

UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS PARA OBTENÇÃO DAS CARTAS DE SOLO E DE DECLIVIDADE DO MUNICÍPIO DE BANDEIRANTES-PR.¹

Teresinha E. da Silveira Reis²
Omar Neto Fernandes Barros³
Luiz Carlos Reis⁴

RESUMO: O desenvolvimento sustentável tem como um de seus alicerces o uso racional dos recursos naturais. A análise de situações ambientais e a interpretação dos levantamentos de solos proporcionam as bases para estabelecer o seu potencial de uso. Por sua vez, as técnicas de geoprocessamento tornam disponíveis procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre as entidades do meio ambiente. Com o objetivo de analisar a interação solo paisagem, trabalhou-se com o mapa de solos, escala 1:300.000, carta elaborada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), escala 1:50.000, folhas MI 2760-1, MI 2760-2, MI 2760-3 e MI 2760-4 e Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING). O mapa de solos foi inserido no sistema através do scanner de mesa e os polígonos foram digitalizados via tela, modo passo, ajustados e poligonalizados. A carta clinográfica foi obtida a partir da digitalização em tela, das linhas correspondentes às curvas de nível, com equidistância vertical de 20 m. Verificou-se que aproximadamente 70% da área do município apresenta declives \leq a 13%, caracterizando relevo plano, ondulado e moderadamente ondulado e o solo predominante é o Nitossolo. O uso de técnicas de geoprocessamento e sistema de informações geográficas permitiram melhor entendimento da relação solo-paisagem.

Palavras-chave: interação solo-paisagem, geoprocessamento

USE OF A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO OBTAIN MAPS OF SOIL AND STEEPNESS FOR THE MUNICIPAL DISTRICT OF BANDEIRANTES-PR

ABSTRACT: The sustainable development has as one of its foundations the rational use of the natural resources. The analysis of environmental situations and the interpretation of the soil surveys is the basis to establish its potential use. By its turn, geoprocessing techniques make available procedures allowing the detailed investigation of relationships among the entities of the environment. Having the objective of analysing the interaction soil-landscape, it was worked with the soil map in a scale 1:300.000, map elaborated by IBGE (Statistical and Geographic Brazilian Institute), scale 1:50.000, sheets MI 2760-1, MI 2760-2, MI 2760-3 and MI 2760-4 and with geographic information system (SPRING 3.6.03). The soil map was inserted in the system through the table scanner and the polygons were digitized through screen, way step, and subsequently adjusted. The clinographic map was obtained starting from the digitizing in screen, way step, of the corresponding lines of the level curves, with vertical distance of 20 m. It was verified that approximately 70% of the municipal district area presents slopes below to 13%, characterizing plan, undulated and moderately undulated areas. The soil predominant is Nitossolo. The use of geoprocessing techniques through a geographic information system, allowed better understanding in the relationship soil-landscape.

Key-words: soil-landscape, geoprocessing

¹ Parte da tese de doutorado do 1º autor

² Docente da Faculdade "Luiz Meneghel" – Unespar. e-mail: reis@ffalm.br

³ Docente do Departamento de Geociências, CCE, Universidade Estadual de Londrina. e-mail: onbarros@uel.br

⁴ Docente da Faculdade "Luiz Meneghel" – Unespar. e-mail: reis@ffalm.br

INTRODUÇÃO

A utilização racional dos recursos naturais está intimamente relacionada com seu potencial de uso. Para tal, é fundamental o conhecimento de tais recursos e, no caso específico de solos, a interpretação dos levantamentos de solos é extremamente importante. Fasolo (1996) salienta que o potencial dos solos deveria ser sempre discutido antes da implantação de qualquer projeto ou de qualquer decisão de utilização de uma determinada área. O mesmo autor enfatiza a maneira através da qual as características das unidades de solo afetam seu uso. A pressão para o uso da terra, em certas regiões, tem levado os agricultores a sobreutilizar este recurso, tendo como consequência a sua degradação.

A análise de diversas situações ambientais, como situação de risco, potenciais de uso, necessidade de proteção, zoneamento ambiental entre outras, permite caracterizar um ambiente de uma forma diretamente voltada para a utilização racional dos recursos físicos, bióticos e sócio-econômicos nele disponíveis. Através do uso do geoprocessamento tornam-se disponíveis, para análise geomorfológica, procedimentos que permitem a investigação detalhada de relacionamentos entre entidades pertencentes a um ambiente (XAVIER DA SILVA, 2000).

A grande diversidade de solos na paisagem deve-se à ação conjunta dos fatores clima, material de origem, relevo, organismos e tempo. O clima determina a velocidade do intemperismo; o relevo influencia a dinâmica da água no perfil; o material de origem está relacionado com atributos químico, granulométrico, morfológico e mineralógico; os organismos atuam na diferenciação dos horizontes; e o tempo define o quanto à ação do clima e dos organismos atuaram sobre o material de origem (PRADO, 2001; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999).

Segundo Ramalho Filho (1995), de modo geral a avaliação das condições agrícolas das terras é feita em relação aos fatores limitantes com seus respectivos graus de limitação, tais como: a) deficiência de fertilidade, onde se analisa a disponibilidade de macro e micronutrientes; b) deficiência de água, na qual observa-se a quantidade de água armazenada no solo, possível de ser aproveitada pelas plantas e que está na dependência de condições climáticas e condições edáficas; c) excesso de água ou deficiência de oxigênio, neste caso relaciona-se à drenagem natural do solo que é resultante da interação de fatores relacionados à precipitação, evapotranspiração, relevo e propriedades do solo. Estão incluídos na análise os riscos, a frequência e a duração das inundações possíveis de ocorrerem; d) susceptibilidade à erosão, que se refere ao desgaste que a superfície do solo poderá sofrer, quando submetida a qualquer uso, sem medidas conservacionistas. Está na dependência das condições do solo, como textura, estrutura, permeabilidade, profundidade,

capacidade de retenção de água, presença ou ausência de camada compactada e pedregosidade, climáticas, relevo e cobertura vegetal; e) impedimento à mecanização, onde a extensão e forma das pendentes, condições de drenagem, profundidade, textura, tipo de argila, pedregosidade e rochosidade superficial, condicionam o uso ou não de mecanização.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo localiza-se nas coordenadas 50°29'44,08" - 50° 09'42,56" W e 23° 17'5.10" - 23° 00'58.40" S. Pela classificação de Köppen, o clima é Cfa, ou seja, subtropical úmido, mesotérmico com verão quente, estiagem no inverno, média de 30 mm no mês mais seco e geadas menos freqüentes. A precipitação média anual é de 1.300mm.

De acordo com o Levantamento de Reconhecimento de Solos do Nordeste do Paraná (BRASIL, 1971), a região de estudo situa-se no terceiro planalto paranaense, fazendo divisa com o segundo planalto através da escarpa (Serra) da Boa Esperança, região de relevo mais movimentado (divisa com o município de Santo Antonio da Platina). O terceiro planalto apresenta uma geologia uniforme caracterizada pela presença de extensos lençóis de lavas de origem vulcânica que constituem o Trapp do Paraná. Em virtude da uniformidade geológica e à pequena variação climática, os solos são muito homogêneos, encontrando-se extensas áreas com o mesmo padrão pedológico.

Os solos característicos da região de estudo, conforme levantamento realizado por Brasil (1971) são: 1) LRe1: nesta unidade de mapeamento tem-se o Latossolo Roxo eutrófico com A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo suave ondulado a praticamente plano. Pela classificação atual corresponde ao Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA,1999); 2) LRe2: corresponde à associação do Latossolo Roxo eutrófico com A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado a praticamente plano e Terra Roxa Estruturada eutrófica com A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado, que atualmente correspondem ao Latossolo Vermelho eutroférico e Nitossolo eutroférico, respectivamente (EMBRAPA, 1999); 3) TRe: Terra Roxa Estruturada eutrófica com A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia, relevo ondulado, que corresponde ao Nitossolo eutroférico; 4) BV2: Associação Brunizem Avermelhado, raso textura argilosa pedregosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado + Solos Litólicos eutróficos com A chernozêmico, textura médio pedregoso, fase floresta tropical subcaducifólia, relevo forte ondulado e montanhoso (substrato rochas eruptivas básicas). Tais solos, segundo Embrapa (1999) correspondem a Chernossolos e Neossolos litólicos, respectivamente; 5) BV3: Associação Brunizem Avermelhado raso, textura argilosa pedregosa fase floresta subperinifólia relevo

forte ondulado + Solos Litólicos eutróficos com A chernozêmico, textura média pedregosa fase floresta tropical subcaducifólia relevo forte ondulado e montanhoso (substrato rochas eruptivas básicas) + Terra Roxa Estruturada eutrófica com A chernozêmico, textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo ondulado e forte ondulado. Por se tratarem de solos em associação, será mantida neste trabalho a legenda adotada pelo levantamento de reconhecimento de solos.

O mapa de solos foi inserido no sistema de informações geográficas via scanner de mesa, e após registro foi digitalizado.

Conforme INPE (1999), digitalização é um processo que permite converter dados espaciais do meio analógico para o digital. Para tal, pode-se optar pelo modo passo, onde se digitaliza ponto a ponto, ou modo contínuo, onde se acompanha a feição com o mouse continuamente. Neste caso, é necessário definir o fator de digitalização que corresponde ao intervalo de cada ponto. A digitalização dos polígonos foi realizada via tela, modo passo, através da edição vetorial, onde cada polígono foi digitalizado percorrendo seus limites. Posterior à digitalização, procedeu-se ao ajuste, etapa que possibilita a conexão das extremidades dos arcos. A etapa seguinte ao ajuste é a poligonalização, onde se estabelece a relação topológica entre os polígonos. Após ajuste e poligonalização, o plano de informação referente a solos foi obtido com a associação de cada polígono e sua respectiva unidade de classificação. O mesmo procedimento foi adotado para a obtenção dos planos de informação referentes aos fatores limitantes, tais como deficiência de fertilidade, água, oxigênio, susceptibilidade a erosão e impedimento à mecanização. As classes de limitação adotadas são aquelas preconizadas por Ramalho Filho (1995). A representação inicial obtida é vetorial, onde se tem uma representação mais fiel do objeto de estudo. No entanto, a representação matricial permite que operações de análise geográficas sejam mais eficientes. Por este motivo, procedeu-se à transformação do formato vetorial para formato varredura, apesar de se ter perda na precisão, uma vez que, neste processo, as bordas são discretizadas conforme resolução da imagem de saída.

A carta clinográfica foi obtida a partir das cartas elaboradas pelo IBGE, escala 1:50.000, projeção UTM, datum vertical: Imituba (SC) e Horizontal SAD 69, folhas MI 2760-1, MI 2760-2, MI 2760-3 e MI 2760-4, uma vez que o município de Bandeirantes apresentava parte de suas divisas em tais folhas. Após a inserção da base cartográfica através do scanner e registro das mesmas, as linhas correspondentes às curvas de nível, com equidistância vertical de 20 m, foram digitalizadas em tela, modo passo, no modelo numérico de terreno (MNT). Um modelo numérico de terreno é uma representação matemática da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real. No processo de modelagem numérica há três fases: aquisição de dados,

geração de grades e elaboração de produtos representando as informações obtidas. Na primeira fase, a aquisição de dados foi realizada através da digitalização, em tela, das isolinhas com suas respectivas cotas. Na segunda etapa, optou-se pela geração da grade triangular. É importante ressaltar que as aplicações ou produtos de MNT não são elaborados sobre os dados amostrados, mas sim dos modelos gerados sobre as grades retangulares ou triangular. Na terceira etapa, ou seja, elaboração de produtos, obteve-se a carta clinográfica, conforme classes de declive preconizadas por Ramalho Filho (1995).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme o levantamento de solos, a região do município de Bandeirantes, encontra-se no terceiro planalto, porém a região sul do município está muito próxima da Escarpa da Serra da Boa Esperança, limite entre o segundo e o terceiro planaltos. Na carta clinográfica é possível observar que esta região apresenta relevo relativamente mais acidentado. A morfologia da paisagem do terceiro planalto é determinada pelas formas de mesetas recortadas do nível geral dos derrames e pelas formas levemente onduladas com chapadas de encostas leves. Já próximo a Serra da Boa Esperança, o relevo apresenta-se mais acidentado onde se encontram mesetas isoladas e cadeias de mesetas com restos de sedimentos triássicos, sills, diques e capas de rochas eruptivas básicas (BRASIL, 1971). Na Figura 1 tem-se uma visão geral da situação do relevo, onde os valores de altitude variam de 360 m a 640 m, aproximadamente.

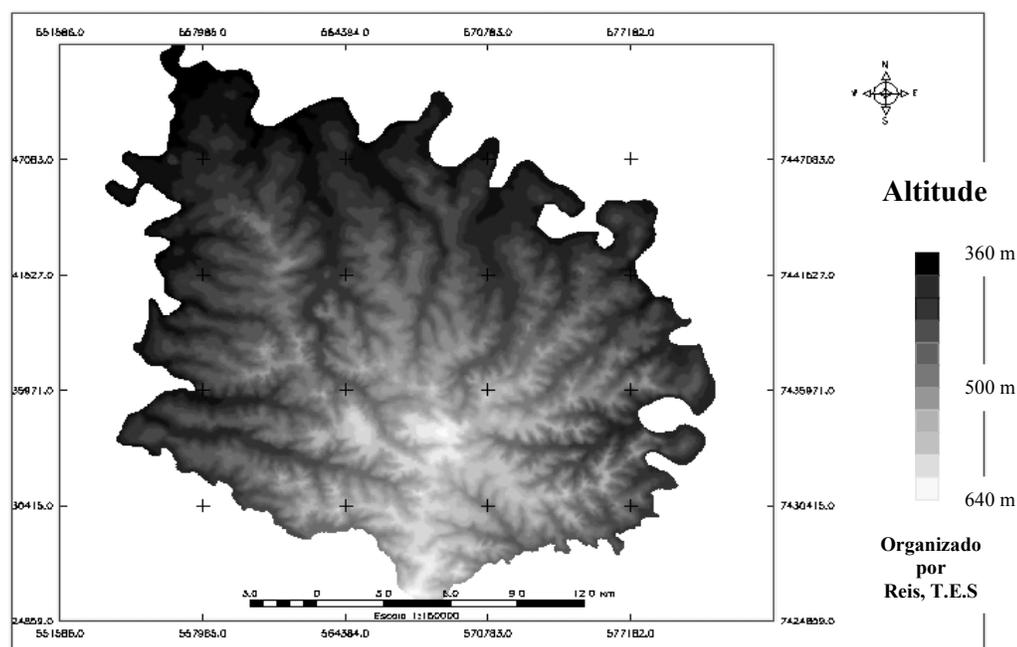


Figura 1 - Imagem gerada a partir da grade TIN referente ao relevo do município de Bandeirantes-Pr.

Para a elaboração do plano de informação referente ao relevo da região, foi necessária a digitalização uma a uma, das curvas de nível e também dos pontos de altitude observados na carta do IBGE. O mapa hipsométrico da região não pode ser obtido com os dados digitalizados, e sim a partir de uma grade elaborada através dos mesmos. Esta grade pode ser grade regular retangular ou grade irregular triangular. Assad et al (1998) utilizaram a grade regular para a espacialização de dados referentes ao balanço hídrico de uma determinada cultura. Tornero et al (2001) também trabalharam com a grade regular para a obtenção da carta clinográfica. Porém, segundo vários outros autores (Câmara e Medeiros, 1998; INPE, 1999 e Felgueiras, 2001), a grade triangular, também conhecida como “Triangular Irregular Network – TIN”, permite maior precisão na análise quantitativa dos dados, e são normalmente melhores para representar as feições do relevo, pois capturam a complexidade do relevo sem a necessidade de grande quantidade de dados. É uma estrutura do tipo vetorial com topologia do tipo nó-arco e representa uma superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas, onde para cada um dos vértices têm-se as coordenadas de localização e o atributo correspondente, no caso a altitude. O número de redundâncias é bastante reduzido se comparado à grade retangular, uma vez que a malha é mais fina em regiões de grandes variações e mais espaçada em regiões quase planas. No entanto, a grade regular é mais adequada para a visualização em terceira dimensão e o esforço computacional é menor.

Em geral, segundo Felgueiras (2001), o algoritmo utilizado para a obtenção da grade TIN é a triangulação de Delaunay, a qual baseia-se em uma malha que conterà triângulos o mais equiláteros possível, evitando a formação de triângulos com ângulos muito agudos, adotando o critério da maximização dos ângulos mínimos. As discontinuidades da superfície podem ser modeladas através de linhas e pontos característicos. Antes da geração da grade, o sistema analisa o conjunto amostral e pré-estabelece critérios para a triangulação. Observou-se a necessidade de refinamento da grade para se obter melhores resultados na representação do relevo. Esta grade tem a vantagem de utilizar os próprios pontos amostrados para modelar a superfície, sem a necessidade de qualquer tipo de interpolação sobre os mesmos. A desvantagem da grade irregular é que os procedimentos para obtenção de dados derivados destas grades tendem a ser mais complexo e, conseqüentemente, mais demorados que os da grade retangular.

A Tabela 1 e a Figura 2 retratam as classes de declive e distribuição na área de estudo.

Tabela 1 – Classes de declive com suas respectivas áreas e percentual de distribuição no município de Bandeirantes-PR.

Classes de declividade	Área (km ²)	Área (ha)	%
0 - 3% (Plano)	159,9027	15.990,27	36,3
3 - 8% (Suave ondulado)	52,8604	5.286,04	12,0
8 - 13% (Mod. Ondulado)	92,0687	9.206,87	20,9
13 - 20% (Ondulado)	81,0531	8.105,31	18,4
20 - 45% (Forte ondulado)	51,5387	5.153,87	11,7
45 - 100% (Montanhoso)	3,0812	308,12	0,7

A classe de declive superior a 100% apresentou área substancialmente pequena de apenas 7,0 ha e por isto este é de difícil observação na Figura 2.

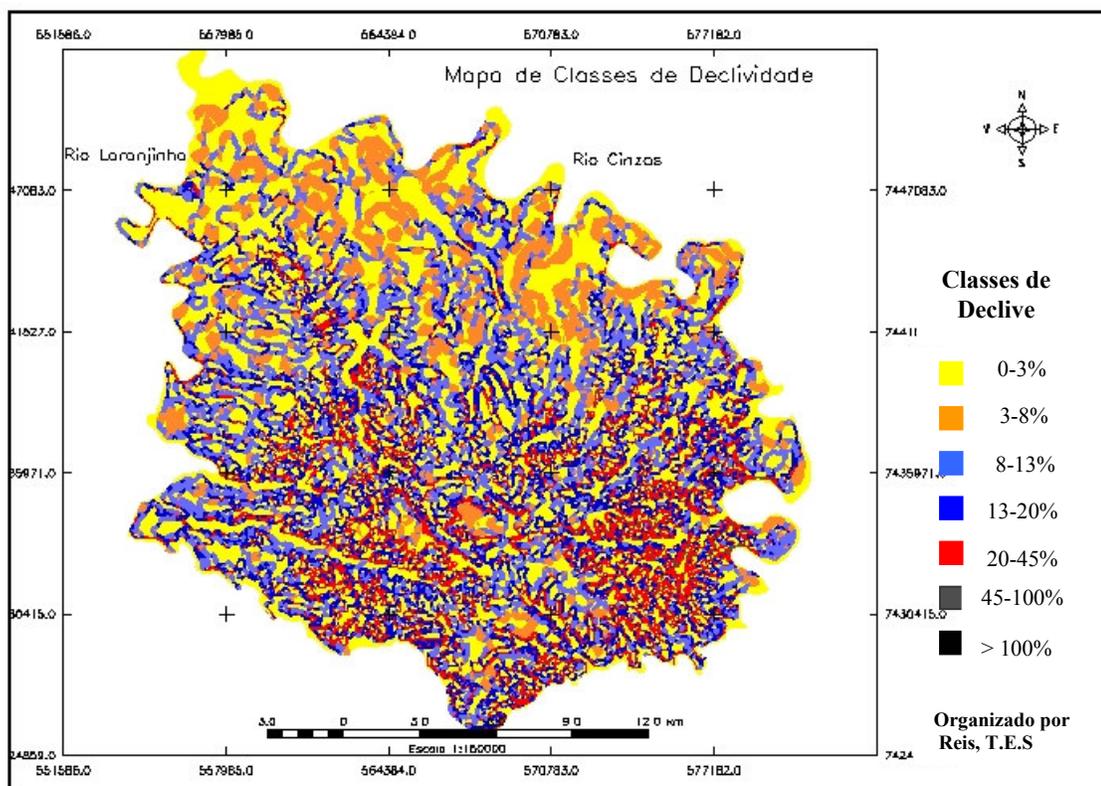


Figura 2 – Mapa de classes de declive do município de Bandeirantes-PR.

Um dos produtos do modelo numérico do terreno (MNT) é a visualização do perfil de uma determinada linha que descreve a elevação dos pontos (valor de z) ao longo da mesma. Este aplicativo é realizado sobre dados do modelo numérico (grades ou isolinhas) no formato raster, expondo-se em um gráfico o valor de z (cotas) equivalente aos

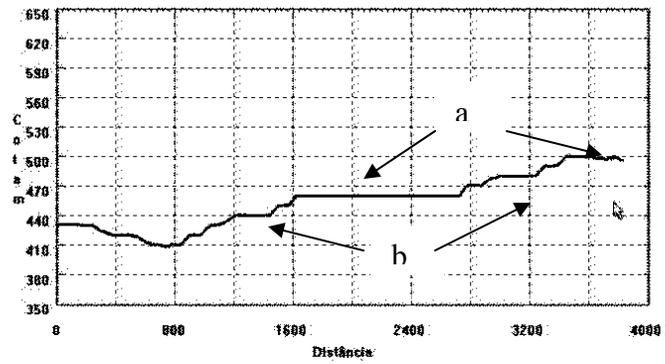
pontos que definem a trajetória. A Figura 3 representa a visualização, em perfil, de trajetórias previamente escolhidas sobre unidades do mapeamento de solo caracterizadas na Figura 4, com o intuito principal de relacionar classes de declive com as prováveis inclusões de manchas de solos, que foram apenas citadas na descrição geral das unidades e não mapeadas em função da escala do levantamento de solos. Esta observação foi possível, pois de acordo com Prado (2001) a distribuição dos solos na paisagem obedece a uma tendência na toposequência.

A Figura 2 e Tabela 1, referentes ao relevo da região, demonstram a distribuição das classes de declive, onde se observou que 36% da região encontra-se em relevo plano ou praticamente plano. Tal relevo é típico de alguns tipos de solos, como por exemplo, latossolos. No entanto, esta unidade de solo, corresponde a aproximadamente 12% da área mapeada, conforme Figura 4 e Tabela 2.

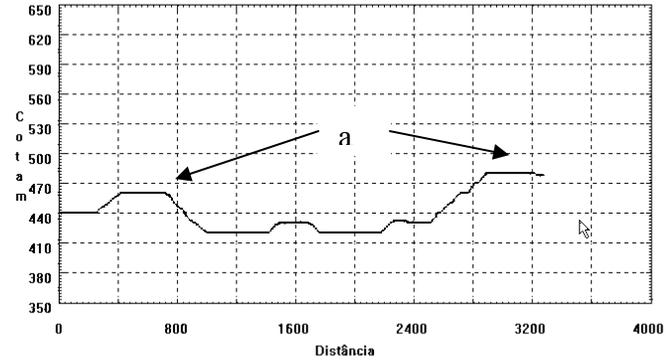
Tabela 2 – Classe de solos, com as respectivas áreas e percentual de distribuição no município de Bandeirantes-Pr.

Classes	Área Km ²	%
LRe1	44,59	10,1
LRe2	7,48	1,7
TRe	274,96	62,4
BV2	66,79	15,1
BV3	46,66	10,6

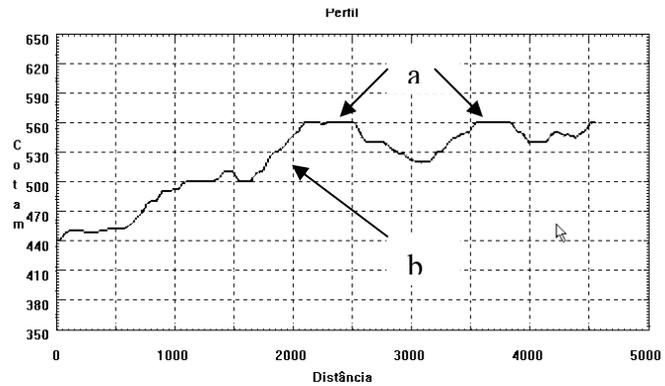
De acordo com Brasil (1971), LRe1 corresponde a Latossolo Roxo eutrófico com A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifólia relevo suave ondulado e praticamente plano. Pela classificação atual corresponde a Latossolo Vermelho eutroférico (EMBRAPA,1999). Algumas inclusões foram verificadas tais como: TRe, LRe e LRd1 (Nitossolo eutroférico, Latossolo Vermelho e Latossolo distroférico). O relevo predominante é suave ondulado podendo apresentar pendentes pouco declivosas, vales fechados e com Nitossolo Vermelho eutroférico (TRe), ocupando seu terço inferior, ou pendentes mais longas e muito suave, com vales abertos, muitas vezes sem Nitossolo próximo. São solos de alta fertilidade natural. O LRe2 corresponde à associação Latossolo Vermelho eutroférico + Nitossolo eutroférico. De forma geral, observou-se que na paisagem, o latossolo ocupa as partes mais elevadas da paisagem, onde o relevo é suave ondulado com declives suaves e o Nitossolo é encontrado nas meias encostas e nos sopés das elevações, em relevo ondulado e com pendentes mais acentuadas.



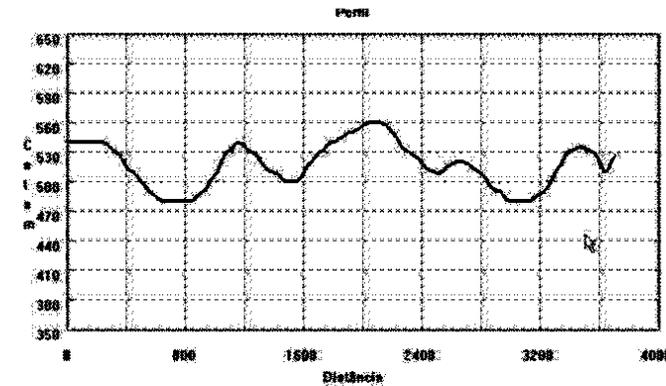
(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 3 – Perfil das principais unidades de solos mapeadas do município de Bandeirante-Pr. A)= Latossolo ; (B)= Nitossolo; (C)= BV2 e (D) = BV3

Na descrição geral das unidades de solos fez-se menção às manchas de inclusão de outros tipos de solos. Considerando que a escala da base cartográfica para obtenção das classes de declive ser maior do que aquela referente ao mapa de solos, a análise do relevo nos transectos (Figura 3) e a tabulação cruzada dos planos de informação (Tabela 3) permitiram inferir na posição destas manchas.

No caso de LRe1 mencionou-se a inclusão de outros tipos de latossolo e de Nitossolo eutrófico. Na Figura 3 (A), em (a) tem a posição provável dos latossolos e em (b) a posição provável de Nitossolo, uma vez que, conforme descrição anterior, este ocupa o terço inferior das pendentes mais declivosas da unidade. É provável que em outras unidades de solo nesta classe de declive haja latossolo, como é o caso da área referente ao Nitossolo retratado na Figura 3 (B).

Para as classes de declives suave ondulado a moderadamente ondulado, declives de 3 a 8% e 8 a 13% respectivamente, tem-se aproximadamente 33% da área. Conforme Tabela 3, o Latossolo e Nitossolo têm forte presença nestas classes de declive. O Nitossolo é encontrado em 62% da área mapeada do município (Tabela 2) e ao confrontar o mapa das classes de declive (Figura 2) com o mapa de solos (Figura 4), observou-se que esta unidade ocupa as mais variadas declividades, conforme descrito na Tabela 3. Na descrição geral desta unidade (BRASIL, 1971), tem-se Nitossolo eutrófico (Terra Roxa Estruturada eutrófica) com A moderado textura argilosa fase floresta tropical subperenifólia relevo suave ondulado e ondulado. São solos profundos, formados a partir de rochas eruptivas básicas com seqüência de horizontes A, B, C, pouco diferenciados e com transições geralmente graduais. Possuem coloração arroxeada, sendo porosos e bem drenados. Como inclusões ocorrem Latossolo (LRe 1), Chernossolos e (Brunizem), Nitossolo (TRe) com horizonte A chernozêmico e Neossolos litólicos (Solos Litólicos Eutróficos) com A chernozêmico (substrato rochas eruptivas básicas). A localização das manchas de inclusões está diretamente relacionada com a configuração do relevo. Na Figura 3(B) tem-se o perfil característico desta unidade e em (a) a provável posição de Latossolo (LRe).

O perfil (Figura 3 C e 3 B) e o mapa de classes de declive (Figura 2) evidenciam a presença de relevo acidentado referente às unidades de associação descrita como BV2 e BV3. BV2, que conforme Brasil (1971), corresponde à associação Brunizem Avermelhado raso textura argilosa pedregosa fase floresta tropical subperenifólia relevo forte ondulado + Solos Litólicos eutróficos com A chernozêmico textura médio pedregoso fase floresta tropical subcaducifólia relevo forte ondulado e montanhoso (substrato rochas eruptivas básicas). São de fertilidade natural elevada, pois são poucos evoluídos, possuindo abundante

quantidade de minerais primários de fácil decomposição, além de a rocha originária estar próxima da superfície, o que facultaria alta reserva mineral. A deficiência de água é um dos fatores que limitam seu uso para a agricultura, pois a profundidade dos mesmos não permite o armazenamento de uma quantidade suficiente de água para as plantas. O excesso de água não é problema, pois o relevo não permite acúmulo de água. Devido ao relevo forte montanhoso o controle da erosão é difícil. De forma geral e do ponto de vista de sua ocorrência dentro da paisagem, Brasil (1971) verificou que os Litólicos ocupam predominantemente os topos, e os Brunizem as meias encostas, correspondendo, aproximadamente, a 50% da área mapeada para cada componente da associação. Na Figura 3 (C), em (a) tem a posição dos litólicos e em (b) do Brunizem.

A unidade de mapeamento BV3 corresponde à associação Brunizem Avermelhado raso, textura argilosa pedregosa fase floresta subperinifolia relevo forte ondulado + Solos Litólicos eutróficos com A chernozêmico, textura média pedregosa fase floresta tropical subcaducifolia relevo forte ondulado e montanhoso (substrato rochas eruptivas básicas) + Terra Roxa Estruturada eutrófica com A chernozêmico, textura argilosa fase floresta tropical subperinifolia relevo ondulado e forte ondulado. Esta associação é parecida com o ocorrido no BV2, porém tem como fator de diferenciação a presença da Terra Roxa Estruturada. Do ponto de vista de ocorrência na paisagem, os solos litólicos ocorrem nos topos dos morros, os brunizem ocorrem na meia encosta e a terra roxa nas encostas inferiores dos morros e elevações. Cada um dos elementos desta associação concorre em proporção igualitária. A Figura 3 (D) demonstra o perfil desta unidade. Aproximadamente 31% das terras do município encontram-se em relevo ondulado a montanhoso, referentes a classes de declive > 13%.

Com a finalidade de reforçar a caracterização da distribuição dos solos em relação ao relevo, efetuou-se a tabulação cruzada dos planos de informação (PI) referentes a solo e classe de declive. Este dispositivo, conforme INPE (1999), permitiu calcular a área das intersecções entre as classes de dois PI temáticos. A tabulação cruzada compara as classes de dois planos de informações, determinando a distribuição de suas intersecções. A Tabela 3 evidencia esta distribuição. Convém ressaltar que os dados demonstrados nesta tabela foram obtidos em ambiente computacional, não ocorrendo nenhum levantamento de campo para aferir tais resultados.

Tabela 3 – Percentuais de associações entre classes de declive e unidades de mapeamento de solo

Declive (%)/ solo	LRe1	LRe2	TRe	BV2	BV3
0-3	37,4	32,5	37,7	32,9	30,5
3-8	19,2	1,8	14,2	3,9	4,4
8-13	25,5	19,9	22,2	15,8	15,8
13-20	12,8	26,6	16,6	24,8	24,3
20-45	4,7	18,5	8,7	20,9	22,6
45-100	0,2	0,8	0,5	1,6	1,7

Na Tabela 3 observa-se que aproximadamente um terço das unidades de solo encontram-se na classe de declive de 0 a 3%. Para o LRe1 observa-se que 95% encontra-se em declives de até 20%, estando assim distribuídos: 37,4% encontra-se em relevo plano, 19,2% em relevo suave ondulado, 25,5% em relevo moderadamente ondulado e 12,8% em relevo ondulado. LRe2 apresentou 32,5% de sua ocorrência em relevo plano, 19,9% em relevo moderadamente ondulado, 26,6% em ondulado e 18,5% em relevo forte ondulado. Esta última ocorrência acredita-se que se deve à proximidade com BV2 e BV3 e à escala de mapeamento de solo. Para Nitossolo (TRe) 90% de sua ocorrência foi observada em relevo plano a ondulado. Estando assim distribuídos: 37,7% em relevo plano, 14,2% em suave ondulado, 22,2% em relevo moderadamente ondulado e 16,6% em ondulado. Para a associação caracterizada por BV2, conforme descrição realizada por Brasil (1971), esta unidade caracteriza-se por apresentar solos Brunizem e Litólico, este último ocorre nos topos e os Brunizem nas meias encostas. Conforme Figura 3 C, os litólicos ocupam relevo mais suave enquanto que o Brunizem ocupa relevo mais acidentado. Na descrição atribuiu-se em 50% de ocorrência para cada um deles e na Tabela 3 observou-se que 32,9% desta associação ocorre em relevo plano. Pode-se inferir corresponder a solos litólicos. Na associação BV3, a distribuição quanto às classes de declive foi semelhante à observada em BV2. Porém, a presença de TRe dificultou a provável posição das inclusões de solos na Figura 3 (D).

Prado (2001), ao sintetizar os tipos e levantamento de solos, salienta que estudo de reconhecimento, como é o caso do levantamento de solos disponível para a região, tendo com base cartográfica material na escala 1:100.000 permitem apenas a estimativa qualitativa do recurso solo, associação ou unidades simples de grandes grupos de solos, tendo áreas mínimas mapeadas polígonos de até 2.250 ha. Para recomendações e previsões mais pormenorizadas, o ideal seria um levantamento detalhado do solo, por permitir maior pureza na gama de variações das unidades de mapeamento.

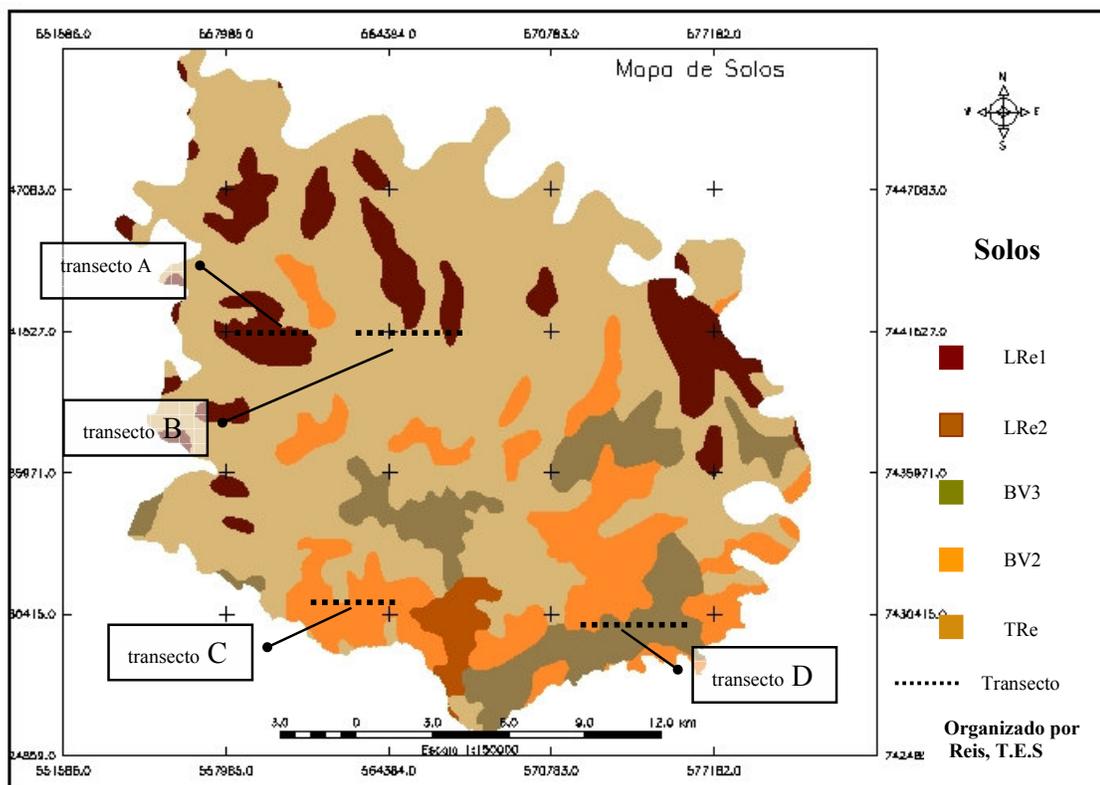


Figura 4 – Unidades e associações de solos observadas no município de Bandeirante-PR e os locais onde se efetuou o estudo do transecto de cada unidade de descrição. (A) refere-se a Latossolo, (B) a Nitossolo (TRe), (C) a associação caracterizada por BV2 e (D) a associação caracterizada pelo BV3.

Fasolo (1996) salienta que o objetivo principal de um levantamento de solos é possibilitar interpretações e permitir previsões, uma vez que permite correlacionar e prever sua adaptabilidade para diversos usos, seu comportamento e produtividade sob diferentes manejos. A exemplo disto, ao analisar a unidade de mapeamento referente ao Latossolo Roxo eutrófico (Latossolo Vermelho eutrófico), pode-se deduzir que são solos profundos, com boa drenagem, friáveis, ou seja, boas condições de serem trabalhados com máquinas, apresentam avançado estágio de intemperismo, predominando óxidos de ferro e de alumínio e argilas do tipo 1:1. O caráter eutrófico indica alta fertilidade, com boa retenção de cátions, textura argilosa representa boa capacidade de retenção de água e maior resistência ao arraste de partículas por erosão. A floresta subperenifolia caracteriza solos com altos teores de matéria orgânica e clima com possibilidade de geada. Relevo suave ondulado indica boas condições para a mecanização. Para o caso da unidade TRe referente à Terra Roxa Estruturada eutrófica (Nitossolo eutrófico), apresenta boas condições de uso agrícola, porém situa-se em relevo mais acidentado que a unidade anterior. A associação BV2 e BV3

indicam solos com boa fertilidade natural, porém encontra-se em relevos que podem restringir a mecanização.

A estruturação dos dados de relevo e de solos num ambiente computacional possibilitou o cruzamento destas informações, adequando a escala de observação, mesmo estando a base cartográfica desta estruturação, em escalas discrepantes. A comparação entre estes dados ou a combinação de atributos relacionados a estes mapas quer seja através da visualização das unidades de solo em perfil ou das classes de declive em que se encontravam, permitiu melhor entendimento da relação solo-paisagem. Conforme Xavier da Silva (2000), para a investigação ambiental é extremamente importante a possibilidade de discretização eficiente do espaço geográfico. O mesmo autor enfatiza que o geoprocessamento sendo um conjunto de técnicas computacionais aplicadas sobre uma base de dados georreferenciados, que são transformados em informações relevantes, constitui uma importante ferramenta para análise ambiental.

CONCLUSÕES

Aproximadamente 70% da área do município apresenta declive igual ou inferior a 13%, caracterizando relevo plano, ondulado e moderadamente ondulado.

Os solos do município caracterizam-se por serem argilosos, derivados de rochas eruptivas básicas, sendo o Nitossolo predominante.

A investigação do relevo através de produtos derivados do MNT, juntamente com o cruzamento de informações extraídas do levantamento de solo, possibilitou melhor entendimento da distribuição dos solos na área de estudo, principalmente das manchas de inclusões que, por questão de escala de trabalho, não foram mapeadas.

O uso de técnicas de geoprocessamento através de um sistema de informação geográfica permitiu melhor entendimento na relação solo-paisagem.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; BEZERRA, H. S.; SILVA, S. C.; LOBATO, E.J.V. Uso de modelos numéricos de terreno na espacialização de épocas de plantio. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E., (ed.) **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.311 – 326.

BERTONI, J. **Conservação do solo**. Joaquim Bertoni, Francisco Lombardi Neto (ed). São Paulo: Ícone, 1999, 4ª edição.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica, Rio de Janeiro, R.J. **Levantamento de Reconhecimento**

dos Solos do Nordeste do Estado do Paraná (Informe preliminar). Curitiba, 1971.139 p. (Boletim Técnico, 16)

CÂMARA, G. & MEDEIROS, J.S. Mapas e suas representações computacionais. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E., (ed.) **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC,1998.p. 13-29.

FASOLO, P. J. Importância e uso dos levantamentos de solos e suas relações com o planejamento do uso da terra. In : CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (ed.) CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8 : Manejo integrado dos solos em microbacias hidrográfica : **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996, p.61-76.

FELGUEIRAS, C. A . Modelagem numérica do terreno. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V., (ed) **Introdução a Ciência da Geoinformação**. Cap.7, 38p. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/cursos/livro> >. Acesso em 30/08/2001

PRADO, H. **Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação e levantamento**. Hélio do Prado, 2. ed. rev. e ampl. Piracicaba: H.do Prado, 2001. 220p.:il.

RAMALHO FILHO, A. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. RAMALHO FILHO, A ., BEEK, K.J (ed) 3. ed. rev.Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1995, 65p.

RIBEIRO, F. L. & CAMPOS, S. Capacidade de uso da terra no alto Rio Pardo, Botucatu (S.P), através do sistema de informação geográfica. **Rev. Energia na Agricultura**, v.14 n.2, 1999, p.48-60.

TORNERO, M. T.; BARROS, Z. X.; STIPP, N. A . F. Carta clinográfica e ocupação do solo, obtida pelo sistema de informações geográficas (Sig), do município de Maringá-Pr. **Rev. Energia na Agricultura**, v. 16, n.2, 2001,p. 70-82.

VALÉRIO FILHO, M. & PINTO, S. A. F. Imagens orbitais aplicadas ao levantamento de dados do meio físico: contribuição ao planejamento de microbacias hidrográficas. In : CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (ed.) CONGRESSO BRASILEIRO E ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 8 : Manejo integrado dos solos em microbacias hidrográfica : **Anais...** Londrina: IAPAR, 1996, p.77-95.

XAVIER DA SILVA, J. Geomorfologia, análise ambiental e geoprocessamento. **Rev. Brasileira de Geomorfologia**, vol. 1, nº 1, 2000, p.48-58.

Quebra de página