

MODELAGEM E MAPEAMENTO DE SOLOS DO MUNICÍPIO MINEIRO DE MACHADO UTILIZANDO-SE DE GEOPROCESSAMENTO

Lúcio do Carmo Moura

Professor adjunto, Departamento de Geografia, PUCMINAS
Pesquisador, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC
luciomoura2003@yahoo.com.br

Antônio Francisco Sá e Melo Marques

Pesquisador, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC
francisco.melo@cetec.br

Hélcio Andrade

Professor adjunto, Departamento de Agronomia, UFLA
handrade@ufla.br

RESUMO

Tendo distribuição geográfica distinta, a identificação de cada tipo de solo, além de metodologias aplicáveis a seu reconhecimento, deve ser traduzida graficamente através de mapas e de relatórios explicativos sobre sua elaboração. Para tanto, a aplicação dos conhecimentos das técnicas de geoprocessamento permitem o desenvolvimento de metodologias passíveis de utilização. O desenvolvimento de modelos, para uso em SIGs, com uma maior base de informações do meio físico permite um maior detalhamento das características físicas das áreas estudadas, possibilitando uma maior discriminação nos tipos de solo, bem como subsidiar as análises necessárias para o entendimento das correlações geomorfo-pedológicas da área em estudo. O objetivo deste trabalho foi a realização do levantamento e mapeamento dos solos do município de Machado, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento. As técnicas de geoprocessamento utilizadas demonstraram ser eficientes para elaboração de mapeamentos de solos baseados nas características do relevo.

Palavras-chave: solos, sistema de informações geográficas, levantamento de solos, mapeamento de solos, modelagem.

SOIL MODELLING AND MAPPING AT MACHADO MUNICIPALITY (MG) USING GEOPOCESSEMENT PROCEDURES

ABSTRACT

Having a distinct geographic distribution, soil identification as well methodology survey, must be represented by maps and thematic reports. For this purpose are developed and used geoprosessement technics with specific methodologies of application. Models developed for using in GIS, with a large number a physical field characteristics shows a better soil types discrimination. By the same way are useful support to establish correlations between soil classes occurrences and geomorphic or landscape units. The main objective was the soil survey and mapping the territory of Machado municipality, according the refered technology. This one showed high efficiency, when used the correlation with landforms (relief).

Keywords: soils, geographic information system, soils identification, soils mapping, modelling.

INTRODUÇÃO

O pedólogo encara o solo com atenções diferentes, tais como gênese, morfologia, aptidão agrícola e, antes de tudo, como um objeto completo de estudos básico-aplicados, usando método científico de induções e deduções sucessivas. Para o pedólogo, solo é a coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e é resultante da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo (LEPSCH, 2002).

O modelo de solo como sendo $s = f(\text{clima, organismos, material de origem, relevo, tempo})$ implica em dizer que solos são sistemas geográficos dinâmicos, segmentada em diversos tipos e que de fato proporcionam a base para a sua distribuição geográfica. Cada fator de formação tem uma distribuição geográfica na superfície terrestre e os padrões resultantes de suas interações dão origem a combinações únicas, que são reconhecidas como solos diferentes (VIEIRA et. al., 2000).

Tendo distribuição geográfica distinta, a identificação de cada tipo de solo, além de metodologias aplicáveis a seu reconhecimento, deve ser traduzida graficamente através de mapas e de relatórios explicativos sobre sua elaboração. Para obtenção destas informações, os levantamentos de solo são necessários.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005) define os levantamentos de solo como atividade que envolve pesquisas de gabinete, campo e laboratório, compreendendo o registro de observações, análises e interpretações de aspectos do meio físico e de características morfológicas, físicas, químicas, mineralógicas e biológicas dos solos, visando à sua caracterização, classificação e, principalmente, cartografia.

O objetivo deste trabalho foi a realização do levantamento e mapeamento dos solos do município de Machado, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento.

REFERENCIAL TEÓRICO

Os levantamentos de solo se diferenciam em função de seus objetivos e da área do levantamento, cada qual, correspondendo a um tipo de mapa ou carta de solos. Segundo Resende et al. (2002) citando EMBRAPA (1979) e Larach (1983), os mapas de solos podem ser originais ou compilados, elaborados em diferentes escalas (generalizado ou esquemático, exploratório, reconhecimento, semidetalhado, detalhado e ultradetalhado), segundo métodos pré-estabelecidos.

Usualmente, vários métodos são aplicados na coleta de dados, descrição dos solos no campo e delimitação das unidades de mapeamento. Conforme IBGE (2005), os mais utilizados são: Método de transeções; Levantamentos de áreas piloto; Estudo de toposseqüências; Sistema de malhas; Caminhamento livre

Na execução dos métodos de levantamento de solos torna-se necessário determinar a densidade de observações em campo, segundo EMBRAPA (1995), no que diz respeito ao número de exames visuais por área a ser mapeada, utilizando-se de tradagens ou verificações de cortes de estradas, barrancos, voçorocas e outra escavações preexistentes, recomendando as faixas abaixo discriminadas. Estas devem ser tomadas como valores de referência e o seu número pode ser grandemente alterado para mais ou para menos conforme os diferentes casos.

- Levantamento detalhado – 0,20 a 4 obs/ha;
- Levantamento semi detalhado – 0,02 a 0,20 obs/ha;
- Levantamento de reconhecimento – 0,04 a 2,00 obs/Km²;
- Levantamento exploratório – menos de 0,04 obs/Km²;
- Levantamento esquemático – sem especificação

A estimativa da densidade de observações é realizada em função da escala de mapeamento, do nível e objetivos do levantamento, do grau de heterogeneidade ou uniformidade da área de trabalho da eficiência e disponibilidade no uso de fotos aéreas, imagens de satélite e os recursos de geoprocessamento disponíveis, que ampliam as alternativas de mapeamento de campo, com

redução de tempo de execução, densidade de observações e frequência de amostragens (EMBRAPA, 1995).

Sendo a Pedologia a essência, o sensoriamento remoto torna-se ciência auxiliar no levantamento de solos que em conjunto com sistemas de informações geográficas possibilitam o mapeamento de solos. Para tanto, a aplicação dos conhecimentos das técnicas de geoprocessamento permitem o desenvolvimento de metodologias passíveis de utilização.

Os Sistemas de Informações Geo-referenciadas ou Sistema de Informações Geográficas (SIGs) são usualmente aceitos como sendo uma tecnologia que possui o ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e, portanto, oferece, ao ser implementada, alternativa para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico, compondo o chamado universo da Geotecnologia, ao lado do Processamento Digital de Imagens (PDI) e da Geoestatística. A tecnologia SIG está para as análises geográficas, assim como o microscópio, o telescópio e os computadores estão para outras ciências (Geologia, Astronomia, Geofísica, Administração, entre outras) (SILVA, 2003). O mesmo autor ressalta que a utilização dos SIGs não garante a certeza e a segurança de que o produto final corresponda a alternativas de soluções corretas. A qualidade do banco de dados determinará a qualidade dos resultados obtidos, especialmente no que diz respeito às formas de representação geográfica.

Um banco de dados geográficos é uma parte operacional crítica em um SIG, em função do custo de criação, manutenção e principalmente pelo seu impacto ou importância nos processos de análise, modelagem e tomada de decisão. Os bancos de dados podem ser classificados de acordo com o modo que armazenam e manipulam os dados. Quatro tipos de bancos são usados em SIG: hierárquico, rede, relacional e orientado a objetos. Destes, podem-se destacar os principais como sendo o relacional e o orientado ao objeto (CARVALHO et al. 2005).

Um banco de dados relacional inclui um conjunto de Tabelas, cada uma sendo uma lista bi-dimensional de registros que contem atributos sobre objetos. Os bancos de dados orientados a objetos foram desenvolvidos para sanar algumas fraquezas dos bancos de dados relacionais, tais como, a inabilidade para armazenar objetos completos diretamente no banco de dados como objetos geográficos, som e vídeo.

Ressalta-se que os principais métodos utilizados para coletar e fornecer dados aos SIGs são: aquisição de dados em formato digital; digitalização de dados analógicos; execução do próprio levantamento; interpolação a partir de informações pontuais; arquivos de texto; georeferenciamento. A verificação da qualidade e as correções são feitas principalmente através de checagem visual, limpeza de linhas e polígonos, correções de distorções. As consultas ou saídas são apresentadas em monitores, projetores, plotters e impressoras, após o processamento das informações (CARVALHO et al. 2005).

Vários tipos de dados geográficos já foram definidos para processar e representar o espaço em banco de dados, existindo métodos para testar relações de espaço entre estes objetos "geométricos" e suporte às análises espaciais. Cada um leva em consideração duas geometrias (coleções de um ou mais objetos geométricos) e avalia se a relação é verdadeira ou falsa (LONGLY et al., 2001).

Para implementação de um projeto de SIG, é indispensável que as relações topológicas entre os dados espaciais sejam satisfeitas, sendo a Topologia, a parte matemática que estuda as propriedades geométricas que permanecem invariáveis sob deformação, ou seja, todo processo matemático para explicar o relacionamento espacial, através das relações topológicas.

A utilização das técnicas de sistemas de informações geográficas aplicadas em conjunto ou separadamente ao sensoriamento remoto vem sendo desenvolvidas para o estudo dos recursos naturais, de um modo geral, apresentando resultados práticos que auxiliam no levantamento e na tomada de decisão por parte de órgãos públicos e privados, mostrando-se eficientes na análise espacial

O uso de sistemas de informações geográficas têm introduzido novos métodos para o levantamento e mapeamento de solos, por meio de modelagens, a partir da utilização de mapas temáticos básicos e modelos numéricos de terreno (MNT) ou modelos digitais de elevação (MDE), que possibilitam, principalmente, a compreensão das relações entre a paisagem e os tipos de solo. Os exemplos a seguir demonstram estas tentativas e resultados obtidos. Marques et al. (2003) utilizaram cartas planimétricas do IBGE, em escala 1:50.000 e imagem do satélite Landsat 7, sensor TM, bandas 3,4 e 5 e pancromática, para gerar um mapa de solos de uma área no município de Machado, em Minas Gerais.

Propondo um procedimento para extração de informação morfológica relevante para fins de mapeamento pedológico, a partir de dados digitais de elevação baseado em SIG, Ippoliti et al. (2005), realizaram estudo na microbacia do Córrego Ipiúna, localizada no município de Viçosa, Minas Gerais, entre as coordenadas 20° 41' 12" a 20° 44' 57" S e 42° 55' 28" a 42° 58' 54" W Gr, abrangendo uma superfície de 1.796 ha.

O trabalho utilizou atributos primários derivados do MNT (modelo numérico do terreno), que possibilitaram a caracterização de elementos da paisagem relacionados com os processos de formação do solo (elevação, declividade e curvatura em cada ponto da superfície).

Usando o geoprocessamento para o mapeamento detalhado do Campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Sarcinelli et al. (2005), utilizaram como base um mapa planialtimétrico, com curvas de nível de equidistância de 10 metros, a partir do qual foi gerado um modelo digital de elevação (MDE) por meio software ArcGis 9.

Este MDE foi posteriormente convertido em formato raster, a partir do qual foram geradas grades de declividade, concavidade e sombreamento. Interpretando conjuntamente todas as informações, principalmente aspectos de geoforma e declividade, foi realizado o levantamento de solos .

O desenvolvimento de modelos, para uso em SIGs, com uma maior base de informações do meio físico permite um maior detalhamento das características físicas das áreas estudadas, possibilitando uma maior discriminação nos tipos de solo, bem como subsidiar as análises necessárias para o entendimento das correlações geomorfo-pedológicas da área em estudo. Esses modelos são capazes de gerar representações cartográficas de geoambientes razoavelmente homogêneos quanto ao contexto pedológico constituindo, portanto, unidades geográficas definidas que podem ser identificadas e diagnosticadas de "per si".

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas as cartas topográficas (escala 1:50.000 e equidistâncias de curva de nível de 20 m.) do IBGE (instituto brasileiro de geografia e estatística), Eloi Mendes (SF-23-I-III-2), Machado (SF-23-I-III-1) São Gonçalo do Sapucaí (SF-23-V-D-V4), Poço Fundo (SF-23-V-D-V-3) e Campestre (SF-23-V-D-IV-2), necessárias para o recobrimento da área do município de Machado, situado no sul do Estado de Minas Gerais e com área de 587,1 Km² . As curvas de nível e os pontos cotados foram vetorizados com a utilização do software AutoCad r.14 e, posteriormente, importadas para uso no programa SPRING.

Utilizando-se dos aplicativos do SPRING, foi gerado um modelo numérico de terreno (MNT) a partir do qual, por intermédio de grades triangulares (TINs), foi gerada a declividade.

Utilizou-se o fatiamento das grades para elaboração do mapa de declividade, sendo as classes de declividade definidas em função da observação previa do relevo da área em estudo.

As informações sobre diferenciações litoestratigráficas (geologia) não possibilitaram um maior refinamento do levantamento em virtude do mapeamento disponível (DNPM/CPRM, 1979). As diferentes classes de declividade assumidas como ocorrências diferenciadas de classes de solos, constituindo-se, desta forma, no modelo para elaboração do mapa de solos da área de estudo. As ocorrências são estabelecidas, em função, da estreita correlação existente entre a topografia (declividade) e a distribuição das diferentes classes de solos, assim definidas:

- Solos Litólicos, em declividades superiores a 75%, relevo montanhoso a escarpado;
- Solos litólicos associados a solos com horizontes B incipiente e B textural, em declividades entre 45 e 75%, relevo montanhoso;
- Solos com horizonte B textural, em declividades entre 20 e 45%, relevo forte ondulado;
- Solos com horizonte B textural, em declividades entre 13 e 20%, relevo ondulado;
- Solos com horizonte B latossolico (Bw), em declividades entre 0 e 13%, relevo plano a moderadamente ondulado;
- Solos de varzea, em declividades entre 0 e 3%, relevo plano e localizados as margens de cursos d'água.

A partir do mapa de classes de solos, foram definidos 41 pontos para aferição da veracidade da classificação e conseqüente confiabilidade do modelo, através de análise morfológica in loco, sendo escolhidos 7 (sete) pontos para descrição de perfil e coleta de amostras para análise em laboratório e posterior determinação da classe de solo.

Os resultados da aferição foram analisados estatisticamente pelo método Intervalo de confiabilidade para proporção de uma distribuição binomial, onde, segundo Ferreira (2005) o intervalo de confiança para proporção de uma distribuição binomial consiste, em encontrar um intervalo de confiabilidade para a amostra, considerando o comportamento dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentro do modelo proposto para o mapeamento de solos da área e a análise dos perfis, o resultado demonstra as diversas classes de solo previstas para a área (Figura 1), sendo encontradas as seguintes relações solos/modelo/perfis:

- NEOSSOLOS LITÓLICOS (RLd), em declividades superiores a 75%, relevo montanhoso a escarpado ;
- NEOSSOLOS LITÓLICOS, e ARGISSOLOS (RLd + PVd + PVe + PVAd), em declividades entre 45% e 75%, relevo montanhoso;
- ARGISSOLOS e NITOSSOLOS (PVd + PVe + PVAd + NVd), em declividades entre 20% e 45%, relevo forte ondulado;
- ARGISSOLOS (PVd + PVe + PVAd), em declividades entre 13% e 20%, relevo ondulado;
- LATOSSOLOS (LVd + LVAd), em declividades entre 0% e 13%, relevo plano a moderadamente ondulado;
- GLEISSOLOS (GMa), em declividades entre 0% e 3%, relevo plano e localizados as margens de cursos d'água,.

O resultado demonstra uma distribuição caracterizada pela ocorrência de solos latossolicos predominantes na porção leste e oeste do município, enquanto solos com horizonte B textural foram predominantes nas porções norte e sul do município, correspondendo a região onde longitudinalmente encontra-se a Serra Laranja Azeda. Solos GLEI/ORGANOSSOLOS e NEOSSOLOS apresentam-se distribuídos esparsamente em toda área do município e a preponderância da ocorrência de LATOSSOLOS pode ser vista nos valores referentes à área ocupada por cada classe de solos (Gráfico 1).

Para o reconhecimento da exatidão do processo de mapeamento, dos 41 (quarenta e um) pontos analisados morfológicamente "in loco" e comparados ao mapeamento realizado, obteve-se um total de acertos de 40 pontos.

A análise estatística pelo método Intervalo de confiabilidade para proporção de uma distribuição binomial, mostrou um resultado com um coeficiente de confiança de 95,0% para um intervalo de confiança entre 0,87 (limite inferior) e 0,99 (limite superior) o que resulta em um grau de aceitabilidade considerado confiável dentro do modelo proposto.

As análises de rotina (complexo sortivo, pH, matéria orgânica e relações moleculares Ki e KI) possibilitaram esclarecer as características químicas dos horizontes superficiais dos solos e sua correlação com as características geomorfo-pedológicas confirmando a diferenciação das classes de solos.

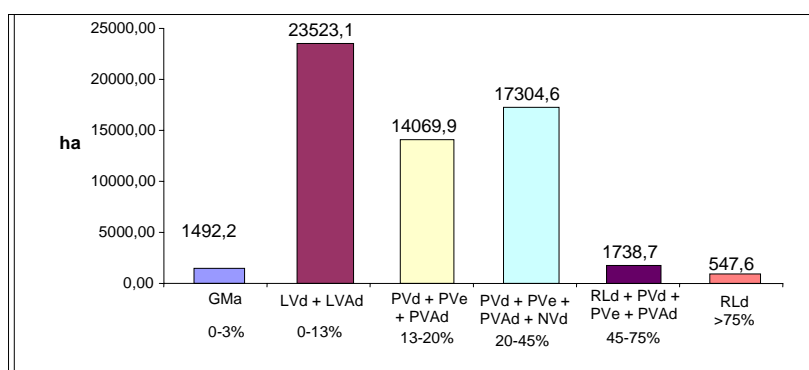


Gráfico 1: Distribuição da área em função da classe de solos

CONCLUSÕES

As técnicas de geoprocessamento utilizadas demonstraram ser eficientes para elaboração de mapeamentos de solos baseados nas características do relevo, quando aceitas associações na cartografia.

A utilização de mapas temáticos em escala maiores, especialmente de geologia, tornam-se necessários para um melhor refinamento de modelos para mapeamento pedológicos, principalmente em áreas onde não há elaborações anteriores de mapas de solos. Para mapeamento em menores escalas, os procedimentos adotados são julgados adequados para a confecção de produtos cartográficos de bom nível de precisão em temáticas pedológicas e outras correlatas.

Os dados gerados podem ser utilizados nas avaliações das condições ambientais do município resguardadas as características de generalização ocorridas e ausência de informações adicionais para o refinamento do modelo.

REFERÊNCIAS

CARVALHO L. M. T.; MOURA. L. C. ; BERNARDES. T. Representações computacionais. In: CARVALHO L. M. T. **Sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto dos recursos florestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. p. 23 - 28.

CARVALHO L. M. T.; BERNARDES. T. MOURA. L. C. Relações entre objetos geográficos. In: CARVALHO L. M. T. **Sistemas de informações geográficas e sensoriamento remoto dos recursos florestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. p. 29 - 33.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS – DNPM/CPRM. Projeto Sapucaí. São Paulo: DNPM/CPRM, 1979. n.5,299p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. 83p. (Série Miscelânea, 1).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Procedimentos normativos de levantamento pedológicos**. Brasília, 1995. 116p.

FERREIRA, Daniel Furtado. Estatística básica, Lavras : editora UFLA, 2005, 664p.

IBGE. Manual técnico de pedologia. Manuais técnicos em geociências. 2. ed, Rio de Janeiro: IBGE, 2005, 461p.

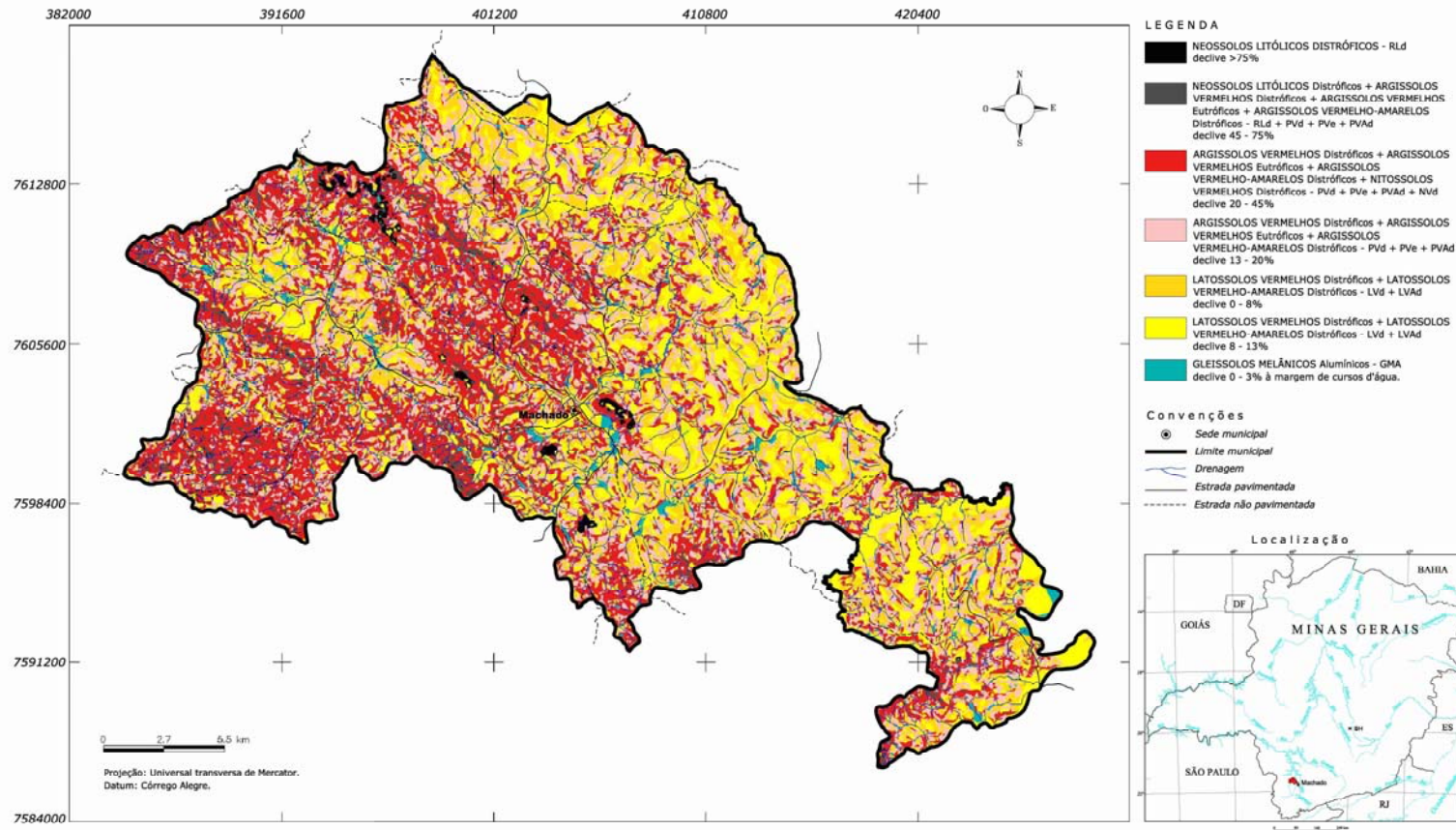


Figura 1: Mapa de solos – Município de Machado/MG

IPPOLITI, G. A. R., COSTA, L. M., SHAEFER, C. E. G. R., FERNANDES FILHO, E. I., GAGGERO, M. R., Análise digital do terreno: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de “mar de morros” (MG). In: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 269 - 276, 2005.

LARACH, J. O. I. Usos de levantamentos de solos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 9:26-33, 1983.

LEPSCH. I. F. Formação e conservação dos solos. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 178p.

LONGLEY, P.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, W. Geographic Information systems and science. New York, John Wiley & Sons, 2001. 454p.

MARQUES, H. S., BERTOLDO, M. A., ANDRADE, H., ALVES, H. M. R., VIEIRA, T. G. C., OLIVEIRA, M. L. R. Mapeamento das classes de solos da região de Machado – MG, a partir da correlação entre solos e relevo, utilizando técnicas de geoprocessamento. **XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto**, Belo Horizonte, 2003,. Anais... 1 CD-ROM.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. Pedologia base para distinção de ambientes. 4 ed. Viçosa: NEPUT, 2002, 338p.

SARCINELLI, T. S., SOUZA FILHO, E. T., MICHEL, R. F. M., CARMO, L. F. Z., SOUZA, E., FARIA, A. L. L., FERNANDES FILHO, E. L., KER, J. C. Utilização de ferramentas de geoprocessamento no levantamento de solos do Campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. In: **XXX Congresso Brasileiro de Ciência do solo**, Recife 2005,. Anais... 1 CD-ROM.

SILVA, A. B. Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos. Campinas: Editora da Unicamp, 2003, 236p.

VIEIRA, M. N. F.; VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C.; SOUZA, R. Levantamento e conservação do solo. 2. ed. Belém: FCAP, 2000, 320p.