

Utilização de álgebra de mapas para caracterização dos solos da bacia hidrográfica do rio Catorze.

Taisller Guimarães da Silva¹
Julio Caetano Tomazoni¹
Elisete Guimarães¹
Tayoná Cristina Gomes¹

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Caixa Postal 135 85601-970 - Francisco Beltrão – PR, Brasil
taisller01@hotmail.com, tayonagomes@hotmail.com, caetano@utfpr.edu.br,
guimaraes@utfpr.edu.br

Abstract –This work aims to characterize pedological Fourteen river basin located in the city of Francisco Beltrão in the Southwest of Paraná State. The use of geospatial technologies in the software SPRING 5.1.5, enabled subdivide the major soil associations in soils, which, according to topography, show the greatest variability. The data show that: the Latosols occupy 47.22% of total catchment area divided into distroferric Red Latosol (LVdf) and eutroferric Red Latosol (LVef), and the broader class of soil. the Nitosols occupy 19.47% of the basin area, characterized by distroferric Red Nitosol (NVdf) and eutroferric Red Nitosol (NVef); Cambisols represent a small portion of the basin 5.98% of total area; already the Regolithic Neosol occupy 27.33% of the basin, divided into eutrophic Regolithic Neosol (RRe) and dystrophic Regolithic Neosol (RRd). From the study it was possible through the hypsometric maps of slope and soil map at 1:250,000 scale existing, expand existing pedological details in the study area and thus qualify significantly the soil types in the basin Fourteen River Watershed. The method used for this mapping soil was efficient, with possibilities for use in larger areas and / or larger-scale maps. Therefore, it is an easy and efficient technique that can be used to update and detail of soil maps produced by EMBRAPA and can even be used with proper precautions, other State of Brazil.

Palavras-chave: gis, spring, soil science, geographic information system, geoprocessamento, Spring, topografia, pedologia, sistema de informação geográfica.

1. Introdução

O solo é o material mineral e/ou orgânico inconsolidado na superfície da terra, que serve como meio natural para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres. O termo solo, quando empregado em sistemas taxonômicos, se refere a todas as partes do perfil do solo, presentes acima do material de origem (camadas e horizontes genéticos), (IBGE, 2007).

O solo, a que se atribuem características, é um conjunto de diferentes elementos interagindo a todo tempo. Seus constituintes se encontram nos três estados físicos da matéria, com diferentes formas e maneiras de dinamismo com o meio. Os diferentes tipos de solos identificados e mapeados a partir da superfície, se distinguem pela constituição do material de formação desses solos, bem como, as intempéries de translocações e transformações de energia e matéria (Embrapa, 2006).

A influência do relevo na formação dos diferentes tipos de solo, não depende de um valor direto e simples como declividade, por exemplo, mas de uma relação da rocha mãe com a drenagem, entre outros fatores eventuais. A toposequência é verificada onde existe uma relação entre o perfil do solo e o ângulo de inclinação da vertente. Se o substrato rochoso for uniforme, na vertente é possível encontrar uma sequência de perfis com as condições de drenagem deteriorando-se vertente abaixo. Se ocorrerem variações do substrato rochoso e da topografia, podem gerar inter-relações complexas e será difícil prever o tipo de solo que se origina.

No caso do Sudoeste do Paraná, o substrato rochoso, tem certa uniformidade e varia pouco em uma única vertente. Portanto os Latossolos ocupam as partes mais estáveis da paisagem, aquelas de relevo aplainado, enquanto o Neossolo é quase sempre associado a afloramentos de rochas e ocupa áreas declivosas e instáveis da paisagem. Os solos com

horizonte B textural, como o Nitossolo e o Chernossolo, estão em porção intermediária das paisagens, geralmente em áreas onduladas. Os Cambissolos ocorrem em áreas mais acidentadas e estão associados aos Latossolos. Os Neossolos estão em área de topografia extremamente movimentada. Os hidromórficos geralmente ocupam as partes depressionais das paisagens e, por isso, não são muito sujeitos à erosão. Os solos aluviais estão ao longo dos canais de drenagem, apresentando alguma declividade, sendo mais susceptíveis à erosão do que os hidromórficos (Tomazoni e Guimarães, 2008).

Os diferentes tipos de solos e suas distribuições quanto à declividade e altimetria interferem, segundo Ippoliti (2005), “no fluxo d’água, no transporte de sedimentos e poluentes, na natureza e a distribuição de habitats de plantas e animais, além de ser uma expressão dos processos geológicos e do intemperismo”.

O Mapa de Solos do Estado do Paraná, na escala 1:600.000, e a Carta de Solo Folha MIR – 516, SG-22-Y-A, na escala 1:250.000, realizado em 2008 Embrapa (2008), são um prognóstico da distribuição geográfica dos solos como corpos naturais, determinados por um conjunto de relações e propriedades observáveis na natureza. O levantamento identifica solos que passam a ser reconhecidos como unidades naturais, prevêm e delineiam suas áreas nos mapas/cartas, em termos de classes definidas de solos.

O Mapa de Solos do Estado do Paraná e mesmo a carta são informações generalizada, que segundo Braga (2009) podem ser melhores identificados e mapeados através da aplicação das técnicas de geoprocessamento. Um melhor detalhamento destas grandes associações de solos é de suma relevância para sistemas produtivos eficientes, permitindo um melhor aproveitamento do solo e contribuindo no planejamento ambiental e manutenção dos recursos naturais.

Os sistemas de informação geográfica permitem ainda a manipulação de mapas para mostrar modelos de análise espacial. Esses processos são chamados de álgebra de mapas, onde se é possível organizar as transformações dos dados geográficos para gerar novos mapas a partir dos pré-existentes (Lucena, 1998). Possibilitando assim, manipular mapas de declividade e de solos entre outros para gerar novos mapas.

Nesse contexto, o objetivo principal deste levantamento pedológico é, através de técnicas de geoprocessamento, subdividir as associações de solos, em classes de solo, que, segundo a topografia, apresentem a maior variabilidade possível, em função dos parâmetros de classificação, das características e da extração de informações mensuráveis quanto ao tipo de solos da bacia hidrográfica do rio Catorze, no Sudoeste do Estado do Paraná. Os dados digitais de declividade, associações de solo e hipsometria foram manipuladas, para geração do mapa de solos detalhados, através de álgebra de mapas, no *software* SPRING 5.1.5 Spring (1996).

2. Materiais e métodos

O trabalho foi desenvolvido na bacia do rio Catorze, no município de Francisco Beltrão – no sudoeste do estado do Paraná, com área total de 10.708 há como mostra na figura 1.

No trabalho, utilizou-se o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o *software* SPRING 5.1.5 Manuais Spring (2010). Em ambiente SPRING, primeiramente, criou-se um banco de dados, seguido de um projeto; na sequência, criou-se uma série de categorias e planos de informação, para, então, possibilitar inserção dos dados.

A determinação da altimetria e da declividade foi feita a partir das cartas topográficas MI 2861-1, MI e 2861-2, ambas na escala 1:50.000 (Ministério do Exército, 1980). As informações da hidrografia foram obtidas a partir das cartas topográficas citadas anteriormente e das imagens SPOT 5 28611ORTOIMG e 28612ORTOIMG, cedidas pelo IAP – Instituto Ambiental do Paraná.

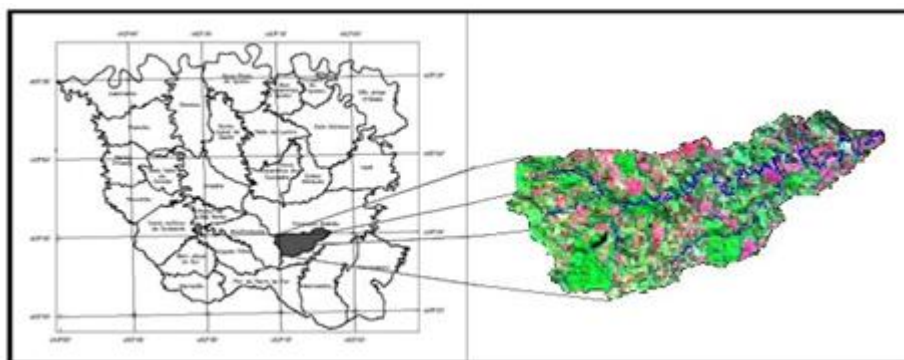


Figura 1 – Mapa da Localização da bacia hidrográfica do rio Catorze no município de Francisco Beltrão.

Para caracterização do solo, foram utilizados, como base, os trabalhos de Vieira e Vieira (1983), Lemos e Santos (1984), Santos (2005), Embrapa (2006) e Mapa de Solos do Estado do Paraná Folha MIR – 516, SG-22-Y-A, na escala 1:250.000. Inicialmente, efetuou-se um reconhecimento prévio de campo identificando-se, pela classificação da Embrapa (2006), as grandes associações de solos reinantes na área.

Na sequência, escanizou-se o mapa já citado e incorporou-se o arquivo raster no banco de dados do SPRING convertendo, primeiramente, o arquivo o formato SPG no software Impima e, em seguida, registrou-se definitivamente no banco de dados da bacia. Feito isso, em categoria temática, criou-se o plano de informação (PI) solo e digitalizaram-se as associações de solos na forma de polígonos. Nessa mesma categoria temática (TE), criaram-se classes que representavam os solos e associou-se aos polígonos à que pertenciam.

Para atualizar a classificação pedológica anterior para o novo sistema da Embrapa (2006), em tipos específicos de solos, foi desenvolvido um programa no ambiente SPRING em Linguagem Legal, que fosse capaz de associar o sistema anterior de classificação de solos, com a declividade e converter essas informações na nova classificação da Embrapa (2006), gerando o PI Solo Classificado.

Para criação do PI Solo Classificado foi seguida a cronologia, conforme sugere Lucena (1998), onde o formato geral de um programa escrito em Legal deve compreender as seções de declaração, instanciações e de operações de transformação, em que cada elemento é situado e orientado conforme seu objetivo.

A declaração, instanciação e operação em linguagem LEGAL serão descritas, segundo observações de Lucena (1998).

Declaração - é onde se definem as variáveis de trabalho. Onde cada variável deve ser declarada explicitamente, fornecendo um nome associado a uma categoria no esquema conceitual. O processo aplicado, conforme o objetivo do trabalho está exemplificado na tabela 1, onde as classes já pré-identificadas em observações de campo são definidas e declaradas na linguagem de programação.

Instanciação - nesta seção recuperam-se os dados já existentes do banco de dados ou cria-se um novo PI. Este novo PI poderá, então, ser associado ao resultado de operações em Legal. Assim, as classes previamente declaradas são associadas às categorias de declividade, recuperadas em linguagem Legal e cruzadas com os tipos de solo da bacia.

Operação - nesta seção realizam-se as operações da álgebra de mapas onde são processadas as associações e instanciações para geração do mapa do solo classificado.

Através do banco de dados do projeto foram elaborados cruzamentos entre o mapa de solos com dados generalizados, ou seja, numa escala 1:250.000 com a grade de declividade por cento, gerando o mapa de solo classificado com detalhamento maior sobre os solos constituintes da bacia com escala 1:50.000.

A Figura 2 é um fluxograma do PROGRAMA LEGAL 1, que demonstra como foram cruzadas as informações para gerar o mapa de solos detalhado da bacia hidrográfica do rio Catorze.

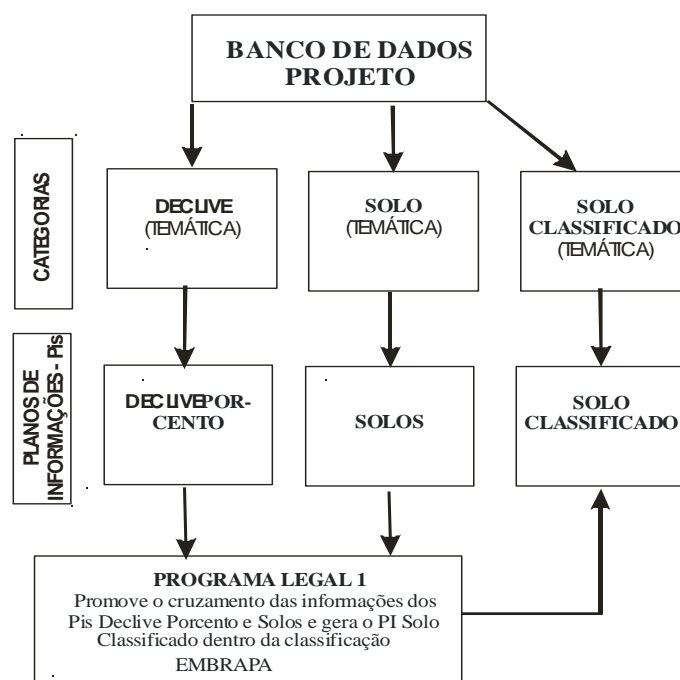


Figura 2 – Fluxograma do Programa Legal utilizado na classificação do solo.

3. Resultados e discussões

A carta de solos com a subdivisão dos solos até o grande grupo como mostra a figura 3, em função da escala 1:250.000, muitos detalhes ficam obscurecidos. Com a aplicação do Programa Legal, detalhou-se as classes de solos até a escala 1:50.000, produzindo um mapa até o terceiro nível categórico, com uma maior riqueza de detalhes, conforme figura 4.

A carta de solos com a subdivisão dos solos até o grande grupo como mostra a figura 3, em função da escala 1:250.000, muitos detalhes ficam obscurecidos. Com a aplicação do Programa Legal, detalhou-se as classes de solos até a escala 1:50.000, produzindo um mapa até o terceiro nível categórico, com uma maior riqueza de detalhes, conforme figura 4.

Ao detalhar até o terceiro nível categórico, pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos Embrapa (2006), os tipos encontrados na bacia são:

LVdf = Latossolo Vermelho Distroférico, que constituem solos com saturação por bases baixa = $V < 50\%$, e teores de Fe_2O_3 de 180g/kg a <360g/kg na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B e BA.

LVef = Latossolo Vermelho Eutroférico, que constituem solos com saturação por bases alta = $V > 50\%$, e teores de Fe_2O_3 de 180g/kg a < 360g/kg na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B inclusive BA.

CXd = Cambissolos Distroférico, solos com atividade da argila baixa, saturação por bases baixa = $V < 50\%$, e teores de Fe_2O_3 de 180g/kg a < 360g/kg de solo na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B inclusive BA.

NVdf = Nitossolo Vermelho Distroférico, solos com saturação por bases baixa = $V < 50\%$ e teores de Fe_2O_3 de 150g/kg a < 360g/kg na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B inclusive BA;

NVef = Nitossolo Vermelho Eutroférico, são solos com saturação por bases alta = $V > 50\%$ na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B inclusive BA;

RRd = Neossolos Regolíticos Distroféricos, solos com saturação por bases baixa < 50%;

RRe = Neossolos Regolíticos Eutróficos, solos com saturação por bases alta $V \geq 50\%$.

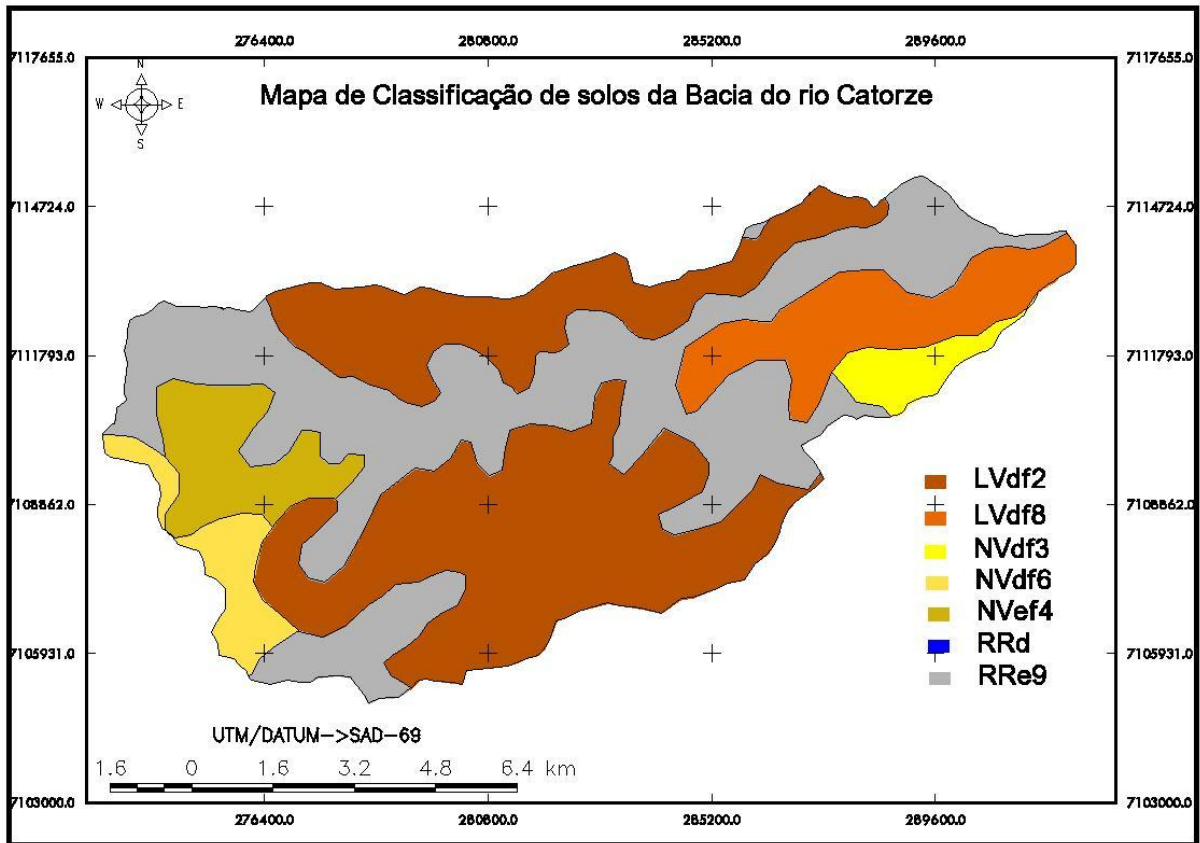


Figura 3 – Mapa de classificação de solos segundo (EMBRAPA, 2008).

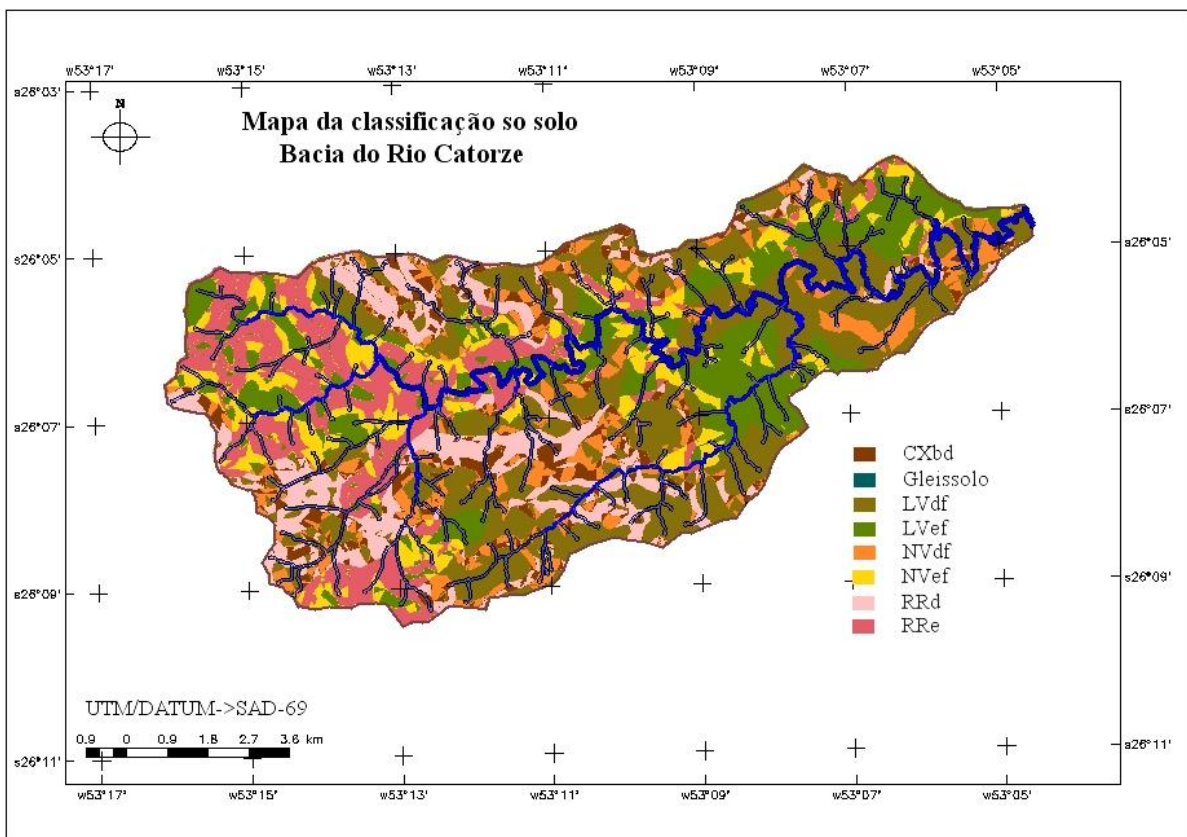


Figura 4 – Mapa de classes de solo obtido pela técnica de álgebra de mapas.

Após esse novo levantamento, com aumento no nível de detalhamento dos tipos e classes de solos da bacia, foi possível gerar o mapa de classificação do solo da bacia do rio Catorze, em uma escala de 1:50.000, conforme mostra figura 4.

Para apresentação dos resultados os solos da bacia foram cruzados com a declividade, segundo a classificação da Embrapa (2006), sendo que, para cada tipo de solo nessas declividades, os resultados obtidos são exibidos na tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos solos pela declividade da bacia hidrográfica do Rio Catorze.

Solo	Declividade						Total
	0 a 3%	3 a 8%	8 a 12%	12 a 16%	16 a 20%	20 a 150%	
LVdf	1829,87	528,54	799,24	00,00	00,00	00,00	3157,65
NVdf	00,00	00,00	113,87	847,20	00,00	00,00	961,07
CXbd	00,00	00,00	00,00	00,00	640,33	00,00	640,33
RRe	00,00	00,00	00,00	00,00	333,51	1299,46	1632,97
NVef	00,00	00,00	557,95	497,73	68,15	00,00	1123,83
RRd	00,00	00,00	00,00	00,00	00,00	1294,88	1294,88
LVef	1231,45	665,82	00,00	00,00	00,00	00,00	1897,27
Total	3061,32	1194,36	1471,06	1344,93	1041,99	2594,34	10708,00

Segundo a tabela 1 o Latossolo ocupa 5057,18 ha da área total da bacia dividido em Latossolo Vermelho Distroférico (LVdf) com 3159,91 ha e Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) com 1897,27 ha, sendo o solo mais abrangente dentre os demais. Nota-se que sua representação quanto à porcentagem de 47,22% da área total.

Fazendo o seu cruzamento quanto às diferentes declividades e a sua distribuição ao longo da bacia, é perceptível que ele encontra-se presente nas declividades mais baixas de 0 a 3% com 1832,13 ha, de 3 a 8% 528,54 ha, e de 8 a 12% 799,24 ha para LVdf e de 0 a 3% 1231,45 ha, de 3 a 8% 665,82 ha para LVef.

Perante os dados da tabela 1, os Nitossolos ocupam 2084,90 ha da área de abrangência da bacia representando 19,47% da área total da bacia e está presente nas declividades de 8 a 16% para o Nitossolo Vermelho distroférico e de 8 a 20% para a subclasse Nitossolo Vermelho Eutroférico.

Os Cambissolos representam uma pequena parcela do território da bacia 5,98% da área total com 640,33 ha. E está presente nas declividades de 16 a 20%.

Já os Neossolos Regolíticos quando comparados a quantidade de área que ocupada na bacia, temos o valor de 2927,85 ha, divididos em Neossolos Regolíticos eutróficos com 1632,97 ha e Neossolos Regolíticos distróficos com 1294,88 ha. Representam juntos 27,33% do total dos solos da bacia hidrográfica do rio Catorze presentes principalmente nas declividades 16 a 20% e também entre 20 a 100%.

4. Conclusões

Através dos caminhamentos de campo, da análise de amostras coletadas, da caracterização de perfis e da Carta de Solos MIR – 516, SG-22-Y-A, E:1:250000, concluiu-se que as grandes ordens de solos encontradas na bacia são: Latossolos, Cambissolos, Nitossolos e Neossolos.

Latossolos são solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico. São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e tem capacidade de troca de cátions da fração argila baixa inferior a 17 cmolc/kg de argila sem correção para carbono, comportando variações desde solos predominantemente caulíníticos, com valores de Ki mais altos, em torno de 2,0, admitindo o máximo de 2,2, até solos oxídicos de Ki

extremamente baixo. Variando de fortemente a bem drenados, embora ocorram solos que têm cores pálidas, de drenagem moderada ou até mesmo imperfeitamente drenada, indicativa de formação em condições, atual ou pretérita, com certo grau de gleização Embrapa (2006).

Nitossolo compreendendo solos constituídos por material mineral, com horizonte B nítico, textura argilosa ou muito argilosa (teores de argila maiores que 350 g/kg de solo a partir do horizonte A), estrutura em blocos sub-angulares ou angulares, ou prismáticas, de grau moderado ou forte, com serosidade expressiva nas superfícies dos agregados. Estes solos apresentam horizonte B bem expresso em termos de grau de desenvolvimento de estrutura e cerosidade, com gradiente textural menor que 1,5. Nos Nitossolo Brunos, admite-se que a superfície dos agregados seja pouco reluzente (superfícies de compressão), mas os perfis devem apresentar aspecto característico de fendilhamento, indicativo de alta expansão e contração pelo umedecimento e secagem do material de solo, pelos altos teores de argila Embrapa (2006).

Cambissolos compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial, desde que em qualquer dos casos não satisfaçam os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes Vertissolos, Chernossolos, Plintossolos, Organossolos. Têm sequência de horizontes A ou hístico, Bi, C, com ou sem R. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno - amarelada até vermelho escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila Embrapa (2006).

Neossolos Regolíticos compreendem solos constituídos por material mineral, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem, como maior resistência ao intemperismo ou composição químico-mineralógica, ou por influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos Embrapa (2006).

A partir do estudo realizado, foi possível através dos mapas hipsométricos de declividade e a carta de solos existentes em escala 1:250.000, ampliar os detalhes pedológicos existentes na área de estudo e, assim, qualificar, de forma significativa os tipos de solo existentes na bacia hidrográfica do rio Catorze. O método utilizado para este mapeamento do solo mostrou-se eficiente, com possibilidades de utilização em áreas maiores e/ou mapas de maior escala.

Conhecendo os tipos de solos da bacia e as formas de uso utilizadas, é possível detectar os conflitos existentes entre a utilização atual e as reais potencialidades de uso do solo. Os erros no uso e manejo do solo geram danos e perdas ambientais e econômicas, empobrecendo o solo. Portanto, é necessário cumprir as restrições de cada tipo de solo de forma a adentrar em um desenvolvimento sustentável.

Referências Bibliográficas

BRAGA, E. L.; LEITE, F. A. B. **Mapeamento de Solos Utilizando Técnicas de Geoprocessamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Natal, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR. **Carta de Solos do Estado do Paraná** Folha MIR – 516, SG-22-Y-A, E Londrina: EMBRAPA e IAPAR:1:250.000, 2008.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed, Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

IPPOLITI, G. A. **Análise digital do terreno**: ferramenta na identificação de pedoformas em microbacia na região de "Mar de Morros". **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. ed. 29. p. 269-276. 2005.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Campinas ":" SBCS-Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e SNLCS-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1984.

LUCENA, I. S. **Projeto de interfaces para álgebra de mapas em geoprocessamento no ambiente SPRING**. 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais "INPE", São José dos Campos, 1998.

MANUAIS SPRING. **Caderno de conceitos SPRING**. Disponível em <<http://www.dgi.inpe.br>> no pacote de *download* do SPRING. 5.1.5 Acesso em 01/03/2010.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO BRASILEIRO – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro; **Carta Salgado Filho**. Folha SG 22 Y A II (MI- 2861/1), escala 1:50.000, 1980.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO BRASILEIRO – Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro; **Carta Francisco Beltrão**. Folha SG Y A II (MI-2861/2), escala 1:50.000, 1982.

SANTOS, R. D. *et al.* **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2005.

SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. Integrating remote sensing and - GIS by object-oriented data modelling. In: CAMARA G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p.395-403, May-Jun, 1996.

TOMAZONI, J. C; GUMARÃES, E. Determinação da Capacidade de Uso Agrícola do Solo de Bacia Hidrográfica através da Sistematização da EUPS no Spring. **Revista Geociências**. v. 26, n. 4, 2008

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. N. F. **Manual de Morfologia e Classificação de Solos**. 2 ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 1983.