

Classificação textural da superfície de solos desenvolvidos de basalto por meio de imagens de satélite

Julio Gaspar¹
Gustavo Pais de Arruda¹
Fernando Ricardo Scolamieri Pereira²
José Alexandre Mello Demattê¹

^{1,2} Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ/USP
AV.: Pádua Dias, Nº: 11 - Caixa Postal 9 - 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil
{ jgaspar, garruda, jamdemat }@esalq.usp.br

² fernand8@gmail.com

Abstract: The necessity of soil mapping becomes a constant with the agricultural pressure. The texture of the soil profile or in subsurface has great importance in classification and soil management. The present work had as objective determinate a methodology that assists in the textural classification of the superficial soil layer developed from two different regions located in the city of Delta, MG and Ribeirão Preto, SP through satellite images of the Landsat. First the work had a calibration phase, that contributed in the landmark of 184 points distributed in an area equivalent to 340,600 ha. In these places superficial and subsurface soil samples had been collected together with the respective geographic coordinates. To characterize the spectral data of the soil, the images had to fix atmospheric processes and were processed in reflectance of surface. The locations of sampling for calibration were identified in the image and a set for each class textural sample was collected as standard. Then the supervised classification became fulfilled. The validation was made matching information from the classified places with soil exposure with field and laboratorial information. The RS technique got a rightness of 78% in relation to the traditional analyses. The qualitative evaluation of the spectral curves revealed efficient in the discrimination of the textural classes, and the intensities of the curves increase from argillaceous to the arenaceous. The adopted methodology revealed efficient as a tool to soil mapping.

Key words: satellite image, supervised classification, class of soil, texture, clay content.

Palavras-chave: imagem de satélite, classificação supervisionada, classe de solo, textura, teor de argila.

1. Introdução

Com o constante aumento da demanda de produtos agrícolas, surge a necessidade cada vez maior do aumento da produtividade. Dados da FAO de 1999 já indicavam que haveria falta de alimentos no mundo. Hoje 9 anos depois, esta previsão se concretiza. Face a isto, existe a necessidade de expansão da área agricultável bem como da produtividade agrícola. Com o surgimento deste novo cenário na agricultura, a tecnificação e o uso adequado dos recursos já explorados é extremamente necessário, e o solo, como principal recurso na produção agrícola, apresenta-se como importante fator.

Desta forma, as análises e mapeamentos de solos tornam-se mais populares, porém ainda ficam restritos aos maiores produtores, pois segundo Mcbratney et al (2003) as técnicas convencionais têm seu custo altamente elevado. De fato, apenas 17% do território nacional está mapeado ao nível de reconhecimento, enquanto que 90% ao nível exploratório ou esquemático. Independente dos valores, tais mapas apresentam-se em nível de detalhe incompatíveis com manejo agrícola. De acordo com Vink (1963) e ratificado por Embrapa (1995) os mapas semi-detalhados são os mais adequados para tal fim.

Considerando a extensão do território nacional e os elevados custos para a realização dos mapeamentos, surge a necessidade de um procedimento que permita aperfeiçoar o uso dos dados já disponíveis pelos mapeamentos anteriores, melhorando a sua qualidade, precisão e confiabilidade (Domingues, 2007). Em termos de espacialização de um atributo, independente

da classificação do solo não há dados disponibilizados em larga escala. Em busca de uma solução para o problema apresentado é destacada a importância do Sensoriamento Remoto (SR) e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) no monitoramento dos aspectos ambientais, possibilitando a análise multidimensional e integrada do espaço geográfico, com rapidez, eficiência e baixo custo (Sousa et al., 2007).

A partir de dados orbitais torna-se possível a análise, qualificação e espacialização de atributos contidos no solo, tais como textura (relação entre as porcentagens de areia, silte e argila), matéria orgânica, umidade do solo, teores de óxidos de ferro e outros materiais minerais. Sabe-se que estes fatores interferem na energia eletromagnética refletida dos solos gerando comportamentos espectrais distintos (Demattê, 2004).

Além dos fatores classificatórios de solos, destaque-se que o conhecimento da granulométrica permite inferências sobre questões relativas ao manejo químico e principalmente físico dos solos. Sabe-se que solos mais argilosos apresentam maior susceptibilidade à compactação enquanto que os arenosos menor. A própria retenção de água dos solos, entre outros fatores está relacionada à composição granulométrica (Ferreira et al., 1999). A capacidade de troca de cátions (CTC) está intimamente ligada a granulométrica, onde os argilosos geralmente apresentam CTC mais elevada.

O conhecimento da distribuição espacial da classe textural de superfície, portanto, vai além do auxílio à classificação do solo, e passa necessariamente pela importância da espacialização deste atributo para fins agrícola e de comercialização do solo. Porém dos trabalhos encontrados na literatura, poucos são aqueles que relacionam dados granulométricos com informações obtidas por satélites, principalmente para solo tropicais (Coleman et al., 1992; Agbu et al., 1990).

Dentre inúmeras técnicas de processamento digital de imagens, a classificação supervisionada surge como um método baseado na utilização de assinaturas multi-espectrais como critério para a caracterização de uma área. Tal técnica tem fundamento em modelos de distribuição estatísticos multivariados. Ainda sim surge a pergunta: "qual a possibilidade de discriminação textural de um solo por meio de um sensor localizado a 800 km de distância do alvo e ainda qual o nível de classificação que essa informação pode me fornecer?" Assim o objetivo deste trabalho é de testar uma metodologia na discriminação de classes texturais de solos desenvolvidos em diferentes regiões por meio de imagens de satélite. Sabe-se que solos argilosos apresentam comportamento espectral diferente dos arenosos ao nível laboratorial (Al-abbas, 1972) e isso pode ser transferido para o nível orbital. Solos desenvolvidos do mesmo material de origem, como o basalto, e que apresentem cor semelhante poderão ter suas classes texturais discriminadas. Uma alta correlação entre as técnicas utilizadas poderia indicar a redução da utilização da metodologia convencional.

2. Material e Métodos

2.1 Descrição da área de estudo

A primeira área de estudo compreende aproximadamente 55.000ha e localiza-se no município de Delta, MG. Nesta região do Triângulo Mineiro, o clima é do tipo Cwa, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual entre 22°C e 24°C, estação seca bem definida, de maio a outubro, e precipitação média anual de 1.550 mm (CPTEC/INPE 2006). Ao longo do município há uma grande predominância de Latossolos Vermelho Férrico (EMPAMIG 1980), formados a partir de basaltos e diabásios da era Mesozóica, período Cretáceo Inferior- Jurássico, pertencente à Formação Serra Geral, Grupo São Bento (CODEMIG 2003). A área de estudo apresenta altitude média de 524 m e relevo de baixa declividade, característico do curso oeste do Rio Grande, na divisa dos estados de

Minas Gerais e São Paulo, com trechos de margens alagadiças e muitas lagoas marginais (Vaz et al. 2000).

A segunda área de estudo abrange aproximadamente 285.600ha e localiza-se perto do município de Ribeirão Preto, SP. Nesta região o clima é do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, com temperatura média anual entre 20°C e 25°C, estação seca bem definida, de Abril a Setembro, e precipitação média anual de 1.422,5 mm (CPTEC/INPE 2006). Ao longo do município existe uma grande predominância de Latossolos Vermelhos, Nitossolos e Argissolos sendo pertencente à Formação Serra Geral. A área de estudo apresenta altitude média de 546 m e seu relevo é formado pelos PATAMARES ESTRUTURAIS DE RIBEIRÃO PRETO (Ross & Moroz, 1997:42,43), com formas predominantemente denudacionais.

As duas áreas juntas somam um total de 340.600 ha.

2.2 Passos metodológicos

O trabalho divide-se em duas partes, sendo: a) calibração; b) validação. As atividades foram representadas em um fluxograma (Figura 1).

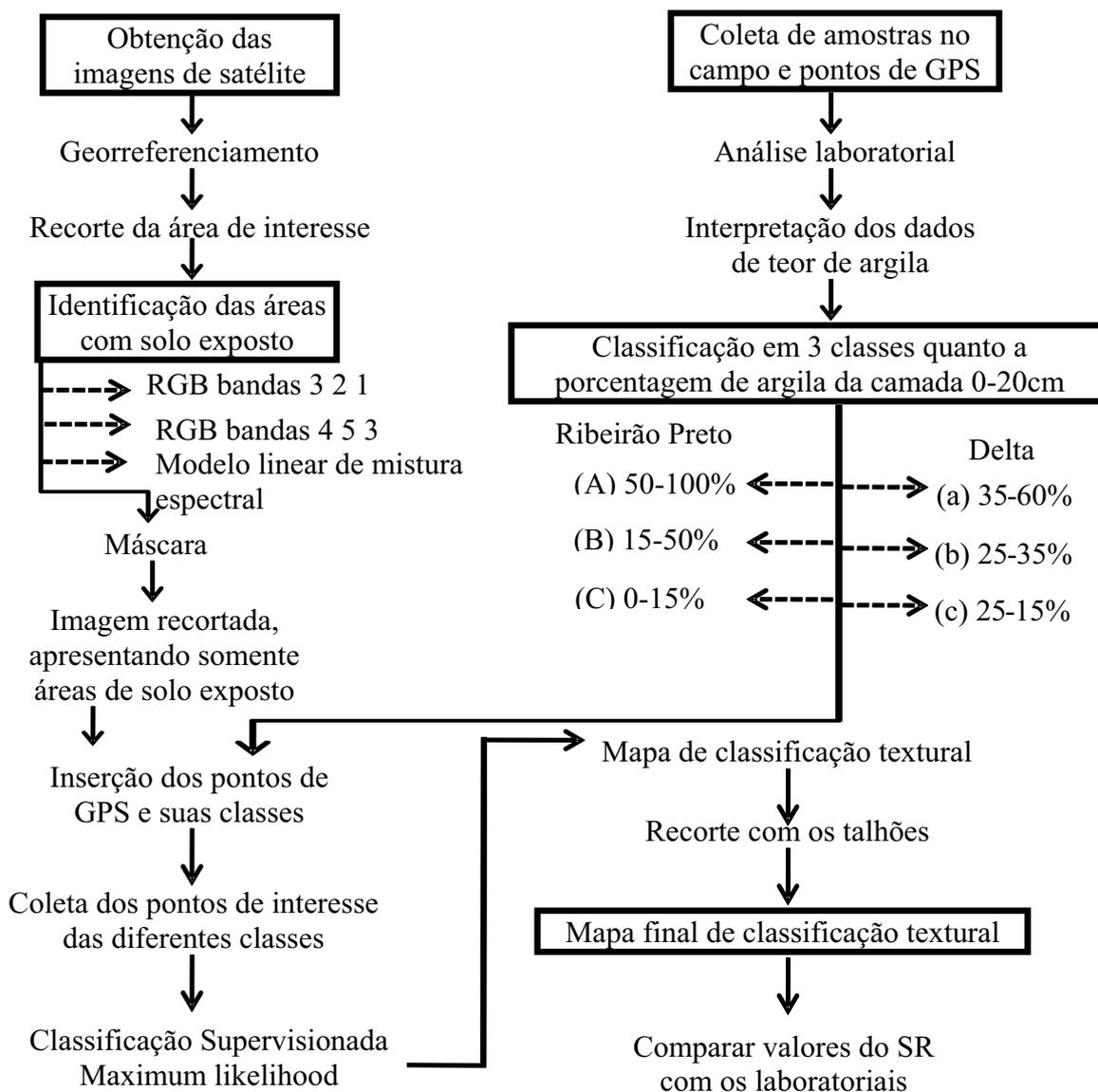


Figura 1. Fluxograma das atividades desenvolvidas.

No trabalho realizado, foram utilizados 2 softwares: o ArcGIS 9.2, que serviu exclusivamente para criar o banco de dados e realizar a comparação dos dados no final, e o ENVI 4.3, que foi utilizado para realizar todo o restante do trabalho.

Para a fase de calibração, foram coletadas amostras de terra nas camadas 0-20 e 80-100 cm distribuídos por toda a área e sempre coletadas na forma de transeção, num total de 127 para Delta e 362 para Ribeirão Preto. As amostras foram analisadas em laboratório quanto a parte química (Raij et al., 1987) e granulométrica (Camargo et al., 1987). Para cada tradagem realizada foi registrado um ponto de GPS com as coordenadas do local.

Posteriormente e para compor o banco de dados para calibração foram utilizadas duas imagens Landsat-5 TM, órbita-ponto 220-074 datadas de março e setembro de 2007 para a localidade de delta e Landsat-5 TM, órbita-ponto 220-075 datada de Setembro de 2006 para a localidade de Ribeirão Preto. A finalidade de se utilizar de duas imagens na mesma área consiste em se ter a maior quantidade de solo exposto, permitindo assim, uma maior variabilidade nas escolhas dos pixels a serem utilizados para a criação das áreas de interesse (classes), possibilitando a classificação digital. Devido a imagem de Ribeirão Preto apresentar grande quantidade solo exposto não houve necessidade de usar duas imagens.

Para a identificação das áreas com solo exposto nas áreas de validação, foram utilizadas simultaneamente as seguintes técnicas: a) análise visual da composição RGB das bandas 3, 2 e 1 (imagem real) e 5, 4 e 3; b) modelo linear de mistura espectral (Figura 2), que consiste na geração de imagens-fração a partir das respostas espectrais de cada componente de uma imagem (Hallet al., 1991).

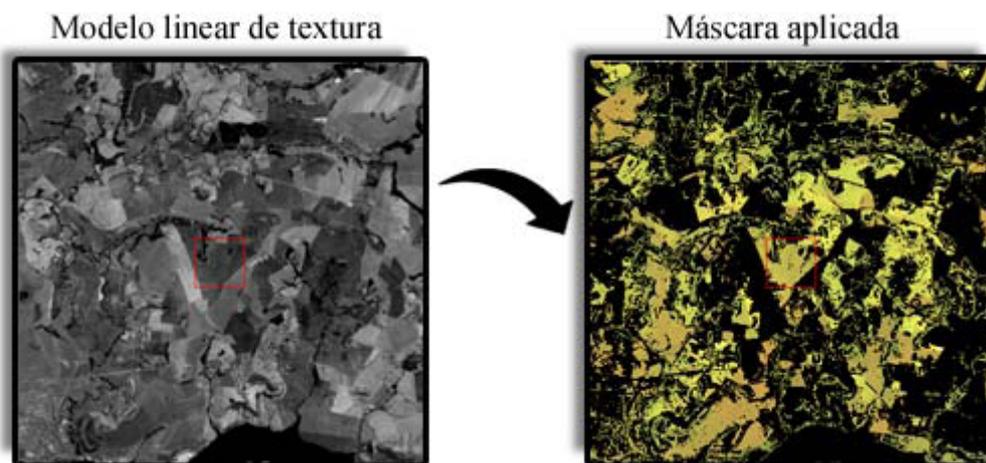


Figura 2. Modelo linear de textura e aplicação da máscara para coleta de pixels.

Para a obtenção do modelo linear de mistura, foi coletado 1 pixel representativo para cada classe a ser criada, sendo elas: água, solo exposto e vegetação.

Com o intuito de evidenciar nas imagens as áreas com solo exposto, foi feito o uso da função máscara, utilizando a imagem-fração das áreas de solo exposto gerada pelo modelo linear de mistura, removendo das imagens os pixels que não eram de interesse para a classificação (vegetação e água). Um próximo passo foi a inserção dos pontos de tradagens em cada imagem. Com isso, através das informações dos teores de argila da camada de 0-20 cm das análises laboratoriais fez-se a coleta dos pixels mais representativos para a elaboração de 3 classes com os seguintes teores de argila ($g.kg^{-1}$), sendo elas:

- Região de Delta: (a) argilosa 350 a 600, (b) médio-argilosa 250 a 350; (c) médio-arenosa 150 a 250 e;
- Região de Ribeirão Preto: (A) argilosa 500 a 1000, (B) médio 150 a 500; (C) arenosa 0 a 150.

Por fim, foi realizada para cada imagem a classificação supervisionada pelo método Maximum likelihood (Máxima Verossimilhança). A partir da classificação o software gerou três mapas, um para cada imagem de satélite analisada, classificando espacialmente as classes texturais em toda a extensão da área com solo exposto encontrado nas imagens. Os dois mapas de delta foram cruzados, por meio do software (ArcGis, 9.2).

As áreas de interesse foram recortadas para apresentação, exibindo-se os mapas texturais de superfície. Posteriormente fez-se a validação dos dados. O procedimento foi: demarcar 95 pontos nos mapas de Delta e 89 no mapa de Ribeirão Preto para conferência no campo. Em cada ponto foram coletadas amostras de terra e analisadas em laboratório. Foi realizada uma tabela de índice de erro e acerto entre a técnica de sensoriamento remoto e as análises laboratoriais.

Para a verificação das curvas espectrais representativas dos diferentes níveis de textura, as imagens de satélite foram processadas, tendo os efeitos atmosféricos corrigidos, e transformadas para reflectância de superfície. Os principais pixels obtidos na fase de calibração foram coletados as informações de refletância obtidas. Permitindo avaliar a forma das curvas espectrais.

3. Resultados e Discussão

A partir dos diferentes pontos coletados nas imagens de satélite pode-se observar que a refletância do solo exposto demonstra um padrão com valores maiores de refletância nas bandas 5 e 4 e inferiores nas 1, 2, 3 e 7, (Figura 4) fato também observado por Luchiari (2001).

Entre diferentes pontos analisados pode-se observar que os teores de argila são distintos em cada classe de solo. Os solos com teores de argila maiores tiveram refletâncias menores, deixando uma evidente correlação positiva entre a absorção da radiação e a porcentagem de argila do ponto. Já os solos mais arenosos demonstram ter baixa absorção de radiação gerando valores de refletância maiores, fato ratificado nas literaturas (DEMATTE, 2004) e no gráfico observado (Gráfico 4).

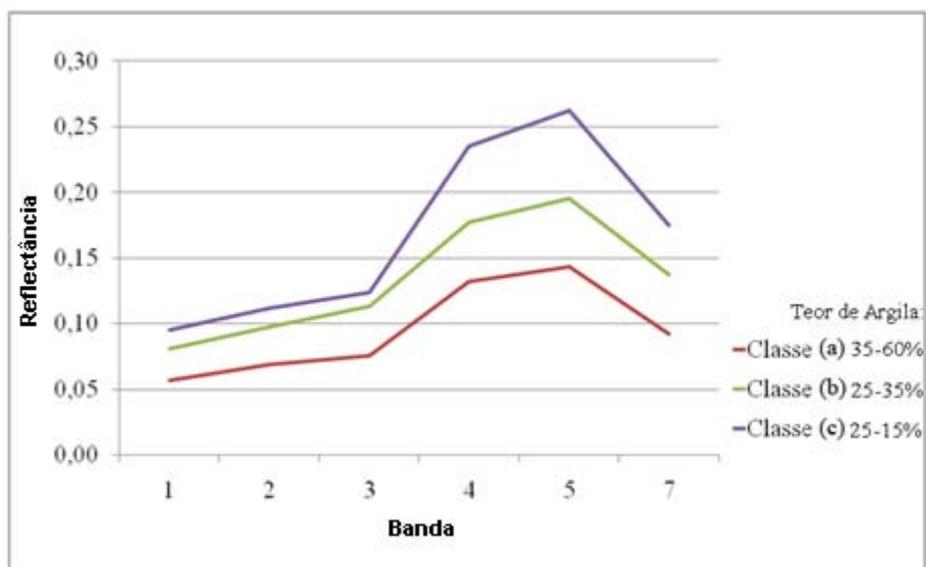


Gráfico 4. Curvas de refletâncias médias das diferentes classes texturais.

O método de modelo linear de mistura possibilitou selecionar pixels com comportamento puramente de solo e classificou para este alvo: 45,3% da área de estudo (talhões) para Delta e 39,73% da área de estudo (talhões) para Ribeirão Preto. O método mostrou ser eficiente,

possibilitando a eliminação das áreas de vegetação e água, destacando as regiões de solo exposto.

Os mapas gerados por meio da classificação supervisionada constataram uma ocorrência de 48% de solos que se enquadram na classe argilosa, 33% na classe médio e 19% na classe arenosa. Uma proporção semelhante pode ser vista nas análises laboratoriais das tradagens realizadas no campo.

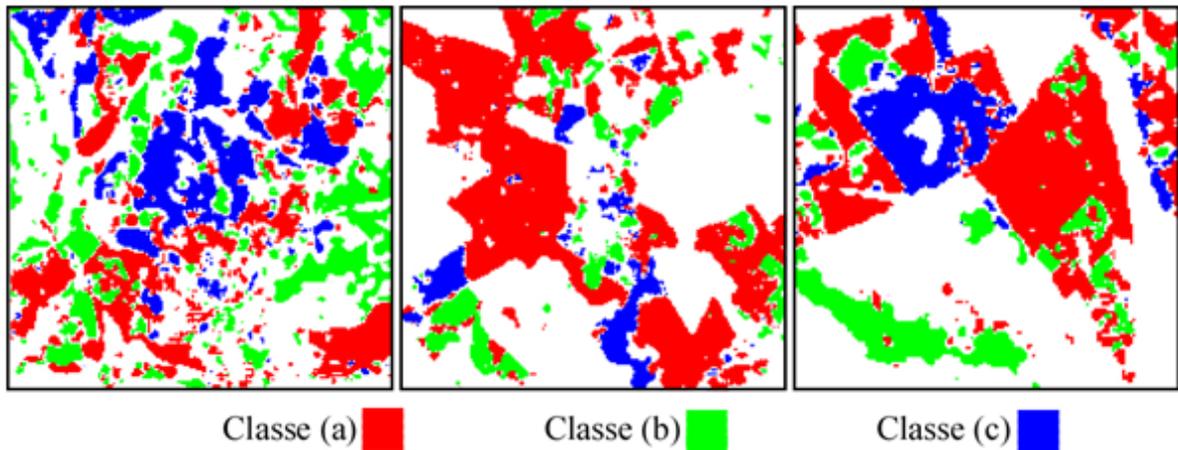


Figura 4. Espacialização das classes texturais.

Comparando-se os valores das análises laboratoriais com a classificação supervisionada gerada através do sensoriamento remoto foi possível aferir a validade da classificação. Em 78% dos pontos em Delta houve uma correlação positiva com a textura indicada pela classificação supervisionada, enquanto que Ribeirão Preto apresentou uma correspondência de 77% dos casos, mostrando assim uma alta eficiência da técnica de sensoriamento remoto utilizada.

Do total dos 21 pontos classificados de maneira errada pela técnica de SR em Delta, somente 4 erram por mais de uma classe (ex.: classificado como classe (a) pertencendo a classe (c) e vice-versa), e outros 8 erros referem-se a diferenças texturais inferiores a 5% entre a classe que foi classificado e sua classe correta.

Em Ribeirão Preto, do total dos 26 pontos classificados de maneira errada pela técnica de SR, apenas 2 erram por mais de uma classe, 17 pontos tem erros maiores do que 5% da textura original e 7 pontos erros referem-se a diferenças texturais inferiores a 5% entre a classe que foi classificado e sua classe correta.

4. Conclusões

A partir das técnicas de sensoriamento remoto utilizadas foi possível a classificação dos solos em função dos diferentes valores de textura.

A separação dos valores de textura (areia, silte e argila) através do sensoriamento remoto espectral em nível orbital é possível a partir da técnica utilizada. A metodologia adotada para a realização do SR mostrou-se eficiente visto a alta correlação dos seus resultados com a metodologia convencional, portanto é uma alternativa para as técnicas de levantamento de solos. É possível diferenciar áreas de solo exposto, vegetação e água através do modelo linear de mistura.

O sucesso da classificação supervisionada depende de um grupo de fatores, tais como: correção atmosférica da imagem ou não; georreferenciamento e utilização detalhada da metodologia de identificação de solo exposto.

Os resultados do seguinte trabalho colocam tal metodologia como uma alternativa às técnicas atuais para a determinação qualitativa da textura, demonstrando-se uma opção econômica, rápida e limpa, sem geração de resíduos. Tal fato deixa evidente que esta tecnologia esta pronta para ser discutida e adequada às práticas do dia-a-dia.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer em especial aos senhores Fabrício da Silva Terra, Leonardo Ramirez López, Marco Antônio Melo Bortolletto e Rodnei Rizzo por auxiliar e ensinar a programação nos softwares utilizados neste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Ailton Luchiari. Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica. São Paulo, **Revista do Departamento de Geografia**, 14 (2001) p. 47-58.
- Al-abbas, A.H. et al. Relating organic matter and clay content to multispectral radiance of soils. **Soil Science**, Baltimore, v.114, p.477-485, 1972.
- Bowers, S.A.; Hanks, R.J. Reflection of radiant energy from soils. **Soil Science**, v. 100, n. 2, p. 130-138, 1965.
- Camarco, M.N.; Klant, E.; Konffman, J.H.. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.12, n.1, p.11-33, 1987
- Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG). Mapa Geológico de Minas Gerais. CODEMIG, 2003. Escala 1:1.000.000.
- CPETEC/INPE. 2006. http://www.cpetec.inpe.br/clima/monit/monitor_brasil.shtml. Acesso em: 10.set.2008
- Dematte, J. A. M., Toledo, A. M. A. e Simoes, M. S. Metodologia para reconhecimento de três solos por sensores: laboratorial e orbital. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Sept./Oct. 2004, vol.28, no.5, p.877-889. ISSN 0100-0683.
- Domingues, A. L., Crósta, A. P., Assad, E. D. (2007), **Aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para elaboração de mapa de solo com aumento de resolução espacial**. Exemplos dos municípios de Rincão e Jaboticabal – SP. INPE, Florianópolis, p. 5715-5722.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos: Normas em uso pelo SNLCS. Brasília, **Serviço de Produção de Informação**, 1995. 101p
- Empamig, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. **Mapa de Reconhecimento dos Solos do Triângulo Mineiro**. Governo do Estado de Minas Gerais Secretaria de Estado da Agricultura, 1980.
- Epiphanyo, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Valeriano, M.M.; Oliveira, J.B. de. **Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo**. São José dos Campos, INPE, jun. 1992. 132 p. (INPE-5424-PRP/172).
- FERREIRA, M.M.; FERNANDES, B. & CURTI, N. Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:507-514, 1999.
- McBratney, A.B., Mendonça Santos, M.L., Minasny, B. (2003), **On digital soil mapping**. **Geoderma**, Vol. 117 No.1/2, pp.3-52.
- Montgomery, O.L. **The effects of the physical and chemical properties of soil on the spectral reflectance of soils**. West Lafayette. 110 p. Master (Degree) – Purdue University, 1974.
- Raij, B. van.; Quaggio, J.A.; Cantarella, H.; Ferreira, M.E.; LOPES, A.S. & Bataglia, C.O. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.

Souza, M. S., Lopes, L. M., Júnio L. G. F., Scopel, I., Borges, R. O. (2007), Avaliação das imagens cbers/ccd para o mapeamento de áreas no sudoeste de Goiás. UFG, **Boletim Goiano de Geografia**, v.27 n.2 25p.

United Nations Food and Agriculture Organization. **The state of food insecurity in the world 1999**. Rome: FAO; 1999.

Vaz, M. M.; Torquato, V. C. & Barbosa, N. D. C. 2000. **Guia ilustrado de peixes da bacia do Rio Grande**. CEMIG/CETEC, Belo Horizonte, 144p.

Vink, A.D. A. Fotografias aéreas y las ciencias del suelo. Delf: **International Training Centre for Aerial Survey**.1963. 200p.