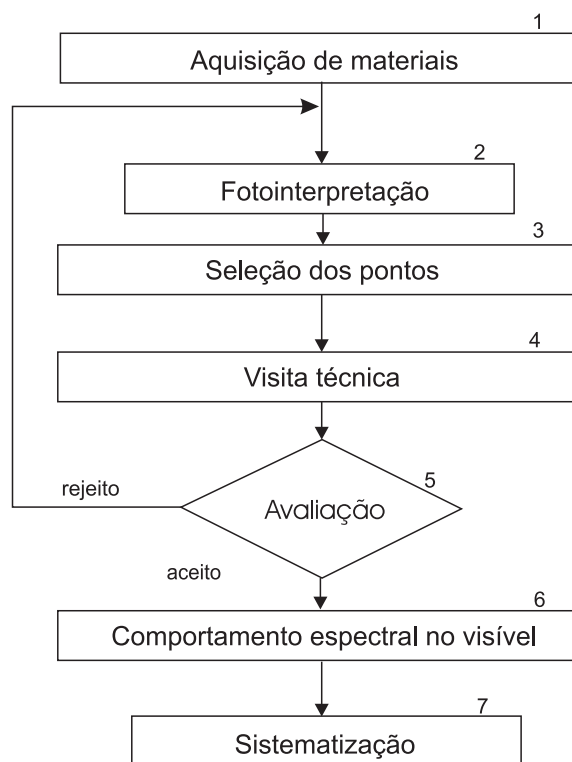


FIGURA 2. Diagrama de fluxo de trabalho.

site <ftp://ftp.glcfc.umiacs.umd.edu/glcfc/Landsat/WRS2>, em formato digital (matriz) na projeção UTM/SAD-69 e com *pixel* de 12,5 m. O sistema de informação geográfica (SIG) utilizado foi o SPRING 4.3 que também foi obtido da Internet no site www.dpi.inpe.br/spring.

A carta topográfica IBGE, escala 1:50.000, folha Moji-Guaçu (SF23.Y.A.III.3) foi obtida em formato analógico (papel) e digital (matriz), na projeção UTM/Córrego Alegre (MG).

Os materiais que devem fazer parte da campanha de campo são: trado 4", martelo de geólogo, enxada, caderneta de campo, ficha de campo e caneta/lápis, bússola, GPS (*Global Position System*) de precisão média em torno de 10 m, lupa com aumento de 20x, imã, tabela para diâmetro e forma das partículas fração areia, máquina fotográfica, água, trena de 30 m, faca/canivete, fita adesiva e sacos plásticos.

FOTOINTERPRETAÇÃO

A fotointerpretação da banda Pan do ETM+/Landsat-7 seguiu o método de mapeamento sistemático proposto por Guy (1966) e traduzido por Rivereau (1970), no qual se analisam a forma, o grau e a ordem de estruturação dos elementos de relevo e drenagem.

A análise dos elementos de relevo e drenagem se dá quanto a densidade, angularidade, assimetria, orientação e forma de encosta, além da observação de formas anômalas, como alinhamentos e lineações de drenagem e formas anelares e radiais de drenagem.

Com a banda Pan do ETM+/Landsat-7 em ambiente digital, inserida em um SIG, efetuou-se digitalmente a separação das zonas homólogas (quanto às propriedades de relevo e drenagem acima listadas).

A definição das UG dá-se ao inferir um tipo de CAI para cada zona homóloga, segundo as características observadas, analisadas e interpretadas na imagem.

SELEÇÃO DOS PONTOS

No presente trabalho adotou-se a visita a vários pontos por unidade, no entanto a análise em campo e a coleta de amostras para os ensaios laboratoriais foram realizadas onde havia maior representatividade em área daquele material.

Normalmente observou-se pouca variação das CAI dentro das UG, mas no caso das UGs 5 e 48, onde elas variavam nitidamente, foram coletadas amostras em dois pontos diferentes.

VISITA TÉCNICA

Os procedimentos explicitados neste item são amplamente conhecidos pelos profissionais das ciências da terra, mas pouco usados ou mesmo desconhecidos pelos profissionais de outras áreas. Como a presente

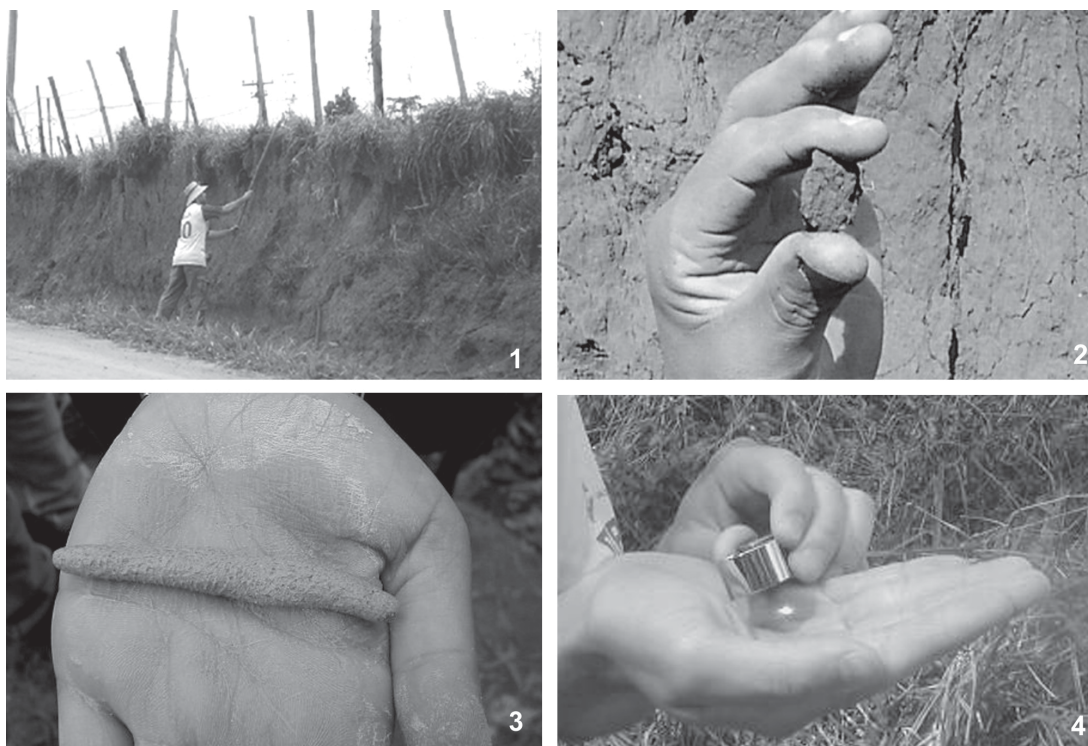
pesquisa almeja apresentar uma sistemática de trabalho, justifica-se a descrição detalhada dos ensaios a serem executados em campo.

Busca-se, no campo, um ponto para análise em que exista um corte ou um afloramento natural, onde o material esteja exposto com o mínimo de interferência antrópica possível (compactação, arado, uso de fertilizantes/agrotóxicos, drenagem direcionada).

Inicia-se a observação com o reconhecimento visual do entorno (vegetação, uso e cobertura da terra, declividade, presença de feições erosivas ou problemas de origem geotécnica). Na Prancha 1: Foto 1 pode-se observar o ponto de análise escolhido para a UG32, em um corte de cerca de 2,5 m de altura, ao lado da estrada vicinal que liga as cidades de Moji-Guaçu e Espírito Santo do Pinhal.

Foram encontrados perfis de CAI, somente de rocha e perfis em que afloravam CAI e rocha. A análise deu-se, seguindo as recomendações de Jiménez-Rueda (2003), da seguinte maneira:

- a) *Perfil da CAI*. Tendo sido reconhecido o entorno, abre-se uma trincheira no perfil da CAI com auxílio de enxada para remover os primeiros 30 a 50 cm de material exposto às intempéries. Recolhe-se amostra deformada para análise em laboratório. Depois se procede-se a definição da estrutura do material, a verificação da existência de (macro)poros e superfícies foscas (*skins*) no perfil, e os ensaios táteis e visuais de física de solos, descritos a seguir.
- b) *Consistência seca*. Colhe-se um torrão natural do material, aparentemente seco (teor de umidade menor que o ponto de murchamento), com face de até 5 cm. Procede-se a compressão dessa amostra entre os dedos polegar e indicador, avaliando a força relativa para desintegrar o torrão (Prancha 1: Foto 2).
- c) *Consistência úmida*. Colhe-se um torrão natural do material, adiciona-se água gotejando levemente, apenas para umedecer a amostra. Procede-se a compressão dessa amostra entre os dedos polegar e indicador, avaliando a força relativa para desintegrar o torrão.
- d) *Plasticidade*. Com cerca de 20 g de amostra destorroada e livre de matéria orgânica (raízes, folhas, palha etc.), molda-se um cilindro de aproximadamente 6 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro. Procede-se a deformação dessa amostra com intuito de unir as duas pontas. Na Prancha 1: Foto 3 pode-se observar a análise da plasticidade na amostra 40.
- e) *Pegajosidade*. Com cerca de 20 g de amostra destorroada e livre de matéria orgânica (raízes, folhas, palha etc.), molda-se uma esfera de aproximadamente 1 cm de diâmetro. Com os dedos



PRANCHA 1. (1): Corte escolhido na UG32 para análise de campo. (2): Foto da realização do ensaio de consistência seca na UG34. (3): Foto do ensaio de plasticidade na amostra UG40. (4): Foto da análise mineralógica da fração areia na amostra UG48a.

polegar e indicador procede-se uma leve pressão sobre a esfera, analisando a força necessária e a deformação relativa da amostra na descompressão.

- f) *Textura.* (1) Com cerca de 20 g de amostra destorroada e livre de matéria orgânica (raízes, folhas, palha etc.), observa-se a presença de areia raspando-se a amostra na palma da mão com o dedo indicador. (2) Com cerca de 20g de amostra destorroada e livre de matéria orgânica (raízes, folhas, palha, etc.), molda-se uma esfera de aproximadamente 1 cm de diâmetro. Com o dedo indicador procede-se uma pressão sobre a esfera, esmagando-a. Observa-se a formação de estrias transversais ao movimento de esmagamento. (3) Com cerca de 20 g de amostra destorroada e livre de matéria orgânica (raízes, folhas, palha, etc.), molda-se uma esfera de aproximadamente 1 cm de diâmetro. Adiciona-se água na palma da mão e com o dedo polegar tenta-se fazer a esfera girar. Verifica-se a presença de argila quando a amostra gira livremente sem se deformar.
- g) *Mineralogia da fração areia.* Com cerca de 20 g de amostra destorroada e livre de matéria orgânica (raízes, folhas, palha etc.), promove-se a retirada da fração silte e argila por meio de lavagem com água e fricção entre a palma da mão e o dedo indicador. Seca-se a amostra retida na mão (fração

areia) e se verifica a constituição mineralógica, a forma e tamanho dos grãos com o auxílio de uma lupa com aumento de 20x, imã e tabela. Na Prancha 1: Foto 4 pode-se observar a análise mineralógica da fração areia da amostra 48a. A classificação dos minerais segue o procedimento indicado por Neves (2002), de acordo com os modelos de Font-Altaba (1963) e Kirsch (1972), e segundo as recomendações de Jiménez-Rueda (2003).

- h) *Faturamento.* Com uma bússola verificou-se as direções e mergulhos das fraturas encontradas e com uma trena mede-se o espaçamento, a abertura e a persistência das mesmas. Todas as observações e resultados obtidos em campo são transcritos sistematicamente para uma ficha de campo.

AVALIAÇÃO

Nesta fase deve-se avaliar se é necessário visitar mais algum ponto em uma UG já amostrada ou em uma UG ainda não visitada e também se é necessário repetir alguma análise ou coletar mais amostras para análise de laboratório; caso seja necessário, os procedimentos descritos são repetidos.

Tendo-se avaliado criticamente a fotointerpretação, a seleção dos pontos e as visitas de campo, iniciam-se os ensaios de comportamento espectral na faixa de luz visível.

COMPORTAMENTO ESPECTRAL NO VISÍVEL DAS CAIs

Segundo Ben-Dor et al. (1998), a reflectância dos materiais terrosos pode ser obtida em laboratório, campo ou a partir de equipamentos aéreos ou orbitais. As medidas obtidas em campo são dificultadas por variações na intensidade e ângulo de iluminação, ângulo de visada e rugosidade da superfície. As tomadas a partir de equipamentos aéreos ou orbitais são dificultadas pelo baixo sinal, atenuação atmosférica, ruído (principalmente em frequências mais altas, como nas faixas do visível e infravermelho próximo) e variação das condições atmosféricas (umidade, nuvens/nevoeiro, plumas de fumaça, entre outras).

As medidas de reflectância tomadas em laboratório para definição do comportamento espectral da amostra devem diminuir ao máximo os problemas citados acima.

Portanto o ensaio de comportamento espectral na faixa do visível, realizado nas 36 amostras deformadas, consistiu em fotografar a amostra com uma máquina fotográfica digital, após destorroá-la, homogeneizá-la e secá-la ao ar livre.

As fotos foram feitas a uma distância de 50 cm da amostra com iluminação natural (solar) direta na amostra, obedecendo-se o horário das 10 h da manhã e tendo-se a iluminação em direção contrária ao equipamento fotográfico.

O equipamento utilizado foi uma máquina fotográfica digital OLYMPUS Camedia D-535, 3.2 Mp, na resolução 640x480 *pixels*, sem o recurso de *zoom* nem de *flash*. Cada foto é um arquivo digital *.jpg de imagem (matriz). Esse equipamento capta luz na faixa de comprimento de onda correspondente à luz visível (0,4 a 0,7 μ m).

Para visualizar e editar cada uma das fotos (arquivos digitais), utilizou-se um programa de edição de imagens (como o Adobe Photoshop® CS 8.0 ou o Corel PhotoPaint® 12). Nestes programas é possível realizar a separação das cores nos canais RGB (*red, green and blue*: vermelho, verde e azul).

Tendo-se a informação separada nos canais RGB, utilizando os mesmos programas para edição de imagens, é possível visualizar para cada canal o

histograma de frequência de *pixels* em função do nível de cinza, com uma resolução radiométrica de 8 bits (256 intervalos).

Dessa forma, é possível analisar separadamente os picos de ocorrência nas faixas do azul, verde e vermelho. Em cada um desses canais anota-se o nível correspondente ao pico de ocorrência e constrói-se um gráfico de valores de pico de ocorrência em função dos canais azul, verde e vermelho.

Como os níveis de reflectância de uma imagem fotográfica digital observados em cada canal R, G e B são relativos à sua reflectância (onde o valor 0 é igual a 0% de reflectância e o valor 255 é igual a 100% de reflectância), é possível traçar o gráfico de valores de pico da reflectância nos canais azul, verde e vermelho.

É necessário enfatizar que as câmeras fotográficas digitais possuem um sensor que captura a imagem na faixa do visível de forma integrada e somente utilizando um programa de edição de imagens é possível realizar a separação nos canais azul, verde e vermelho. Ou seja, ainda que computacionalmente se obtenha a imagem nos canais azul, verde e vermelho, não se pode comparar o princípio de obtenção de imagens das máquinas fotográficas digitais com os sensores orbitais, que obtêm a imagem separadamente nos canais azul, verde e vermelho.

SISTEMATIZAÇÃO

Nesta última fase são compiladas todas as informações obtidas em laboratório (fotointerpretação e ensaios de comportamento espectral no visível) e em campo.

As UG delimitadas em um SIG já se encontram em formato digital. As planilhas do comportamento espectral no visível também se encontram em ambiente digital, pois a análise se dá em fotos digitais.

Todas as informações obtidas em campo foram transferidas para planilhas digitais (*.xls, do Microsoft Excel®). Dessa maneira torna-se mais fácil a elaboração de gráficos e tabelas comparativas.

As informações obtidas em campo e em laboratório foram compiladas e comparadas por meio de estatísticas e gráficos.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

AMOSTRAGEM

As técnicas de fotointerpretação utilizadas no presente trabalho permitem individualizar as diferentes unidades de alteração intempérica. Os limites das 39 unidades visitadas foram verificados em campo. Dessa forma há alta significância na amostragem de cada unidade.

Nas 39 UGs visitadas foram preenchidas 55 fichas de campo, para uma área de aproximadamente 650 km², perfazendo uma densidade de amostragem de apenas 0,085 pontos/km². Este valor não é preocupante, pois o objetivo da presente pesquisa é de desenvolver e testar uma seqüência de procedimentos metodológicos.

As UGs que receberam mais visitas foram as que mais apresentavam variação visual nas características das CAIs. Ao perceber tal variação procura-se um afloramento significativo e executavam-se as análises descritas acima.

A ausência de análise de campo em algumas UGs deu-se por dificuldade de acesso (por exemplo, as UGs

25, 27, 29 e 30 que se situam na Serra da Mantiqueira e a UG44 que se situa dentro de uma propriedade rural) ou por não se ter encontrado um afloramento natural para análise (por exemplo a UG23). A Figura 3 apresenta um esquema da área de estudo com a delimitação das UGs e com indicação dos pontos onde se procedeu as visitas de campo.

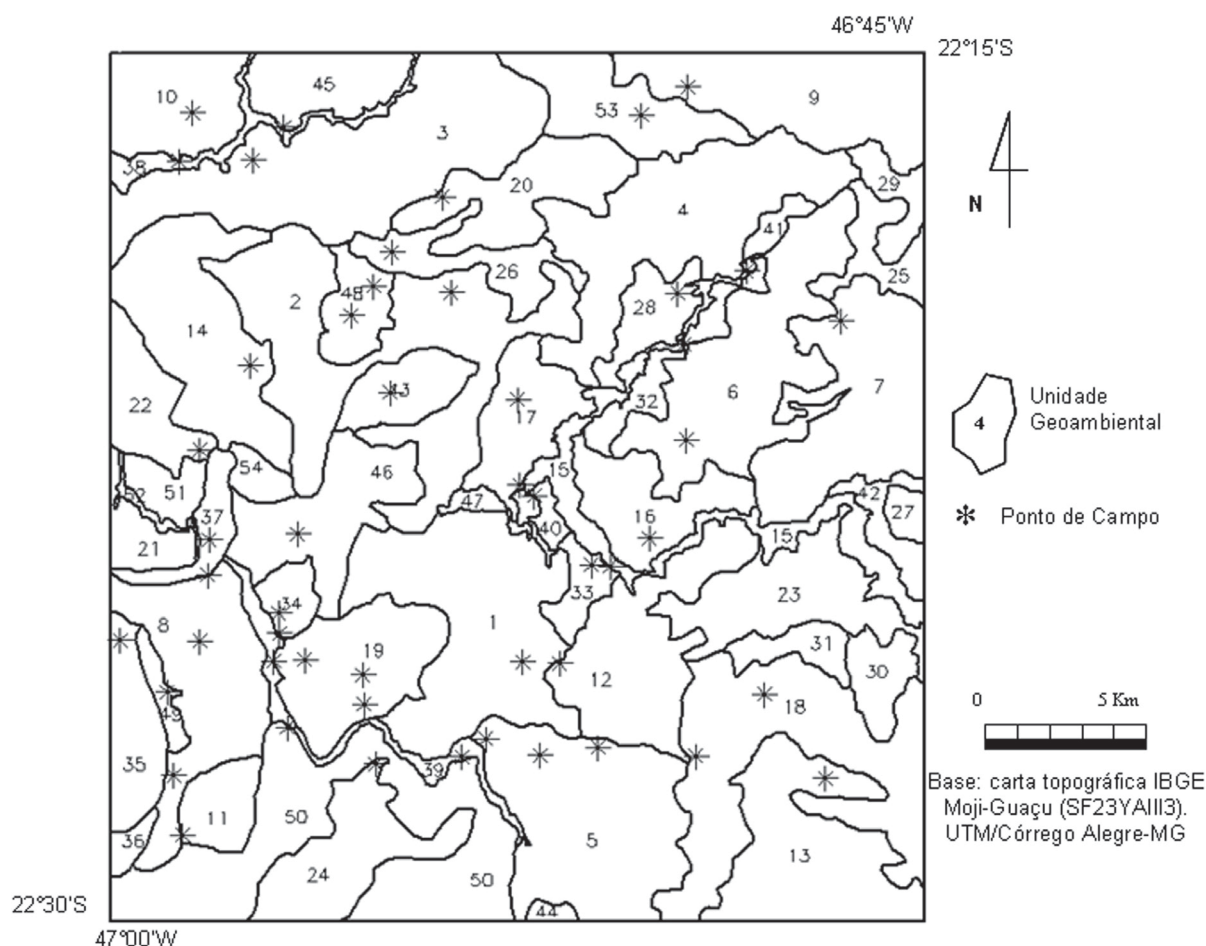


FIGURA 3. Esquema da área com a delimitação das UGs e indicação dos pontos de campo.

A UG 19 foi a mais visitada com 4 pontos de análise; as UGs 8, 5 e 34 tiveram 3 pontos de análise; as UGs 3, 15, 17, 18, 24 e 48 tiveram 2 pontos de análise; as UGs 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 20, 22, 26, 28, 32, 33, 35, 37, 38, 39, 40, 43, 45, 46, 49 e 53 tiveram 1 ponto de análise; as UGs 4, 21, 25, 27, 29, 30, 31, 36, 41, 42, 44, 47, 51, 52 e 54 não tiveram nenhum ponto de análise. As 15 UGs não-visitadas não interferem nos resultados da pesquisa, porque simplesmente não fazem parte das análises.

ENSAIOS DE CAMPO

A maioria das amostras apresentou micro-agregação de quartzo, hematita, goethita, magnetita e caulinita. As amostras provenientes de basaltos ou com

alto teor de óxidos de ferro apresentavam muitos microagregados de quartzo com hematita e magnetita. As provenientes de colúvios, vermelhas ou amarelas, apresentavam microagregados de quartzos com hematita e goethita. As provenientes de alteração de granitos e gnaisses apresentavam microagregados de quartzos com caulim, hematita e goethita.

A Foto 1 corresponde a fração areia da amostra de origem coluvionar UG48a, em que estão presentes quartzo, calcita, goethita, hematita, basalto, silito amarelado e magnetita. Há grãos microagregados de quartzo com hematita, goethita e magnetita, além de quartzos recobertos com filmes de goethita. Nessa amostra de estrutura prismática, com grãos subangulosos a angulosos, onde predomina quartzo, magnetita

e basalto na fração de 350 µm a 2000 µm e goethita na fração de 88 µm a 350 µm, as magnetitas, goethita e quartzo com goethita exibiram forte propriedade magnética.

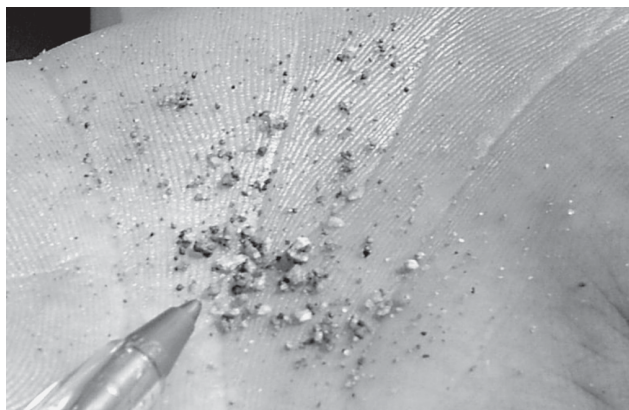


FOTO 1. Fração areia da amostra UG48a.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos ensaios de campo realizados nas 36 amostras analisadas.

As amostras das UGs 1, 19i, 34e e 53 apresentam características típicas de CAIs alíticas: predominância de quartzo, óxidos e hidróxidos de ferro, estrutura microagregada, poucos colóides que só se dispersam sob agitação, estrutura fraca e muitos poros. Essas CAIs evoluíram ou evoluem em ambientes oxidantes, de muita percolação d'água (ainda que sazonal), sob forte influência das intempéries.

As amostras das UGs 2, 5ita, 5moji, 6, 7, 8jk, 9, 13, 14, 16, 18, 19neo, 19ef, 24, 26, 33, 34jeq, 34pe, 35, 37, 43, 45, 48a, 48v, 49, e 50 ostentam características típicas de CAIs monossilíticas: predominância de quartzo, óxidos e hidróxidos de ferro, muitos colóides, tem pouca dispersão sob agitação (argilas 1:1), estrutura prismática e muitos poros. Essas CAIs evoluíram ou evoluem em ambientes predominantemente oxidantes, de percolação d'água (ainda que sazonal), sob influência das intempéries.

As amostras das UGs 3, 10, 11, 12, 15c, 15p, 17, 20, 22, 28, 32, 38, 39m, 39s, 40 e 46 mostram características típicas de CAIs bissilíticas, com predominância de colóides que se dispersam sem agitação (argilas 2:1), minerais pouco intemperizados (calcita, turmalina, micas, entre outros) e estrutura em blocos ou colunar. Essas CAIs evoluíram ou evoluem em ambientes predominantemente redutores, de permanência d'água (ainda que sazonal).

COMPORTAMENTO ESPECTRAL NA FAIXA DO VISÍVEL

Tendo-se fotografado em laboratório as amostras colhidas em campo, procedeu-se à análise do compor-

tamento espectral na faixa do visível. A nomenclatura das amostras obedece à unidade geoambiental (UG) em que foram coletadas, seguido do número atribuído à CAI (UG12) e para CAIs onde foram coletadas mais de uma amostra há um termo de diferenciação (UG5 Itapira).

Analisando os resultados, pode-se agrupar as amostras de CAIs com alto teor de matéria orgânica caracterizadas pela cor cinza, cinza-escuro ou preto (UGs 39, 39turfa e 8turfa), CAIs de alteração de basalto ou com alta concentração de óxidos/hidróxidos de ferro e outros metais, caracterizadas pela cor vermelho-escuro (UGs 2, 5m, 5i, 12, 24, 34, 48v e 49), CAIs provenientes de colúvios/alúvios amarelados (UGs 7, 14, 15, 16, 17, 19, 22, 26, 28, 32, 38arenito, 40, 46, 48a, 50 e 53) e CAIs provenientes de colúvios/alúvios avermelhados (UGs 1, 6, 8, 10, 13, 18, 20, 35, 37, 38, 43 e 45).

Independente da origem e composição mineralógica das amostras, nota-se que aquelas que apresentam valores menores de reflectância encontram-se com maior umidade.

A Figura 4A apresenta o comportamento espectral no visível das amostras com alto teor de matéria orgânica (planícies de inundação do Rio Moji-Mirim e córrego Santo Antônio), caracterizadas pela coloração cinza a preta. Observa-se que os valores de reflectância para o azul, verde e vermelho são quase iguais (reta quase paralela ao eixo das abscissas), sendo que por vezes os valores de verde estão abaixo dos de azul e vermelho.

As amostras com alto teor de matéria orgânica, que se caracterizam por uma reta linear quase paralela ao eixo das abscissas (Figura 4A), têm predominância de quartzo na fração areia, com quartzos recobertos com filmes de matéria orgânica, nenhum grão com propriedade magnética e nenhum microagregado. As amostras de CAIs ricas em matéria orgânica (coloração cinza a preta) possuem alta plasticidade quando úmidas e quando secas, baixa capacidade de suporte e alta colapsividade. Nessas CAIs também a CTC é baixa. Portanto nessas CAIs é recomendável a criação de parques e áreas de lazer.

A Figura 4B apresenta o comportamento espectral no visível das amostras de alteração de basalto ou com alta concentração de óxidos/hidróxidos de metais (Fe, Al, Ti, Mg, Mn), caracterizadas pela coloração vermelha-escuro. Observa-se que os valores de reflectância para o azul e verde são próximos e o valor de reflectância para o vermelho está muito acima desses. Assim, no gráfico reflectância vs. faixa do comprimento de onda (Figura 4B) observa-se uma forte inflexão da curva entre o verde e o vermelho.

As amostras das CAIs de alteração de basalto ou com alta concentração de óxidos/hidróxidos de metais,

TABELA 1. Resultados dos ensaios de campo.

Amostra	Morfologia da CAI				Física da CAI			
	Cor	Estrutura	Textura	Poros (mm)	Plasticidade	Pegajosidade	Consistência Seca	Consistência Úmida
	LEGENDA: VM = vermelho MA = marrom AM = amarelo PR = prismático BL = blocoso		F = franco ARG = argiloso AREN = arenoso SILT = siltoso ARG SILT = argila siltosa		LEGENDA: PL = plástico PEG = pegajoso D = duro NQ = inquebrável FR = friável		MUI = muito LIG = ligeiramente	
UG1	VM claro/MA	PR (fraca)	F SILT	1	não PL	PEG	LIG D	MUI FR
UG10	VM	PR laminar	F ARG	1 a 2	PL a MUI PL	LIG a PEG	MUI D	MUI firme
UG11	VM escuro	colunar	argila	<1			MUI D	firme
UG12	MA	PR/grumos mm	F ARG	3	LIG PL	MUI PEG	D	FR
UG13	VM	PR	F ARG-SILT	1 a 2	LIG PL	PEG	LIG D	MUI FR
UG14	VM/AM	PR colunar	ARG-SILT	<1	LIG PL	LIG a PEG	LIG D	MUI FR
UG15	variegada	PR a laminar	F ARG	2	PL	PEG a MUI	MUI D a INQ	FR
UG16	variegada	PR	F ARG-SILT	4	LIG PL a PL	PEG	LIG D a D	firme
UG17	variegada	PR	F ARG-SILT	3	LIG PL a PL	PEG	INQ	MUI firme
UG18	VM	PR a colunar	ARG-SILT	1	não a LIG PL	PEG	LIG D	LIG firme
UG19	AM a MA	PR laminar	ARG SILT	<1	PL	PEG	MUI D	FR
UG2	VM escuro	PR a blocos	argila	<1 a 1	LIG PL a PL	PEG	MUI D	MUI FR a FR
UG20	VM	grumos cm a PR	argila	3	LIG PL	MUI PEG	MUI D	MUI firme
UG22	MA/oliváceo	BL	F ARG	1 a 2	LIG PL a PL	PEG	LIG D a D	LIG firme
UG24	VM escuro	PR	MUI ARG	1	PL	PEG	D a MUI D	firme
UG26	VM/AM	laminar	argila	1	LIG PL a PL	LIG a PEG	D	MUI FR
UG28	VM	PR e colunar	MUI ARG	<1	LIG PL	PEG a MUI	MUI D	MUI firme
UG3	VM	BL	argila	<1			MUI D	MUI firme
UG32	VM	PR	argila a MUI ARG	<1 a 1	não a LIG PL	MUI PEG	D	firme
UG34	VM escuro	PR	ARG-AREN	1	LIG PL a PL	PEG	MUI D	MUI FR
UG35	MA claro a pardo	PR média	F AREN	2	MUI PL	LIG PEG	MUI D a INQ	FR
UG37	VM escuro	PR	argila	<1	PL	PEG	D a MUI D	firme
UG38	MA escuro	blocos colunares	F ARG-SILT	<1 a 1	PL	LIG PEG	D	firme
UG39	preto	PR a blocos	F ARG	4	PL	MUI PEG	INQ	MUI FR
UG40	variegada	PR/laminar	F AREN a F ARG	<1 a 1	LIG PL a PL	PEG	LIG D a D	FR
UG43	VM	BL/PR	F SILT	1	LIG PL a PL	LIG a PEG	LIG D	FR
UG45	VM claro	PR	F ARG-SILT	3	PL a MUI PL	PEG	D	firme
UG46	VM	BL a laminar	ARG SILT	<1	LIG PL a PL	PEG	MUI D	FR a LIG firme
UG48 a	Am	PR	F SILT	<1 a 1	LIG PL a PL	PEG	LIG D	FR
UG48 v	VM claro a escuro	PR	ARG SILT	<1	LIG PL a PL	PEG	D	FR a LIG firme
UG49	VM escuro	PR	argila	1	PL	PEG	D	FR
UG5 itapira	VM claro a escuro	laminar	ARG SILT	1	LIG PL	PEG	solto	MUI FR
UG5 moji	VM/MA claro	PR	F AREN	1	LIG PL a PL	PEG	LIG D a D	MUI FR
UG50	VM amarronzado	PR	F AREN	<1 a 1	PL	LIG a PEG	LIG D	MUI FR
UG53	variegada	grumos mm	AREN	<1 a 1	Não PL	LIG a PEG	LIG D a D	MUI FR a FR
UG6	variegada	PR	F ARG-SILT	1	LIG PL	PEG a MUI	MUI D	firme
UG7	VM/ MA claro	BL/PR	ARG SILT	1 a 2	PL	PEG	MUI D	MUI firme a INQ
UG8	VM/ MA claro	PR	F ARG-AREN	1	PL	PEG	D	MUI FR
UG9	variegada	PR	AREN	<1 a 1	não PL	não PEG	D	MUI FR

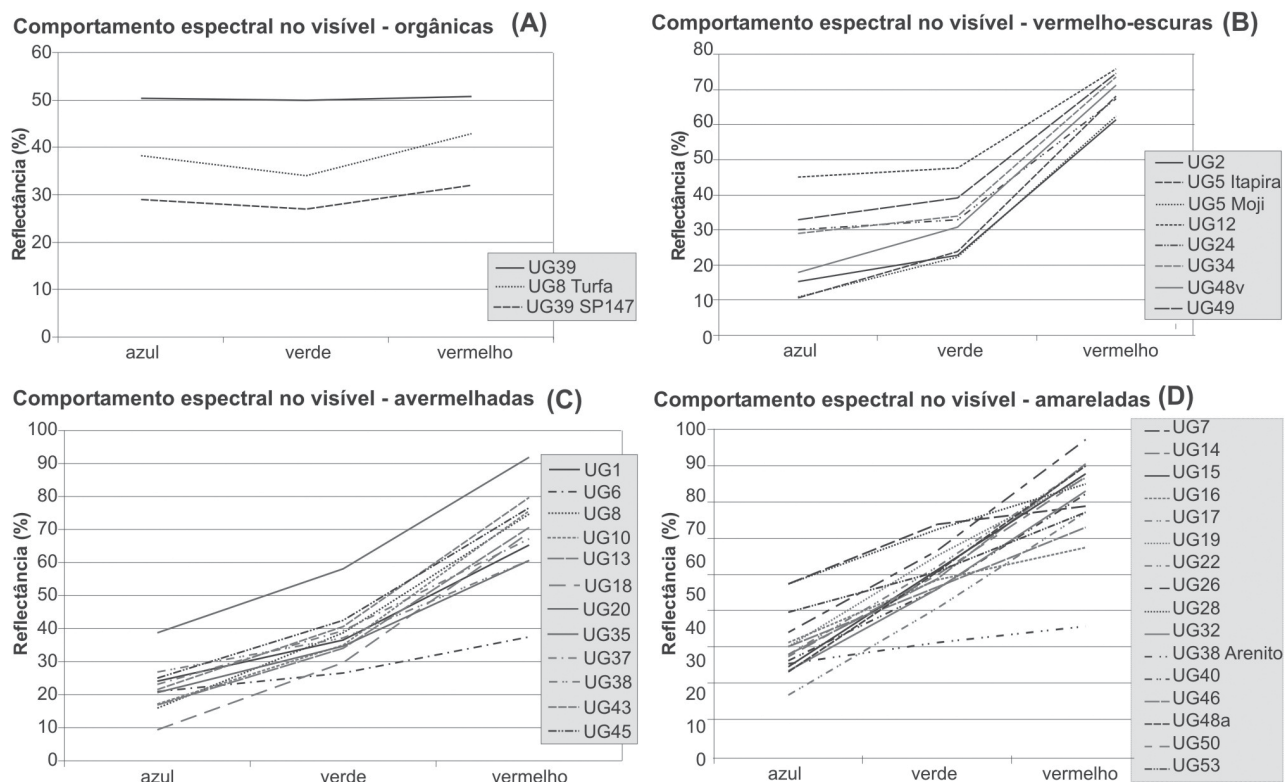


FIGURA 4. (A): Comportamento espectral no visível, para as amostras com alto teor de matéria orgânica.

(B): Comportamento espectral do visível, para as amostras vermelho-escuras (alto teor de óxidos/hidróxidos de metais).

(C): Comportamento espectral do visível, para as amostras de colúvios/alúvios avermelhadas.

(D): Comportamento espectral do visível, para as amostras de colúvios/alúvios amarelados.

de cor vermelho-escuro (Figura 4B), têm predominância de hematita na fração areia, com muitos microagregados fortemente ligados, quartzos recobertos com filmes de hematita difíceis de deflocular e muitos grãos com propriedades magnéticas.

CAIs hematíticas (coloração vermelha-escuro) são argilosas e ricas em outros elementos solúveis, além de alta CTC, portanto apropriadas à agricultura. O fato dessas CAIs vermelho-escuras apresentarem muitos microagregados fortemente ligados e argilo-minerais de difícil defloculação faz com que apresentem comportamento mecânico em laboratório (limite de liquidez e de plasticidade de Atterberg) diferentes dos reais, dificultando o entendimento mecânico do material.

A Figura 6 apresenta o comportamento espectral no visível das amostras provenientes de colúvios ou alúvios, caracterizadas pela coloração avermelhada. Observa-se que os valores de reflectância para o azul, verde e vermelho apresentam uma tendência ascendente. Os valores de azul e verde são distantes e há uma pequena inflexão positiva entre o verde e o vermelho.

As amostras das CAIs provenientes de colúvios/alúvios, de coloração avermelhada (Figura 4C), têm predominância de quartzo e hematita na fração areia, com alguns microagregados, quartzos recobertos com

filmes de hematita e goethita e alguns grãos com propriedades magnéticas.

CAIs colúviais/aluviais avermelhadas apresentam-se favoráveis a agricultura, mas com necessidade de algumas correções para plantio. As CAIs colúviais avermelhadas estiveram ou estão sujeitas a um forte processo de intemperismo e percolação d'água, portanto deve-se atentar para o índice de vazios nessas CAIs, que, sendo alto, podem vir a assumir um comportamento colapsível quando solicitadas.

A Figura 4D apresenta o comportamento espectral do visível das amostras provenientes de colúvios ou alúvios caracterizadas pela coloração amarelada. Observa-se que os valores de reflectância para o azul, verde e vermelho seguem uma reta linear ascendente. Em alguns casos há uma inflexão negativa entre o verde e o vermelho.

As amostras das CAIs provenientes de colúvios, de coloração amarelada (Figura 4D), têm predominância de goethita e quartzo na fração areia, sem ou com alguns microagregados, quartzos recobertos com filmes de goethita e alguns grãos com propriedades magnéticas.

CAIs de colúvios/alúvios amarelados apresentam-se favoráveis a agricultura, mas com necessidade de correções para plantio. Deve-se atentar para o índice

de vazios nessas CAIs, que, sendo alto, podem vir a assumir um comportamento colapsível quando solicitadas. As CAIs colúviais amareladas passaram ou

passam um período com retenção de água, portanto deve-se atentar localmente para a presença ou neoformação de argilo-minerais 2:1.

CONCLUSÕES

TRABALHOS DE CAMPO

O procedimento aplicado se justifica por seu baixo custo, agilidade e relação com ensaios geotécnicos (comportamento físico). No entanto, limita-se à existência de cortes sem ou com pouca influência antrópica ou ainda a afloramentos naturais. Onde estes não existem, é necessária a abertura de valas para a análise, o que encarece o procedimento e descaracteriza o objetivo.

Os trabalhos de campo são fundamentais para verificação e confirmação das informações e muitas vezes obriga uma revisão nas hipóteses e modelo pré-concebidos. Os resultados da fase de fotointerpretação somente são validados após a fase de trabalho de campo.

No presente artigo, o trabalho de campo é uma etapa em que se realizam os ensaios para determinação da gênese, do comportamento físico, da composição química e da estrutura das CAIs.

Com as informações obtidas e, baseado nos resultados apresentados no presente trabalho, pode-se afirmar que os materiais descritos por Bjornberg et al. (1964) e cartografados por Mello (1995) como pertencentes à Formação Rio Claro, são coberturas colúviais com diferentes quantidades de óxidos/hidróxidos de ferro, grãos de areia subarredondados a

subangulosos e propriedades físicas extremamente variáveis.

COMPORTAMENTO ESPECTRAL NA FAIXA DO VISÍVEL

Para a obtenção das medidas propostas por Bendor et al. (1998) são necessários equipamentos relativamente caros. No presente trabalho propõe-se a obtenção do comportamento espectral para as amostras das CAIs na faixa do visível com um custo muito menor e um equipamento acessível: uma máquina fotográfica digital convencional.

A análise do comportamento espectral na faixa do visível permitiu a identificação de padrões de resposta bem definidos. Com o procedimento, as amostras puderam ser separadas em quatro classes de comportamento espectral: (1) cinza/preto, (2) vermelho-escuro, (3) avermelhado e (4) pardo/amarelado.

Essas quatro classes guardam semelhanças entre si quanto à gênese e composição mineralógica da fração areia: (1) planícies de inundação ricas em quartzo e matéria orgânica, (2) CAIs de alteração de basalto ou colúvios ricos em óxidos de metais (Fe, Al, Ti, Mg, Mn), (3) colúvios/alúvios ricos em quartzo e óxidos de ferro e (4) colúvios/alúvios ricos em quartzo e hidróxidos de ferro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fotointerpretação em imagens de satélite possibilita a agilização do trabalho de mapeamento e caracterização das CAIs, exatamente por permitir a individualização das unidades de alteração intempérica e, assim, direcionar a amostragem. Ou seja, quando se dispõe de informações a respeito da distribuição espacial do material, a amostragem por malha quadrada pode ser dispensada.

A informação disponível na imagem ETM+/Landsat-7 é compatível com as necessidades dos mapeamentos na escala 1:50.000, adotada no presente trabalho. Nessa escala são realizados os estudos de viabilidade e planejamento de usos e obras de engenharia.

Quanto aos procedimentos laboratoriais e de campo e suas comparações, obteve-se resultados originais e promissores, que complementam as técnicas

convencionais até agora utilizadas, ou as superam na óptica de custo/benefício.

Utilizando a técnica de análise do comportamento espectral no visível é possível definir com alta confiabilidade a gênese e a composição mineralógica das amostras, usando equipamentos acessíveis, com baixo custo e rapidez.

O presente trabalho fornece um procedimento para a caracterização da gênese, do comportamento físico e da composição química (mineralogia) das CAIs, que por sua vez permite subsidiar o planejamento de usos e obras de engenharia.

Com os resultados obtidos no presente trabalho pode-se diminuir o número de ensaios geotécnicos de laboratório (em quantidade de amostras), cujo tempo e investimento necessários chegam a inviabilizar o adequado planejamento de usos e obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. Instituto Geográfico e Geológico, **Boletim**, n. 41, p. 169-263, 1964.
2. ARTUR, A.C. **Rochas metamórficas nos arredores de Itapira, SP**. São Paulo, 1980. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
3. BEN-DOR, E.; IRONS, J.R.; EPEMA, G.F. Soil reflectance. In: RENCZ, A.N. (Ed.). **Remote sensing for the Earth Sciences. Manual of Remote Sensing**. John Wiley, 3d. ed., p. 111-189, 1998.
4. BJORNBERG, A.J.S.; MACIEL, A.C.; GANDOLFI, N. **Notas sobre os depósitos modernos da região de Rio Claro – São Paulo**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, **Boletim Geologia**, n. 11, p. 37-57, 1964.
5. CANDIDO, L.W. **Reconhecimento de áreas modificadas pela atividade de mineração como unidade geológico-geotécnica no Município de Estiva Gerbi – SP**. Rio Claro, 2004. 64 p. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
6. CARPI JUNIOR, S. **Processos erosivos, recursos hídricos e riscos ambientais na bacia do Moji-Guaçu**. Rio Claro, 2001. 169 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
7. CAVALCANTE, J.C.; CUNHA, H.C. DA; CHIEREGATI, L.A.; KAEFER, L.Q.; ROCHA, J.M. DA; DAITX, E.C.; COUTINHO, M.G. DA N.; YAMAMOTO, K.; DRUMOND, J.B.V.; ROSA, D.B.; RAMALHO, R. **Projeto Sapucaí, Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Relatório final de geologia**. Brasília: DNPM, Série Geologia, n. 5, Seção Geologia Básica, n. 2, 299 p., 1979.
8. COTTAS, L.R. (Coord.) **Levantamento geológico-geotécnico para subsidiar o desenvolvimento urbano das cidades de Moji-Guaçu, Itapira e Moji-Mirim**. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Relatório, 118 p., 1998.
9. CPRM (COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS) – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geológico do Brasil**. Escala 1:2.500.000. São Paulo: CPRM, 2001.
10. CPRM (COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS) – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Atlas geoespecial das bacias hidrográficas dos rios Moji-Guaçu e Pardo, SP: subsídios para o planejamento territorial e gestão ambiental**. São Paulo: CPRM, 2002.
11. EBERT, H. Ocorrência da fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes, em dependência da estrutura orogênica. Hipóteses sobre sua origem. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 40, n. especial, p. 215-229, 1968.
12. EBERT, H. **Os Paraibides entre São João Del Rei (Minas Gerais) e Itapira (São Paulo) e a bifurcação entre Paraibides e Araxaides**. Rio Claro: Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 37 p., 1971.
13. EBERT, H. O Grupo Eleutério e a Falha de Jacutinga (NE de São Paulo). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, 1974, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Geologia/Núcleo Rio Grande do Sul, Boletim Especial, 1974, n. 1, p. 726-730.
14. FONT-ALTABA, M. **Atlas de Mineralogia**. Rio de Janeiro: Dalmay y Jover, 55 p., 1963.
15. FULFARO, V.J. & SUGUIO, K. A Formação Rio Claro (Neocenoico) e seu ambiente de deposição. Instituto Geográfico e Geológico, **Boletim**, n. 20, p. 45-60 p., 1968.
16. GUY, M. Quelques principes e quelques expériences sur la méthodologie de la photo-interpretation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF PHOTO-INTERPRETATION, 1966, Paris. **Actes...** Paris, 1966, v. 1, p. 21-41.
17. HASUI, Y.; MIOTO, J.A.; HARALYI, N.L.E.; SAAD, A.R.; CAMPANHA, V.A.; HAMZA, V.M.; GALLI, V.A. **Comparimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Relatório, n. 27394, 288 p., 1989.
18. JIMÉNEZ-RUEDA, J.R. **Curso de Pedologia**. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio Claro, 2003. (Apostila do Curso de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente).
19. KIRSCH, H. **Mineralogia Aplicada**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1972.
20. LANDIM, P.M.B. **Contribuição ao estudo dos mistitos do grupo Tubarão no Estado de São Paulo**. Rio Claro, 1970. 103 p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras.
21. LANDIM, P.M.B.; SOARES, P.C.; GAMA JUNIOR, E.G. **Estratigrafia do nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná**. Rio Claro: Convênio PAULIPETRO/UNESP, 69 p., 1980.
22. LEPSCH, I.F.; PRADO, H.; MENK, J.R.F.; RIZZO, L.T.B. **Levantamento de reconhecimento com detalhes de solos no Estado de São Paulo**. Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), 1999.
23. MELLO, M.S. DE. **A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neocenoico na Depressão Periférica Paulista**. São Paulo, 1995. 144 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
24. NEVES, A.C. **Introdução à Mineralogia prática**. Canoas: Universidade Luterana do Brasil, 120 p., 2002.
25. OLIVEIRA, J.B. **Carta pedológica semi-detalhada do Estado de São Paulo: Folha Moji-Mirim**. Escala 1:100.000. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA), 1992.
26. OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N. DE; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Agrônomo de Campinas (IAC)/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 1999.
27. PASTORE, E.L. & FONTES, R.M. Caracterização e classificação de solos. In: OLIVEIRA, A.M. dos S. & BRITO, S.N.A. de (Coords.), **Geologia de Engenharia**, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, p. 197-210, 1998.
28. PENTEADO, M.M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Instituto de Geografia, USP, Série Teses e Monografias, n. 22, 86 p., 1976.
29. RIVEREAU, J.C. **Curso de fotointerpretação: notas de aulas**. Departamento de Geociências, Universidade de Brasília, Série Didática, n. 4, 128 p., 1970.
30. SAAD, A.R. **Estratigrafia do Sub-Grupo Itararé no centro sul do Estado de São Paulo**. São Paulo, 1977. 107 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
31. SÃO PAULO. **Informações básicas para o planejamento ambiental**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente (SMA), 2002.
32. SETZER, J. **Atlas Climático do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, 1976.
33. SOUZA, J.G. (Coord.). **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Manuais Técnicos em Geociências, n. 4, 104 p., 1994.

34. SOUZA, N.C.D.C. & ZUQUETTE, L.V. Mapeamento geotécnico com base em perfis típicos de alteração para a caracterização de unidades de terreno. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 2, 1991, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1991, p. 345-352.
35. TOLEDO, M.C.M. DE; OLIVEIRA, S.M.B. DE; MELFI, A.J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M. de; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. (Eds.), **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 139-166, 2000.
36. WERNICK, E. & PENALVA, F. As relações entre os grupos Amparo e Itapira, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 27, 1973, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Geologia, 1973, p. 116-117.

Manuscrito Recebido em: 6 de agosto de 2006

Revisado e Aceito em: 12 de dezembro de 2006