

# FRAGILIDADE AMBIENTAL DOS SOLOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DE PEQUENA ORDEM: O CASO DA BACIA DO RIBEIRÃO MARINGÁ-PR

*Environmental fragility of soils in hydrographic basin of small orders: The case  
of basin of Ribeirão Maringá-Pr*

Marta Gaspar Sala<sup>1</sup>  
Nelson Vicente Lovatto Gasparetto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Maringá  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
martagsala@hotmail.com  
nvlgasparetto@uem.br

## RESUMO

Os solos da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá apresentam alta fertilidade natural, sendo por isso intensamente utilizados para fins agrícolas. O aumento da produção propicia uma degradação maior dos solos, com a destruição das suas características físicas (compactação, redução, infiltração, destruição da estrutura natural). Nas últimas décadas, além do uso agrícola, a bacia vem sofrendo, também, alguns impactos causados pelo avanço da urbanização. As condições naturais do terreno a declividade, a ausência de cobertura vegetal e a falta de práticas conservacionistas adequadas aceleram os processos de degradação. Este trabalho, com a elaboração de cartas temáticas (declividade, tipos de solo e usos do solo) associadas a análises laboratoriais de determinação do índice de erodibilidade em amostras indeformadas, fornece resultados das áreas mais suscetíveis ao surgimento de processos erosivos na bacia do ribeirão Maringá. A partir dessas análises, constata-se que algumas áreas, tanto no setor rural como no urbano, estão predispostas à ocorrência de erosão, devido às propriedades físicas dos solos e ao seu uso inadequado.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Solo. Uso do solo. Processos erosivos.

## ABSTRACT

The soils of the Maringa river basin have high natural fertility and are therefore heavily used for agricultural purposes. The increased agricultural production provides a greater land degradation, the destruction of its physical characteristics (compaction, reduction, infiltration, destruction of the natural structure). In recent decades, in addition to agricultural use, the basin has been suffering, as well, some impacts **caused by the advance of the urbanization**. Thus, the natural terrain combined with the slope, lack of vegetation and lack of appropriate conservation practices, accelerate the degradation processes. Given the above, this work with the elaboration of thematic maps (slope, soil type and land use) associated with laboratory tests for determining the index of erodibility on soil samples gave results of the areas most susceptible to the occurrence of erosion processes in Maringa river basin. From this analysis it was found that some areas both in rural and urban areas are predisposed to the occurrence of soil erosion as a result of the physical properties of soils, and its misuse

**Keywords:** River basin. Soil. Land use. Erosion processes.

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças ambientais têm-se intensificado em âmbito mundial. Tal problemática é resultante do desenvolvimento urbano, do aumento populacional e da necessidade de uma

maior produção agrícola. Como consequência, os ambientes naturais se tornam mais frágeis e suscetíveis aos processos de degradação de seus elementos físicos: solo, hidrografia, clima, vegetação etc.

A bacia do ribeirão Maringá também vem sofrendo impactos relacionados com a retirada da mata natural, que deu lugar a diferentes tipos de cultura. Essas culturas exigem manejos adequados, que muitas vezes não são adotados. Práticas agrícolas inadequadas podem causar compactação do solo, contribuindo para o aumento do escoamento superficial e, posteriormente, para a formação de processos erosivos.

Cabe ressaltar que, além da mudança agrícola, a área também passou por um avanço acelerado da urbanização, resultando um aumento da impermeabilização dos solos. Esse fator interferiu no equilíbrio do comportamento hídrico da bacia, já que boa parte da água pluvial que deveria se infiltrar no solo passou a escoar superficialmente, em maior volume e intensidade, ocasionando prejuízos ambientais nas áreas de vale, principalmente nas cabeceiras dos córregos e ribeirões.

Este artigo, parte integrante da dissertação da autora, analisa a declividade, o tipo e o uso do solo da área da bacia, relacionando tais fatores com o índice de erodibilidade de amostras indeformadas coletadas em perfis ao longo dessa área. Foi utilizada para essa análise a metodologia preconizada por Nogami e Villibor (1979) e adaptada por Pejon (1992) para os tipos de solos de Piracicaba-SP.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO

A erodibilidade é um parâmetro que reflete a suscetibilidade do solo aos processos erosivos. Trata-se de um parâmetro complexo, que depende de várias propriedades físicas do solo, quando esse interage com o fator externo água.

A condutividade hidráulica, a velocidade de infiltração, a resistência à dispersão de partículas sólidas em razão da energia cinética da gota da chuva, bem como ao transporte e arraste pelo escoamento superficial, influenciam numa

relação direta no grau de erodibilidade do solo. Entretanto, nos estudos de suscetibilidade, devem ser tratados diferentemente os processos erosivos gerados, de um lado, pelo escoamento laminar difuso, e de outro, pela concentração de fluxos de água (ravinas e voçorocas), pois envolvem mecanismos e condicionantes muito diversos (AGENA; SAAD, 1955).

Para Primavesi (1988), quando há um aumento da cobertura vegetal do solo, este se torna mais protegido contra a desagregação de partículas, o que reduz os processos erosivos e contribui para aumentar a infiltração de água.

No que se refere ao fator escoamento superficial em relação à inclinação do relevo, torna-se importante considerar que a declividade atua como controladora de boa parte da velocidade do escoamento interferindo no tempo que a água da chuva leva para chegar até os leitos das drenagens. Esse tempo é considerado como tempo de concentração.

Para Vilela e Mattos (1975), a variação dos picos de enchentes, a maior ou menor probabilidade de infiltração de água e a vulnerabilidade dos solos para a erosão dependem da velocidade do escoamento superficial sobre os solos de uma bacia hidrográfica.

Outro fator importante é que, dependendo da textura dos solos, estes podem sofrer arraste de partículas durante os eventos chuvosos. Guerra e Cunha (1996) descrevem que os solos com textura arenosa ou granular de textura mais grosseira apresentam taxas de infiltração maiores, porém sofrem mais com a ação das águas, por serem pouco coesos e oferecerem pouca resistência ao desprendimento e movimentação de materiais.

O tipo do solo e o grau de declividade do terreno, associados ao uso do solo de uma bacia hidrográfica, podem determinar o surgimento de vários tipos de processos erosivos.

Quanto aos critérios para se avaliar a erodibilidade dos solos, vários autores utilizam amostras indeformadas, recorrendo a métodos na maioria obtidos de forma empírica. Entre esses trabalhos, destacam-se o de Nogami e Villibor (1979), que se basearam na correlação com o comportamento ante a erosão de um grande número de cortes de solo. Para os autores, as duas propriedades que permitem prever o comportamento dos solos tropicais ante a erosão hídrica são a infiltrabilidade e a erodibilidade específica, que são medidas em ensaios de absorção de água e ensaios de perda de massa por imersão em amostras indeformadas de solo.

Com a obtenção desses dois parâmetros, é possível calcular o índice de erodibilidade (E) das amostras por meio da expressão  $E = 52/SP$  (NOGAMI; VILLIBOR, 1979). Se o valor de E for menor que um, considera-se que o material apresenta erodibilidade.

Pejon (1992), em seus trabalhos de determinação da erodibilidade de materiais inconsolidados na região de Piracicaba-SP, aplicou a metodologia de Nogami e Villibor (1979), adaptando a equação para  $E = 40 S/P$ . Souza (2001) também aplicou essa metodologia ao estudar feições erosivas no município de Umuarama –PR.

Esses autores concluíram que a aplicação da metodologia modificada de Nogami e Villibor (1979) alcançou resultados satisfatórios para os solos da região de suas pesquisas, apresentando valores equivalentes aos verificados e analisados *in situ*.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia do ribeirão Maringá está localizada no setor norte do município de Maringá-PR, entre as coordenadas 51° 55' W, 23° 16' S e 23° 26' S, 51° 61' W, ocupando aproximadamente uma área de 52km<sup>2</sup>. No setor sul da bacia é verificado um avanço considerável da malha urbana e

é também onde se encontra a maioria das nascentes dos córregos que fluem para o norte, em direção ao rio Pirapó (Figura 1).

A região de Maringá está inserida no Terceiro Planalto paranaense (MAACK 1981), onde ocorrem preferencialmente rochas vulcânicas, pertencentes à Formação Serra Geral, compostas por basalto, com cores em geral preta e cinza escura, cinza esverdeada a castanho-escura e tons mais claros quando alterados. Sua textura varia de afanítica a porfirítica, exceto nas porções amigdaloides, do topo dos derrames (PINESE; NARDY, 2003).

Dessa forma, a bacia do ribeirão Maringá se encontra praticamente em toda a sua extensão sob essa litologia. Apresenta algumas variações no setor sudoeste, a montante da bacia, próximo à nascente do córrego Romeira, onde se verificou a Formação Caiuá.

Soares et al (1980) descrevem a Formação Caiuá como constituída de arenitos finos a médios, seleção regular a boa, arroxeados, estratificação cruzada de grande porte, assentados discordantemente sobre o basalto.

Na confluência do ribeirão Maringá com o rio Pirapó, são encontrados depósitos recentes que acompanham a drenagem da área, formando acumulações inconsolidadas de cascalho, areias, silte e argila de origem fluvial. No que se refere às características morfológicas, de maneira geral a bacia do ribeirão Maringá apresenta interflúvios longos, com centenas de metros de comprimento e topos suavemente arredondados de altitude não expressiva.

Na área a montante da bacia, predomina o sítio urbano. Nesse setor desenvolvem-se vertentes curtas, com perfis convexos e retilíneos. As formas côncavas são observadas em menor número e localizadas perto do sopé das vertentes. Os interflúvios são longos, levemente inclinados no sentido das principais drenagens, apresentam topos arredondados, e os vales em maioria, são encaixados, apresentando forma de V.

Abrangendo a área média da bacia e parte do relevo próximo a jusante, onde se localizam as pedreiras Sanches Tripoloni e da Prefeitura Municipal de Maringá, encontra-se uma quantidade maior de interflúvios com topos alongados e arredondados e de vertentes convexas côncavas, observadas junto à confluência das drenagens, onde ocorrem rupturas de declive. Essas formas também estão presentes onde o relevo se encontra desgastado, provavelmente devido ao escoamento superficial acelerado das águas pluviais provenientes das zonas urbana e rural de Maringá.

Nessa área, os topos são suaves e alongados e os vales são mais encaixados no médio curso dos rios. Na confluência das drenagens, os vales são mais abertos, permitindo o alagamento em épocas de chuvas. Próximo à nascente do córrego das Rosas e das confluências dos tributários com o ribeirão Maringá, verificou-se a presença de pequenos ravinamentos e, em alguns pontos isolados, a presença de pippings.

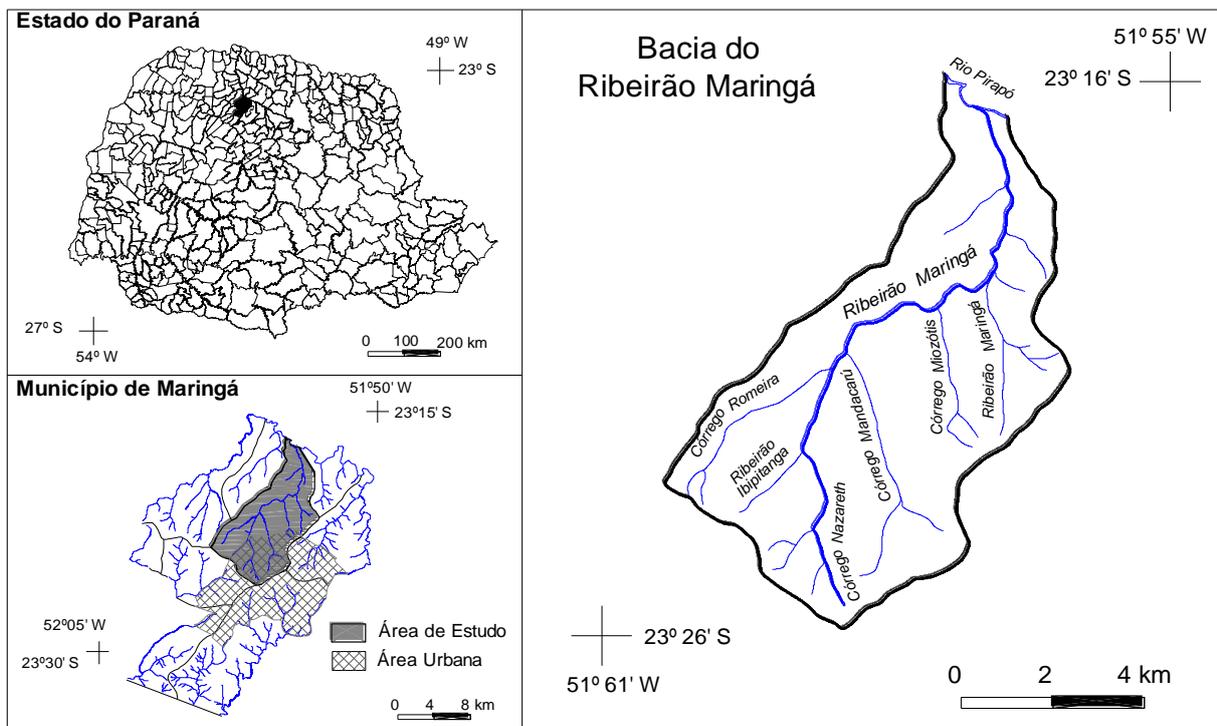
No setor onde se localizam as pedreiras é importante ressaltar a presença

de um relevo marcado por rupturas de declive acentuadas pela exploração do basalto. A montante das pedreiras, o relevo apresenta forma suave a plana e nos setores abaixo do talude as vertentes se apresentam de convexas a côncavas. Na parte inferior dessas vertentes, encontram-se áreas de nascentes que estão suscetíveis ao acúmulo de materiais provenientes da área de exploração.

Quanto à área da bacia localizada próximo da jusante do ribeirão Maringá com o rio Pirapó, as vertentes apresentam-se com formas convexas a côncavas pouco acentuadas. Quanto aos vales, estes se apresentam mais abertos, em forma de "u", quando o ribeirão Maringá adquire uma forma mais retilinizada. Esse setor também está suscetível a inundação em épocas de maior índice pluviométrico.

Com referência aos topos, estes são alongados, pouco marcados e em menor número em relação ao restante da bacia.

O clima da região em que está inserida a bacia é classificado, segundo Köppen (1948), como subtropical úmido mesotérmico (Cfa) com chuvas



**Figura 1:** Localização da área do estudo

concentradas no verão, sendo a temperatura do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio abaixo de 18°C, com raras geadas noturnas. A precipitação média anual varia entre 1.250 a 1.500mm, sendo que no verão apresenta um maior índice pluviométrico, concentrando maior pluviosidade nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

Quanto aos solos, o Latossolo Vermelho férrico (distroférrico e/ou eutroférrico), e o Nitossolo Vermelho (distroférrico e/ou eutroférrico), ambos de textura argilosa, ocupam a maior área do município, sendo solos profundos e bem drenados, de coloração vermelha-arroxeadada. Devido a essas características, associadas às suas propriedades físico-químicas favoráveis à maioria das culturas regionais, esses solos são intensamente utilizados para a produção agrícola.

Na área de estudo, predominam três tipos de solos: o Latossolo Vermelho férrico (distroférrico e/ou eutroférrico), derivado do basalto, ocorrendo em menor proporção apenas nas áreas mais planas de topo na bacia; os Nitossolos Vermelhos distroférricos com características latossólicas que se desenvolvem nas áreas de média vertente e ocupam quase toda área da bacia; os Neossolos Flúvicos com características aluviais (hidromórficos), que são encontrados próximo a alguns canais de drenagem. Esses tipos de solos favoreceram o intenso uso e ocupação da bacia tanto para fins agrícolas quanto para construção civil.

Quanto à declividade, a classe de até 6% é predominante na bacia, que apresenta também áreas variando entre 12% a 30% e mais de 30% em alguns pontos isolados nos setores leste e oeste.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para este artigo foram selecionadas apenas as metodologias referentes às análises descritas, parte da metodologia da dissertação da autora. Assim, seguiram-se algumas etapas:

a) Elaboração e análise das cartas temáticas: carta de declividade, tipos de solo e usos do solo. Esses produtos cartográficos foram elaborados a partir de uma carta base topográfica com escala 1:25000, onde foram marcados os perfis de sondagem e coleta das amostras para o teste de índice de erodibilidade.

A carta de declividade foi elaborada com base nas classes de declividades propostas por Ross (1994). Esse autor descreve que, para análise de fragilidade do ambiente em terrenos com escalas de maior detalhe, como, por exemplo, 1:25.000, devem-se utilizar os intervalos de declividade já consagrados nos estudos de capacidade de uso e aptidão agrícola, associados com aqueles conhecidos como valores limites críticos da geotecnia, que indicam o vigor dos processos erosivos. Desse modo, estas classes são representadas pelos seguintes intervalos:

<3
3 a 6%
6 a 12%
12 a 20%
20 a 30%
30 a 50%
>50%

A carta de tipos de solos foi adaptada do Mapa Pedológico do Município de Maringá-EMATER, com escala 1:40.000. Devido à diferença de escalas a determinação dos tipos de solos dessa carta também foi baseada na análise de fotografias aéreas 1:25000 (1989), em análises de campo e nas descrições morfológicas dos solos nos perfis de coleta.

A nomenclatura dos solos foi baseada no Manual de Classificação dos Solos da EMBRAPA (1999).

A divisão dos diferentes usos do solo para a elaboração da carta de uso e ocupação foi efetuada em acompanhamentos de campo e análises de imagens de satélite LANDSAT (2004). Os dados foram tratados no programa *software*

*Spring 3* e plotados na carta em formato digital pelo programa *AutoCad 2000*, o que possibilitou uma visão geral da ocupação urbana e rural da área estudada.

Cabe ressaltar que, em decorrência da diferença de datas e escalas encontradas nos produtos utilizados para a construção da carta de uso e ocupação, as representações dos usos foram agrupadas em categorias, sendo 05: solo exposto, culturas temporárias, fragmentos de floresta, pastagem e área urbana.

b) Essa etapa consistiu em ensaios de erodibilidade dos solos no laboratório. Foram coletadas amostras indeformadas em anéis, em perfis com diferentes tipos de solo, texturas e uso na área da bacia. Para esses ensaios, os anéis permaneceram secando ao ar segundo a metodologia de Nogami e Villibor (1979), com a equação final adaptada por Pejon (1992). Ressalta-se que essa metodologia consiste em ensaios de absorção e de perda de massa de solo por imersão, que resulta no cálculo do índice de erodibilidade.

Os testes de absorção e imersão em amostras indeformadas são testes simples que não exigem aparelhos sofisticados. Os aparelhos foram montados no laboratório do Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA), com base nos equipamentos utilizados por Nogami e Villibor (1979).

O aparelho dos testes de absorção consistiu de um recipiente cilíndrico, com as mesmas dimensões do tubo graduado de amostragem. O conjunto foi preenchido com água e na parte superior do recipiente foi adaptada uma pedra porosa, que se manteve saturada (Figura 2).

As amostras ainda nos anéis permaneceram secando ao ar por 7 dias antes dos testes (Figura 3). Após esse período, foram pesadas e em seguida colocadas sob a pedra porosa, onde se iniciou a leitura no tubo graduado em função do tempo, ou seja, foram feitas leituras do volume de água absorvida por intervalo de tempo.

Os testes de imersão foram realizados imediatamente após os de absorção. Os anéis de amostras foram submergidos em um tanque com água em posição vertical, e permaneceram no tanque dentro de outro recipiente menor para que fossem coletados os materiais despreendidos após 24 horas (Figura 4).

Os resultados dos testes de absorção e imersão foram representados através de gráficos de absorção em função do tempo, também pelo programa *Excel*. Esses gráficos representaram a curva de infiltração de cada amostra submetida ao ensaio de absorção de água e permitiram calcular o valor (y) do coeficiente angular da reta (S). Para esse teste, foi necessário calcular o índice de absorção (S), que é a relação do volume de água absorvida por unidade de área (q) pela raiz quadrada do tempo medido (t), e determinar a perda de peso em porcentagem do peso inicial seco da amostra (P) para inseri-los na equação  $E = 40 S/P$ , onde:

E= é o índice de erodibilidade

S= é a leitura do corpo de prova vezes à raiz quadrada do tempo

P= é a porcentagem da perda do solo por imersão

A aplicação dessa equação resulta no índice de erodibilidade das amostras de solo. Quando E apresenta valores < 1 significa que o material analisado é erodível e quando apresenta valores > que 1 o material analisado não é considerado erodível.

Dessa maneira, finalizando, os gráficos e resultados obtidos com os testes de absorção e de perda de massa por imersão resultaram em um gráfico final produzido no programa *Estatística*, confirmando a separação dos materiais erodíveis dos não erodíveis dados pela reta  $E=40S/P$ .

c) Nessa etapa foram realizadas a correlação e a análise dos resultados obtidos nos produtos cartográficos, análises de campo e de laboratório.



**Figura 2:** Tubo graduado com a pedra porosa para o teste de absorção



**Figura 3:** Anéis com as amostras indeformadas



**Figura 4:** Tanque de água com as amostras para o teste de perda de solo por imersão

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A carta base orientou a elaboração dos outros produtos cartográficos, permitindo a escolha prévia dos pontos onde foram realizados os perfis para a análise de campo e a determinação dos

índices de erodibilidade no laboratório (figura 5).

Ao analisarmos essa carta, temos uma noção preliminar de como são o relevo e a rede hidrográfica. A montante da bacia, verifica-se um aumento da malha urbana em direção à parte méd. Quanto ao setor inferior, verificou-se uma ocupação totalmente rural. O relevo predominante é de pequenas cotas altimétricas e com declividades pouco acentuadas. A rede de drenagem tem um número expressivo de ribeirões e córregos.

Analisadas as declividades da área da bacia do ribeirão Maringá (Figura 6) constatou-se que:

a) A classe de declividade muito fraca de até 6%, é predominante, sendo mais marcante no setor oeste, onde as vertentes são mais suavizadas e alongadas, e nos topos dos interflúvios. Próximo à foz do ribeirão Maringá, essa classe avança até a margem do rio.

b) A classe de declividade compreendida entre 6 e 12% também foi encontrada em todas as áreas, nas médias vertentes e junto às cabeceiras de drenagem, embora também esteja presente ao longo de toda a vertente, principalmente no setor leste da bacia.

c) A classe compreendida entre 12 e 20% desenvolve-se próximo aos canais de drenagem e muitas vezes está associada com as áreas de rupturas de declive. Essa classe é igualmente encontrada no entorno das cabeceiras de drenagem, tornando-se marcante no setor onde se localizam as pedreiras a leste da área.

d) As classes compreendidas pela declividade de 20% a 30% e acima de 30% são verificadas em pontos isolados nas cabeceiras dos ribeirões Maringá e Ibitipanga e dos córregos Romeira e Mandacaru, em alguns setores junto às pedreiras Sanches Tripoloni e da Prefeitura Municipal de Maringá, localizadas a leste da bacia. Essas declividades ainda foram verificadas em um ponto restrito a oeste da bacia, próximo ao córrego Romeira.



laboratório, em duas áreas de ocorrência desse solo. Esse tipo de solo ainda foi encontrado em segmentos restritos e isolados acima da área das pedreiras Municipal e Sanches Tripoloni e também em um ponto a oeste da bacia.

Ainda a oeste da bacia, também desenvolve-se uma faixa de Latossolo Vermelho de textura média. Essa área forma uma zona de transição entre o substrato rochoso, constituído de basalto e de Arenito Caiuá. A textura predominante do solo é a areno-argilosa, com estrutura granular a subangular de média a moderada, friável, o que imprime a esse solo um maior grau de fragilidade quanto à ocorrência de ravinamentos, onde as partículas arenosas possuem maior facilidade de desagregação durante os eventos chuvosos.

Ocupando um pequeno segmento a leste da bacia e na área de confluência entre os corpos d'água tributários com o ribeirão Maringá, foi verificada a presença de solos gleizados devido à oxirredução de compostos ferruginosos causada pela elevação do lençol freático durante os períodos chuvosos. Esses solos apresentam um horizonte Bg logo abaixo do horizonte A, com uma quantidade considerável de nódulos de concreção ferruginosa de aproximadamente 2mm a 5mm de diâmetro. Tal fator atribui a esse solo uma estrutura friável, bem solta, quando seco.

Quanto ao uso e ocupação dos solos da bacia, constatou-se que boa parte de sua área é utilizada para a atividade agrícola, sendo importante considerar a forma de manejo e conservação do solo dessas áreas.

Salomão (1994), aponta que a intervenção humana pode se tornar um fator decisivo no desenvolvimento de ravinas e voçorocas.

Nas áreas de maior declividade do terreno, próximo do curso superior do córrego Romeira a oeste da bacia, sob plantio de soja, verificou-se a presença de arraste de materiais do solo, com início de processo de ravinamento (Figura 8).

Nesse setor, as áreas vegetadas ocupam apenas pontos isolados e alguns segmentos próximos às drenagens. Nas áreas destinadas à agricultura, verificou-se que as culturas temporárias, com predomínio da soja, ocupam as médias vertentes até o fundo de vale dos córregos Romeira, Ibipitanga e o ribeirão Maringá.

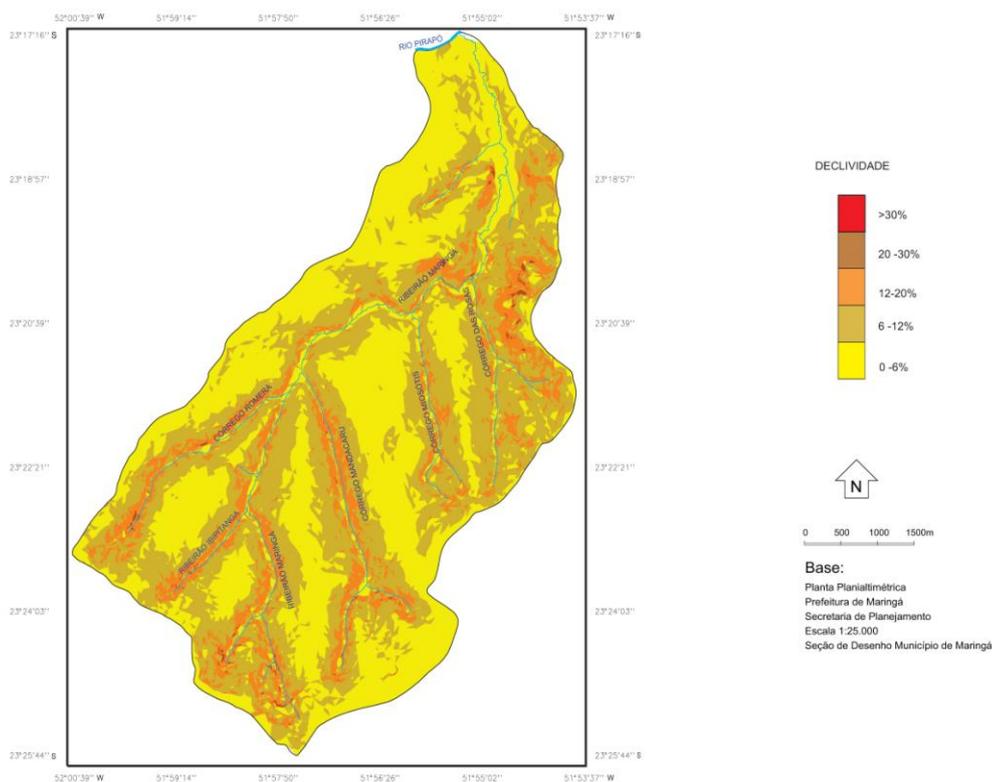
Ao analisar a carta de uso e ocupação do solo (Figura 9), associada com os trabalhos de campo, verifica-se o avanço da zona urbana para o setor médio da bacia. Esse avanço na montante desencadeia várias formas de degradação que se manifestam em todos os canais de drenagem a jusante.

Em algumas áreas desse setor, o solo se apresenta exposto ou com pastagem em estágio inicial de crescimento. Nessas condições, esses solos se tornam mais vulneráveis às forças de arraste de partículas nos períodos de chuvas, o que pode causar o assoreamento do leito das drenagens, facilitando a mobilização de elementos dos solos da bacia para toda a rede hidrográfica.

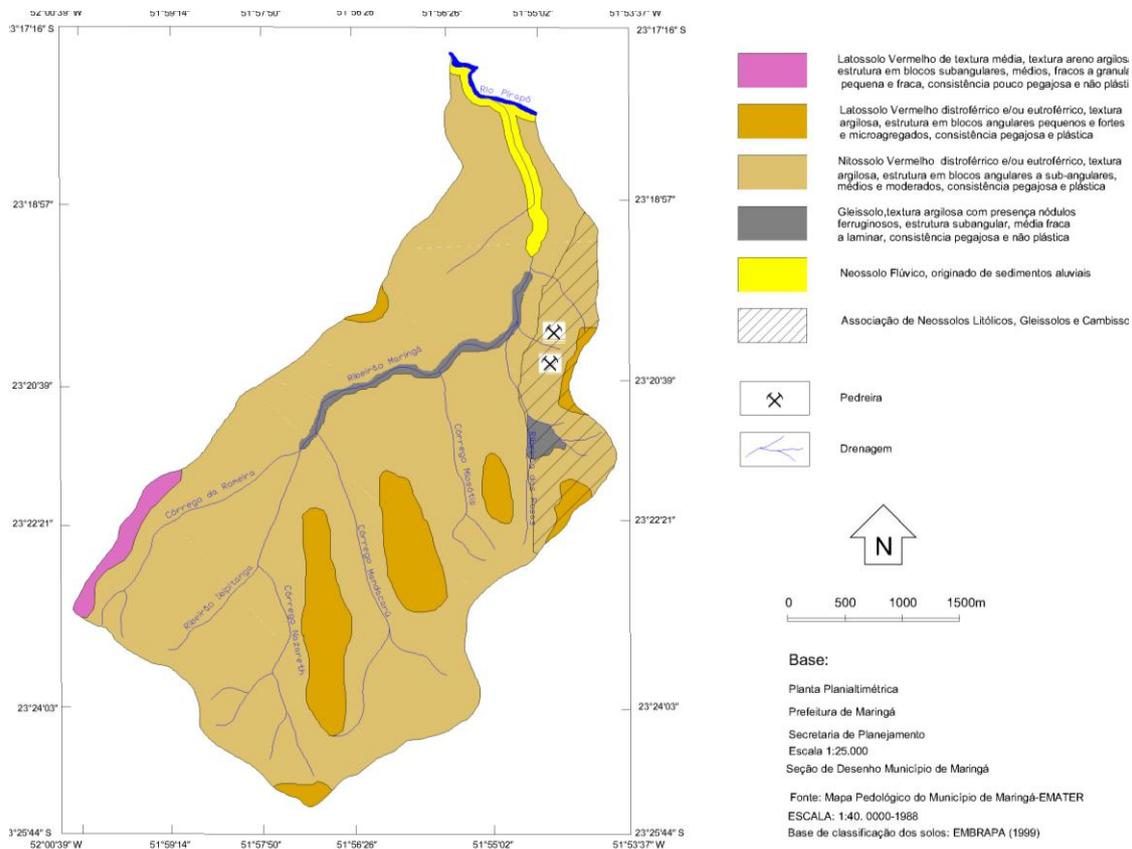
No curso médio do córrego Mandacaru, verifica-se uma declividade maior do terreno. Essa inclinação, associada à falta de vegetação, está contribuindo para o carreamento de partículas dos solos até as águas do rio, principalmente durante os eventos de chuva.

Na margem direita do córrego Romeira, onde está localizado o perfil 2, e entre os córregos Mandacaru e Miosótis (perfil 3), verifica-se a presença de áreas de pastagem atingindo as margens dos rios.

Próximo da nascente do córrego das Rosas verificam-se setores de drenagem intermitente, que em épocas de concentração pluviométrica ficam inundados, devido à elevação do lençol freático. Essa área está localizada dentro de propriedades rurais onde o uso do solo predominante é o de plantio de soja, e onde também se verificam setores de solo exposto.



**Figura 6:** Carta de Declividade da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá



**Figura 7:** Carta de tipos de solo da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá



**Figura 8:** Ravinamento sob solo arenoso - Sítio 52 B3, próximo ao córrego Romeira

Na faixa de confluência entre córregos tributários e o ribeirão Maringá, também foi verificado o plantio de soja bem próximo à rede de drenagem. Essa área deveria contar com um tipo de manejo diferenciado, pois os solos desse setor estão em sua maioria sujeitos a períodos de inundação, devido à localização (próximos às confluências) e também à elevação do lençol freático. Os solos dessa área são escuros, com presença de gleização.

Próximo a jusante do ribeirão Maringá com o rio Pirapó, predomina também a cultura temporária (soja), intercalada por pequenas áreas de pastagem, onde se verificam apenas alguns fragmentos de vegetação marginal, próximos às drenagens.

Assim, de uma forma geral, o uso agrícola que predomina na bacia é o de cultura sazonal: soja, milho e trigo, enquanto em outras áreas menores foi verificado o cultivo de aveia, cana-de-açúcar, feno e pastagem.

Em todas as áreas da bacia praticamente todas as culturas aproximam-se das margens das drenagens, resultando na carência da vegetação marginal.

Os resultados dos ensaios de absorção e perda de material de solo por imersão forneceram a curva de infiltração de cada amostra analisada, com o valor do coeficiente angular da reta ( $y$ ), lado necessário para se calcular o valor de ( $E$ ), um parâmetro final a ser adotado. É que quando ( $E$ ) apresenta valores  $< 1$ , significa

que o material analisado é considerado erodível e quando apresenta valores  $> 1$  o material analisado não é considerado erodível.

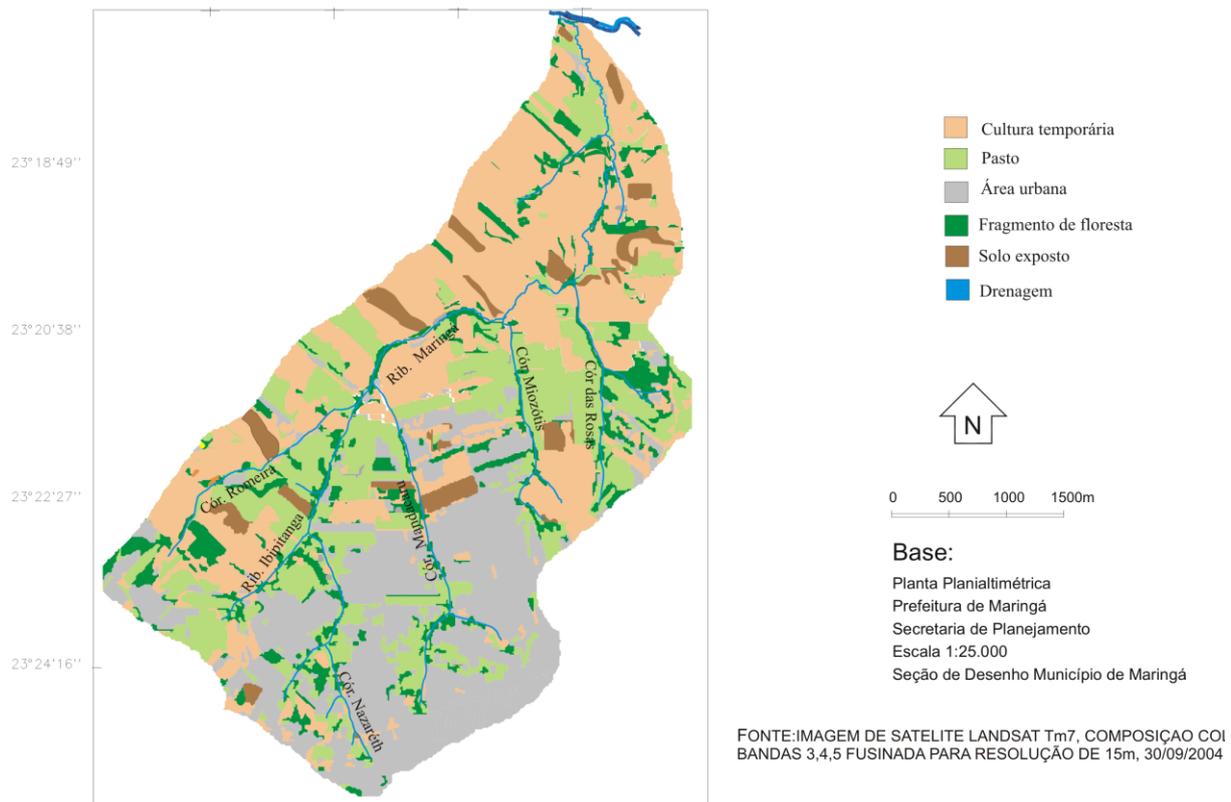
A partir da associação desses ensaios, concluiu-se que o Latossolo Vermelho de textura média (perfil 1), o Gleissolo (perfil 4) e o Cambissolo (perfil 5) apresentaram valores de índice de erodibilidade menores que 1 ( $E < 1$ ) no horizonte A e B em relação aos solos dos perfis 2, 3, 6 e 7. Este último resultado foi reflexo da pequena perda de material de solo no teste de imersão.

Os resultados do cálculo do índice de erodibilidade  $E=40S/P$  possibilitaram a separação dos materiais erodíveis dos não erodíveis das amostras de solo dos perfis analisados, sintetizando os resultados em um só gráfico (Figura 10).

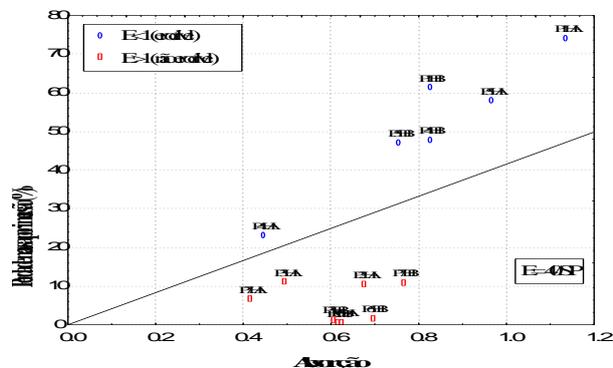
Como resultado, apenas seis amostras foram consideradas erodíveis, tendo as restantes apresentado comportamento estável ante a erosão. As amostras consideradas erodíveis foram coletadas em solos que apresentaram estrutura instável e uso inadequado (amostras dos perfis 1, 4 e 5). Já as amostras que não se apresentaram erodíveis foram coletadas em solos com uma estrutura mais estável e com uso mais apropriado (amostras dos perfis 2, 3, 6 e 7).

A reta  $E= 40/SP$ , representada na Figura 10, separa as amostras, sendo que na sua parte superior se encontram as amostras com problemas erosivos e na parte inferior as sem problemas erosivos. As amostras de solo dos horizontes A e B do perfil 1 e a do horizonte A do perfil 5 apresentaram valores mais elevados de perda de solo do que as dos outros horizontes que estão acima da reta.

Dessa forma, evidenciou-se que as amostras coletadas do Latossolo Vermelho de Textura média sob o cultivo de soja (perfil 1), do Gleissolo, solo desnudo para preparação do cultivo de aveia (perfil 4) e do Cambissolo com presença de gramíneas na área das pedreiras, são solos



**Figura 9:** Carta de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Maringá



**Figura 10:** Gráfico de absorção (S) x perda de solo por imersão (P), com separação dos solos com maior suscetibilidade a erosão.

extremamente vulneráveis aos processos erosivos e que devem ter um planejamento adequado para seu uso.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao verificar os elementos físicos e uso e ocupação da área de estudo, em saídas de campo, subentendeu-se que a bacia não apresentava grandes variações, quanto aos seus elementos físicos; no

entanto, ao elaborar os produtos cartográficos com o auxílio de fotografias aéreas, imagens de satélite e verificações mais minuciosas de campo, foi possível realizar o reconhecimento das diferentes declividades, dos tipos de solo e os usos da bacia. Esses procedimentos também possibilitaram a escolha das áreas de realização dos perfis para coleta de amostras indeformadas.

Foi constatado que as áreas que apresentavam maior declividade eram as localizadas no setor urbano, no setor superior da bacia e no setor leste. Nessas áreas, os comprimentos de rampa das vertentes são menos extensos e as formas são na maioria convexas, onde os vales são mais encaixados, o que predispõe tais áreas a um maior fluxo de escoamento superficial e arraste de matérias de solo nos períodos de chuva.

O tipo de solo predominante na bacia é o Nitossolo Vermelho distroférico e/ou eutroférico. O Latossolo Vermelho, de textura argilosa distroférico e/ou

eutroférico, foi encontrado em áreas restritas de topo e acima da área das pedreiras. O Latossolo, de Textura Média foi verificado no setor oeste na faixa de transição entre o substrato rochoso do Basalto para o Arenito.

Os Gleissolos foram localizados próximo ao córrego da Rosas e na confluência dos tributários com o ribeirão Maringá, onde a declividade é menos acentuada. Próximo ao leito do ribeirão Maringá, na foz com o rio Pirapó, verificou-se a presença de solos aluviais. Esses solos, apesar de não estarem em uma área de declividade acentuada, apresentaram problemas quanto à estrutura devido ao uso (soja e pastagem).

O uso do solo foi de grande importância para esta pesquisa, já que a área de estudo se encontra totalmente ocupada pela urbanização e pela agricultura, restando apenas pequenos fragmentos de floresta. No cruzamento dessa variável com o grau de inclinação do terreno e com o tipo de cobertura pedológica, verificou-se que as áreas que apresentavam solos e declividades com maior predisposição aos processos erosivos, estavam todas ocupadas com uso inadequado, vulneráveis ao desenvolvimento de ravinamentos.

A correlação e análise dos dados obtidos com as cartas temáticas e os testes de índice de erodibilidade permitiram concluir que três perfis apresentavam suscetibilidade à perda de materiais de solo: o perfil 1, localizado na área do Latossolo Vermelho de textura média com o uso de soja; o do Gleissolo (perfil 4), localizado próximo ao córrego das Rosas, que passou por vários períodos com o uso de soja estando desnudo no momento da coleta; e o do Cambissolo, localizado acima da pedreira (perfil 5), onde se encontram os solos rasos e cobertos por gramíneas.

Os testes finais de índice de erodibilidade constataram valores de  $E < 1$  em todos esses perfis; todos apresentaram uma perda de material considerável no

teste de imersão. Os perfis 2, 3, 6 e 7 não apresentaram preocupações emergenciais quanto à vulnerabilidade aos processos erosivos; no entanto, é preciso considerar que a intensidade e a modalidade da exploração predispõem o solo à erosão, tornando os ambientes naturais mais frágeis.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro e concessão de bolsa de estudos. Ao Grupo de Estudos Multidisciplinares do Ambiente (GEMA) pelo apoio durante a realização dos projetos.

## REFERÊNCIAS

AGENA, A. S. S.; SAAD, A. A. M. Estudo da erodibilidade como subsídio para o controle preventivo da erosão. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO, 5. **Anais...**, Boletim de Campo, Bauru, 1995. p. 237-239.

EMATER. **Mapa pedológico do Município de Maringá**. Maringá, 1988.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Serviço de Produção e Informação –SPI, 1999.

GUERRA, J. T. A, CUNHA, B. S. **Geomorfologia: uma atualização de Bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1996.

KÖPPEN, W. Climatologia. Com um estudio de los climas de la tierra. In: IAPAR. **Cartas Climáticas Básicas do Estado do Paraná**, Londrina, 1948.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D.F. Soil Characterization of Mapping units for Highway Purposes in a Tropical Area. **Bulletin of the international association of engineerong geology**, New York, v. 19, n.1, p.196-199, 1979.

PEJON, O. L. **Mapeamento Geotécnico da Folha de Piracicaba - SP (escala 1:100.000)**: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos. 1992. 237 f. Tese (Doutorado em Geotecnia)- São Carlos, USP, 1992.

PINESE, P. J. P.; NARDY, R. A J, Contexto geológico da Formação Serra Geral no Terceiro Planalto Paranaense, **ENCONTRO GEOTÉCNICO DO TERCEIRO PLANALTO PARANAENSE**, 1., **Anais...**, Maringá: UEM, 2003.

PRIMAVERSI, A. **Manejo ecológico dos solos em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1988.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n 8, 1994, p. 63-74.

SALOMÃO, F. M, **Processos erosivos lineares em Bauru-SP**: regionalização cartográfica, aplicada ao controle preventivo urbano e rural. 1994. 200 f. Tese (Doutorado em Geografia Física)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SOUZA, M. L. **Proposta de um sistema de classificação de feições erosivas voltados à estudos de procedimentos de análises de decisões quanto a medidas corretivas, mitigadoras e preventivas**: aplicação no município de Umuarama (PR). 2001. 284 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e

Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

VILELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

Data de recebimento: 10.06.2010.

Data de aceite: 09.12.2010.