

Determinação das Áreas de Risco de Erosão na Bacia do Córrego Monjolo Grande (SP), Através do Uso de um SIG.

Amandio Luís de Almeida Teixeira*
Myrian Cecília Rolim Prochnow**
Roberto Suarez***
Silvana Cardozo***

RESUMO

O presente trabalho emprega um Sistema de Informação Geográfica - SIG para o mapeamento das áreas de risco de erosão na Bacia do Córrego Monjolo Grande - SP, a partir da correlação entre a Suscetibilidade Natural à Erosão Laminar e o Uso da Terra.

ABSTRACT

The present work employs a Geographical Information System (GIS) in the mapping of the laminar erosion-risk area in the Monjolo Grande Brook Basin (São Paulo, Brazil) starting from the correlation between the Natural Susceptibility to the Laminar Erosion and Land Use.

* *Dpto. de Cartografia e Análise da Informação Geográfica IGCE - UNESP - Rio Claro-SP, Rua 10, Nº 2527.*

** *Dpto. de Geografia - IGCE - UNESP - Rio Claro-SP, Rua 10, Nº 2527.*

*** *Pós-graduandos em Geografia - IGCE - UNESP - Rio Claro-SP, Rua 10, Nº 2527.*

INTRODUÇÃO

Os últimos anos têm sido marcados pela introdução de técnicas computacionais na solução dos mais diversos problemas geográficos. Embora muito venha sendo feito em nível de desenvolvimento de novos sistemas, nota-se que sua aplicação não segue o mesmo ritmo.

É este o caso dos Sistemas de Informação Geográfica, técnica que por seu potencial desperta um grande interesse no meio científico.

Tais sistemas permitem vislumbrar um leque de aplicações bastante amplo nos diversos ramos das Geociências, oferecendo diferentes formas de abordagem, tratamento e apresentação de resultados dos problemas estudados.

Por outro lado, no Brasil, o uso efetivo do SIG na solução de problemas concretos está apenas começando. Tal situação retarda o aprimoramento tecnológico desses sistemas, bem como sua maior penetração entre os profissionais da área.

Dentre as áreas onde o uso do SIG apresenta maiores possibilidades de sucesso, pode-se destacar a Ambiental. A necessidade de trabalhar com enormes volumes de dados físicos e sócio-econômicos de forma e fontes diferentes, a possibilidade de integrar diversos mapas, cruzando-os e gerando novos níveis de informação, além de poderem representá-los sob diferentes formas, são requisitos básicos em estudos ambientais, e que podem ser concretizados com o uso de um SIG.

Visando a contribuir para o aprimoramento e uso mais frequente dos SIG's, neste trabalho se apresentam os resultados obtidos com o uso do sistema GEO-INF + MAP (TEIXEIRA, 1988) no estudo de monitoramento ambiental da bacia do Córrego Monjolo Grande.

A bacia hidrográfica do Monjolo Grande está inserida na Área de Proteção Ambiental do Corumbataí, criada pelo Decreto Estadual nº 20.960, de 8 de junho de 1983.

Por essa bacia hidrográfica estar contígua a áreas de expansão da cultura canavieira e registrar nítidos processos erosivos (Figura 1), buscou-se contribuir para um melhor conhecimento de seus recursos naturais, determinando-se as áreas de risco de erosão laminar, com o fim de subsidiar projetos para a melhor ocupação desse território (Figura 2).

DESCRIÇÃO DA ÁREA

A bacia hidrográfica estudada situa-se entre os paralelos 22° 20' e 22° 24' S e meridianos 47° 42' e 47° 45' W Gr., aproximadamente, com área estimada de 28,6 km², distando 30 km da Cidade de Rio Claro-SP, rumo NE.

A geologia da área, segundo ALMEIDA et al. (1981), é predominantemente a formação Pirambóia, com intrusivas básicas associadas à formação Serra Geral e ao Cretáceo/Jurássico.

Geomorfologicamente a área de estudo situa-se na Depressão Periférica (DEFFONTAINES, 1935) na zona do Médio Tietê (ALMEIDA, 1964), (Figura 3).



Figura 1 - PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DE MONJOLO GRANDE

A erosão é um fenômeno comum na área em estudo, principalmente, ao longo das estradas e cercas, devido à maior concentração das águas.

Geomorfologicamente a área de estudo situa-se na zona de transição entre a região de altitude (DEFFONTAINES, 1932) na zona do Tabão Têta (ALMEIDA, 1984). Embora



clima canavieira e registra alguns processos erosivos (Figura 1), devido ao relevo acidentado e à falta de manutenção dos cursos d'água, o que contribui para um melhor conhecimento de seus recursos naturais, definindo-se as áreas de risco de escoamento laminar, com o fim de subsidiar projetos para a melhor ocupação desse território (Figura 2).

DESCRIÇÃO DA ÁREA

Figura 2 - ASSOREAMENTO DOS CORPOS DE ÁGUA DA BACIA

O Córrego Monjolo Grande, em função dos processos erosivos, é portador de uma carga de sedimentos acima de sua competência, apresentando-se assoreado em diversos trechos de seu curso.

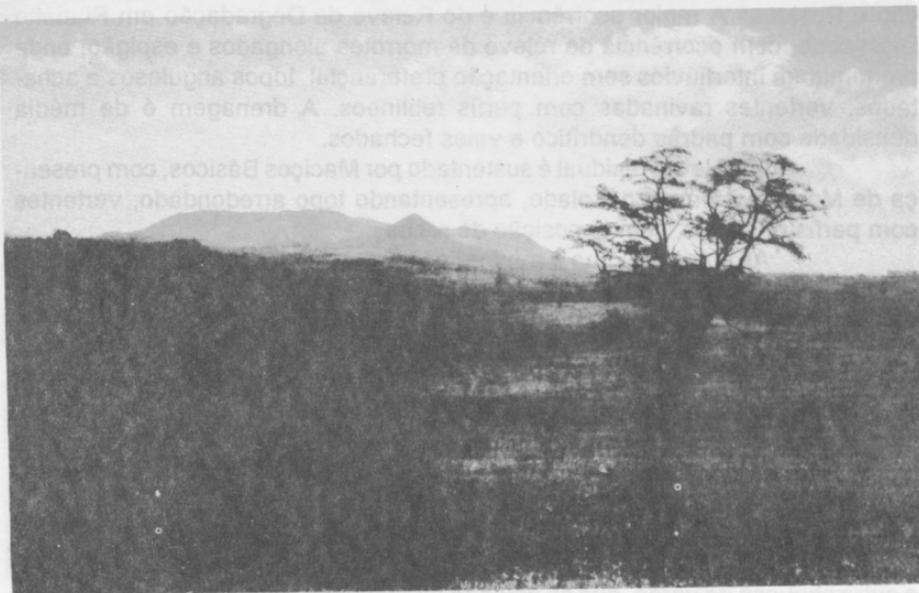


Figura 3 - ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO CORUMBATAÍ

A bacia fluvial está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA Corumbataí, Decreto Estadual nº 20.960/83), a qual apresenta três compartimentos geomorfológicos: "Front", "Planalto" e "Depressão", estando a bacia em estudo na *Depressão*.

Segundo PONÇANO et al. (1981), ocorrem Relevos de Degradação e Residual. A maior ocorrência é do Relevo de Degradação em Planalto Dissecado, com ocorrência de relevo de morrotes alongados e espigão, onde predominam interflúvios sem orientação preferencial, topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas com perfis retilíneos. A drenagem é de média densidade com padrão dendrítico e vales fechados.

O Relevo Residual é sustentado por Maciços Básicos, com presença de Morro Testemunho Isolado, apresentando topo arredondado, vertentes com perfis retilíneos, com exposição de rocha.

As cotas máxima e mínima ocorrentes na área de estudo são 890 e 560 metros, respectivamente.

A pedologia registrada na bacia apresenta maior distribuição espacial de Podzólico Vermelho-Amarelo - Unidade Monte Cristo, decrescendo em ocorrência para Areias Quartzosas, Litossolo eutrófico, em menor expressão, Latossolo Vermelho-Amarelo - Unidade Três Barras (OLIVEIRA & PRADO, 1984).

O clima regional caracteriza-se pela distribuição pluvial seguindo o regime típico das zonas tropicais de baixa altitude, ou seja, verão chuvoso e inverno seco. A sucessão de períodos chuvosos faz-se claramente, marcando com nitidez duas estações: seca de inverno, que se estende de abril a setembro, e outra chuvosa de verão, que se estende de outubro a março. O regime térmico do ar, por sua vez, acompanha de perto as estações do ano, variando, contudo, gradativamente: médias mensais elevadas no verão, ligeiro decréscimo no outono, valores mais baixos no inverno e acréscimo na primavera. As médias de inverno chegam em junho e julho a valores inferiores a 18° C, superando 22° C em janeiro e fevereiro.

O balanço hídrico assinala discreto período de deficiência hídrica entre maio e setembro, com um mínimo de 2 mm e um máximo de 19 mm. As diferenças de excedentes são mais expressivas, com registro de valor médio anual de 287 mm. Esses dados, levantados pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas, referem-se ao período de 1920 a 1957.

Considerando-se os dados de temperatura e precipitação pluviométrica, pode-se enquadrar a bacia em estudo, segundo a classificação do KOPPEN, em clima do tipo CWa, ou seja, clima mesotérmico de inverno seco com verão quente.

A vegetação natural é representada por Mata Tropical Subperenifolia, restrita atualmente a pequenas manchas nas cabeceiras e margens da rede de drenagem, e Cerradão, em ainda menor ocorrência espacial. A cobertura vegetal mais significativa, espacialmente, é a Pastagem (Figura 4).



Figura 4 - Cobertura Vegetal

A Cobertura Vegetal predominante na Bacia do Córrego Monjolo Grande é a Pastagem, a qual muitas vezes, apresenta-se com partes desnudas por causa do pastejo permanente, o que aumenta a suscetibilidade da área à erosão laminar.

EQUIPAMENTOS E SOFTWARE UTILIZADOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado um microcomputador da linha IBM-PC-AT com CPU 80.286 e 640 K de RAM, Winchester de 20 M, uma unidade de disco flexível, 'clock' de 12,5 MHz e monitor de vídeo colorido padrão EGA. Também foi utilizada uma impressora gráfica de 132 cc padrão EPSON.

Com relação aos programas, utilizou-se o pacote de programas do Sistema de Informação Geográfica GEO-INF/MAP. Esse sistema consiste na fusão de dois sistemas, a saber:

- a) GEO-INF (TEIXEIRA, 1987);
- b) MAP ANALYSIS PACKAGE (TONLIM, 1987).

Na coleta de dados foram utilizadas cartas topográficas do mapeamento sistemático do IBGE, na escala 1:50.000, folhas RIO CLARO e ITIRAPINA, publicadas em 1969. Delimitou-se a área da bacia hidrográfica a partir dessas cartas, extraindo-se também os dados de altimetria, sistema viário e drenagem.

Os dados geológicos foram extraídos do mapa geológico, escala 1:100.000, folha SF.23-M-100, editado pelo Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, publicado em 1954.

O levantamento pedológico foi feito a partir da carta publicada pelo Convênio EMBRAPA/Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo - IAC, folha SF.23-Y-A-II, escala 1:100.000, editado em 1982.

Os dados referentes ao Uso da Terra basearam-se em mapeamento na escala 1:50.000, elaborados a partir de fotointerpretação de fotografias aéreas na escala 1:35.000.

METODOLOGIA EMPREGADA

Após levantamentos e consulta bibliográfica, definiram-se os elementos físicos necessários para a determinação da Susceptibilidade Natural à Erosão Laminar, selecionando-se os mapas temáticos de interesse. Sobre os mesmos, delimitaram-se a bacia hidrográfica em estudo e os contornos das diferentes classes ocorrentes em cada tema.

Registramos a diferença entre a escala dos mapas temáticos disponíveis e a escala escolhida para o mapeamento desejado. A transposição dos mapas temáticos, em escala 1:100.000, para a escala 1:50.000, considerada como a menor escala aceitável para a proposição do estudo, foi feita com o emprego de pantógrafo.

A erodibilidade do solo é influenciada pelas suas características físicas e sua capacidade de resistir ao desprendimento e transporte pelas águas das chuvas e enxurradas.

Muitos autores têm tentado correlacionar perdas de solo com

algumas de suas propriedades, visando a obter um índice que represente a sua erodibilidade.

LOMBARDI-Neto & BERTONI (1975), estudando os solos do Estado de São Paulo, propuseram valores de erodibilidade para alguns grupos de solos paulistas.

STEIN et al. (1987), ao analisarem a perda de solos por erosão laminar, considerando tanto os fatores de ordem natural como antrópica interveientes nos processos erosivos, encontraram que, entre os fatores, o que menos peso tem, apenas de influenciá-los, é o fator climático, mais especificamente a chuva.

Para a determinação das áreas de influência dos postos pluviométricos selecionados, utilizou-se o método de THIESSEN, comentado por GARCEZ (1967), que envolve cálculos decorrentes da relação de duas variáveis, precipitação pluviométrica e área da bacia hidrográfica.

A escolha dos postos pluviométricos para triangulação, e posterior definição dos polígonos de THIESSEN, foi feita sobre um mosaico de cartas topográficas, escala 1:50.000, nas quais se plotaram por suas coordenadas geográficas ou postos da Rede Pluviométrica do Estado de São Paulo (DAEE, 1977) ocorrentes na área de estudo, selecionando-se 10 (dez) estações (Tabela 1), cujos dados foram compilados de Boletins Pluviométricos (DAEE, várias datas), (Figura 5).

TABELA 1

Relação dos Postos Pluviométricos Selecionados para a Caracterização das Chuvas na Bacia do Monjolo Grande.
(1ª Zona Hidrográfica do Estado de São Paulo)

Prefixo	Nome do Posto	Município	Bacia Hidrográfica
04-12	CP	Rio Claro	Corumbataí/Piracicaba
D4-14	Ext. Experiment.	Itirapina	Jacaré-Guaçu/Corumbataí
D4-16	Faz. São José	Rio Claro	Corumbataí/Piracicaba
D4-35R	Analândia	Analândia	Corumbataí/Piracicaba
D4-36R	Est. Graúna/SP	Itirapina	Corumb./Piracicaba/Tietê
D4-37R	Visc. Rio Claro	Itirapina	Feijão/J. Guaçu/Tietê
D4-43	Nestlé	Corumbataí	Corumbataí/Piracicaba
D4-54	Charqueada	Charqueada	Divisa/Corumb./Piracicaba
D4-74	Pref. Municipal	Ipeúna	Corumbataí/Piracicaba
D4-98	Bairro Campo Red.	Brotas Jacaré	Pepira/Tietê
D4-103	Tanquinho	Piracicaba	Guamium/Pirac./Tietê



Figura 5 - POSTO PLUVIOMÉTRICO D4-74 (IPEÚNA)

A erosão mais pronunciada na bacia, é a que se dá pela ação das chuvas, as quais podem ser consideradas como um fator extrínseco da erosão.

Em função da inexistência de dados pluviométricos para as estações selecionadas, num número satisfatório para a aplicação dessa metodologia, optou-se por trabalhar com a coleção de dados da Estação D4-12, localizada no Município de Rio Claro-SP, por exercer influência no traçado dos polígonos e dispor de satisfatório banco de dados, com registros dos anos 1958 a 1968 e 1974 a 1982. A lâmina média precipitada anual para a Bacia do Córrego Monjolo Grande é de 1.481,15 mm.

O Sistema de Informação Geográfica utilizado adota o tipo RASTER de representação dos dados geográficos, o que, para o tamanho das quadrículas especificado em 5mm, resultou em resolução de 250 metros na escala adotada.

Definiu-se, a seguir, a dimensão da malha, que correspondeu a uma matriz de 33 linhas por 30 colunas (33,30). Essa matriz foi sobreposta nos diversos mapas temáticos, codificando-se as diferentes c de cada mapa a partir

do critério de maior ocorrência. Nesta etapa foram escolhidos 4 (quatro) pontos de controle, visando-se a garantir a perfeita superposição dos vários temas para que cada célula, da representação RASTER, corresponda a sua homóloga nos demais mapas.

Os dados codificados foram transpostos para planilhas e, a partir destas, procedeu-se à digitalização através do programa MAPEDIT.

TEIXEIRA & GOVONE (1989) destacam a importância das etapas de coleta, codificação e digitalização na confiabilidade das informações geradas pelo SIG. Na coleta dos dados, deve-se garantir maior precisão na delimitação da área, fixando-se pontos de controle para confirmar a posição planimétrica em relação aos mapas originais.

BURROUGH (1987) e TEIXEIRA (1988) recomendam que a codificação seja feita com base no critério de maior ocorrência, onde é representado o atributo que ocupa maior área na quadrícula.

TEIXEIRA & GOVONE (1989) colocam que, nas fases de codificação e digitalização, os erros podem ocorrer de maneira aleatória. Tais erros são significativos, uma vez que se refletirão no resultado final da análise. Por isso, recomendam a aplicação de métodos estatísticos de controle.

Após a fase de coleta e codificação dos dados referentes aos temas estudados para a área da bacia, procedeu-se ao tratamento digital da informação gráfica gerando os mapas apresentados nas Figuras 6, 7, 8 e 9.

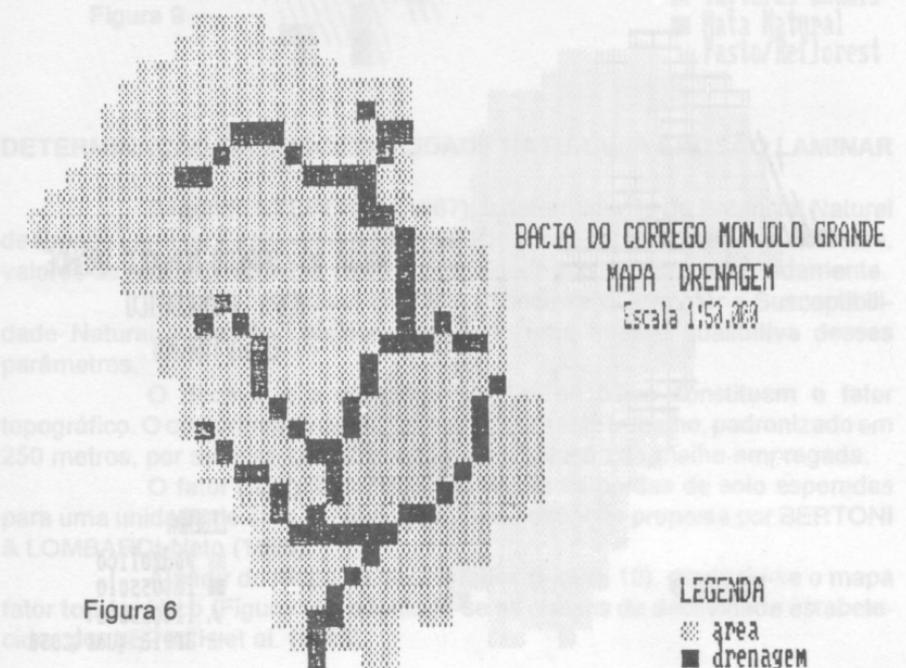
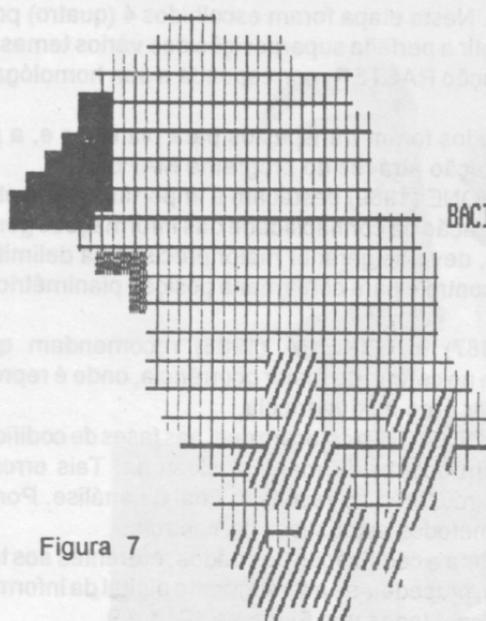


Figura 6

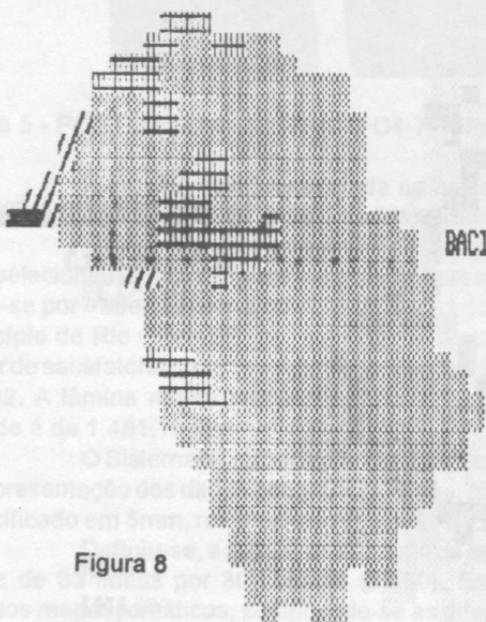


BACIA DO CORREGO MONJOL GRANDE
 MAPA GEOLOGICO
 Escala 1:50.000

LEGENDA

- form. Serra Geral
- formacao Bauru
- ▨ form. Corumbatai
- + form. Botucatu

Figura 7



BACIA DO CORREGO MONJOL GRANDE
 MAPA PEDOLOGICO
 Escala 1:50.000

LEGENDA

- ▨ podzolico
- latossolo
- ▨ litossolo
- ▨ areia quartzosa

Figura 8

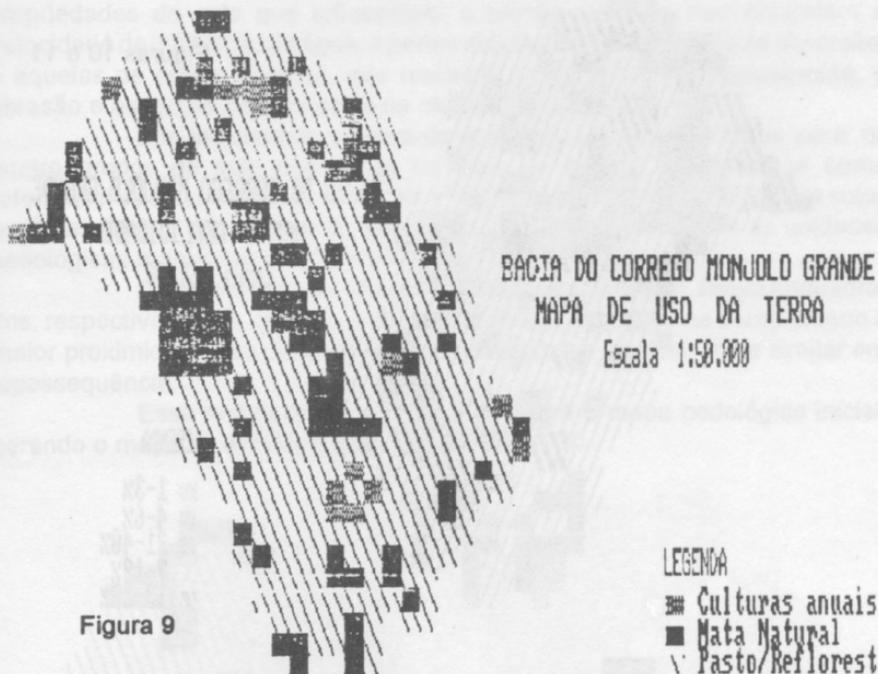


Figura 9

DETERMINAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE NATURAL À EROSÃO LAMINAR

Segundo STEIN et al. (1987), a determinação do Potencial Natural de Erosão Laminar é consubstanciada pelo declive e comprimento das encostas, valores de erodibilidade dos solos e erosividade das chuvas, integradamente.

Adotando-se esses critérios, buscou-se determinar a Suscetibilidade Natural à Erosão Laminar, dentro de uma análise qualitativa desses parâmetros.

O declive e o comprimento das encostas constituem o fator topográfico. O comprimento da encosta está, para este trabalho, padronizado em 250 metros, por ser este condicionado pela resolução da malha empregada.

O fator topográfico, que representa as perdas de solo esperadas para uma unidade de área, é obtido através da equação proposta por BERTONI & LOMBARDI-Neto (1898).

A partir do mapa de declividades (Figura 10), produziu-se o mapa fator topográfico (Figura 11), adotando-se as classes de declividade estabelecidos por LEPSCH et al. (1983).

Figuras 10 e 11



BACIA DO CORREGO MONJOLO GRANDE
MAPA DECLIVIDADE
Escala 1:50.000

LEGENDA

- ⊗ 1-3%
- ▨ 4-6%
- 21-40%
- ▲ 7-12%
- ▩ 13-20%



BACIA DO CORREGO MONJOLO GRANDE
MAPA FATOR TOPOGRAFICO
Escala 1:50.000

LEGENDA

- ▨ 00-03%
- 07-12%
- ▲ 04-06%

BERTONI & LOMBARDI-Neto (1989) consideram a erodibilidade do solo como a recíproca de sua resistência à erosão, destacando entre as propriedades do solo que influenciam a erosão, aquelas que controlam a velocidade de infiltração da água, a permeabilidade e a capacidade de absorção; e aquelas de ordem coesiva, que resistem à dispersão, ao salpicamento, à abrasão e às forças de transporte da chuva e enxurradas.

Por inexistirem valores de erodibilidade determinados para os quatro grupos de solo ocorrentes na área de estudo, adotaram-se como referencial os estabelecidos por LOMBARDI-Neto & BERTONI (1975) para solos paulistas com B estrutural e B latossólico, compatibilizados com as unidades pedológicas mapeadas por OLIVEIRA & PRADO (1984).

Os demais grupos, Areias Quartzosas e Litossolo, foram enquadrados, respectivamente, com o Latossolo Podzólico, adotando-se como critério a maior proximidade das características morfológicas e de ocorrência similar em topossequência.

Esse reenquadramento foi feito sobre o mapa pedológico inicial, gerando o mapa de erodibilidade (Figura 12).

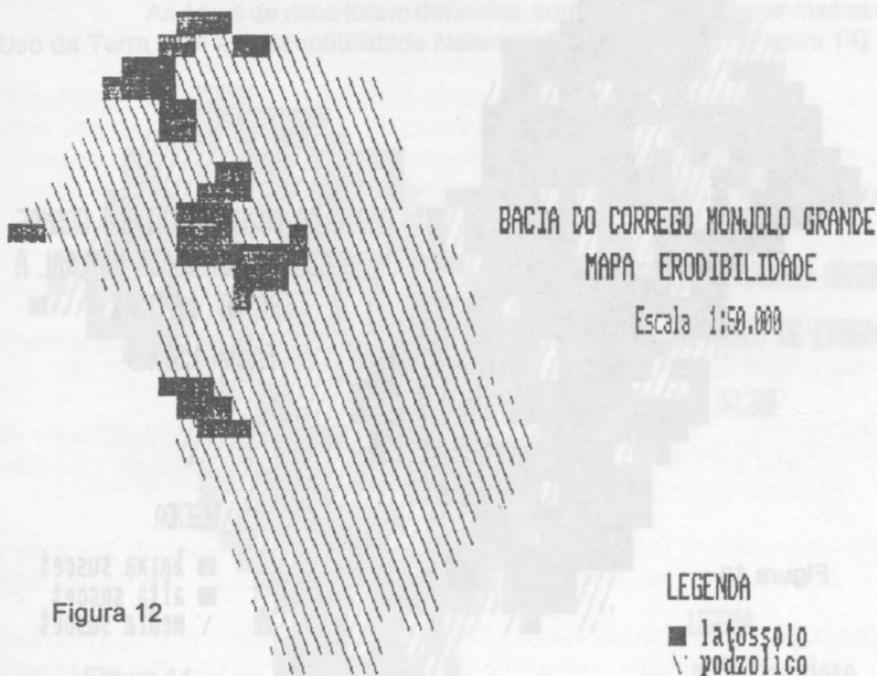


Figura 12

STEIN et al. (1987) conceituam a erosividade como a capacidade potencial da chuva em causar erosão ao solo. Empregou-se a fórmula sugerida por LOMBARDI-Neto (1977) para determinar o valor da erosividade, adotando-se como constante na totalidade da área do estudo em função de sua reduzida expressão espacial.

Para determinar a Suscetibilidade Natural à Erosão Laminar, correlacionaram-se os mapas de erodibilidade e fator topográfico. Do conjunto de combinações, selecionaram-se qualitativamente três níveis de Suscetibilidade à Erosão.

Por ser constante, a erosividade não foi inserida, visto que em nada alteraria as combinações entre os demais fatores, sendo apenas elemento de acréscimo quantitativo, mas por não estar sendo análise ponderada no presente trabalho, a mesma foi desconsiderada.



Figura 13

As três classes destacadas correspondem a **alta, média e baixa Susceptibilidade Natural à Erosão Laminar** (Figura 13). Foram enquadrados dos usos da terra mais adequados para cada categoria, conforme os critérios estabelecidos na Tabela 2.

TABELA 2

Suscet. Natural á Erosão Laminar	Uso da Terra Redomendado
alta	vegetação natural
média	reflorestamento/pastagem
baixa	culturas perenes e anuais

IDENTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE RISCO

As áreas de risco foram definidas, correlacionando-se os mapas de Uso da Terra com a Susceptibilidade Natural à Erosão Laminar (Figura 14).

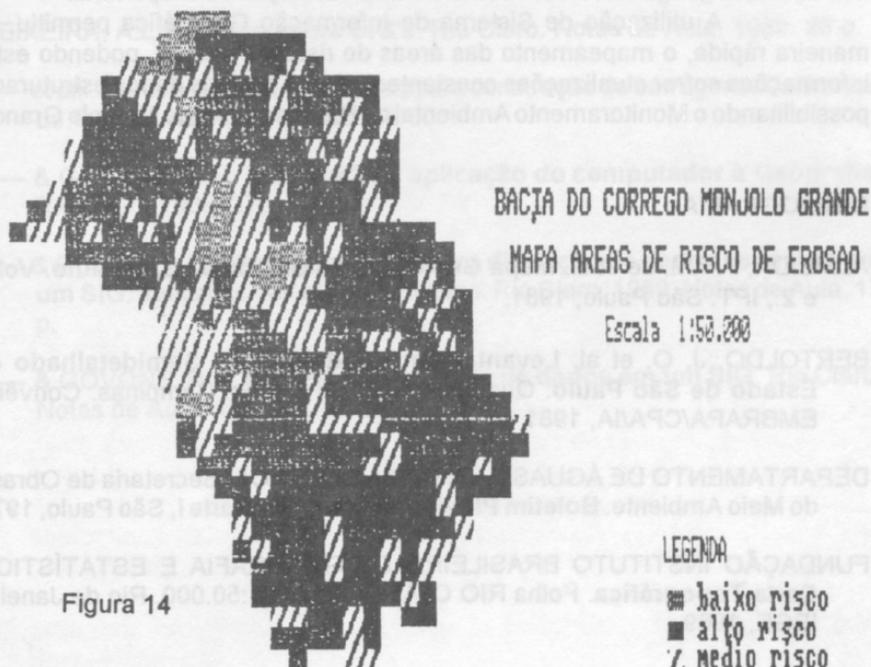


Figura 14

Dessas correlações, produziu-se o mapa final que se desejava obter, o qual representa as áreas susceptíveis de erosão, em face do uso, agrupadas em **alto risco**, correspondendo a 65,94% da área; **risco médio**, com 29,69% da área mapeada, e 4,37% da superfície com **uso adequado** do solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Sistema de Informação Geográfica utilizado demonstrou ser um instrumento eficaz para diagnóstico ambiental.

O banco de dados foi estruturado com os temas que caracterizam os meios físico e sócio-econômico e os parâmetros adotados para determinar a Susceptibilidade Natural à Erosão Laminar, cuja interação possibilitará a elaboração de projetos de Monitoramento Ambiental.

Utilizando-se programas e comandos do Sistema de Informação Geográfica empregado, puderam construir diversos mapas, os quais possibilitaram análises qualitativas e quantitativas e a determinação das áreas de risco de erosão.

A estrutura de representação gráfica do sistema, foram RASTER, apresenta como limitantes a perda de precisão na determinação dos contornos dos atributos geográficos bem como a baixa resolução do mapa final.

A utilização de Sistema de Informação Geográfica permitiu, de maneira rápida, o mapeamento das áreas de risco de erosão, podendo estas informações sofrer atualizações constantes sobre a base de dados estruturada, possibilitando o Monitoramento Ambiental da Bacia do Córrego Monjolo Grande.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de et al. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Vol. 1 e 2., IPT. São Paulo, 1981.
- BERTOLDO, J. O. et al. **Levantamento Pedológico - Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula de São Carlos**. Campinas. Convênio EMBRAPA/CPA/IA, 1981.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. Secretaria de Obras e do Meio Ambiente. **Boletim Pluviométrico nº 15**. Parte I, São Paulo, 1974.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta Topográfica**. Folha RIO CLARO. Escala 1:50.000. Rio de Janeiro. IBGE, 1969.

- **Carta Topográfica. Folha ITIRAPINA. Escala 1:50.000.** Rio de Janeiro. IBGE. 1969.
- GARCEZ, L.N. Hidrologia. São Paulo. Editora Edgard Blucher Ltda. 1967. pp. 76-81.
- KAZMIER, L.J. - **Estatística Aplicada à Economia e Administração**, McGraw Hill, 1982, 180 p. Trad. de C.A. Crusius e J.M. Fachel.
- LOMBARDI-Neto F. & BERTONI, J. **Erodibilidade de Solos Paulistas.** Boletim Técnico nº 27, Instituto Agrônômico, Campinas, 1975.
- MARBLE, D.F. et al. **The MapAnalysis Package: MAP-for-the PC.** Ohio, Geographic Information Systems laboratory, Ohio State University, 1987.
- PONÇANO, W.L. et al. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo.** Vols. 1 e 2. Instituto de Pesquisa Tecnológica/IPT. São Paulo, 1981.
- STEIN, D.P. et al. **Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na Bacia do Peixe-Paranapanema.** Anais do 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Marília, 1987.
- TEIXEIRA, A.L.A. **Notas sobre SIG's.** Rio Claro. Notas de Aula. 1989. 28 p.
- et alii. **Notas a respeito de projetos para construção de barragens. Cadernos de Geociências, nº 1, 1988, 49-60.**
- & GERARDI, L.H. **Introdução à aplicação do computador à Geografia.** Rio Claro. 1986. 37p.
- & GOVONE, J.S. **Coleta, codificação e digitação de dados espaciais em um SIG: avaliação dos erros cometidos.** Rio Claro. 1989. Notas de Aula. 17 p.
- & GOVONE, R.S. **Sistemas de entrada de dados em um SIG.** Rio Claro, Notas de Aula. 1989. 26 p.

(*) professor vinculado ao Departamento de Geografia da Universidade Estadual de Maringá