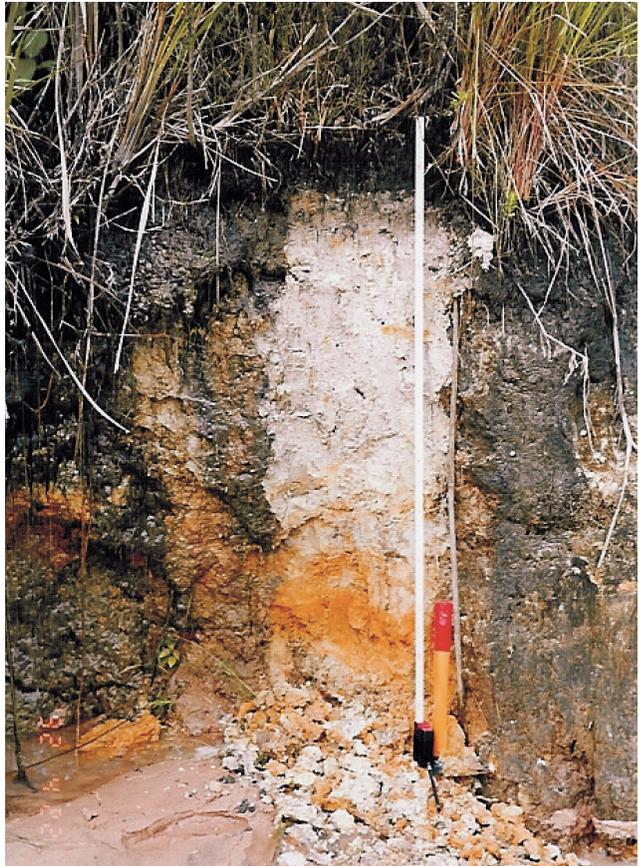


Caracterização do Meio Físico



Caracterização do perfil do solo na bacia
Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

Contribuição ao Planejamento de Microbacias Hidrográficas: Avaliação de Componentes e Processos do Meio Biofísico do Ribeirão Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP

Márcio ROSSI¹

Isabel Fernandes de Aguiar MATTOS²

Elvira Neves DOMINGUES³

RESUMO:

Objetivou-se identificar, caracterizar e mapear os elementos componentes da paisagem, relevo, forma, tipologia e distribuição dos processos erosivos, vegetação e uso da terra e zonas homogêneas relacionadas às características dos solos e relevo na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, por meio de fotointerpretação e trabalhos de campo. Como resultado apresentam-se mapas dos elementos estudados e concluiu-se que o procedimento de estudo é adequado para identificar formas de uso da terra e mecanismos que aceleram ou deflagram os processos erosivos na região e para o estudo de caso. O estudo define ainda zonas de ocorrências preferenciais desses processos. Conclui-se também que os problemas resultantes desses processos podem ser minimizados ou previstos, dando suporte à adoção de medidas preventivas e corretivas quanto ao uso do solo, o que poderá propiciar a manutenção e também o aumento da quantidade e qualidade da água desta microbacia.

Palavras-chave: análise ambiental, áreas degradadas, erosão laminar, mapeamento, morfopedologia, processos erosivos, ravinas, relação relevo-solos-erosão, sulcos, tipologia de erosão, uso da terra, voçorocas.

¹ Instituto Florestal, Rua do Horto, 931, CEP 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

² Fundação Florestal, Rua do Horto, 931, CEP 02377-000, São Paulo, SP, Brasil.

³ *In memoriam.*

ABSTRACT

This aims of this study were to identify, characterize and map landscape elements. Photo interpretation and field observation were used to map relief, erosion types and their distribution, vegetation cover, land use and homogeneous areas related to soil characteristics and landforms in the Água da Cachoeira watershed. The maps obtained highlight areas which are susceptible to erosion. We suggest that problems resulting from erosion processes could be minimized by preventive and corrective land use practices,, which, in turn, could improve water quality and yield.

Key-words: badlands, environmental analysis, erosion processes, erosion typology, gully erosion, hill erosion, land use, mapping, pedomorphology, sheet erosion.

INTRODUÇÃO

Este estudo fez parte da cooperação técnico-científica do “Projeto de Pesquisa em Conservação de Floresta e do Meio Ambiente”, desenvolvido pelo Instituto Florestal e a Japan International Cooperation Agency, no período de 1993 a 1998, visando uma política eficaz de preservação e conservação do meio ambiente, e de recuperação de áreas degradadas com bases técnico-científicas no contexto de uma abordagem ampla de conhecimento do meio hidrobiológico e dos mecanismos de erosão da microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista, SP, buscando medidas preventivas e corretivas dos processos erosivos atuantes na região.

A área foi escolhida por ser fonte de captação para abastecimento hídrico urbano do município de Paraguaçu Paulista e apresentar acelerados processos de erosão e assoreamento dos cursos d’água, dando um cunho sócio-econômico aos resultados alcançados.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos no intuito de caracterizar e diagnosticar os problemas e as causas da degradação ambiental na área.

O tema a ser abordado neste capítulo versa sobre a avaliação do meio físico e da evolução da paisagem (caracterização da morfologia do relevo, tipologia e distribuição das feições e dos processos erosivos, vegetação, uso e ocupação da terra e solos) visando ao planejamento de uso e recuperação em microbacia hidrográfica degradada, o caso do ribeirão Água da Cachoeira.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados como material para a confecção deste capítulo os dados obtidos em estudos efetuados na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira (Figura 1), de Domingues *et al.* (1998), que estudaram a tipologia e a distribuição dos processos erosivos; Rossi *et al.* (1997), que definem para a área unidades morfopedológicas e sua relação com o grau e os tipos de erosão do solo; Domingues *et al.* (2000), que caracterizam o meio hidrobiológico em seções transversais; e, Mattos *et al.* (1997), que avaliam a evolução do uso da terra e seus impactos em microbacia degradada.

Localizada no município de Paraguaçu Paulista, região administrativa de Assis, a sudoeste do Estado de São Paulo, a microbacia do ribeirão Água da Cachoeira compreende aproximadamente 3.700 ha e está situada entre as coordenadas de 22° 17' e 22° 23' de latitude sul e 50° 35' e 50° 37' de longitude oeste. Faz parte da bacia do ribeirão do Alegre, pertencente à bacia do Paranapanema e é fonte de captação de água para a cidade de Paraguaçu Paulista. O relevo regional, onde se insere a área de estudo, é caracterizado por colinas médias e amplas do Planalto Ocidental paulista, sendo o substrato rochoso composto por rochas areníticas do Grupo Bauru onde são caracterizadas duas Formações: Marília e Adamantina (IPT, 1981a e b). A vegetação original era constituída pela Floresta Estacional Semidecidual e por cerrados em solos do tipo Latossolo Vermelho Distrófico (antigos latossolos vermelho-escuros) e Argissolo Vermelho-Amarelo (antigos podzólicos). Segundo a classificação de Köppen a área é caracterizada por clima do tipo Cwa, quente com inverno seco, temperatura máxima em torno de 30° e mínima de 10°, podendo ocorrer geadas. Apresenta chuvas concentradas nos meses de dezembro a março, com cerca de 1.480 mm/ano.

Como primeiro passo foram elaborados trabalhos de fotointerpretação da bacia hidrográfica, para reconhecimento e delimitação da área, e diversas incursões de campo. Esse procedimento foi também adotado para todos os temas acima mencionados.

Assim, delinear-se mapas para reconhecer e classificar as diversas formas de erosão existentes na microbacia, suas principais características e áreas de ocorrência, em relação aos diferentes micro e macro compartimentos do relevo e da rede de drenagem pluvial e fluvial, dos solos e do uso da terra, analisando-se os resultados através de uma proposta de interpretação conjunta, como subsídio ao planejamento de microbacias hidrográficas.

Na caracterização e delimitação do relevo e solos, foram identificadas unidades homogêneas, com relação às formas de relevo, aos sistemas pedológicos predominantes e à justaposição destes dois elementos em confrontação com áreas de maiores ocorrências dos diferentes processos erosivos.

A análise da evolução do uso e ocupação da terra permitiu a realização de diagnóstico das condições ambientais da área, compreendendo uma das etapas dos estudos

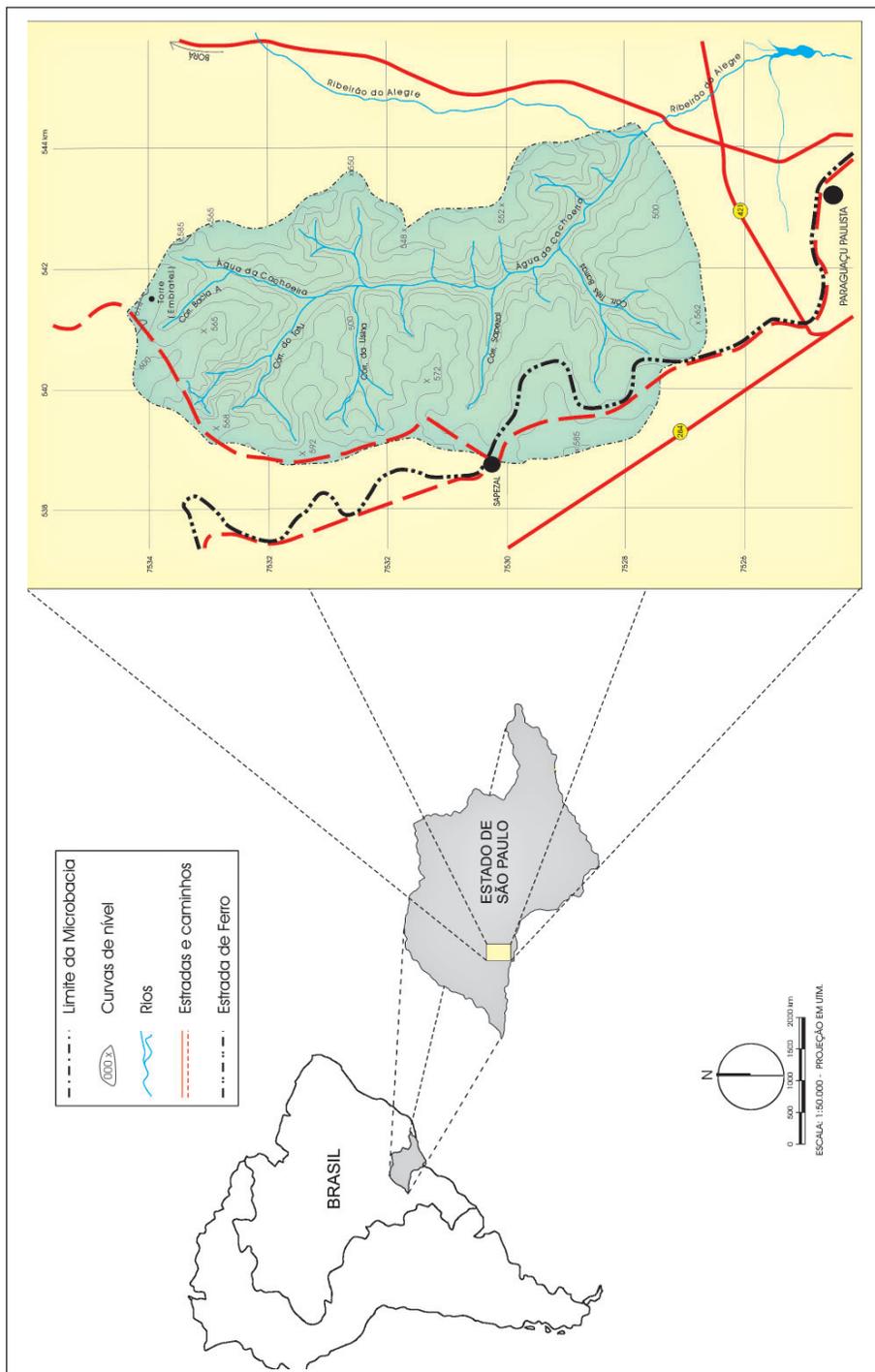


Figura 1. Localização da microbacia do ribeirão da Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

de reconhecimento do meio biofísico, que fundamentou a avaliação das condições de degradação às quais esta microbacia está submetida. Assim, sua análise crono-espacial, referente aos anos de 1962, 1973, 1984 e 1993, associada aos processos erosivos, bem como a cobertura pedológica local, permitiu levantar possíveis causas da degradação da área e fornecer informações para subsidiar prognósticos.

Para uma melhor caracterização da área procedeu-se à análise do meio hidrobiofísico, inter-relacionando-se as informações já obtidas, como as morfológicas, geológicas, pedológicas, declives, drenagem, uso da terra e processos erosivos, que resultou em dados analíticos interpretativos, com ênfase à dinâmica morfohidrológica desta microbacia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geomorfologia

Quanto aos aspectos físicos, a microbacia do ribeirão Água da Cachoeira apresenta drenagem de 4ª ordem que é composta por cinco sub-bacias principais: do córrego das Três Barras, do Sapezal, da Usina, da Bacia “A” e a da Represa (Figura 2).

Nesta microbacia, os diferentes tipos das mais importantes feições erosivas e a distribuição das áreas mais significativas com erosão linear estão, em parte, na dependência de fatores do relevo e do escoamento superficial, concordando com Tricart (1966).

Considerando o vale principal, em ambas as porções, estas vertentes compõem parte do conjunto de relevo de degradação em planaltos dissecados, envolvendo modelado local predominantemente erosivo, com poucos setores de vales com predomínio dos processos de acumulação, em altitudes superiores a 450m (Figura 2).

O relevo da microbacia apresenta características marcantes de influência litoestrutural nas ocorrências dos diferentes tipos de processos erosivos (Figuras 3 e 4), demonstrada na drenagem, declividades e morfopedologia, com muitas rupturas de declives convexas acentuadas, nas vertentes da margem esquerda, identificando solos com maior tendência à erosão (argissolos) enquanto na margem direita as rupturas de declives são, na maioria, convexas suaves em interflúvios secundários amplos, com setores de topos largos e chatos amparando latossolos e solos intermediários para argissolos. Rupturas de declives mais acentuadas na margem direita ocorrem somente no contato das baixas vertentes com o fundo de vale, caracterizando encaixe do fundo de vale e afloramentos rochosos, principalmente ao longo do canal fluvial principal nos médios e baixos cursos, identificando neossolos litólicos nessas rupturas e neossolos flúvicos nos fundos de vale mais abertos, conforme também observou Salomão (1994) na região de Bauru.

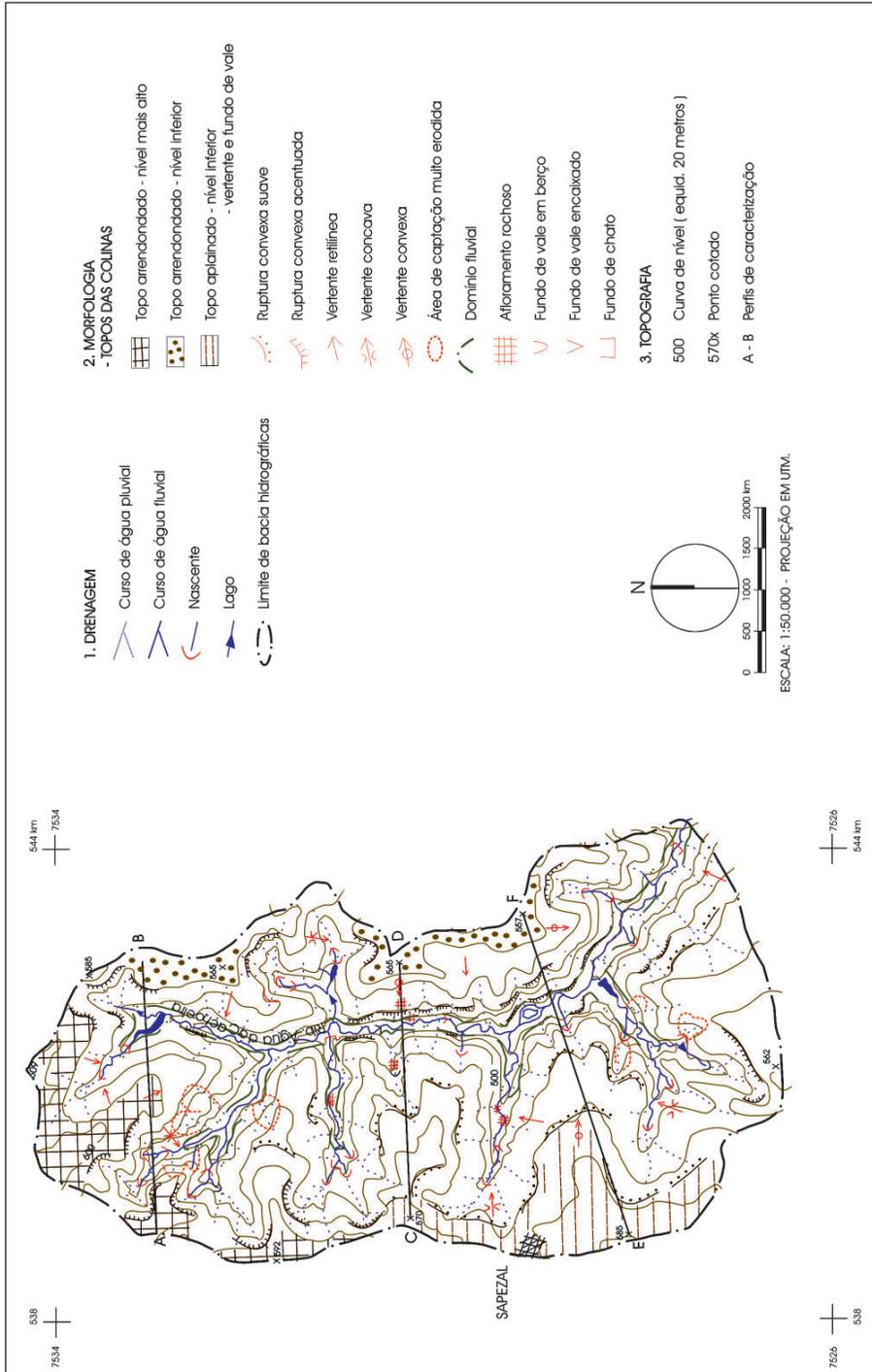


Figura 2. Topografia, drenagem e morfologia da microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

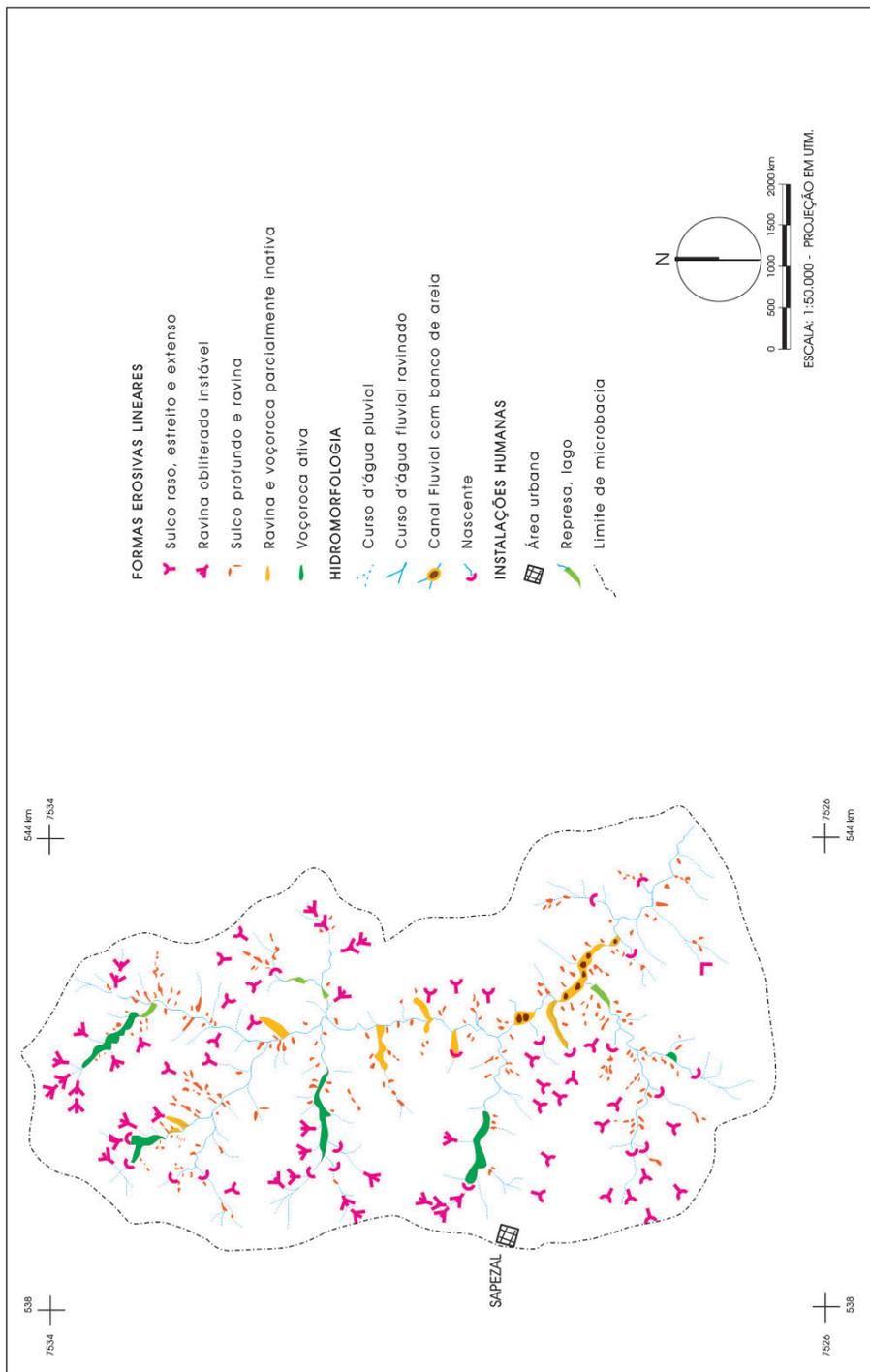


Figura 3. Levantamento da erosão linear na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

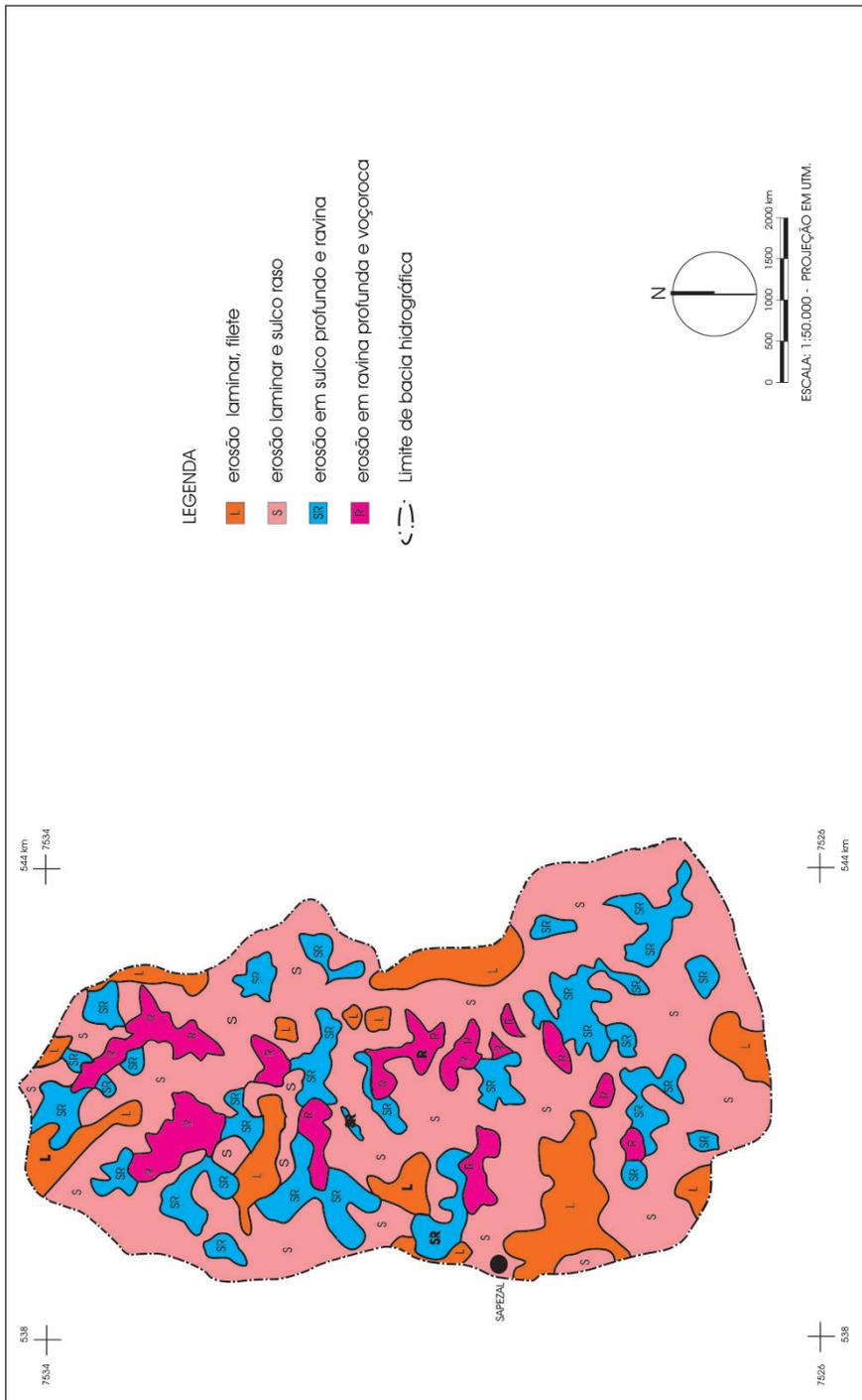


Figura 4. Classes de distribuição das erosões lineares e areolares na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

Morfopedologia e hidrodinâmica

Os topos dos interflúvios principais são aplanados e largos comportando solos espessos, bem drenados e altamente intemperizados (latossolos), prevalecendo topos mais estreitos e vertente retilíneas na porção leste da área, definindo solos intermediários entre latossolos e argissolos e argissolos puros, onde o canal principal é mais encaixado, imprimindo maiores declividades das baixas vertentes.

No extremo noroeste da área, em um pequeno setor, estas características de encaixamento dos vales destacam maior erosão em sulcos profundos e ravinas nas baixas vertentes e fundos de vale, explicados pela forte presença dos argissolos com diferenciação textural acentuada entre horizontes superficiais e subsuperficiais de solo, apesar dos topos aplanados com presença de latossolos. Neste setor há o encaixamento do vale em áreas de diversas nascentes, em declividades acentuadas, justificando também os profundos ravinamentos.

Na porção leste da microbacia os interflúvios secundários são pouco pronunciados com vertentes retilíneas-côncavas para o ribeirão principal, enquanto os divisores d'água secundários da porção oeste são amplos, proporcionando sub-bacias mais desenvolvidas.

Na porção ocidental da microbacia, nos médios e altos cursos, ocorrem todas as voçorocas e as maiores ravinas, o que poderia ser atribuído à presença da passagem de latossolos friáveis (drenagem e infiltração de água acentuadas) para argissolos com diferenciação textural entre camadas (drenagem e infiltração de água mais lenta em subsuperfície), embora sejam indicadas as fortes declividades ao longo do canal principal, onde dominam os neossolos litólicos (solos rasos), dos setores médio e inferior e na porção leste da microbacia.

Constatou-se que a erosão laminar, com a remoção em lençol das camadas superficiais do solo processa-se violentamente em toda a microbacia, como consequência da degradação generalizada. Porém, mais acentuada nas unidades 1 e 2 da Figura 5, em função da fragilidade e exposição dos solos existentes, Latossolo Vermelho Distrófico (Latossolo Vermelho-Escuro) de textura média, profundos, com drenagem interna acentuada e sem impedimento. Tal fato, apesar de pouco perceptível nos locais de erosão e rebaixamento quase homogêneo das superfícies, é notado nas áreas planas das baixadas, onde freqüentemente, após chuvas torrenciais, há o acúmulo repentino de espessos lençóis de areia, conforme também registraram em outras áreas do Planalto Paulista Queiroz Neto *et al.*(1973 e 1977). Na microbacia, durante estes episódios, freqüentes no verão, há o assoreamento das planícies mais largas junto à foz do ribeirão Água da Cachoeira.

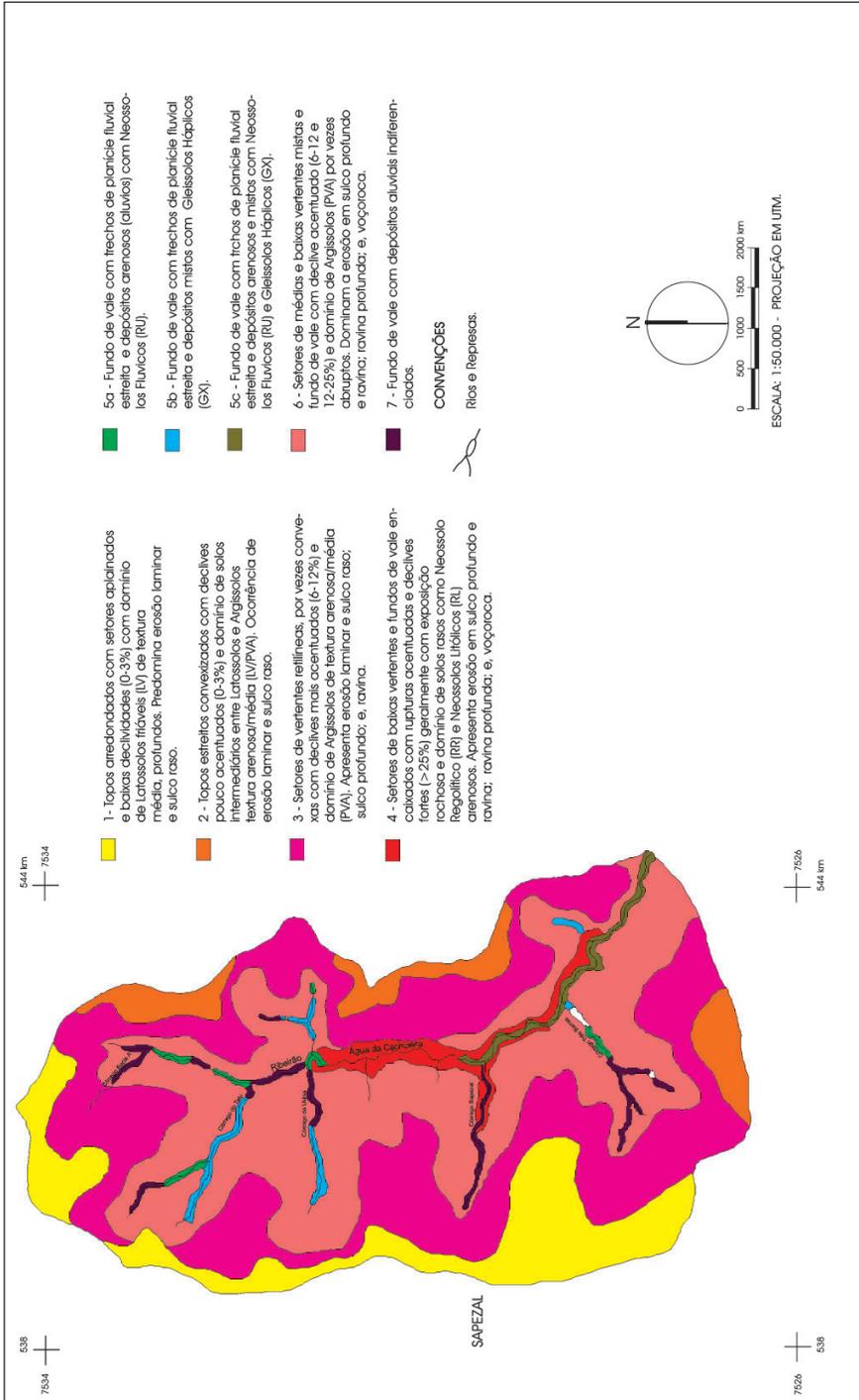


Figura 5. Mapa de unidades quanto aos aspectos do meio físico na ocorrência de erosão e acumulação da microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

As erosões lineares em filete, também aparentes, estão situadas em topos arredondados com setores aplanados, por vezes com topos estreitos convexizados, representados por solos intermediários entre Latossolo e Argissolo (podzólico), com baixas declividades (0 a 3%). Os trabalhos de campo permitiram observar que tais solos apresentam nítidas zonas de areias lavadas nos horizontes superficiais, indicando lixiviação de elementos e/ou compostos em dissolução, iniciando uma descontinuidade textural. Estes fatos são comprovados nas baixas vertentes, onde foram observadas camadas de acumulação de argilas no meio da massa de solo francamente arenosa.

A erosão superficial em sulcos rasos predomina nas médias e altas vertentes em áreas de cultivo, principalmente de cana, e próximo aos canais fluviais e nas baixas vertentes, em áreas de pastagens (locais de bebedouros). Há, ainda, uma grande degradação da cobertura do solo e grande densidade de sulcos, ravinas e voçorocas. Na sub-bacia do córrego Três Barras, predominantemente explorada pela pecuária, notou-se que os sulcos rasos são bem distribuídos, sendo que os longos e estreitos estendem-se em muitos locais desde os topos dos interflúvios até a baixada fluvial e estão relacionados ao caminhamento do gado. No terço superior das vertentes, isto é, nas unidades 3 e 6 da Figura 5, a ocorrência de sulcos rasos, delimitados por rupturas de declive convexas está associada ao material com descontinuidade textural do horizonte superficial para o sub-superficial (argissolo). Nos sopés das vertentes e em pequenas planícies foram observados depósitos relativos aos processos a montante.

As erosões em sulcos profundos e ravinas aparecem com maior frequência nas médias e altas vertentes ao longo dos eixos (principal e secundários) de concentração do escoamento superficial das bacias de recepção e nas margens de estradas, normalmente em Argissolo (unidade 6 da Figura 5) com forte relação textural (horizonte superficial arenoso, com até 10% de argila e subsuperficial de textura média, com até 20% de argila) e circulação hídrica interna lateral diferenciada (pronunciada), que coincide com o afloramento do lençol freático e é expressa pelos dutos de piping de diferentes dimensões, enquanto Salomão (1994) em Bauru, encontrou maior densidade nas cabeceiras de drenagem. Verificou-se que, em muitos locais da microbacia, várias incisões haviam sido obliteradas por máquinas agrícolas, visando o aumento das áreas produtivas, principalmente na cultura da cana. Quando o manejo do solo para o cultivo obliterou as ravinas próximas às cabeceiras de voçorocas, os processos de reativação foram novamente instalados. No campo observaram-se apenas pequenos terracetes e minúsculos patamares de afundamentos descontínuos, associados ao escoamento superficial pluvial concentrado.

Ao longo dos talwegues das vertentes em perfis verticais, os solos com relação textural independente do seu grau, mesmo cobertos por plantio de eucalipto, sujeitam-se a uma provável reativação do processo erosivo. Essa diferenciação textural pode ser apontada como desencadeadora desses processos erosivos lineares, também salientado por Fernandes Barros *et al.* (1995).

Esses sulcos foram encontrados em Argissolos com relação textural do horizonte A para o horizonte B próxima de 2,0 (suficiente para caráter abrupto), importante para a circulação hídrica interna e estão associados a rupturas de declive convexas, demonstrando a importância destes horizontes no desencadeamento natural dos processos erosivos lineares.

Os resultados obtidos através dos perfis (Figura 6) indicam que no setor superior, nas médias e altas vertentes, há o domínio da erosão laminar nos topos e em sulcos nas médias e altas vertentes, em áreas predominantes de cultivo de cana-de-açúcar e, em trechos menores, de *Citrus* e café.

Nos topos, as declividades são inferiores a 3%, os Latossolos comportam-se, em relação ao aspecto hídrico, com elevada infiltração, devido à textura homogênea grosseira (arenosa e média com baixos teores de argila) ao longo do perfil, permitindo alta porosidade e permeabilidade do material e deflúvio em menor escala, porém apresentam erosão laminar acentuada devido à exposição do solo. Tais afirmações são inferidas a partir da observação “in situ” de zonas de perda de matéria orgânica e argilas (bolsões de material claro lavado na massa do solo) dos horizontes superficiais e pela exposição de horizontes subsuperficiais.

Verificam-se, ainda nos topos, que há áreas mais frágeis, com declividades superiores a 12% e em alguns trechos de mais de 25%, ocupadas com cultivo e apresentando concentração de erosão mais grave, como sulcos profundos e ravinas. Isto também foi observado em cabeceiras fluviais e segmentos de canais de drenagem, em domínio de voçorocas. Assim, não obstante os interflúvios serem aplanados e as vertentes com baixas declividades, ocorrem segmentos de canais, como os anfiteatros de nascentes, apresentando locais de maior suscetibilidade aos processos erosivos.

Nas fotos aéreas de 1984, é possível observar a existência de planícies caracterizadas por solos com gleização (coloração mais escura nas fotografias, indicando maior umidade). Em 1993, esses mesmos locais apresentavam erosões em ravinas profundas e voçorocas, demonstrando a perda de camadas de solo. Tal fato foi também constatado em campo, onde se observou a exposição da antiga camada enegrecida e gleizada, agora em processo de oxidação.

No setor médio, a erosão profunda ocorre em declives entre 6 e 25%, nas médias e baixas vertentes, a jusante de fortes rupturas de declives. Nestes compartimentos, mesmo em áreas com capoeira arbórea e herbácea, há ravinas e voçorocas, em domínio de Neossolos Regolíticos e Litólicos, e Argissolos. Ressalta-se que em pequeno segmento de vertentes, na porção leste, apesar do declive ser superior a 25%, há cobertura arbórea e ausência de erosão profunda.

Nas médias e altas vertentes da porção oeste há domínio de pastagens, declividades inferiores a 6%, em Argissolos e maior ocorrência de erosão em sulcos rasos. No mesmo perfil, no setor inferior em situação semelhante, ocorre o domínio dos Latossolos sobre

os Argissolos, onde há maior ocorrência de erosão superficial, com destaque para longas rampas de vertentes, características das colinas amplas, na porção oeste. Nas vertentes opostas, geralmente ocupadas por pastagens, os declives são maiores, predominando de 6 a 25% e presença de ravinas e voçorocas, até nas médias vertentes, no domínio de Argissolos, Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos.

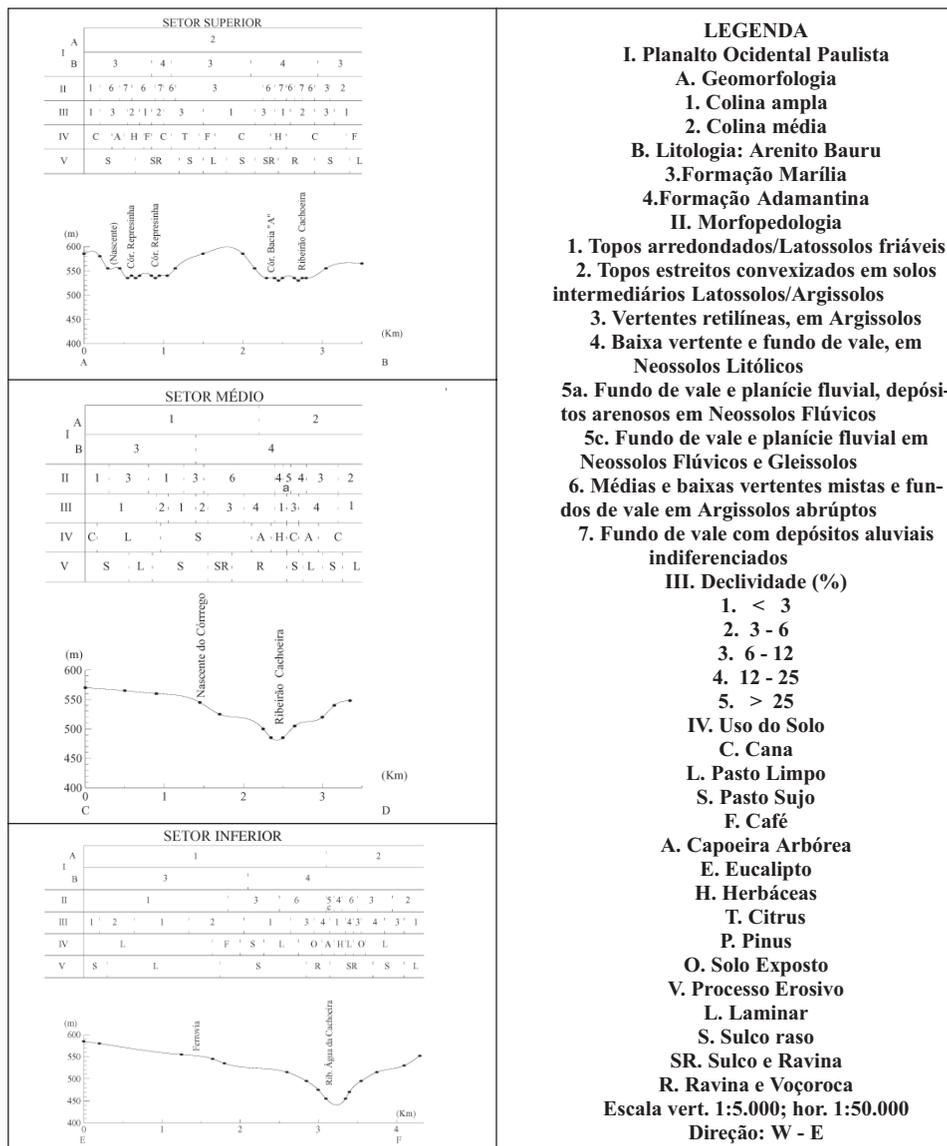


Figura 6. Caracterização hidrobiofísica em seções transversais (A-B, C-D e E-F) na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista - SP.

Ao longo do córrego da Usina na baixa vertente, as fotografias aéreas de 1984 mostram a existência de planícies indicando solos com gleização, compondo as unidades 5b e 5c (Figura 5), sem instalação aparente de erosão, estando essas áreas ocupadas com pastagem. As erosões aparecem nas cabeceiras de drenagem, em setores de vertentes predominantemente retilíneos, por vezes convexos, com declives de 6 a 12%, na transição entre latossolos e argissolos, compondo solos com horizonte superficial arenoso e subsuperficial com acréscimo de argila, porém com pequena relação textural, observados nas unidades 3 e 6 (Figura 5). Estes setores são bem definidos por ruptura de declive convexa acentuada nas médias e baixas vertentes mistas e fundos de vales, com declives também acentuados (6 a 12% e 12 a 25%) que marcam essa passagem pedológica. Ocorrem pequenos depósitos correlativos na planície acima citada, indicando circulação hídrica subsuperficial lateral preferencial à circulação vertical.

Os Argissolos, com pequena relação textural e em posição mais declivosa, apresentam uma relação infiltração/deflúvio menor, isto devido à textura mais fina (maior teor de argila) no horizonte subsuperficial e ao declive, que propiciam o caminhamento preferencial lateral da água, podendo originar erosão interna. Esta afirmação baseia-se nas observações de campo, pois a análise de perfis de solos permitiu constatar que o horizonte superficial muito arenoso e o escoamento superficial propiciam erosões lineares em filetes e em sulcos e, por vezes, ravinas, como nas unidades 4, 6 e 7, sendo também acentuada a erosão laminar nas unidades 1, 2 e 3 (Figura 5).

Nos Argissolos abruptos, devido à elevada relação textural existente entre os horizontes A e B (acima de 2), espera-se que a relação infiltração/deflúvio seja diminuída ainda mais, permitindo o caminhamento lateral da água. Portanto, os processos erosivos tornam-se mais intensos, provocando ravinas profundas e voçorocas, iniciadas tanto por processos superficiais de entalhamento, em função de caminhamentos preferenciais da água, como por processos internos de “piping”. Desta forma, os cursos d’água e as planícies fluviais são entulhados por sedimentos oriundos desses processos de vertente, comprometendo a quantidade e qualidade da água gerada nesta microbacia.

As baixas vertentes e o fundo de vale do ribeirão Água da Cachoeira, a partir do córrego da Usina até a foz do córrego Três Barras, caracterizam-se por relevo com rupturas de declives fortes, solos rasos com seqüência de horizonte A arenoso, sobre saprólito ou rocha dura (Neossolos Regolíticos e Litólicos respectivamente), com circulação lateral de água interna abundante e onde aflora o escoamento subsuperficial (lençol suspenso), devido ao contato entre o solo arenoso e a rocha semi alterada ou pouco alterada, unidade 4 (Figura 5). O fundo de vale é recoberto por vegetação natural de graminóides a arbustiva/arbórea.

No terço final do ribeirão Água da Cachoeira, da confluência do córrego Três Barras até a sua foz, o fundo de vale é caracterizado por trechos mais largos, com alguns setores de planície e domínio de deposição de material arenoso (unidades 5a e 5c, Figura 5), envolvidos por pequena faixa de material com gleização. Essas diferenças de material arenoso e material de textura média com forte presença de processos de oxirredução (gleização), verificadas na granulometria dos horizontes ou camadas desses solos, não são cartografáveis nesta escala de trabalho, porém, definem uma associação pedológica comum na região, a dos Neossolos Flúvicos e Gleissolos Háplicos (unidade 7, Figura 5).

As baixas vertentes em contato com a planície fluvial do ribeirão Água da Cachoeira e de seus principais afluentes são compostas por pacotes de material arenoso profundo, observados em áreas de agradação (deposição) ou mesmo nos cortes provocados pelas voçorocas nestes setores. Por vezes são encontradas lentes de argila em variadas profundidades (descontinuidade textural), que podem representar linhas preferenciais para o progresso da erosão por fluxo subsuperficial lateral, originando os processos erosivos a partir de “piping”, como observados por Salomão (1994) e Manfredini *et al.* (1995) para as regiões de Bauru e Marília, respectivamente.

Em algumas áreas, estes pacotes arenosos, por vezes, apresentam camadas enegrecidas, constituídas por compostos orgânicos coloidais em profundidades de até 1 m, observados em cortes provocados pela erosão profunda. A presença dessas camadas pode estar associada a antigas zonas de acumulação e deposição de material orgânico e mineral fino, com processos de redução acentuados (planícies com gleização, Gleissolos Háplicos), que foram entalhados pela erosão recente como as ravinas profundas e voçorocas. Tal hipótese é baseada na observação conjunta de fotografias aéreas de 1984 e 1993 e observações de campo.

É importante ressaltar também que o manejo atual do solo pela agricultura é intenso na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira e o freqüente preparo do solo para o cultivo, principalmente de cana, desviou pequenas canaletas, entulhou sulcos, obliterou ravinas e até cabeceiras de grandes voçorocas, criando condições para que se instale a erosão, em consonância com as circunstâncias referidas por Drew (1989) e Bertoni & Lombardi Neto (1990). Estas áreas, apesar de cultivadas, demonstram características de instabilidade com a retomada da erosão, sendo que principalmente nas cabeceiras das grandes voçorocas, apesar de recobertas parcialmente com culturas, já é patente a retroerosão.

Verifica-se que as rupturas de declives, em todos os perfis, delineiam os pontos de mudança morfopedológica mais acentuados nos limites do latossolo e neossolo litólico. Quanto à erosão, esta é mais acentuada em áreas próximas aos fundos de vales principais, devido à maior fragilidade do arenito da Formação Adamantina e ao maior poder erosivo do escoamento concentrado, mesmo com a predominância de cobertura vegetal arbórea e herbácea nesses locais.

A agricultura intensiva feita nos compartimentos superiores do relevo exige a exposição quase permanente do solo, agravando a situação não só das áreas cultivadas, mas também das outras localizadas a jusante da bacia.

Reconhece-se que a dinâmica ambiental local apresenta diferenças que são comandadas por componentes hidrobiológicos. O uso atual e pretérito da terra deve estar exercendo maior influência nos tipos e áreas preferenciais da formação dos sulcos profundos, podendo-se deduzir que as ravinas surgem e se desenvolvem por processos antropogênicos, pisoteio do gado e abertura de estradas em pontos frágeis, retrabalhadas pelo escoamento superficial concentrado.

Este quadro de desequilíbrio permanecerá enquanto a ocupação agrícola não respeitar a capacidade de uso da terra e não adotar práticas conservacionistas adequadas, como, por exemplo, plantio em curvas em desnível nos argissolos e plantio direto ou em cultivo mínimo.

Finalizando, é relevante salientar que estes dados são importantes para a caracterização dos processos erosivos atuais e representam um determinado momento da evolução histórica de degradação da área. Entretanto, que os mesmos não podem ser interpretados do ponto de vista da evolução ou de aspectos quantitativos associados à dinâmica erosiva, corroborando as proposições de Buraczinsky (1982). Na realidade, estes resultados devem ser analisados e interpretados como uma situação temporária e representam o embasamento fundamental para análise interpretativa das feições erosivas do quadro presente. Além disto, deverão subsidiar estudos posteriores sobre os mecanismos e controle da erosão, bem como planos de uso do solo, em fases mais adiantadas dessas pesquisas e de outras, abrangendo também as demais variáveis ambientais.

O reconhecimento das macro-relações morfopedológicas na microbacia, bem como a constatação do avanço dos processos erosivos superficiais e subsuperficiais, indicaram a necessidade de manejo conservacionista da área (práticas adequadas de uso do solo, controle de erosão pelo uso de culturas mais apropriadas e repovoamento com mata ciliar nas margens dos cursos d'água) e de pesquisas mais detalhadas do meio biofísico.

Gênese e evolução dos processos erosivos

No período estudado, confirmou-se a existência no alto curso de duas voçorocas grandes, com aproximadamente 3 ha cada, e uma voçoroca média com 1 ha, num total de 7 ha de incisões lineares de grandes dimensões. No trecho médio da microbacia há duas voçorocas grandes e cinco médias, num total estimado de 11 ha. No trecho final da área ocorrem duas voçorocas médias, ocupando 2 ha. As áreas tomadas por sulcos profundos e ravinas de várias dimensões, em toda

a microbacia, são estimadas em cento e noventa e nove cicatrizes, com área total de 47 ha ou 1,27% da microbacia e, dos 3.700 ha da área total da microbacia, 66 ha são erosões lineares, abrangendo um total de 1,72% da bacia.

Quanto à diferenciação da evolução ambiental nos três setores da microbacia destaca-se, do ponto de vista da drenagem, da erosão profunda e das declividades mais fortes, isto é, de 6 a 25% e dos solos mais rasos, que as áreas mais frágeis ocorrem próximas aos canais fluviais principais e nas baixas vertentes retilíneas-côncavas.

A predominância de erosão superficial, isto é, laminar e em sulcos rasos, ocorre em diversos segmentos de vertentes, independente da morfopedologia, em diferentes declividades, induzindo à proposição de que, nestas condições, outras variáveis, como o uso atual do solo associado a aspectos hidrológicos, exerçam maior influência na formação de erosão profunda nestas áreas.

As grandes voçorocas foram mapeadas nas cabeceiras dos afluentes principais da margem esquerda do ribeirão Água da Cachoeira. As médias e altas vertentes dos divisores d'água do alto curso destes afluentes apresentam-se com o solo em preparo (solo exposto) ou em fase de plantio recente, o que justifica a existência de vertentes em franco processo de erosão, com ocorrência dos diferentes tipos reconhecidos nesta microbacia.

Todas as voçorocas e as maiores ravinas estão associadas aos canais de drenagem situados na porção oeste da área, sendo estes mais desenvolvidos e ramificados, com divisores d'água secundários amplos. Na porção leste, os canais de drenagem são mais curtos, pouco ramificados, com muitas rupturas de declives convexas acentuadas onde ocorrem topos mais arredondados, imprimindo maior declividade das baixas vertentes, em setores onde o canal principal apresenta-se mais encaixado.

Os resultados destacam que as voçorocas estão ligadas às cabeceiras de drenagem fluvial e as características das feições erosivas sugerem que é maior a remoção do solo nas áreas marginais aos canais, enquanto o canal evolui mais lentamente. Assim, no alto curso dos afluentes principais, ao longo do canal fluvial, ocorrem voçorocas não ramificadas no eixo longitudinal, mas nem sempre com predomínio dos processos lineares. Porém, estas apresentam diferenças que conduzem à sua distinção.

É possível reconhecer que as voçorocas e as ravinas apresentam diferenças que são comandadas pelas características dos solos, pelo uso atual e pretérito do solo e pelos demais fatores que comandam a dinâmica ambiental desta área, o que concorda com Coelho Neto (1995) e São Paulo (1990), quando ressaltam a importância destas características na evolução dos processos erosivos.

A voçoroca é resultante de processos incluídos na categoria de linear, mas não o é em suas diversas fases de erosão, isto é, quando há predominância do retrabalhamento marginal paralelo em superfície, contra o aprofundamento e alargamento do canal principal.

Sendo elaboradas por atuação conjunta de diversos mecanismos gerando formas extremamente variadas, concordando com Oliveira (1995), muitas voçorocas, mesmo não sendo ramificadas em várias cabeceiras de retroerosão, apresentam níveis de desbarrancamentos e rebaixamento da superfície marginal, em vários degraus diferentemente erodidos, podendo ser reconhecidas como elaboradas por processos linear-areolares. Nesta microbacia, em meio a estas áreas voçorocadas, há níveis de patamares formados por perda de solo e afundamentos, subsidências, onde persistem árvores de até 20 m de altura, arvoretas e arbustos. Assim, em torno de um canal principal estreito e profundamente entalhado, existe uma área dezenas de vezes maior onde ocorre um retalhamento areolar da superfície marginal. Nessa área, o salpico (splash) e a erosão de escoamento superficial em lençol e concentrado, bem como outras categorias de processos, são muito mais expressivos, concordando com Bertoni & Lombardi Neto (1990).

Considera-se que há uma seqüência evolutiva dos processos lineares nas fases de formação de uma voçoroca e uma alternância de predominância linear ou areolar em outras fases de seu desenvolvimento, não havendo limites nítidos que os separam, ocorrendo um balanço de predominância, ora de um, ora de outro, indo ao encontro dos pensamentos de Tricart (1966 e 1977), quando ressalta as descontinuidades temporais e espaciais dos processos erosivos. Assim, pode-se deduzir que as voçorocas surgiram pelo aprofundamento de ravinas. Nesta área, grande parte das ravinas pode ser considerada como uma fase inicial de voçorocas, pela predominância da localização das ravinas próximas aos canais fluviais.

Em fases posteriores de sua evolução, poderá ocorrer a junção dos mecanismos de superfície e de subsuperfície, conduzindo este conjunto de processos à categoria de voçoroca, tendo assim sua origem no aprofundamento de uma ou várias ravinas, o que concorda com afirmações de Ab'Saber (1968) e parece ser o caso da maioria das voçorocas nesta microbacia.

A análise das ocorrências erosivas na área desse estudo, quanto ao tipo e distribuição, demonstra fases de desenvolvimento diferentes de ravinas e voçorocas.

Admitindo as considerações de Goudie, 1985 apud Guerra (1995) e considerando as ravinas como entalhamento resultante da ação exclusiva do escoamento superficial, podendo ser obliterada por máquinas agrícolas, e que as ravinas obliteradas compreendem áreas de cabeceiras das voçorocas, verifica-se que estes processos

estão intimamente interligados. Neste caso, considera-se que há ravinas conectadas à rede de drenagem fluvial e ravinas desconectadas, porém, associadas à rede de drenagem pluvial, que surgem e se desenvolvem por processos antropogênicos, por pisoteio do gado ou por abertura de estrada em pontos frágeis, retrabalhadas pela pluvioerosão pontual-local e pelo escoamento superficial concentrado.

O termo desconectado da rede fluvial é utilizado pelo fato da conexão existir apenas subsuperficialmente pelo desenvolvimento dos processos de “piping”, o que sugere ser correto designá-la como desconectada apenas superficialmente, embora o processo da pluvioerosão retalhe a superfície enquanto o “piping” escava a subsuperfície, o que concorda com Vargas (1977) e Coelho Neto (1995).

Histórico de uso e ocupação da terra

O histórico de ocupação e uso da terra desenvolvido em Mattos *et al.* (1997) aponta informações importantes para a análise global dos estudos, estando as informações especializadas na forma de mapas na Figura 7 e os usos da terra, quantificados na Tabela 1.

A análise das informações bibliográficas de caráter regional e de Teixeira (1979), permite observar que a microbacia do ribeirão Água da Cachoeira era caracterizada originalmente pela Floresta Mesófila Semidecídua e Cerrados, tendo sido desmatada para implantação principalmente da cultura do café e de pastagens e retirada de madeira para construções, cercas e outros usos.

O café na década de 30 deixou suas marcas na organização do espaço do município de Paraguaçu Paulista. Exemplo, disso são a Vila Sapezal, área urbana situada na microbacia, estudada, e a abertura da Estrada de Ferro Sorocabana. Nessa época a distribuição das propriedades se fazia no sentido do espigão em direção ao ribeirão Água da Cachoeira.

A partir da década de 40, observa-se o declínio da cultura do café e sua substituição por pastagens que se ampliam de ano para ano, sendo bem evidente no mapeamento realizado em 1962. Neste ano, a área da bacia é ocupada em 78% com pastagens e o café encontra-se distribuído em pequenas glebas (4,7%). A análise das fotografias aéreas permite observar que na transição mata/café/pasto, os processos erosivos caracterizados por ravinamentos nas cabeceiras de drenagem e erosão acentuada nos canais principais encontram-se estabelecidos e atuantes. Isto deve ter ocorrido, provavelmente, em função das características do solo, predominantemente arenoso em superfície, associado ao tipo de manejo da terra, do plantio do café, dispos-

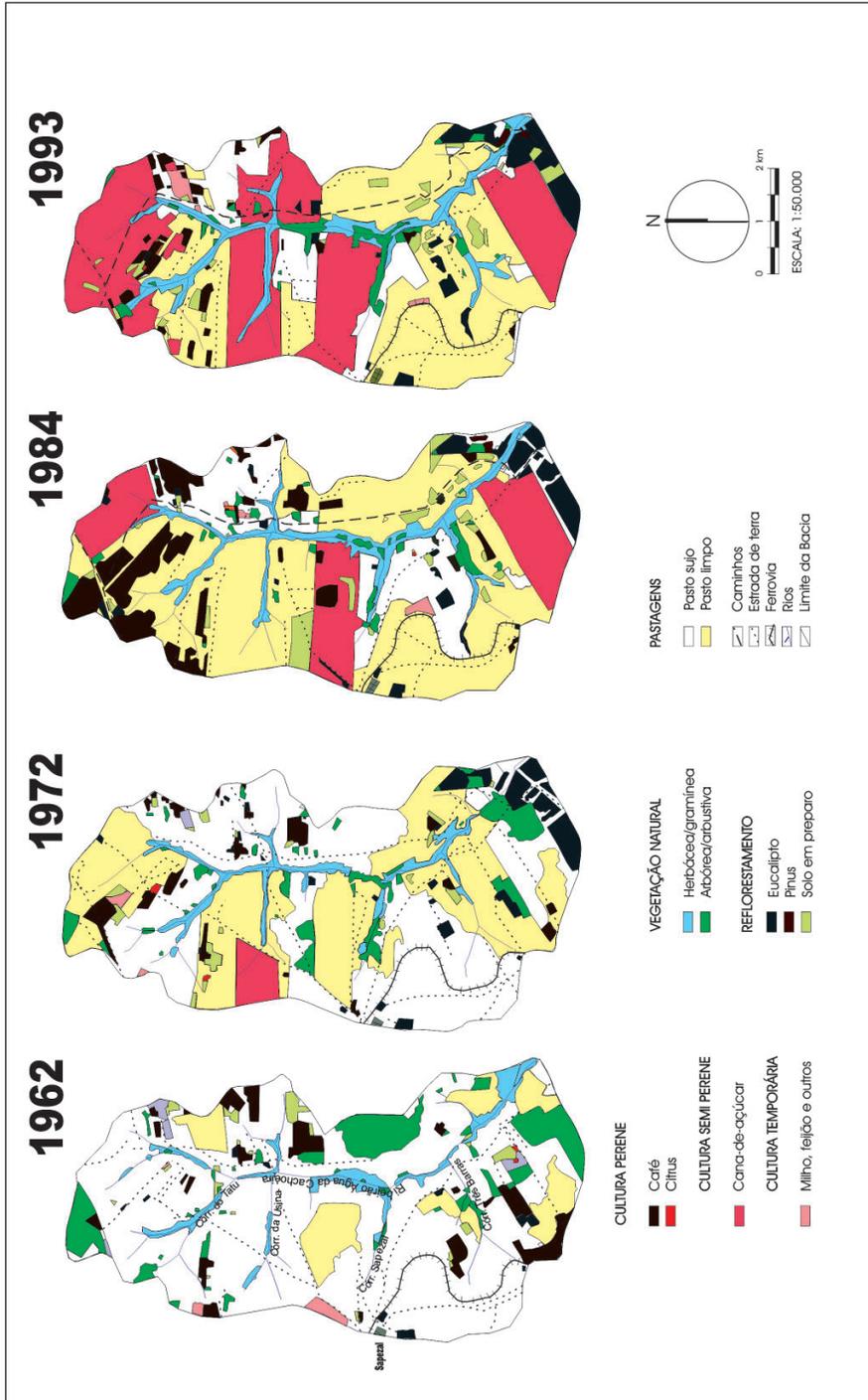


Figura 7. Mapas do uso da terra dos anos de 1962, 1972, 1984 e 1993, na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, Paraguaçu Paulista, SP.

Tabela 1. Distribuição em área e porcentagem dos diferentes tipos de uso da terra na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista-SP.

Tipo de uso da terra	Especificação	1962		1972		1984		1993	
		Área							
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Cultura	Anual	21,07	0,56	10,63	0,28	15,86	0,42	3,09	0,08
	Semi-perene			86,50	2,30	575,58	15,27	1270,57	33,71
	Perene	178,77	4,74	114,90	3,05	349,21	9,27	98,90	2,62
Pastagem	Limpa	357,40	9,48	1327,79	35,23	1562,23	41,45	1344,26	35,67
	Suja	2582,18	68,52	1585,86	42,08	587,07	15,58	378,24	10,04
Reflorestamento	Eucalipto	27,51	0,73	158,27	4,20	166,55	4,42	144,20	3,83
	Pinus					6,83	0,18	9,19	0,24
Áreas naturais	Pioneiras	141,68	3,76	159,61	4,24	222,90	5,21	252,60	6,70
	Secundárias	340,13	9,03	201,63	5,35	78,66	2,09	96,68	2,57
Solo em preparo		51,25	1,36	54,48	1,45	134,35	3,56	101,46	2,69
Área urbana		68,70	1,82	69,03	1,83	69,51	1,84	69,51	1,84
Total		3768,70		3768,70		3768,70		3768,70	

to em linha no sentido da drenagem e sua posterior retirada, bem como nas áreas de pastagem, ao sobrepisoteio, que pode ter contribuído também para a instalação e desenvolvimento da erosão.

No período de 1962 a 1973, as pequenas glebas de remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual vão cedendo lugar às pastagens, que chegam a ocupar, em 1973, aproximadamente 77% da área total da microbacia. Quanto ao reflorestamento, nesta data observam-se pequenos talhões de eucalipto destinados ao consumo das propriedades, sobressaindo uma área de pinus e eucalipto pertencente à Estação Experimental João José Galhardo, do Instituto Florestal. Ainda neste ano, observam-se inúmeros ravinamentos e sulcos obliterados na cabeceira de drenagem do Córrego da Usina, para a implantação da cana-de-açúcar. Portanto, a partir de 1973, começa a ocorrer uma transformação no uso da terra, iniciando-se a expansão da cultura canavieira. A implantação desta cultura irá provocar novo surto de ativação da erosão.

Nesta data, nas porções mais altas do relevo verifica-se a ocorrência de sulcos, sulcos profundos e ravinas nas cabeceiras de drenagem dos afluentes do Ribeirão Água da Cachoeira (Córrego do Tatu, da Usina, do Sapezal, Três Barras e Bacia A), em áreas de pasto sujo e cana-de-açúcar. O Ribeirão Água da Cachoeira apresenta-se também com ravinas profundas e voçorocas e com processo de deposição de sedimentos nas pequenas planícies ao longo do Ribeirão, bem como na sua foz.

Em 1984, os canaviais ocupam aproximadamente 15% da área total e as pastagens ocupam 57% do total. Nesta fase, observa-se uma continuidade no desenvolvimento dos processos erosivos, com ampliação de voçorocas e ravinas. Na porção norte da bacia, em setores que correspondem aos córregos do Tatu e Bacia A, os processos são evidentes, tendo havido uma intensificação destes no período de 1972 a 1984, tendo o uso da terra mudado significativamente neste local, de pasto limpo para cana-de-açúcar e reativação da cultura do café, revelando uma estreita ligação entre o uso e a dinâmica da área. A cultura do café nesta fase aumenta bastante em área, chegando a ocupar aproximadamente 10% do total.

No córrego do Sapezal, em 1984, já se observa a presença de uma voçoroca na calha do rio e alguma interferência na área da cabeceira, no sentido de conter o seu desenvolvimento. Na parte superior, isto é, nas suas nascentes, observam-se sulcos e ravinas obliteradas e o plantio de cana, indicando que o processo deve ter se acelerado com a retirada do pasto e a implantação da cana.

Outro elemento importante na análise do uso da terra, em 1984, é a perda praticamente total da mata natural ao longo dos córregos e do canal principal, observando-se apenas herbáceas e gramíneas. Somente na parte inferior do córrego do Sapezal pode ainda ser observado um pequeno trecho de vegetação de porte arbóreo baixo.

Praticamente ao longo de toda a calha do ribeirão Água da Cachoeira é possível verificar a ocorrência de forte erosão, com ravinamentos e voçorocamentos, além de trechos com forte deposição de sedimentos, carreados pelos seus afluentes.

A expansão da lavoura de cana-de-açúcar se faz nas áreas de espigões suas e amplos e em função da expansão e transformação das usinas de açúcar e álcool instaladas nos municípios vizinhos.

A situação apresentada no mapa de 1993 revela que a cultura do café é realizada em pequenas glebas na parte norte da microbacia, sendo caracterizada por plantações antigas, em vários níveis de degradação e com baixa produtividade; observa-se ainda cultura de citrus, na forma de pequenos pomares destinados ao consumo familiar. Estas culturas não se mostram hoje impactantes do ponto de vista da erosão.

A cultura da cana-de-açúcar corresponde a 33,7% da área total, o que demonstra a importância econômica que esta cultura tem na região. Foi ainda observado um aumento constante em área plantada na bacia nos últimos anos. Os processos erosivos que predominam nestas áreas são a erosão laminar, sulcos rasos e profundos, ravinas e, nos cursos d'água principais, observa-se a ocorrência de erosão em ravina profunda e voçoroca, demonstrando haver uma estreita ligação entre este uso e a intensificação dos processos de erosão e sedimentação dos cursos d'água.

A pastagem representa atualmente 45,7% da área total, utilizada para a criação extensiva (gado de corte e leite). Observa-se intensa compactação do solo, provocando a erosão laminar e em sulcos, resultado do regime de criação adotado. Nestas áreas os sulcos rasos encontram-se distribuídos e os longos e estreitos estendem-se desde os topos até a baixada fluvial e estão relacionados ao caminhamento do gado aos locais de bebedouros, onde o pisoteio é mais intenso, concordando com Domingues *et al.* (1998). Quanto à cobertura vegetal natural, observa-se que esta situa-se ao longo dos principais canais de drenagem em função das dificuldades de manejo, recobrando as áreas marginais de voçorocas e, nos locais onde a erosão em sulcos profundos impede a utilização agrícola, a vegetação, mesmo que profundamente alterada, serve como anteparo, reduzindo ou contendo por vezes os sedimentos carregados pelos rios. Correlacionando com os anos anteriores, observa-se que os locais mais problemáticos do ponto de vista da erosão foram deixados sem uso, permitindo que a vegetação se recuperasse: onde antes se encontravam apenas herbáceas hoje se nota a presença de vegetação arbórea baixa.

A análise dos dados referentes à situação atual permite observar a predominância do pastoreio e da cana-de-açúcar, o que, aliado às informações de Domingues *et al.* (1997), sobre os processos erosivos atuantes, nos permite evidenciar que a erosão laminar e em sulco raso, erosão em sulco profundo e ravina e erosão em ravina profunda e voçoroca tiveram origem e se desenvolveram em detrimento das condições atuais de uso. Porém, a análise das fotografias aéreas de 1962 e as informações de Teixeira (1979) demonstram que os processos erosivos tiveram origem na fase de desmatamento ou logo posteriormente a ele.

A retirada da floresta expondo os solos, Latossolos friáveis e profundos e Argissolos com expressiva diferenciação textural, conforme Rossi *et al.* (1997) e a posterior implantação do cultivo do café, em linha, no sentido da drenagem, como era prática comum, e as pastagens, vieram favorecer o direcionamento da água da chuva e conseqüentemente o surgimento dos processos erosivos, concordando com Santana (1991).

CONCLUSÕES

- 1 A microbacia apresenta quatro grandes formas de erosão: áreas com erosão laminar; erosão laminar e sulco raso; erosão em sulco profundo e ravina; e erosão em voçoroca.
- 2 As áreas extremamente críticas, onde predomina a ocorrência de ravinas e voçorocas, distribuem-se em áreas próximas aos canais fluviais principais.
- 3 As áreas com predominância de sulcos ocorrem em diversos segmentos de vertentes, independente da morfologia, induzindo à proposição de que, nestas condições, outras variáveis como, por exemplo, o uso atual do solo, exercem maior influência nos tipos e áreas preferenciais de formação dos sulcos profundos.
- 4 As ravinas e voçorocas estão associadas às baixas vertentes retilíneas-côncavas, enquanto as áreas de sulcos distribuem-se nas diversas formas de relevo em diferentes declividades ou segmentos de vertente, tanto próximo aos topos quanto nas baixas vertentes.
- 5 As rupturas de declives em todos os perfis exercem maior influência como pontos de mudança de tipos de erosão, sendo mais acentuadas quando próximas aos fundos de vales principais.
- 6 Grande parte das ravinas desta área pode ser considerada como uma fase inicial de voçorocas, pela predominância da localização das ravinas próximas aos canais fluviais.
- 7 Embora todas as ravinas analisadas pertençam à mesma categoria de erosão, possuem características visuais diferenciadas, atribuídas às diferentes fases de evolução e, possivelmente, às influências da intensidade e característica do manejo do solo.
- 8 A origem de uma parte das ocorrências de sulcos rasos e de sulcos extensos, nas altas vertentes, é atribuída ao pisoteio do gado e, nas baixas vertentes, às áreas de bebedouros.
- 9 O material pedogeneizado dessa microbacia é muito friável, principalmente em superfície, sendo seu arraste evidente, demonstrado em vários setores das baixas vertentes e no terço final do curso principal, próximo à sua foz.
- 10 A manutenção de sistemas florestais junto às margens dos córregos parece fator redutor dos processos erosivos da área, pelo menos dos mais agressivos como as ravinas profundas e voçorocas. Em contrapartida, o manejo excessivo do solo, com a destruição da pouca estruturação deste, aliado ao alto grau de fragilidade, aceleram vertiginosamente estes processos.

- 11 Atualmente, em áreas de solos friáveis e de textura arenosa/média, a pastagem parece ser a atividade econômica menos impactante, quanto aos processos erosivos. Porém, processos de ravinamentos são freqüentemente iniciados pelo caminhar do gado.
- 12 O sistema de mapeamento das formas do relevo associadas aos solos permitiu definir áreas de ocorrência preferencial de processos erosivos lineares mais acentuados, que podem ser minimizados adotando-se medidas preventivas e corretivas quanto ao uso do solo, o que poderá propiciar não só a manutenção como também o aumento da quantidade e qualidade da água da microbacia.
- 13 Uma análise retrospectiva revela que as diferentes fases de uso predominante tiveram influência direta na origem e desenvolvimento dos processos erosivos nesta área.
- 14 Existe uma estreita relação entre a cultura da cana-de-açúcar e a intensificação dos processos erosivos, embora a análise de anos anteriores demonstre que este processo não teve origem neste tipo de cultura. Apesar disso, há ocorrência de erosões profundas nessas áreas, mesmo em declividades abaixo de 6%.
- 15 Distúrbios hidrológicos como chuvas torrenciais provocam erosões profundas nos setores inferiores do relevo, independente da cobertura do solo, já que esta situação de fragilidade hidrobiofísica é agravada pelo encaixamento do vale, friabilidade do arenito e fragilidade do Argissolo e do Latossolo, dominantes. Essas chuvas também retrabalham com muito vigor as incisões erosivas localizadas, que haviam sido obliteradas pelo intenso cultivo.
- 16 Podem-se indicar como condicionantes da dinâmica erosiva da área, nas altas e médias vertentes, as características morfopedológicas e de uso atual da terra; e, nas baixas vertentes e fundos de vales, as maiores declividades e concentração de escoamento superficial torrencial.
- 17 O suporte científico fornecido por estudos como este vem contribuir para o aprofundamento dos conhecimentos necessários a uma avaliação ambiental que permita a preservação dos recursos hídricos e o aumento da quantidade e qualidade da água.

RECOMENDAÇÕES

- Os resultados desta pesquisa poderão contribuir em programas de recuperação de áreas degradadas e planos de uso da terra visando o controle da

erosão e o restabelecimento das condições do equilíbrio ambiental, tanto local como regional.

- É fundamental uma maior realização de pesquisas científicas de caracterização do meio biofísico, visando estudos dos processos erosivos e dos processos antropogênicos, para o melhor entendimento da dinâmica ambiental, visando à contenção da erosão e recuperação de áreas degradadas.
- Trabalhos mais detalhados utilizando estudos de topossequência podem ser realizados, visando confirmar a hipótese de origem e evolução do material orgânico coloidal observado em cortes de erosão profunda.
- Nota-se a necessidade de mudanças no sistema de manejo do gado, para promover a conservação dessas áreas, já que os animais são geradores de erosão, assim como, mudanças nos sistemas de cultivo da microbacia, passando do tradicional ao cultivo mínimo e ao plantio direto, sistemas amplamente discutidos e divulgados atualmente.

AGRADECIMENTOS

Ao desenhista Carlos Alberto de Freitas pela confecção das ilustrações e mapas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ab'Saber, A. N. 1968. As boçorocas de Franca. São Paulo: **Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca**, 2(1):1-27.

Bertoni, J. & Lombardi Neto, F. 1990. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone Coleção Brasil Agrícola, 355 p.

Buraczinsky, J. 1982. Les revins en tant qu'indice d'intensité de l'érosion par la fait de l'homme. **In: COLÓQUIO ESTUDO E CARTOGRAFIA DE FORMAÇÕES SUPERFICIAIS E SUAS APLICAÇÕES EM REGIÕES TROPICAIS**. São Paulo, vol.1, pp.383-392.

Coelho Netto, A.L. 1995. Mudanças ambientais recentes, mecanismos e variáveis no controle do voçorocamento atual na bacia do rio Bananal, SP.-RJ.:Bases metodológicas para previsão e controle de erosão. Bauru-SP., **In: SIMPOSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO**, 5. Bauru, 1995. **Anais...** Bauru, SP. ABGE-UNESP, Bol. de Campo, pp. 377-379.

Domingues, E.N.; Mattos, I.F.A.; Rossi, M. & Rodrigues, S.P. 1997. Caracterização do meio hidrobiológico em seções transversais na microbacia do Ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista, SP. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 12. Vitória. 1997. **Anais...** Vitória, Espírito Santo. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 3, pp. 591-598.

Domingues, E.N.; Rossi, M.; Mattos, I.F.A.; Abe, K. & Kitada, M. 1998. Tipologia e distribuição dos processos erosivos na microbacia do ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista-SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 22(1):141-149.

Domingues, E.N.; Rossi, M.; Mattos, I.F.A. & Rodrigues, S.P. 2000. Caracterização do meio hidrobiológico em seções transversais na microbacia do Ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista, SP. Uberlândia, **Sociedade & Natureza**, 12(24):83-97.

Drew, D. 1989. **Processos interativos homem-meio ambiente**. São Paulo, 2ª ed. Trad. João A. Santos. Bertrand Brasil, 206 p.

Fernandes Barros, O.N.; Pellerin, J. & Queiroz Neto, J.P. 1995. Aplicação da análise estrutural da cobertura pedológica na cartografia de solos em Marília. **In: SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO E DE PROGRAMAÇÃO DA COOPERAÇÃO FRANCO-BRASILEIRA SOBRE ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA**. São Paulo, 1995. **Resumos...** São Paulo, FFLCH-USP, Dep. Geografia. p.25-28.

Guerra, A.J.T. & Cunha, S.B. (Orgs.): 1995. Processos erosivos nas encostas. **In: Geomorfologia-uma atualização de bases e conceitos**. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2ª edição, pp. 149-209.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 1981a. Mapa geológico do Estado de São Paulo. **Monografias**, 6(1):1-94.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 1981b. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Monografias**, 5(1):1-94.

Manfredini, S.; Queiroz Neto, J.P. de; Pellerin, J.; Santana, M.A. & Fernandes Barros, O.N. 1995. Comportamento hídrico dos solos e erosão em Marília. **In: SEMINÁRIO DE AVALIAÇÃO E DE PROGRAMAÇÃO DA COOPERAÇÃO FRANCO-BRASILEIRA SOBRE ANÁLISE ESTRUTURAL DA COBERTURA PEDOLÓGICA**. São Paulo, 1995. **Resumos...** São Paulo, FFLCH-USP. Depto. Geogr., pp. 37-39.

Mattos, I.F.A.; Domingues, E.N.; Rossi, M. & Rodrigues, S.P. 1997. Microbacia do Ribeirão Água da Cachoeira, em Paraguaçu Paulista, SP - o uso da terra e sua influência na dinâmica da área. **In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**, 12. Vitória, 1997. **Anais...** Vitória, Espírito Santo. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 3, pp. 615-622.

Oliveira, M.A.T. 1995. Observação de marcas de erosão e cadastramento de voçorocas em meio rural. **In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO**, 5. Bauru, 1995. **Anais...** Bauru, SP, ABGE-UNESP, pp. 253-255.

Queiroz Neto, J.P. de; Carvalho, A.; Pellerin, J. & Journeaux, A. 1973. Cronologia da alteração dos solos da região de Marília. Universidade de São Paulo/Inst. de Geografia. São Paulo. **Sedimentologia e Pedologia**, 5. 55 p.

Queiroz Neto, J.P. de; Journeaux, A.; Pellerin, J.; & Carvalho, A. 1977. Formações superficiais da região de Marília,(SP). Universidade de São Paulo, **Inst. de Geogr., Sedimentologia e Pedologia**, 8. 39p.

Rossi, M.; Mattos, I.F. de A.; Domingues, E.N. & Rodrigues, S.P. 1997. A morfopedologia da microbacia do ribeirão Água da Cachoeira em Paraguaçu Paulista-SP. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 12. Vitória, 1997, **Anais...** Vitória, Espírito Santo. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 3, pp. 639-646.

Salomão, F.X. de T. 1994. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural**. São Paulo. Universidade de São Paulo, Depto. de Geografia. 200p. Tese (Doutoramento em Geografia Física).

Santana, M.A. 1991. **Avaliação dos fatores responsáveis pela fragilidade dos solos na região de Marília - SP.** São Paulo. Universidade de São Paulo, Depto. de Geografia. 161p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física).

São Paulo, Secretaria de Energia e Saneamento. Departamento de Águas e Energia Elétrica. 1990. **Controle de Erosão: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientação para o controle de boçorocas urbanas.** São Paulo DAEE/IPT, 2ª ed., jan., 92p.

Teixeira, M.A. 1979. **Organização do espaço rural no município de Paraguaçu Paulista.** Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia. 273p. Dissertação (Mestrado em História).

Tricart, J. 1966. As discontinuidades nos fenômenos da erosão. Campinas, SP. (Transcr. A.I.H.S., Com. D' erosion Cont.(59), Paris, 233-243). **Notícia Geomorfológica**, 6(12):3-14.

Tricart, J. 1977. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro. IBGE. Diretoria Técnica. FIBGE/SUPREN. 91p. (Recursos, naturais e meio ambiente, 1).

Vargas, M. 1977. **Introdução à mecânica dos solos.** São Paulo: Macgraw-Hill do Brasil/EDUSP. 509p.