

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MAPEAMENTOS CONVENCIONAL E POR MODELAGEM EM SIG PARA SOLOS

Lúcio do Carmo Moura

Doutor, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
luciomoura2003@yahoo.com.br

Marcus Manoel Fernandes

Doutor, Instituto de Inovação CETEC SENAI
marcusmfernandes@hotmail.com

Jorge Batista de Souza

Mestre, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
jorgebsouza@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo comparar mapeamentos convencional e por modelagem em SIG para solos. Na modelagem em SIG, foram utilizadas imagens Shuttle Radar Topography Mission – SRTM como referência para o cálculo da declividade. Os resultados foram comparados com um mapeamento elaborado de forma convencional e avaliou-se a sua pertinência no mapeamento de solos. Os mapeamentos de declividade, elaborado a partir das imagens SRTM, e o de solos, preparado de forma convencional, foram cruzados, sendo o produto final obtido a partir de sucessivas eliminações de áreas inferiores a 2,5Km². Foi utilizado como parâmetro de eliminação o menor perímetro de contato. A partir das alterações verificadas, a utilização das imagens SRTM, como base para o mapeamento de declividade, possibilitou um maior detalhamento das unidades de mapeamentos pedológicos, gerando um novo mapa, resultado da adição dos métodos convencional e automatizado.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Mapeamento de solos. Pedologia.

COMPARISON BETWEEN CONVENTIONAL AND MAPPINGS FOR GIS MODELING FOR SOILS

ABSTRACT

This study aimed to compare conventional mapping and GIS modeling for soils. For modeling in GIS, images were used Shuttle Radar Topography Mission - SRTM as a reference to calculate the slope. The results were compared with a mapping prepared in conventional manner and evaluated their relevance in soil survey. The mappings slope, drawn up from SRTM images, and the soil prepared conventionally, were crossed, and the final product is obtained from successive eliminations of areas less than 2.5 km². It was used as a parameter to eliminate the lowest perimeter contact. From the observed changes, the use of SRTM images as a basis for mapping slope, allowed a more detailed mappings pedological units, generating a new map, a result of the addition of conventional and automated methods.

Keywords: Geoprocessing. Soil Mapping. Pedology.

1. INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográficas - SIGs vêm, ao longo dos anos, sendo cada vez mais utilizados para estudos e levantamentos dos recursos naturais em função das vantagens que oferecem frente à necessidade crescente destas informações.

Nos últimos anos, novas tecnologias de imageamento foram colocadas à disposição dos usuários destes produtos, possibilitando melhora considerável nos resultados obtidos e proporcionando a redução de custos e a realização de trabalhos com maior agilidade.

No Brasil, entre os recursos naturais estudados com o uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, o solo torna-se objeto de estudos de fundamental importância, em função da grande extensão territorial do país e da carência de mapas de solos compatíveis com planejamentos agrícolas mais detalhados. Estes estudos visam tanto o progresso da própria ciência, quanto o desenvolvimento de metodologias e técnicas que possam proporcionar o aumento do conhecimento dos recursos naturais do território brasileiro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Lepsch (2002), o pedólogo encara o solo com atenções diferentes e, antes de tudo, como um objeto completo de estudos básico-aplicados, usando método científico de induções e deduções sucessivas. Para o especialista em pedologia, 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.

Vieira *et al.* (2000) afirmam que o modelo de solo como sendo $s = f$ (clima, organismos, material de origem, relevo, tempo) significam sistemas geográficos dinâmicos, segmentados em diversos tipos e que, de fato, proporcionam a base para a sua diversidade territorial. 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.

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

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005) define os levantamentos pedológicos 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.

Os levantamentos de solos 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 EMBRAPA e Larach (apud, Resende *et al.*, 2002), 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 (Tabela 1).

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: observações por meio de caminhos planejados para detectar as características do solo, variações da paisagem tais como geologia, geomorfologia, vegetação, rede de drenagem superficial e uso atual do solo;
- Levantamentos de áreas piloto: para mapeamentos de natureza genérica e constam de investigações minuciosas de áreas menores, representativas de uma determinada feição fisiográfica e, posteriormente, extrapolada para o restante da área;

- Estudo de topossequências: mais apropriado para execução de levantamentos pedológicos detalhados devido à correlação feita entre os solos e suas variações com as superfícies geomórficas em que ocorrem;
- Sistema de malhas: as caracterizações se processam a espaços prefixados de modo a formar um retículo denso – malha – em toda extensão da área a ser levantada;
- Caminhamento livre: os pedólogos usam a própria experiência, o conhecimento sobre a área, a fotointerpretação e as correlações para definir os pontos de observação e amostragem.

Tabela 1 - Tipos de mapas de solo, utilização, escala de publicação e área mínima mapeável*

Tipo de mapa	Uso do mapa	Escala de publicação	Área mínima mapeável
Ultradetalhado	Planejamento e localização de áreas de exploração muito pequenas	> 1:10.000	< 0,4ha
Detalhado	Para subsidiar, em bases adequadas projetos ligados ao meio ambiente, uso da terra, engenharia civil etc.	1:10.000 a 1:25.000	0,4 a 2,5ha
Semidetalhado	Seleção de área com maior potencial de uso intensivo da terra, problemas localizados, planejamentos, uso e conservação dos solos	1:25.000 a 1:100.000	2,5 a 40ha
Reconhecimento	Planejamento para desenvolvimento de novas áreas	1:100.000 a 1:750.000	0,4Km ² a 22,5Km ²
Exploratório	Em grandes áreas não desbravadas ou pouco utilizadas	1:750.000 a 1:2.500.000	22,5Km ² a 250Km ²
Generalizado	Visualização e planejamento de grandes áreas	< 1:1.000.000	> 40Km ²
Esquemático	Mapeamento de áreas inexploradas ou desconhecidas	< 1:1.000.000	> 40Km ²

* Resende *et al.* (2002).

Marchetti & Garcia (1977) mencionam que a aerofotogrametria desempenha um papel relevante no estudo dos recursos naturais de uma área. No caso específico de solos, o seu emprego é de extrema importância, tanto no que diz respeito à sua identificação, como na representação cartográfica das diferentes unidades pedológicas, simples ou associadas. Os solos de uma região podem ser estudados por meio dos seus elementos de reconhecimento ou então, por meio de índices numéricos. No primeiro caso, o estudo é puramente descritivo e um tanto subjetivo. No segundo caso, a rede de drenagem apresenta-se como o principal elemento de reconhecimento.

O padrão de drenagem desenvolvido em uma área é, em grande parte, função da relação infiltração/deflúvio. Esta razão está, por sua vez, intimamente relacionada com as características do solo, embora o clima, o relevo e a cobertura vegetal da região exerçam influência. Solos relativamente arenosos, devido à textura grosseira favorecem a infiltração em detrimento do deflúvio, mostrando um padrão pouco denso. Solos relativamente argilosos oferecem maior resistência à infiltração, favorecendo o deflúvio e criando um padrão de drenagem mais denso. Desta forma, nota-se que além da pedologia, o sensoriamento remoto é uma ciência auxiliar no levantamento pedológico.

Está consagrado que o final do século XX é a era do gerenciamento disciplinado de informações. As inter-relações entre as organizações sociais e a própria sociedade em si mesma estão se tornando cada dia mais complexas, e os mecanismos de coexistência harmoniosa com o planeta Terra são frequentemente questionados, independentemente do grau de desenvolvimento da sociedade e do posicionamento geográfico do país. Os Sistemas

de Informações Georreferenciadas 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 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 a Geologia, Astronomia, Geofísica, Administração, entre outras (Silva, 2003).

Esse 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.

Existem várias maneiras de representação geográfica da Terra na forma digital, mas nenhuma delas é perfeita e ideal para todas as aplicações. Por isso, o emprego de um Sistema de Informações Geográficas requer atenção sobre o que e como deve ser representado.

Segundo Carvalho *et al.* (2005), as feições e objetos da superfície da Terra são representados no modelo vetorial usando arcos e nós. Os arcos são usados para representar linhas e os nós para representar polígonos, cruzamentos entre linhas e direções de fluxo.

Vários tipos de dados geográficos já foram definidos para processar e representar o espaço em banco de dados.

Há nove métodos para testar as relações de espaço entre os objetos geométricos. Cada um leva em consideração duas geometrias (coleções de um ou mais objetos geométricos) e avalia se a relação é verdadeira ou falsa (Longley *et al.*, 2001).

Os métodos para testar relações geométricas são:

- Igual a: as geometrias são iguais?
- Toca um ponto: as geometrias têm um ponto em comum?
- Intersecta: as geometrias se cruzam?
- Toca numa borda: as geometrias dividem uma borda comum?
- Cruza: as geometrias se sobrepõem?
- Contem: uma geometria contém a outra completamente?
- Está contido: uma geometria está completamente dentro da outra?
- Sobrepõe: as geometrias se sobrepõem (podem ser geometrias de dimensões diferentes, por exemplo, linhas e polígonos)?
- Relaciona: existem interseções entre o interior, borda ou exterior?

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

- Disjunção: definida pelas relações matemáticas entre os elementos que não possuem limites comuns;
- Adjacência: definida pela presença de cadeias que separam os elementos;
- Contingência: compreende as relações existentes entre os elementos contidos em outros elementos;
- Igualdade: é a singularidade dos elementos de possuírem as mesmas relações geométricas;
- Interseção: representa o cruzamento de um elemento linear com um dos contornos de determinado polígono;

- Cruzamento: é um caso particular de interseção, no qual os elementos lineares cruzam pelo menos dois lados de um polígono (Figura 2).

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 solos.

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 na região de Machado, em Minas Gerais. A partir da digitalização das curvas de nível, de 20 em 20m, foi gerado o modelo numérico do terreno, sendo as classes de declividade obtidas por intermédio do fatiamento das grades triangulares (TINs) (Tabela 2). O mapa de solos da área piloto foi gerado, seguindo este modelo, a partir do cruzamento do mapa de classes de declive com outros planos de informação como hipsometria e geologia, para a diferenciação de solos de um mesmo grupamento.

Tabela 2 - Modelo de correlação entre classes de declive, tipo de relevo e grupamento de solos*.

Classes de declive (%)	Classes de relevo	Classes de solos
0 – 3	Plano	Gleissolos e Neossolos Flúvicos
0 – 3 (topo)	Plano	Latossolos
3 – 12	Suave ondulado	Latossolos
12 – 24	Ondulado	Solos com Horizonte B Textural
24 – 45	Forte ondulado	Solos com Horizonte B Textural e B Incipiente
> 45	Montanhoso	Solos com Horizonte B Incipiente e Neossolos Litólicos

* Modificado de Marques *et al.* (2003).

Com o objetivo de elaborar uma legenda preliminar de solos para região de Três Pontas, Sul de Minas Gerais, na escala 1:50.000 (IBGE, folha SF-23-1-1-40), por meio de informações secundárias, Bertoldo *et al.* (2005), utilizaram o sistema SPRING para o tratamento dos dados e modelagem aliado a observações de campo. A partir do mapa de solos na escala 1:250.000, foi realizado o detalhamento por meio do cruzamento com outros mapas temáticos do meio físico da região.

O mapa na escala 1:250.000 foi ampliado para 1:50.000 a partir da carta topográfica do IBGE, sendo as classes de solos atualizadas de acordo com as normas taxonômicas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). As delimitações das diferentes classes de solo foram realizadas com base no mapa de classes de declive, originadas do fatiamento do MNT e o mapa de classes de altitude, utilizado para caracterização de solos com Horizontes A Húmico.

Empregando 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 do software ArcGis 9. Este MDE foi posteriormente convertido em formato raster, a partir do qual foram geradas grades de declividade, concavidade e sombreamento.

A grade de declividade foi suavizada, desconsiderando-se conjuntos de células de área inferior a 4.000m² para evitar unidades de mapeamento menores que a área mínima mapeável. Os solos foram classificados segundo EMBRAPA (1999), utilizando-se informações sobre o material de origem, clima, relevo e as análises físico-químicas das amostras de seis perfis representativos descritos em campo. O cruzamento das informações por meio de modelo de

estratificação da paisagem possibilitou a determinação da distribuição espacial das classes de solos com suas respectivas contribuições em área.

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, abrangendo uma superfície de 1.796ha. O trabalho utilizou atributos primários derivados do MNT, 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).

A declividade representa a primeira derivada da altitude e corresponde à inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal. A curvatura do terreno, concavidade e convexidade representam a segunda derivada de altitude, estando relacionada a fatores tais como: teor de água no solo, fluxo convergente/divergente e taxa de erosão deposição. O mapa de geoformas da paisagem foi obtido por meio da união dos planos de informação: (a) leito maior; (b) terraço; (c) topos de morros; (d) áreas onduladas e fortemente onduladas, côncavas e convexas e (e) áreas irradiação eletromagnéticas, servindo de base para os trabalhos de conferência de campo entre a associação das geoformas e os tipos de solos. No campo, localizou-se um número variável de pontos com GPS para observação do tipo de solo e geoforma dominante. Esses pontos foram posteriormente introduzidos no SIG para checagem da concordância com o mapa de geoforma, por análise visual. Constatou-se que a paisagem é predominantemente constituída por formas onduladas e fortemente onduladas, convexas e côncavas (mais de 50% da superfície), seguidas áreas de topos de morros, terraços e áreas de leito maior, ocupando superfícies de proporções parecidas.

As pesquisas ora citadas, entre tantas outras, demonstram que o uso de Sistemas de Informações Geográficas possibilita, com o uso de seus instrumentos, o desenvolvimento de processos de levantamento e mapeamento de solos. Essas novas metodologias com emprego de SIGs, por meio de operações geométricas – topológicas referentes aos dados físicos possibilitam o conhecimento da distribuição das principais classes de solos e suas relações com a paisagem. Os trabalhos têm-se mostrado eficientes na obtenção dos objetivos, possibilitando uma maior agilidade e redução de custos para o mapeamento de solos, principalmente, em nível de reconhecimento, o que pode contribuir para um melhor conhecimento dos solos do país.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Dessa forma, o presente trabalho objetivou aplicar um modelo para mapeamento de solos com o uso de ferramentas de Sistema de Informações Geográficas, utilizando imagens Shuttle Radar Topography Mission – SRTM (Missão Topográfica por Radar Interferométrico) como referência para o cálculo da declividade, e comparar seu resultado a um mapeamento elaborado de forma convencional, avaliando sua pertinência no mapeamento de solos.

Para atingir os objetivos propostos foram utilizados dados de uma área localizada na região nordeste do estado de Minas Gerais (folha Almenara, SE-24-V-A), cujo mapeamento pedológico foi realizado pelo CETEC (1980), na escala 1:250.000. Esse levantamento serviu como parâmetro de referência quanto às ocorrências das unidades de mapeamento de solos. Tendo em vista o caráter generalizado dos estudos, as unidades de mapeamento são constituídas, predominantemente, por associações de unidades taxonômicas de solos, levando-se em consideração fases de relevo e vegetação.

Ressalta-se que as unidades de mapeamento do trabalho original foram adequadas ao novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006).

Com a utilização do software ArcGis 9.3, desenvolveu-se um modelo baseado na relação solo-paisagem, geologia e descrição morfológica de perfis de solos. Para tanto, a carta temática de

solos foi vetorizada e georreferenciada, tendo como referência as coordenadas da carta e os pontos da imagem SRTM.

Utilizando-se das imagens SRTM, elaborou-se o mapa de declividade a partir das classes de declividade propostas por Andrade *et al.* (1998), sendo: 0 – 8 % relevo plano; 8 – 13% relevo suave ondulado; 13 – 20% relevo ondulado; 20 – 45 % relevo forte ondulado; 45 – 75% relevo montanhoso; > 75% relevo montanhoso a escarpado.

Os mapeamentos de declividade e solos foram cruzados e o produto final obtido a partir de sucessivas eliminações de áreas inferiores a 2,5km², utilizando-se como parâmetro de eliminação o menor perímetro de contato, para identificar apenas as áreas de menor mapeamento para a escala final.

Os resultados obtidos foram comparados por meio de cruzamento em Sistemas de Informações Geográficas, sendo analisados qualitativamente os acertos e divergências entre os mapeamentos, avaliando-se, assim, a pertinência do uso de técnicas de geoprocessamento em mapeamento de solos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A determinação da declividade por meio das imagens SRTM permitiu detalhar cada uma das unidades do mapeamento original em seis novas unidades. Por exemplo, a unidade de mapeamento CXbd1 (CAMBISSOLOS HÁPLICOS Tb Distróficos A moderado textura argilosa fase caatinga hipoxerófila relevo forte ondulado substrato diamectitos quartzitos) foi classificada em:

CXbd1 (0-8%) - relevo plano ondulado;

CXbd1 (8-13%) - relevo suave ondulado;

CXbd1 (13-20%) - relevo ondulado;

CXbd1 (20-45%) - relevo forte ondulado;

CXbd1 (45-75%) - relevo montanhoso;

CXbd1 (> 75%) - relevo montanhoso a escarpado.

Adotando-se essas novas separações por declividade, a unidade CXbd1 passaria para:

CXbd1 (0-8%) – CXbd1 - relevo plano ondulado;

CXbd1 (8-13%) - CXbd2 - relevo suave ondulado;

CXbd1 (13-20%) – CXbd3 - relevo ondulado;

CXbd1 (20-45%) – CXbd4 - relevo forte ondulado;

CXbd1 (45-75%) – CXbd5 - relevo montanhoso;

CXbd1 (> 75%) – CXbd6 - relevo montanhoso a escarpado;

O mesmo procedimento foi repetido para cada unidade de mapeamento ocorrente na folha Almenara (CETEC, 1980). Assim, as 33 unidades de mapeamento, integrantes do levantamento original, constituíram 49 novas unidades, cujas principais classes de solos ocorrentes são:

- Argissolos: Solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E, e apresentando, ainda, os seguintes requisitos: a) horizonte plíntico, se presente, não está acima e nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural; b) horizonte glei, se presente, não está acima e nem é coincidente com a parte superficial do horizonte B textural.

→ Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA)

- Cambissolos: Solos constituídos por material mineral, que apresentam horizonte A ou hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos, seguido de horizonte B incipiente e satisfazendo os seguintes requisitos: a) B incipiente não coincidente com horizonte glei dentro de 50 cm da superfície do solo; b) B incipiente não coincidente com horizonte plíntico; c) B incipiente não coincidente com horizonte vértico dentro de 100 cm da superfície do solo; d) não apresenta a conjugação de horizonte A chernozêmico e horizonte B incipiente com alta saturação por bases e argila de atividade alta.

→ Cambissolos Háplicos (CX)

- Latossolos: Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura. Apresentam boa drenagem interna, condicionada por elevada porosidade e homogeneidade de características ao longo do perfil e, em razão disto, elevada permeabilidade.

→ Latossolos Brunos (LB)

→ Latossolos Vermelhos (LV)

→ Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA)

Comparando-se os resultados apresentados nos mapas (Figuras 1 e 2), observa-se que ocorre a manutenção de grandes áreas mapeadas em ambos os produtos. Tal fato demonstra a eficácia do método por modelagem em SIG nos mapeamentos pedológicos. Trata-se de uma ferramenta ímpar, que pode contribuir sobremaneira com os levantamentos de solos. Contudo, são nas alterações resultantes que se pode verificar que a utilização das imagens SRTM, como base para o mapeamento de declividade, possibilitaram um melhor detalhamento das manchas de solos (Figura 2).

Figura 1 - Mapa de solos original - Folha Almenara.

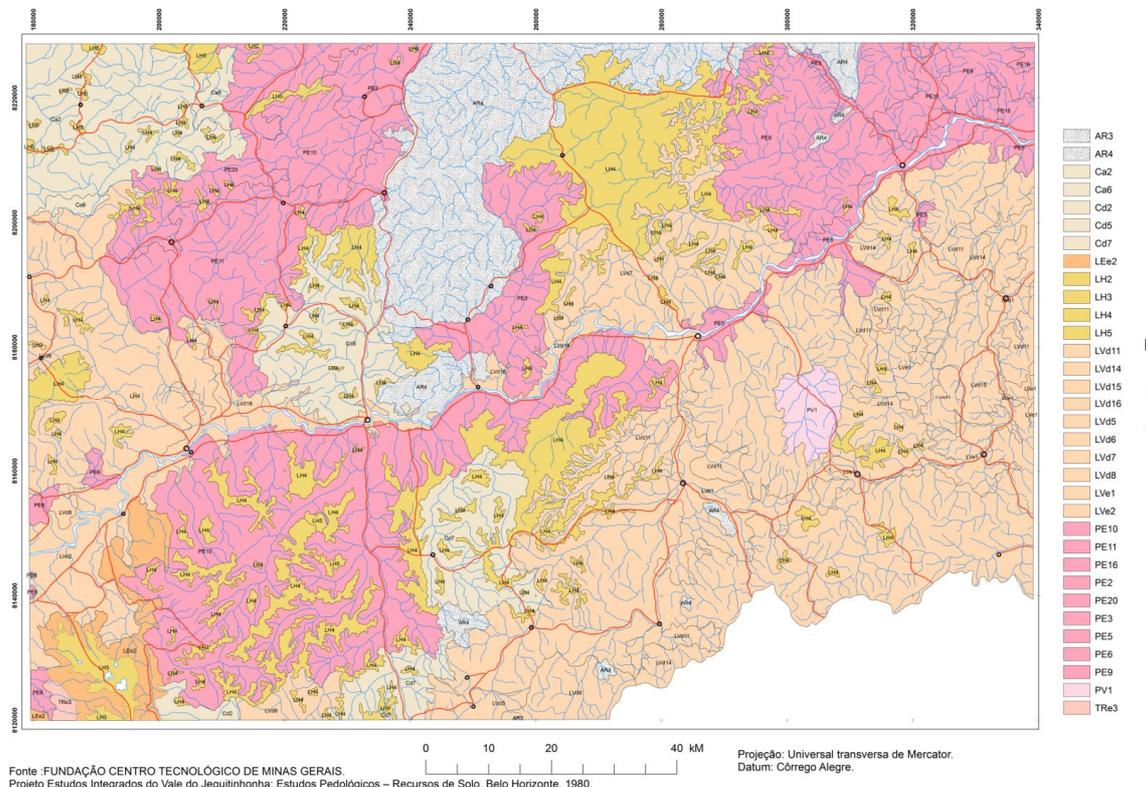
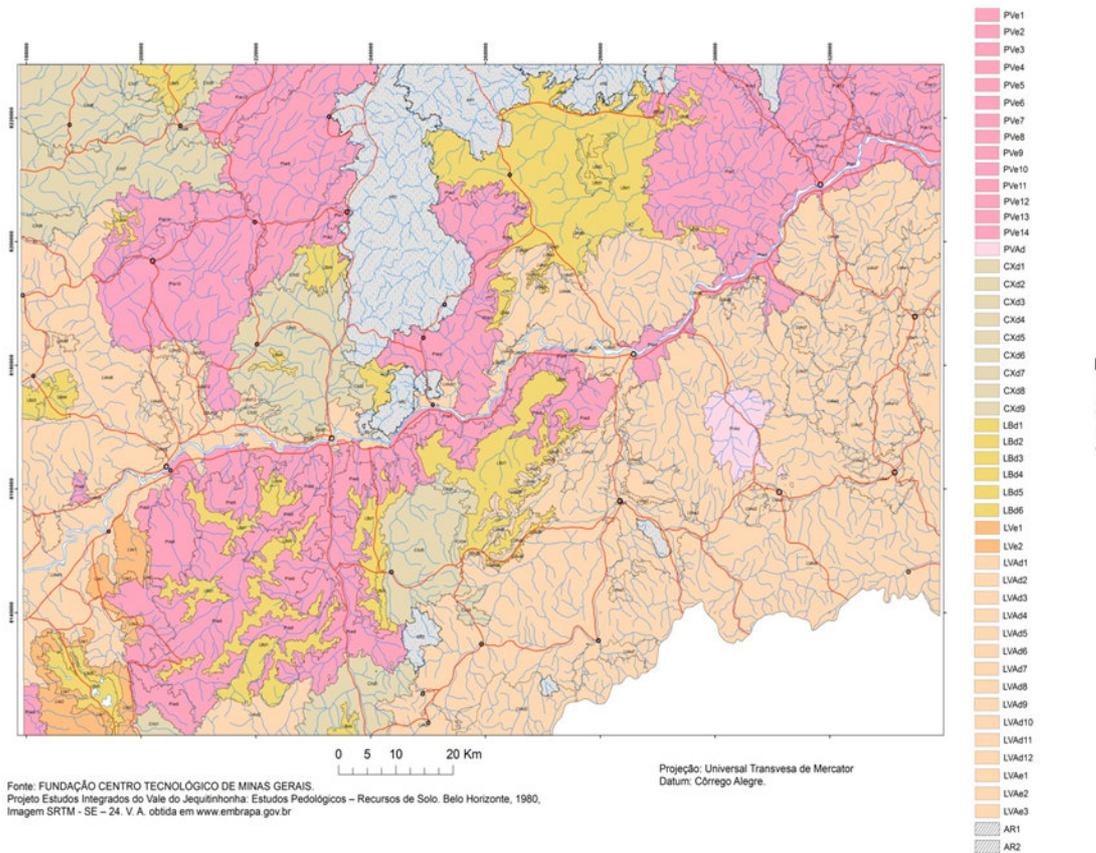


Figura 2 - Mapa de solos modificado - Folha Almenara.



As subdivisões ampliaram o número de ocorrências diferenciadas para todos os solos da área de estudo. Por exemplo, no caso dos Latossolos, de 15 (mapeamento original) para 23 (SRTM); nos Argissolos, de 10 para 15. Essa ampliação evidencia as dificuldades para obtenção de um mapa de declividade mais detalhado quando se utiliza dos instrumentos e métodos tradicionais (curvas de nível, clinômetro etc). O mapa de declividade por meio de imagens de radar é uma ferramenta promissora para os mapeamentos em grande e média escalas, acelerando a elaboração dos mapas.

5. CONCLUSÕES

A utilização das imagens SRTM permite o refinamento dos mapas de solos no tocante à classificação do relevo, por propiciar a obtenção de um mapa de declividade passivo de menos erros, mapeando áreas de até 90 por 90 metros.

Para os mapeamentos na escala 1:250.000 e menores, a utilização das declividades obtidas pelo SRTM contribuem positivamente para um melhor resultado, o que diretamente favorece a sua utilização na elaboração de mapas pedológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, H. ET AL. Comparação entre dois processos de extração de classes de declividade. In: PIBIC, 6.; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFLA, 11.,1998, Lavras. Anais... Lavras, MG: UFLA, 1998. v.1, p.120-120.

BERTOLDO, M. A., ANDRADE, H., VIEIRA, T. G. C., ALVES, H. M. R., SOUZA, V. C. O., SANTOS, N. B. Uso de geoprocessamento e modelagem para detalhamento do mapa de solos

na região de três pontas, sul de Minas Gerais. In: **XXX Congresso Brasileiro de Ciência do solo**, Recife, 2005,. Anais... 1 CD-ROM.

CARVALHO L. M. T. ; MOURA. L. C. ; BERNARDES. T. Representações computacionais. In: CARVALHO L. M. T. **Sistemas de informações geográficas e sensoriamento radiação eletromagnéticaoto 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 radiação eletromagnéticaoto dos recursos florestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. p. 29 - 33.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA / Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA – Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA / Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2ª Ed.)**. Brasília: EMBRAPA – Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306p.

CETEC - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. Projeto Estudos Integrados do Vale do Jequitinhonha: Estudos Pedológicos – Recursos de Solo. Belo Horizonte, 1980, 219p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRA DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de pedologia. Manuais técnicos em geociências. 2. ed, Rio de Janeiro: IBGE, 2005, 461p.

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.

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

LONGLELY p.; GOODCHILD. M. f.; MAGUIRE. D. J.; RHIND.W. **Geographic Information systems and science**. 2001. 454p.

MARCHETTI. D. A. B.; GARCIA. G. J. Princípios de fotogrametria e fotointerpretação. São Paulo: Nobel, 1977, 257p.

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 radiação eletromagnéticaoto**, 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. Serviço de documentação e informação, 2000, 320p.