



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES - CCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – DGE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**O PROCESSO EROSIVO INSTAURADO NO ALTO CURSO DA BACIA DO
RIBEIRÃO BANDEIRANTES DO SUL, PR**

MARCELO GRAVA CARREIRA

**MARINGÁ
2011**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES - CCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA – DGE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**O PROCESSO EROSIVO INSTAURADO NO ALTO CURSO DA BACIA DO
RIBEIRÃO BANDEIRANTES DO SUL, PR**

MARCELO GRAVA CARREIRA

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Geografia como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em
Geografia.**

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Susana Volkmer

**MARINGÁ
2011**

MARCELO GRAVA CARREIRA

**O PROCESSO EROSIVO INSTAURADO NO ALTO CURSO DA
BACIA DO RIBEIRÃO BANDEIRANTES DO SUL, PR**

BANCA EXAMINADORA:



Prof.^a Dr.^a Susana Volkmer - Orientadora (UEM)



Prof. Dr. Edvard Elias de Souza Filho (UEM)



Mestrando Bruno Aurélio Camolezi (UEM)

Aprovado em 23 de novembro de 2011.

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso àqueles que me apoiaram e aos que direta ou indiretamente me ajudaram nesse período de faculdade, principalmente ao meu pai (em memória) que mais uma etapa de seu sonho se tornou realidade, que me formasse, não estando presente em corpo, mas sim em espírito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força e paciência que me deu para contornar os obstáculos para a realização do mesmo e às pessoas que direta ou indiretamente me ajudaram na realização deste trabalho, sendo eles: Professora Dr^a e Orientadora Susana Volkmer; Professor Dr. Sergio Luiz Thomaz; Professora Dr^a Adélia Aparecida de Souza Haracenko; Professor Dr. Edvard Elias de Souza Filho, Professor Fernando Ricardo dos Santos; Mestrando e amigo Bruno Aurélio Camolezi; Mestranda e amiga Cássia Maria Bonifácio; Colega e irmão Rogério Grava Carreira; Colega e amigo Felipe Rodrigues Macedo; Colega e amiga Carina Petsch; Colega e amigo Maicon André de Paula; Colega e amigo Raphael Rodrigues Fernandes; e Colega e amigo Lincon Vinícius Gobbi.

“(...) devemos ter a preocupação de não supervalorizar a ciência e os métodos científicos quando há problemas humanos em causa.”

Albert Einstein

RESUMO

Neste trabalho foi analisado o processo erosivo instaurado na bacia hidrográfica do Ribeirão Bandeirantes do Sul. Essa bacia situa-se na região noroeste do estado do Paraná, estando o seu alto curso na zona industrial de Maringá, e a foz no rio Ivaí. Esta área abrange os municípios de Maringá, Mandaguaçu, Paçandu, Doutor Camargo, Ourizona, Água Boa, e Iguatemi. Além do trabalho de campo, utilizaram-se imagens de satélite Landsat 5 para três diferentes décadas (1985, 1995 e 2007), nas bandas 7, 4 e 2, visando a melhor resposta de radiação eletromagnética, para as variáveis solo, vegetação e hidrografia. Para o tratamento e acabamento das imagens aéreas foram utilizados os softwares, Spring (versões 5.0.6 e 5.1.7), Scarta (versão 5.0.6), CorelDRAW® X5 e Global Mapper 11. Cartas topográficas de Maringá, Mandaguaçu, Ivatuba e Juçara, de 1972, na escala 1: 50.000, permitiram a obtenção da malha hidrográfica da bacia.

A maior declividade verificada no alto curso do ribeirão Bandeirantes do Sul favoreceu a dissecação vertical do canal, exibindo sulcos verticais nas margens, tendo sido observados também, processos de solapamento e desmoronamento. De montante para jusante, o canal do ribeirão torna-se mais largo e a pendente mais suavizada, havendo desmoronamentos menos intensos e em menor número.

Ao longo dos vinte e três anos considerados, a bacia hidrográfica em estudo passou por mudanças referentes ao seu uso (forma e intensidade), fato que muito contribuiu para a evolução dos processos erosivos, particularmente observados nas cabeceiras de drenagem, conforme constatado “in locu” no Parque Industrial do município de Maringá. O desmatamento, a forma da bacia e a expansão da malha urbana foram os fatores mais visíveis.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, imagens orbitais, Ribeirão Bandeirantes do Sul, erosão.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Localização da área de estudo – ribeirão Bandeirantes do Sul/PR. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.....	12
FIGURA 2: Bacia hidrográfica ribeirão Bandeirantes do Sul/PR. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.....	14
FIGURA 3: Classificação dos padrões de drenagem. Adaptado de Bigarella <i>et al.</i> , 1979, <i>apud</i> Guerra <i>et al.</i> , 1998. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.....	15
FIGURA 4-a: Imagem orbital do satélite Landsat 5 da BHRBS de 1985. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.....	27
FIGURA 4-b: Imagem orbital do satélite Landsat 5 da BHRBS de 1995. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.....	28
FIGURA 4-c: Imagem orbital do satélite Landsat 5 da BHRBS de 2007. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.....	29
FIGURA 4-d: Expansão da malha urbana dos anos de 1985 e 1995 na imagem de 2007. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.....	30
FIGURA 5: Carta de declividade da BHRBS. Fonte: MACEDO, Felipe. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.....	32
FIGURA 6: Vincos verticais desde o topo até a base da margem. Ponto P1. FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.....	34
FIGURA 7: Vegetação densa e quiçaca na margem esquerda no Ponto P2. FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.....	35
FIGURA 8: Dejeção de poluentes no leito do ribeirão em P2. FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.....	36
FIGURA 9: Base do perfil pedológico em P2, exibindo basalto alterado na cor amarela, sugerindo presença de goethita. FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.....	37
FIGURA 10: Forte poluição nas águas do ribeirão, imediações da indústria Crevelin. FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.....	38

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
1. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	11
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1. EROSÃO NO ESTADO DO PARANÁ.....	16
3.2. EROSÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	17
3.3. EROSÃO PLUVIAL.....	18
3.3.1. Mecanismos e a dinâmica do processo erosivo.....	19
3.3.2. Formas e evolução do processo erosivo.....	21
3.4. ÁREAS DE RISCO E CONTROLE DA EROSÃO.....	24
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	26
CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

INTRODUÇÃO

A erosão pluvial é um dos maiores problemas ambientais do Brasil. Provocada pela retirada de material da superfície do solo pelas águas de chuva, esta ação é acelerada quando a água encontra o solo desprotegido de vegetação. O impacto das gotas d'água sobre o solo é capaz de provocar a desagregação de partículas, permitindo que a água ao correr pela superfície leve os sedimentos mais finos e sais dissolvidos.

As principais formas de erosão pluvial consistem em: erosão laminar e erosão linear, onde esta é subdividida em sulcos, calhas, ravinas e voçorocas. Isso ocorre em consequência do manejo incorreto dos solos.

A erosão laminar se dá quando a água corre uniformemente pela superfície como um todo, transportando as partículas sem formar canais definidos. Apesar de ser uma forma mais amena de erosão, é responsável por grande prejuízo às terras agrícolas e por fornecer grande quantidade de sedimento que pode assorear rios e lagos.

A erosão em sulcos ou ravinas ocorre quando a água se concentra em filetes, atingindo maior volume de fluxo e que podem transportar maior quantidade de partículas formando sulcos e ravinas na superfície. Estas ravinas podem chegar rapidamente a alguns metros de profundidade.

A erosão em calhas ocorre na forma de canal originada pelo escoamento concentrado das águas superficiais. São rasas como os sulcos, porém possuem bordas suaves.

Em caso extremo, as ravinas podem atingir o lençol freático. Quando isto acontece o fluxo natural da água subterrânea passa a atuar como transportador das partículas do fundo da ravina, solapando sua base e provocando o desmoronamento da cabeceira, no processo conhecido como erosão remontante. A partir disso a feição resultante é conhecida como voçorocas.

A erosão do solo é o mais sério problema relacionado ao uso da terra que atinge a Região Noroeste do Estado do Paraná. A região é caracterizada pela ocorrência do arenito da formação Caiuá, recoberto por solos de textura arenosa e areno-argilosa.

A colonização intensiva, verificada na Região a partir da década de 50, e o elevado crescimento populacional levaram a um rápido desenvolvimento das cidades. Essa expansão urbana, ocupando solos altamente erodíveis, anteriormente protegidos por densas florestas, determinou considerável decréscimo na infiltração hídrica, proveniente de precipitações pluviais, originando concentração de água ao longo dos caminhos e talvegues e ocasionando o surgimento de voçorocas.

A erosão provoca e tem provocado significativos problemas para o ser humano. O processo erosivo em bacia hidrográfica comumente gera danos às pessoas que vivem nas áreas mais próximas da drenagem. No caso da área em questão, a ocupação humana está associada ao uso agrícola, industrial e residencial rural.

Esta pesquisa está voltada à análise e evolução do processo erosivo na bacia hidrográfica do Ribeirão Bandeirantes do Sul (BHRBS), área que abrange os municípios de Maringá, Mandaguaçu, Paçandu, Doutor Camargo, Ourizona, Água Boa, e Iguatemi. Essa bacia situa-se na região Noroeste do Estado do Paraná. Todo o alto curso do ribeirão está situado na zona industrial de Maringá, e sua foz no rio Ivaí.

O objetivo geral desta pesquisa é compreender a evolução do processo erosivo da bacia em questão. Mais especificamente, pretende-se analisar a evolução da erosão verificada em imagens de satélite dos anos de 1985, 1995 e 2007. Objetivam-se identificar os tipos de erosão ocorridos atualmente na bacia, levantando, se possível, as prováveis causas desse processo.

A escolha por esta bacia hidrográfica se deve ao fato da mesma não estar devidamente estudada do ponto de vista geológico-geomorfológico. Há carência de um maior detalhamento das feições e processos geomorfológicos na área, no caso em particular, do levantamento dos processos erosivos ocorridos nas margens e ao longo do canal fluvial.

Em termos de unidade de estudo, a bacia hidrográfica é a unidade espacial mais adequada para a coleta de dados, por permitir acesso, controle e resultados mais objetivos para a pesquisa. O trabalho científico em bacias hidrográficas gera as condições necessárias para as atividades produtivas e para a preservação ambiental, permitindo o desenvolvimento sustentável local. Assim, é possível integrar as práticas de uso e manejo do solo e da água, com a organização da comunidade envolvida.

Por essa razão, se fazem necessárias pesquisas visando o estudo da erosão que é consequência do manejo inadequado do solo, e das drásticas alterações ambientais, cujos resultados causam prejuízos de diversas formas e escalas, no meio rural e urbano.

1. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para a presente pesquisa foram abordados elementos físicos do meio envolvidos na temática de trabalho, para os quais foram feitos levantamentos bibliográficos.

O estudo da evolução do processo erosivo foi realizado a partir da análise de imagens orbitais do satélite Landsat 5 (sensor TM, órbita 223 e ponto 76) (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>), que contemplem a área da BHRBS, para as datas de 14/07/1985, 01/12/1995 e 27/07/2007. Sobre cada uma destas imagens foi plotada a drenagem da referida bacia obtida das cartas topográficas de Maringá (Folha SF-22-Y-D-II-3), Mandaguaçu (Folha SF-22-Y-D-I-4), Ivatuba (Folha SF-22-Y-D-IV-2), e Juçara (Folha SF-22-Y-D-IV-1), todas na escala 1: 50.000 de 1972 (IBGE). O critério utilizado para a escolha das imagens foi de modo aleatório, mas somente com uma data por década e melhor nitidez (isenção de nuvens) para a melhor visualização, análise e interpretação das mesmas. Softwares, como Spring (versões 5.0.6 e 5.1.7), Scarta (versão 5.0.6), CorelDRAW® X5 e Global Mapper 11 foram usados para a elaboração do mapa de localização e da carta de hidrografia, e também para o tratamento das imagens aéreas.

A imagem de satélite possui sete bandas, necessitando-se, assim, de três bandas para se fazer o jogo de contraste. Foram escolhidas, por tanto, as de número 7, 4 e 2, que respondem, respectivamente, às variáveis solo, vegetação e hidrografia. A partir disso procedeu-se o jogo de contraste, visando à melhoria da qualidade da imagem. Assim, o solo corresponde à cor vermelha, a vegetação à cor verde e a água à cor azul. Foram utilizadas imagens de três décadas (1980, 1990 e 2000), visando analisar a expansão urbana enquanto fator antrópico controlador do processo erosivo.

Para a complementação do estudo da erosão, foi feito trabalho de campo em área abrangendo o terço superior e médio da bacia hidrográfica em estudo. Nesta etapa de trabalho foi possível identificar e analisar os processos erosivos, e fazer o registro fotográfico das feições e processos identificados. Para tal foi utilizada máquina digital, caderneta para anotações, caneta e GPS (Garmin Etrex-H).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área da BHRBS, objeto deste estudo, encontra-se inserida nas coordenadas geográficas: 23° 20'S; 24° 16'S; 51° 98'W, e 52° 40'W (Figura 1), apresentando relevo com cotas altimétricas que variam, entre menos de 250 a 590 metros, acima do nível do mar.

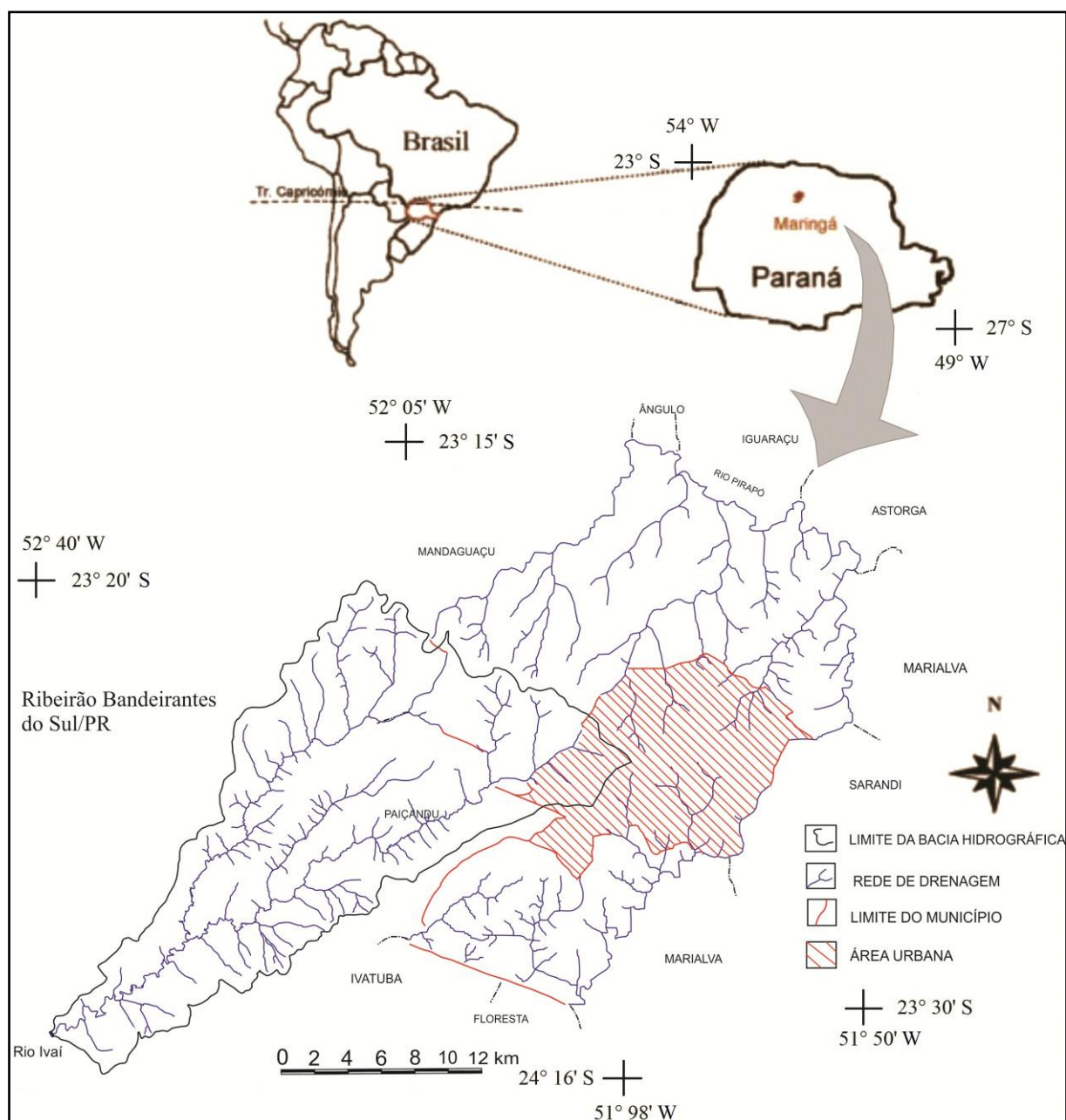


FIGURA 1: Localização da área de estudo – ribeirão Bandeirantes do Sul/PR.
Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.

A Geologia da área de estudo está inserida no contexto geológico-geomorfológico da região Noroeste do Paraná, sendo constituída por rochas vulcânicas e por arenitos da

Formação Caiuá (FERNANDES; COIMBRA, 1994), recobertos pela sedimentação cenozóica colúvio-aluvionar e os depósitos aluviais recentes.

A região Noroeste está inserida na província geomorfológica do Terceiro Planalto paranaense (Maack, 1948), marcado por um relevo heterogêneo com planaltos de topos aplainados e vales dissecados verticalmente. As características geomorfológicas (BIGARELLA *et al*, 2007) são respostas da erosão diferencial verificada entre os arenitos da Formação Caiuá e os basaltos da Formação Serra Geral. Na área que abrange a BHRBS verificam-se morfologias (colinas suave-onduladas) associadas aos afloramentos da rocha basáltica.

O clima é caracterizado pela transição tropical – subtropical (PASSOS *et al.*, 2006) onde predomina a massa polar Atlântica e os sistemas atmosféricos extratropicais. As temperaturas anuais são de caráter mesotérmico e variam entre 20° a 21°C. A pluviosidade anual varia de 1100 mm a 1600 mm de chuvas.

Quanto à vegetação da região, esta se apresenta variada. Há uma pequena porção de cerrado, com predomínio de floresta estacional semidecidual, fisionomia florestal geneticamente remetida ao Domínio dos Mares de Morros. Verifica-se também vegetação relictual dos Planaltos de Araucárias, e Matas Galerias nos fundos de vale (BIGARELLA *et al*, 2007).

As diferenciações topográficas da região geraram tipos de solos também diferenciados. Encontram-se, portanto: Latossolos vermelhos laterizados, nas regiões de topos aplainados, Latossolos vermelho escuro/Nitossolos nas vertentes em terrenos basálticos dissecados, Latossolos vermelho amarelos/Argissolos nas vertentes em terrenos sedimentares, e Neossolos litólicos/Cambissolos, nas áreas de afloramento de basalto colunar, onde a pedogênese foi pouco desenvolvida (BIGARELLA *et al*, 2007).

Em relação ao tipo de uso e ocupação da área da bacia, verifica-se que o alto curso da mesma está situado na zona industrial de Maringá. Essas terras, além de serem destinadas à lavoura e à pastagem, também foram destinadas para a instalação de várias indústrias, como por exemplo, indústria alimentícia (BUNGE), indústria de móveis (Modulaque), indústria de correias transportadoras e elevadoras (MAXBELT), além de indústrias de etiquetas alcoólicas (Pegasus), metalúrgica, vidraçaria, e outras. Na área do médio curso, verifica-se a fábrica de vinhos Crevelin, além da ocupação do terreno para chácaras de lazer e sítios para uso da agricultura. No curso inferior, as áreas são preferencialmente destinadas ao cultivo em sítios rurais.

Quanto à drenagem, a bacia do ribeirão Bandeirantes do Sul (Figura 2) apresenta variação dos padrões, com densidade variando de média a baixa.

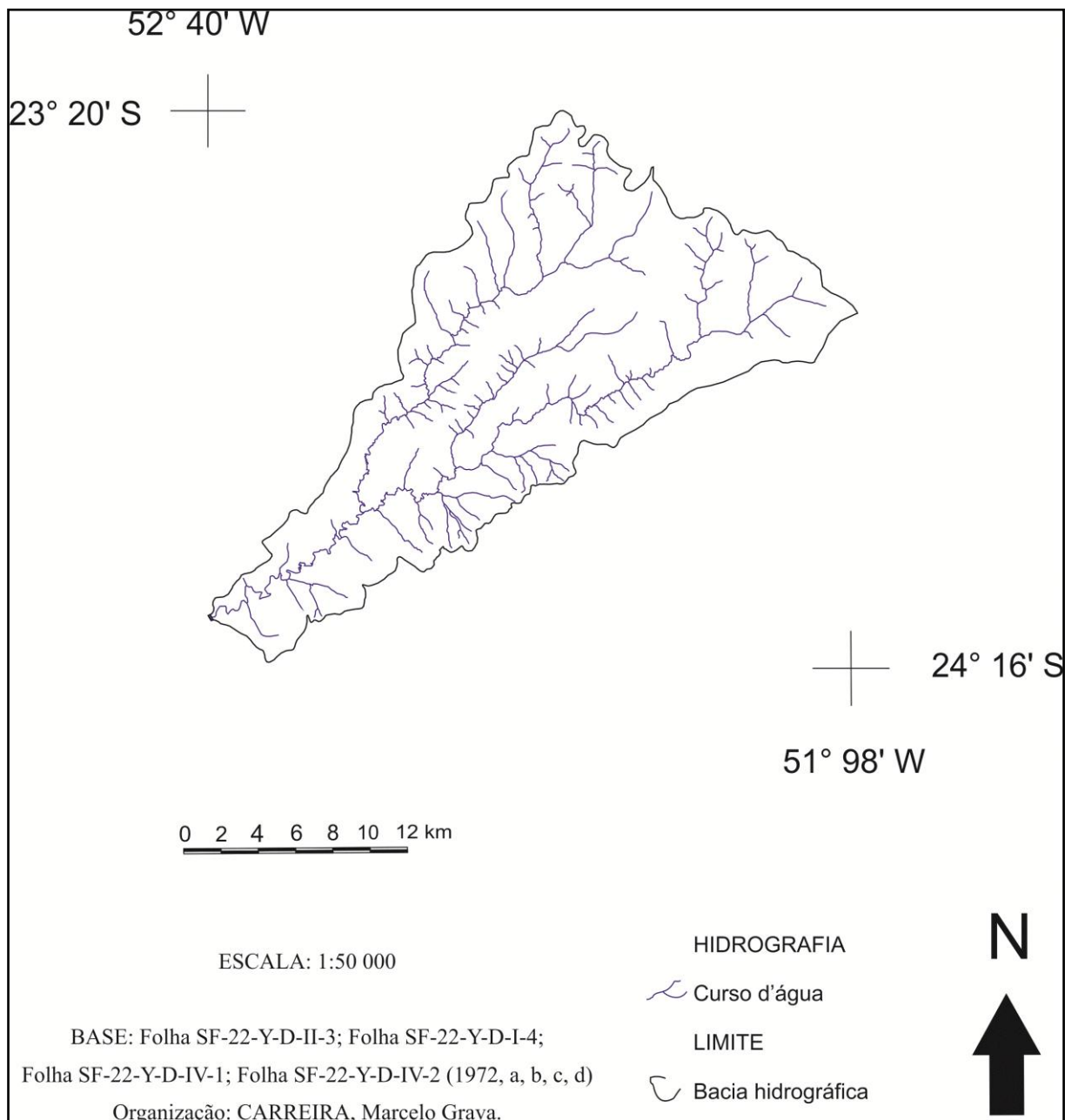


FIGURA 2: Bacia hidrográfica ribeirão Bandeirantes do Sul/PR.
Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.

Segundo Guerra *et al.* (1998), a classificação de padrões de drenagem apresenta formas importantes (Figura 3), baseadas na geometria dos canais. Bacias hidrográficas podem englobar diferentes padrões geométricos para seus rios. No terço superior do curso da BHRBS domina a drenagem do tipo Pinado, com densidade média a baixa. No terço médio do curso, a drenagem varia do tipo Treliça a Paralela, com predomínio de densidade média. No terço

inferior da bacia nota-se a drenagem de tipo Pinada com densidade média e baixa; o padrão tipo Trelça aparece nas proximidades da foz, com densidade muito baixa.

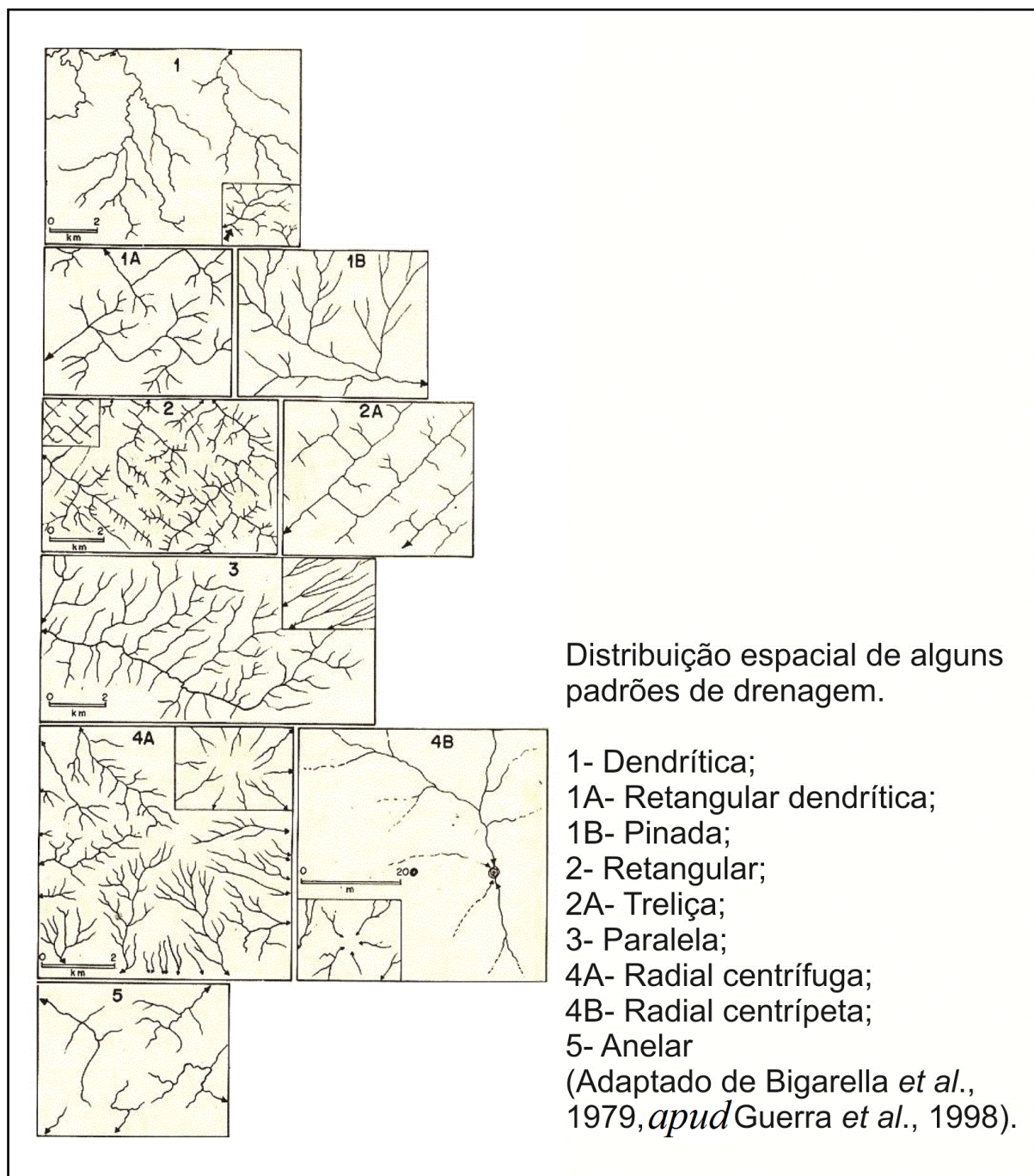


FIGURA 3: Classificação dos padrões de drenagem. Adaptado de Bigarella¹ *et al.*, 1979, *apud* Guerra *et al.*, 1998.

Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.

¹ BIGARELLA, J. J., SUGUIO, K. e BECKER, R. D. (1979) **Ambiente Fluvial: Ambientes de Sedimentação, sua interpretação e importância.** Editora da Universidade Federal do Paraná. Associação de Defesa a Educação Ambiental, 183p.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Erosão é um processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos de rocha, pela ação combinada da gravidade com a água, vento, gelo ou organismos e outros. Em outras palavras, os processos erosivos são condicionados basicamente por alterações da estrutura do solo, provocadas pelo uso do mesmo nas suas várias formas, desde o desmatamento e a agricultura, até obras urbanas e viárias, que, de alguma forma, propiciam a concentração das águas de escoamento superficial.

3.1. EROSÃO NO ESTADO DO PARANÁ

A área total do Estado é de 20 milhões de hectares, dos quais a região mais suscetível à erosão representa 18% deste total, localizado no Terceiro Planalto Paranaense, onde os solos são derivados dos arenitos da Formação Caiuá (PEREIRA *et al.*, 1994).

Em 1890 o Estado do Paraná possuía 83,41% de sua área com cobertura florestal. Aproximadamente 100 anos depois, esta cobertura foi reduzida para 5,2%, sendo que na região com maiores problemas erosivos, o valor chega a 2% (PEREIRA *et al.*, 1994).

No lugar desta cobertura florestal, foi implantada uma agricultura altamente mecanizada, fato que gerou uma série de problemas em todo o Estado, como: erosão hídrica, degradação do solo, poluição dos mananciais e enchentes (PEREIRA *et al.*, 1994).

No Paraná, há mais de 25 anos, já restavam pequenas ilhas de matas nativas (menos de 5% da área original), estando continuamente ameaçadas de devastação, devido às especulações imobiliárias, reforma agrária parcial, interesses político-institucionais e/ou desconhecimento das necessidades de preservação genética das essências florestais, pelas comunidades envolvidas (BIGARELLA, 1985). Enfim, todo o Estado sofre um processo de erosão contínua, verdadeiramente alarmante.

Na região Noroeste do Paraná, as terras férteis, foram dando lugar às voçorocas que se desenvolvem rumo às cidades. Os solos, particularmente os originários da alteração dos arenitos da Formação Caiuá, apresentavam no início de sua exploração, uma fertilidade natural razoável, tendo sido usado por alguns anos, com culturas de café e algodão.

Entretanto, e como afirma Bigarella (1985, p. 10), “a implantação das culturas, bem como, a divisão fundiária adotada, não observaram as características geo-pedológicas da região”. Os solos extremamente arenosos e de baixa capacidade de retenção de nutrientes, somados ao manejo inadequado da matéria orgânica, promoveram a substituição das culturas

por pastagens, desde meados da década de 1960 até meados da década de 1980, recobrando grandes extensões.

Ainda segundo o autor, a progressiva diminuição da fertilidade dos solos e da capacidade suporte de certas áreas, culminou com o abandono total e definitivo da terra, símbolo de arenização em sentido amplo. Em relação a este processo a Secretaria da Agricultura do Paraná já afirmava na década de 1980 que em um milhão de hectares já estava ocorrendo o fenômeno da pré-arenização, particularmente no Noroeste do Estado.

3.2. EROÇÃO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Extrapoladas para o passado geológico recente, as formas de relevo características de bacias hidrográficas foram esculpidas pela atuação de processos de erosão e de sedimentação ao longo do tempo. Tais formas constituem as chamadas cabeceiras de vale. A sua gênese, como foi apontada por estudos de Geomorfologia do Quaternário, que sugerem que instabilidades de ordem ambiental favorecem de forma intermitente o desenvolvimento de incisões erosivas. Elas se formam nas cabeceiras de vale, pois nessas áreas ocorre convergência entre fluxos superficiais e fluxos subterrâneos (OLIVEIRA, M. A. T., 1999).

“Quando a rede hidrográfica realiza um processo de adaptação a novas condições hidrodinâmicas, de origem climática ou antrópica, são os setores mais sensíveis do sistema que passarão por modificações mais importantes” (THOMAS; ALLISON², 1993 *apud* OLIVEIRA, M. A. T., 1999). “Em geral, as áreas de cabeceiras de vale, também conhecidas como áreas de contribuição em vales não canalizados, são os pontos da rede hidrográfica que demonstram maior sensibilidade às oscilações hidrodinâmicas ao longo do tempo” (DIETRICH; DUNNE³, 1993 *apud* OLIVEIRA, M. A. T., 1999).

Oliveira, M. A. T. assinala ainda que devido a sua dinâmica pretérita e atual, e às características mecânicas herdadas desta dinâmica, as cabeceiras de vale são áreas de risco potencial de erosão por voçorocamento. Estas áreas estão frequentemente desprovidas de vegetação natural, portando sinais nítidos de degradação pela erosão, e vestígios da atuação de processos erosivos pretéritos, são indícios da instabilidade intrínseca dessas áreas.

devido à interação sinérgica que pode ocorrer nessas zonas de convergência de fluxo superficial e subterrâneo, as áreas de cabeceiras de vale constituem as fontes

² THOMAS, D. S. G., e ALLISON, R. J. (1993). **Landscape Sensitivity**. John Wiley & Sons, Chichester, 347p.

³ DIETRICH, W. E., e DUNNE, T. (1993). **The channel head**. In: BEVEN, K., e KIRKBY, M. J. (eds.): *Channel Network Hydrology*, John Wiley and Sons Ltd., 175-219.

de alimentação para os processos que causam incisões sobre vertentes. Em função dessa característica, essas áreas devem ser consideradas áreas de risco de erosão (OLIVEIRA, M. A. T. p 90).

A interação entre mecanismos individuais é uma das principais causas de concentração de voçorocas em cabeceiras de vale. Voçorocas conectadas à rede hidrográfica nada mais são do que canais incisos de primeira ordem que se desenvolvem em função de mecanismos que tendem a convergir nos mananciais (GUERRA *et al.* 1999).

3.3. EROSÃO PLUVIAL

O desmatamento causa a diminuição da quantidade de água subterrânea, devido ao fato do escoamento superficial e subterrâneo ser mais rápido e maior. Isto reflete na produção agrícola e na disponibilidade de água, da propriedade rural e/ou da bacia hidrográfica. Logo após a retirada da floresta, ocorre o aumento da vazão das fontes, em virtude da inexistência de raízes de árvores para reter água no subsolo. Posteriormente, a vazão decresce de forma considerável (BIGARELLA, 1985).

Ainda segundo Bigarella (1985), a erosão acelerada afeta principalmente as vertentes íngremes, as mais arenosas, as despidas de vegetação, e os terrenos mal utilizados na agricultura (que se tornam impróprios ao uso em pouco tempo).

“O processo erosivo causado pela água das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta” (GUERRA *et al.*, 1999, p. 17).

o processo tende a acelerar, à medida que mais terras são desmatadas para a exploração de madeira e/ou para a produção agrícola, uma vez que os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, conseqüentemente, as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno (OLIVEIRA, M. A. T., 1999, p. 17).

A ação do efeito *splash*, também conhecido por erosão por salpicamento (GUERRA; GUERRA⁴, 1997 *apud* GUERRA *et al.*, 1999), é considerado o estágio inicial do processo erosivo, pois separa as partículas do solo, para serem transportadas por escoamento superficial. O papel do efeito *splash* varia com a resistência do solo onde pode ocorrer a ruptura de agregados e formação de crostas que provocam a selagem dos solos.

⁴ GUERRA, A. T., e GUERRA, A. J. T. (1997). **Novo Dicionário Geológico - Geomorfológico**. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 648p.

3.3.1. Mecanismos e a dinâmica do processo erosivo

Sob a visão de Guerra *et al.* (1999) o teor de matéria orgânica, e propriedades dos solos como textura, densidade aparente, porosidade, e estrutura, além de características das encostas, da cobertura vegetal, da erosividade da chuva, e do uso e manejo do solo, afetam diretamente a ruptura dos agregados, aumentando a instabilidade desses solos. Os autores explicam que os solos com maior erodibilidade são aqueles com maior teor de silte, e nos solos com maior teor de argila, aumenta a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva. Entretanto, são os solos com alto teor de silte, que são usados agricolamente, sem cuidados de manejo, tornando-os mais erodíveis à medida que perdem matéria orgânica. Quando os solos são usados pela agricultura, e diminui o teor de matéria orgânica, aumenta a ruptura dos agregados.

A ruptura dos agregados pode ser considerada um dos primeiros fatores no processo de erosão dos solos, pois ela desencadeia outros processos de erosão no topo do solo que tendem à arenização. A estabilidade dos agregados tem, pois, papel fundamental na erodibilidade dos solos. A infiltração ocorre mais rapidamente nos solos contendo agregados maiores e mais estáveis. À medida que os agregados são destruídos e a superfície dos solos se torna selada, as crostas passam a oferecer maior resistência à ação do efeito *splash* (GUERRA *et al.*, 1999).

Para Guerra *et al.* (op. cit.), o ciclo hidrológico é peça fundamental no processo erosivo, pois parte da água da chuva cai diretamente no solo e a outra parte é interceptada pela cobertura vegetal. A água que chega ao solo diretamente pelo impacto das gotas, ou indiretamente após ser interceptada pela cobertura vegetal, vai participar da erosão. A água pode tomar vários caminhos: primeiro causa o efeito *splash*, depois se infiltra, aumentando o teor de umidade, podendo saturar o solo, formando as poças, que eventualmente poderão dar início ao escoamento superficial.

O processo de infiltração é fundamental para se compreender a dinâmica da erosão, que depende também do tipo de uso do solo (HEATHWAITE⁵ *et al.*, 1990 *apud* GUERRA *et al.*, 1999). A umidade é outro fator importante; se ela antecede a chuva há a tendência do solo saturar-se mais rapidamente, promovendo o escoamento superficial e a formação de poças.

⁵ HEATHWAITE, A. L., BURT, T. P., e TRUDGIL, S. T. (1990). **Land use controls on sediment production in a lowland catchment, South-west England.** In: Soil Erosion on Agricultural Land. Editores: J. Boardman, I. D. L. Foster e J. A. Dearing, 69-86.

O uso e o manejo do solo interferem na variabilidade da infiltração. Após a operação de máquinas agrícolas, por ocasião dos cultivos, poderá haver perdas de solo. Este apresenta diferentes vulnerabilidades à erosão, dependendo de sua textura, estrutura, consistência, conteúdo de matéria orgânica, ou grau de desenvolvimento. A textura é uma das propriedades mais importantes, devido à estreita relação com as propriedades de coesão do solo, estabilidade dos agregados, e permeabilidade (GUERRA *et al.*, 1999).

A erosão por salpico ou *splash erosion*, constitui o deslocamento de partículas por impacto de gotas de chuva, acarretando na compactação da superfície do terreno. Com isto, dá-se a remobilização de silte e argila dos espaços intergranulares, e a erosão, pela projeção de partículas para fora da zona de impacto, contribuindo com material que será transportado pelo escoamento superficial. (OLIVEIRA, M. A. T., 1999). Esta projeção depende da intensidade e, sobretudo, da energia cinética da chuva. A erosão do solo é a mais efetiva onde a água de precipitação não pode ser infiltrada.

O transporte de partículas por fluxos superficiais resulta das tensões cisalhantes que superam a resistência estática das partículas individuais. Quando o fluxo é capaz de manter o movimento generalizado das partículas (BRIDGE⁶, 1981 *apud* OLIVEIRA, M. A. T., 1999), as forças cisalhantes tendem a atingir o seu efeito máximo, implicando em transporte.

Para ocorrer erosão é necessário que a tensão cisalhante seja maior que a resistência a erosão. Esse mecanismo depende da geração de chuva, e sua escala temporal de atuação depende da duração e da intensidade dos eventos chuvosos.

Ao convergir para microdepressões do terreno, o escoamento superficial se transforma em fluxo concentrado, formando sulcos, ravinas e mesmo voçorocas.

Oliveira, M. A. T., (1999), explica que a erosão por quedas-d'água se origina a partir da água de escoamento superficial que desemboca no interior de incisões erosivas. A ação das gotas de chuva e a atuação dos processos hidrológicos de superfície e subsuperfície constituem mecanismos de erosão hídrica. Ou seja, a erosão depende da relação existente entre a capacidade erosiva da chuva e os fluxos de superfície e subsuperfície, assim como da suscetibilidade dos materiais a serem erodidos.

Assim, “diferentes mecanismos individuais que atuam em diferentes escalas de tempo e de espaço, associados a um regime variável de precipitações, contribuem com o processo erosivo ao longo do tempo” (OLIVEIRA, M. A. T., 1999, p. 80).

⁶ BRIDGE, J. S. (1981). **Hydraulic interpretation of grain-size distribution using a physical model for bedload transport.** Journal of Sedimentary Petrology, 51, 1109-1124.

3.3.2. Formas e evolução do processo erosivo

Dependendo da forma em que se dá o escoamento superficial ao longo da vertente, podem-se desenvolver dois tipos de erosão: erosão laminar ou linear. No primeiro caso, o escoamento difuso das águas de chuva resulta na remoção progressiva e relativamente uniforme dos horizontes superficiais do solo. No segundo caso, a erosão é causada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em pequenas incisões na superfície do terreno, que podem evoluir por aprofundamento a ravinas (SALOMÃO, F. X. T., 1999).

Caso a erosão se desenvolva por influência das águas superficiais e das águas subsuperficiais, configura-se o processo de formação de voçoroca, com desenvolvimento de *piping* (PICHLER⁷, 1953 *apud* SALOMÃO, F. X. T., 1999). Segundo o autor, “o fenômeno de *piping* provoca a remoção de partículas do interior do solo formando canais que evoluem em sentido contrário ao fluxo de água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a voçoroca ou criam novos ramos” (PICHLER⁸, 1953 *apud* SALOMÃO, F. X. T., 1999, p. 230). Assim, a voçoroca é palco de diversos fenômenos: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos, que tornam a erosão mais destrutiva.

Sob condições favoráveis ao escoamento superficial das águas, há transporte das partículas liberadas do solo por escoamento laminar ou difuso e concentrado, ou por pequenos filetes, que se concentram em linhas de fluxo de água na superfície do terreno, e originam os sulcos. O escoamento superficial será mais intenso quanto menor a taxa de infiltração das águas pluviais no terreno. E a infiltração relaciona-se diretamente à permeabilidade do terreno, variando com o efeito da compactação promovida pela ocupação do solo, e com a intensidade e frequência das chuvas, natureza e organização do solo, e inclinação, geometria e comprimento das vertentes (BERTONI; LOMBARDI NETO⁹, 1985 *apud* SALOMÃO, F. X. T., 1999).

Segundo Bigarella (1985), na erosão laminar ocorre a remoção progressiva e sucessiva de películas do solo, afetando principalmente as partículas mais finas. Os microrrelevos da superfície do solo sofrem a ação do escoamento, e originam turbulências que causam o ataque

⁷ PICHLER, E. (1953). **Boçorocas**. Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia, v. 2, nº 1, p. 3-16.

⁸ Ibid.

⁹ BERTONI, J., e LOMBARDI NETO, F. (1985). **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livroceres, 368p.

lateral das microformas. No conjunto da superfície, verifica-se uma erosão lateral, altamente danosa, difícil de ser detectada em tempo.

Com a deflagração dos processos erosivos, em função da ocupação do solo, as perdas de solo por erosão laminar são comandadas por diversos fatores relacionados às condições naturais dos terrenos: chuva, cobertura vegetal, topografia e tipos de solos.

Para SALOMÃO, F. X. T., (1999), a água da chuva provoca a erosão laminar por meio do impacto das gotas sobre a superfície do solo, caindo com velocidade e energia variáveis, e por meio de enxurradas.

Sua ação erosiva depende da distribuição pluviométrica, mais ou menos regular, no tempo e no espaço, e de sua intensidade. Chuvas torrenciais ou pancadas de chuvas intensas, como tromba-d'água, constituem a forma mais agressiva de impacto da água no solo. Durante esses eventos a aceleração da erosão é máxima. O índice que expressa a capacidade da chuva de provocar erosão laminar é conhecido como erosividade (SALOMÃO, F. X. T., 1999, p. 232).

A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão. Entre os principais efeitos da cobertura vegetal, Bertoni; Lombardi Neto¹⁰ (1985) *apud* SALOMÃO, F. X. T., (1999) destacam: a proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, a dispersão e a quebra da energia das águas de escoamento superficial; o aumento da infiltração pela produção de poros no solo por ação das raízes; e o aumento da capacidade de retenção de água pela estruturação do solo por efeito da produção e incorporação de matéria orgânica.

“A influência da topografia do terreno na intensidade erosiva verifica-se principalmente pela declividade e comprimento de rampa (comprimento da encosta). Esses fatores interferem diretamente na velocidade das enxurradas” (SALOMÃO, F. X. T., 1999 p. 233).

O solo, por influenciar e sofrer a ação dos processos erosivos, conferindo maior ou menor resistência, constitui o principal fator natural relacionado à erosão. Sua influência deve-se às suas propriedades físicas (como textura, estrutura, permeabilidade e densidade), e às suas propriedades químicas, biológicas e mineralógicas (SALOMÃO, F. X. T., 1999). A textura influi na capacidade de infiltração e de absorção da água de chuva, inferindo no potencial de enxurradas, e em relação à maior ou menor coesão entre as partículas. A estrutura, ou seja, o modo como se arranjam as partículas do solo, influi na capacidade de infiltração e absorção da água de chuva, e na capacidade de arraste das partículas do solo. A permeabilidade determina a maior ou menor capacidade de infiltração das águas de chuva,

¹⁰ BERTONI, J., e LOMBARDI NETO, F. (1985). **Conservação do Solo**. Piracicaba: Livrocere, 368p.

estando diretamente relacionada com a porosidade do solo. A densidade do solo, relação entre a sua massa total e volume, é inversamente proporcional à porosidade e permeabilidade. Havendo compactação do solo, aumenta a densidade, pela diminuição dos macroporos.

As propriedades químicas, biológicas e mineralógicas do solo influem no estado de agregação entre as partículas, aumentando ou diminuindo a resistência do solo à erosão. Solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superiores, favorecendo o desenvolvimento das enxurradas. As características do solo determinam a sua maior ou menor capacidade de propiciar a erosão laminar, isto é, a sua erodibilidade.

“Tal como foi observado para a erosão laminar, o desenvolvimento de erosão por ravinas e voçorocas depende da conjugação de fatores naturais e de uso e ocupação do solo” (SALOMÃO, F. X. T., 1999, p. 252).

A erosão em sulcos e ravinas deixa traços acentuados de sua ação. Os sulcos são abertos pelos pequenos filetes que se encaixam na superfície, pela remoção de detritos ao longo do seu fluxo, na maior inclinação da vertente. O escoamento deixa de ser laminar e uniforme, concentrando-se em filetes líquidos, onde a velocidade da água causa ação erosiva, cada vez mais intensa, tanto para jusante como para montante, iniciando uma dissecação vertical embrionária (BIGARELLA, 1985, p. 99).

A dissecação, ou aprofundamento de incisões (sulcos ou ravinas – alargamento do canal), sob o efeito do escoamento superficial concentrado ao longo do tempo, depende, entre outros fatores de caráter local (declividade, características mecânicas dos materiais, etc.), da frequência de chuvas volumosas ou concentradas (OLIVEIRA, M. A. T., 1999).

A erosão em sulcos sucede a laminar, podendo igualmente originar-se de precipitações muito intensas. Pode ser considerada como uma forma transitória ou instável, facilmente eliminável no preparo do solo. Entretanto, se nada for feito, os sulcos podem aprofundar-se, dando origem a uma ravina (Bigarella, 1985, p. 99).

“Ravinas seriam incisões de até 50 centímetros de largura e profundidade” (GUERRA¹¹, 1998, *apud* GUERRA *et al.* 1999, p. 59). As incisões erosivas quando atinge o freático são denominadas voçorocas.

Guerra *et al.* (1999), diz que o reconhecimento do desenvolvimento de ravinas é de grande importância prática na conservação dos solos. Uma vez estabelecidas em uma encosta, as ravinas tendem a evoluir através de bifurcações. Ravinas que permanecem no mesmo local por períodos prolongados, quase sempre evoluem para voçorocas, encosta abaixo.

¹¹ GUERRA, A. J. T. (1998). **Processos erosivos nas encostas**. In: GUERRA, A. J. T., e CUNHA, S. B. (Eds.). *Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos*, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3ª edição, 149-209.

“Os solos que permanecem sob agricultura altamente mecanizada, por um período prolongado, tendem a se tornar mais sensíveis à formação de ravinas, que podem evoluir para voçorocas” (GUERRA *et al.* 1999, p. 47).

Horton (1945) foi um dos primeiros pesquisadores a se preocupar com a conexão existente entre as ravinas e outros processos erosivos, que podem levar a uma degradação intensa das encostas. Essa conexão existe desde os primeiros estágios do processo erosivo, quando o escoamento superficial é difuso (MERRITT, 1984), passando por toda uma evolução, quando as águas começam a criar a incisão de sulcos na superfície do terreno, até sua possível evolução para voçorocas (GUERRA, 1998), que podem chegar a alcançar quilômetros de extensão. Assim, um processo erosivo que pode se iniciar com alguns milímetros ou centímetros de profundidade e largura, com poucos metros de comprimento, pode alcançar vários metros de largura e profundidade e quilômetros de comprimento (GUERRA *et al.* 1999, 47 - 48).

OLIVEIRA, M. A. T., (1999, p. 58) diz que “o termo erosão acelerada dos solos, por vezes utilizado para fazer referência à erosão por voçorocas, deriva da concepção de que ravinas e voçorocas resultam da intervenção causada pelas atividades humanas”. Completa que “consequentemente, ravinas e voçorocas podem ser vistas como canais incisivos naturais que resultam de desequilíbrios naturais ou induzidos pelo homem”.

3.4. ÁREAS DE RISCO E CONTROLE DA EROSÃO

Os problemas advindos do uso irracional do solo, seja ele urbano ou rural, têm despertado cada vez mais o interesse de estudiosos e pesquisadores do mundo inteiro. O aumento da população mundial e a crescente demanda por alimentos têm levado cientistas a buscar soluções para um uso mais eficiente do solo, equacionando uma maior produção com menores perdas por erosão (SOARES DA SILVA, A., 1999, p. 101).

“O uso do solo, principalmente por atividades ligadas à produção de alimentos e outros bens de consumo, tem levado a uma degradação progressiva não só do próprio solo, como do ambiente como um todo”, explica Mafra, N. M. C., (1999, p. 308).

De um modo geral,

as pesquisas sobre erosão do solo consideram como sendo fatores controladores dos processos erosivos a erosividade da chuva, as propriedades dos solos (textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade de agregados e pH do solo), cobertura vegetal e características das encostas (BOARDMAN¹², 1990; ELLISON¹³, 1963; GUERRA¹⁴, 1998, MORGAN¹⁵, 1986; apud GUERRA *et al.* 1999).

¹² BOARDMAN, J. Soil erosion on the South Downs: A review. In: **Soil erosion on agricultural land**. Editores: J. Boardman, I. D. L. Foster e J. A. Dearing, pp. 87-105, 1990.

O processo erosivo pode sempre

inspirar justificativas e apresentar atrativos acadêmicos à investigação de sua dinâmica. No entanto, o problema científico erosão certamente não receberia a ampla atenção que desperta, seja ao agricultor, ao técnico ou ao governante, se dissociado das implicações de sua ocorrência, especialmente das econômicas, muito mais do que as ambientais (D'Agostini, 1999, p. 18).

Pereira (1994) apresenta uma técnica ao combate à erosão, que tem por objetivo enfrentar os problemas que envolvem o uso, o manejo e a conservação dos recursos naturais, com ações que combatam estes problemas, delimitadas em quatro fases: aumento da cobertura vegetal do solo, visando reduzir a energia do impacto das gotas da chuva; aumento da infiltração da água no perfil do solo, visando reduzir o escoamento superficial e promover maior disponibilidade de água; controle do escoamento superficial, visando reduzir os efeitos erosivos da água, evitando o transporte do solo para os mananciais; e controle da poluição, visando reduzir a contaminação dos mananciais por agroquímicos.

O assoreamento dos cursos de água e reservatórios, dentro da área urbana ou nas periferias, e a destruição ou entupimentos da rede de galerias agravam ainda mais os problemas causados pela erosão, pela promoção de enchentes, concentração de poluentes e perda da capacidade de armazenamento de água de abastecimento SALOMÃO, F. X. T. (1999, p. 256).

Com intuito de usufruir de condições ambientais propícias ao uso agrário, o homem tem buscado meios alternativos com seu nível tecnológico, para transformar cada vez mais as terras em espaços produtivos, o que nem sempre o tem levado a considerar seu potencial e suas limitações de uso.

“As consequências da erosão não se limitam à quantidade de solo perdido e sim ao fato de que essas perdas têm reflexos na degradação física e na perda de fertilidade do solo, apontando a erosão laminar como o exemplo mais evidente dentro desse contexto” (GUERRA *et al.* 1999, p. 307 - 308).

¹³ ELLISON, W. D. **Estudios sobre erosion del suelo**. INTA Série Informes Técnicos nº 62, Buenos Aires, 1963.

¹⁴ GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: **Geomorfologia, uma atualização de bases e conceitos**. Orgs.: A. J. T. Guerra & S. B. Cunha. 3ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 149-209, 1998.

¹⁵ MORGAN, R. P. C. **Soil Erosion & Conservation**. New York. Longman, Inc., 1986, 298p.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

A erosão pluvial é uma das principais formas de degradação do solo, acarretando prejuízos de ordem econômica, ambiental e social. Os processos erosivos ocorrem de maneira natural e contínua, mas podem ser acelerados por intervenções antrópicas que resultam quase sempre no desequilíbrio dos processos naturais e na sua aceleração.

A ocupação antrópica inadequada gera uma cadeia de impactos ambientais, que começa pela impermeabilização do solo, mudanças no relevo, erosão das margens e assoreamento dos cursos d'água, degradação das matas ciliares, diminuição da biodiversidade e aumento do escoamento superficial, entre outros.

O acelerado e desordenado processo de urbanização vem sendo desencadeado nas últimas décadas. Isso tem como uma de suas principais conseqüências a impermeabilização do solo. O intenso processo de urbanização acelera a ocorrência desse fator, onde as águas superficiais podem ter uma ação efetiva de erosão, desagregando e transportando o solo frável e, como conseqüência, produzindo pequenas escavações.

A urbanização pode ser considerada como um significativo causador de impactos ambientais. À medida que o processo de urbanização vai se acentuando, aliado à ocupação urbana, ocorrem problemas de drenagem, como infiltrações, impermeabilização e escoamento superficial, poluição, desmatamento, movimentos de massa e até inundações. Tais características brasileiras fazem do processo de urbanização um problema ambiental em si e não apenas um causador de problemas ambientais.

Tendo em vista os fatores supracitados, procedeu-se o estudo da erosão a partir da análise das imagens em três diferentes décadas (1980, 1990, e 2000), onde há que se analisar o conteúdo das figuras 4-a, 4-b, e 4-c.

A figura 4-a representa o imageamento realizado de 14/07/1985. É possível observar o domínio da cor verde, significando, em uma primeira análise, possível presença de vegetação (provavelmente secundária), e soja em último estágio de crescimento; há, contudo, grande quantidade de áreas destinadas ao cultivo. Lagos e/ou alagadiços esparsos ocorrem associados ao sistema fluvial da BHRBS. As cores lilás e roxa, decorrentes da mistura de azul e vermelho, representam, respectivamente, a presença de água em solo desnudo (provável entressafrá, e locais destinados a loteamento).

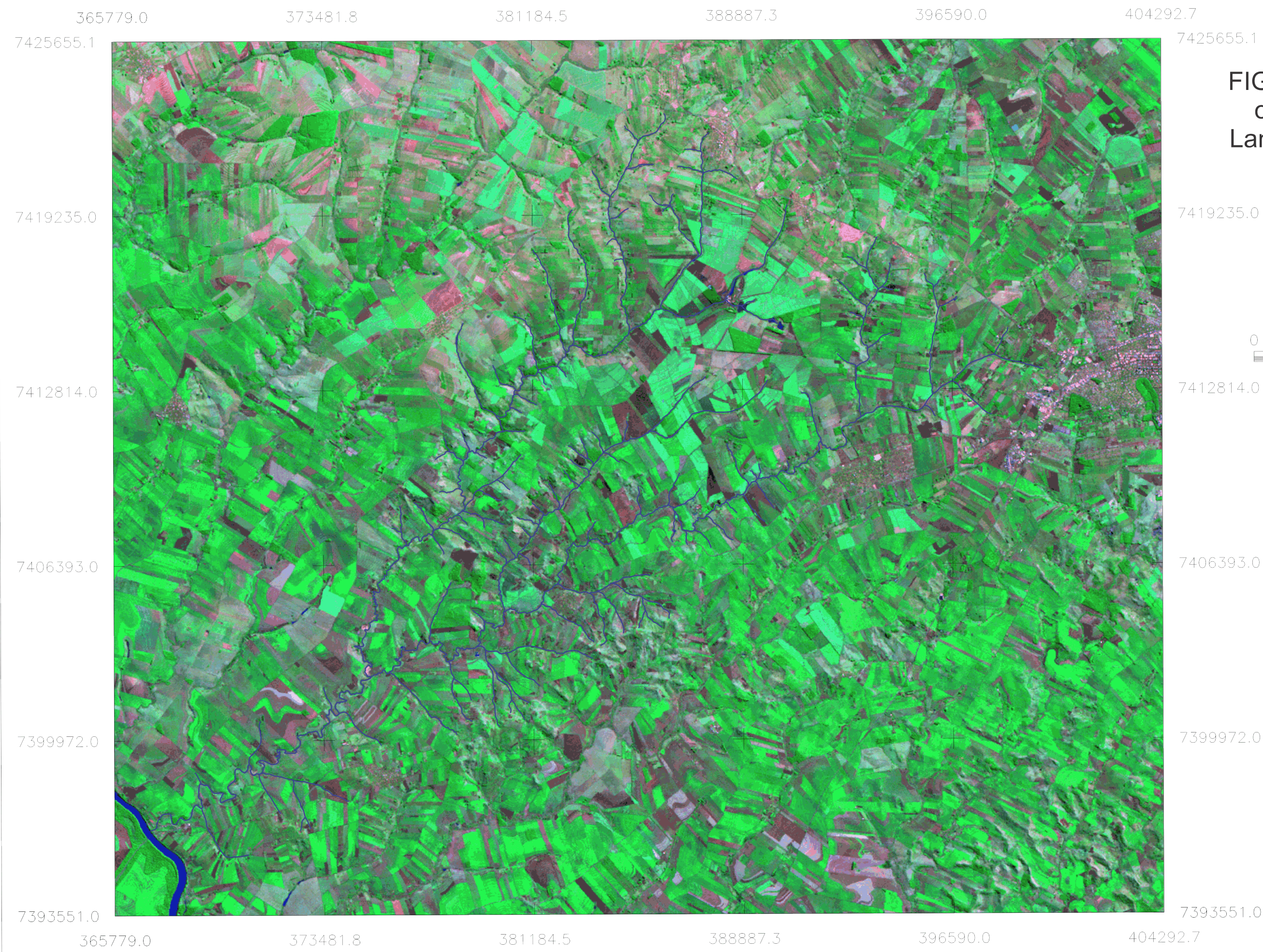
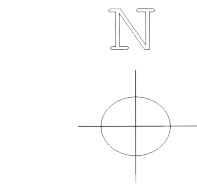


FIGURA 4-a. Imagem orbital do satélite Landsat 5 da BHRBS de 1985.



 **Curso d'água**

FONTE DRENAGEM:
PROJEÇÃO UNIVERSAL
TRANSVERSA DE MERCATOR
ESCALA: 1:50 000
Origem da quilometragem:
Equador e Meridiano 51° W. Gr.
acrescidas as constantes 10.000 km
e 500 km, respectivamente.
Datum vertical: Marégrafo Imbituba SC.
Datum horizontal: Córrego Alegre MG.
BASE:
Folha SF-22-Y-D-II-3;
Folha SF-22-Y-D-I-4;
Folha SF-22-Y-D-IV-1;
Folha SF-22-Y-D-IV-2
FONTE IMAGEM:
Satélite Landsat 5
TM 14/07/1985
223 076 L2
Bandas 7, 4 e 2

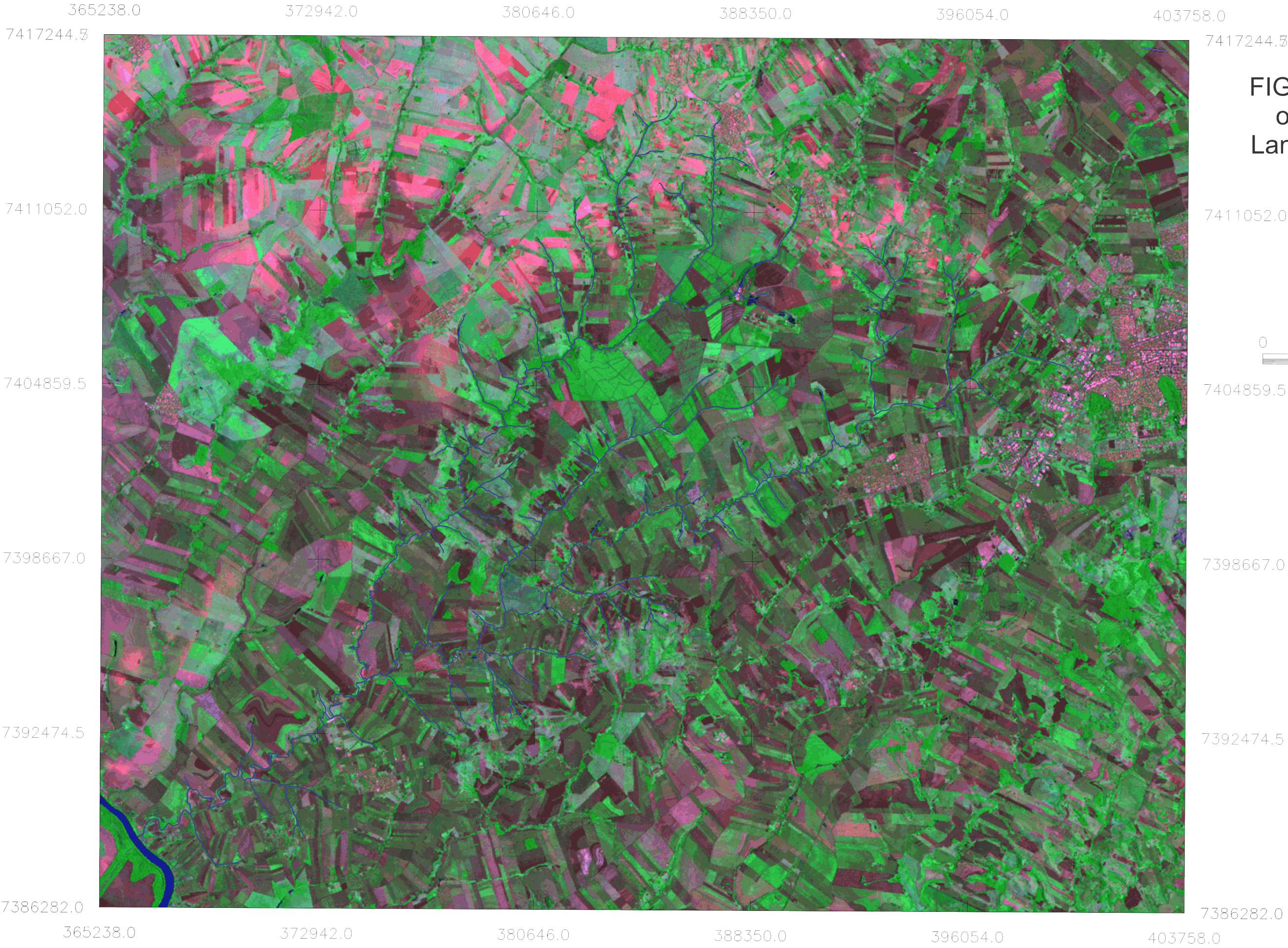
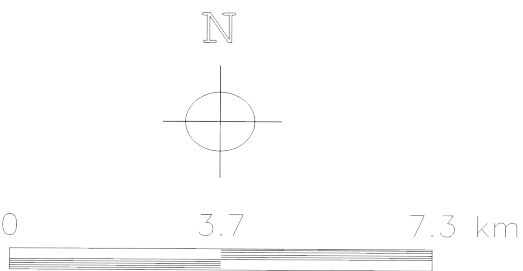


FIGURA 4-b. Imagem orbital do satélite Landsat 5 da BHRBS de 1995.



 **Curso d'água**

FONTE DRENAGEM:
PROJEÇÃO UNIVERSAL
TRANSVERSA DE MERCATOR
ESCALA: 1:50 000
Origem da quilometragem:
Equador e Meridiano 51° W. Gr.
acrescidas as constantes 10.000 km
e 500 km, respectivamente.
Datum vertical: Marégrafo Imbituba SC.
Datum horizontal: Córrego Alegre MG.
BASE:
Folha SF-22-Y-D-II-3;
Folha SF-22-Y-D-I-4;
Folha SF-22-Y-D-IV-1;
Folha SF-22-Y-D-IV-2
FONTE IMAGEM:
Satélite Landsat 5
TM 01/12/1995
223 076 L2
Bandas 7, 4 e 2

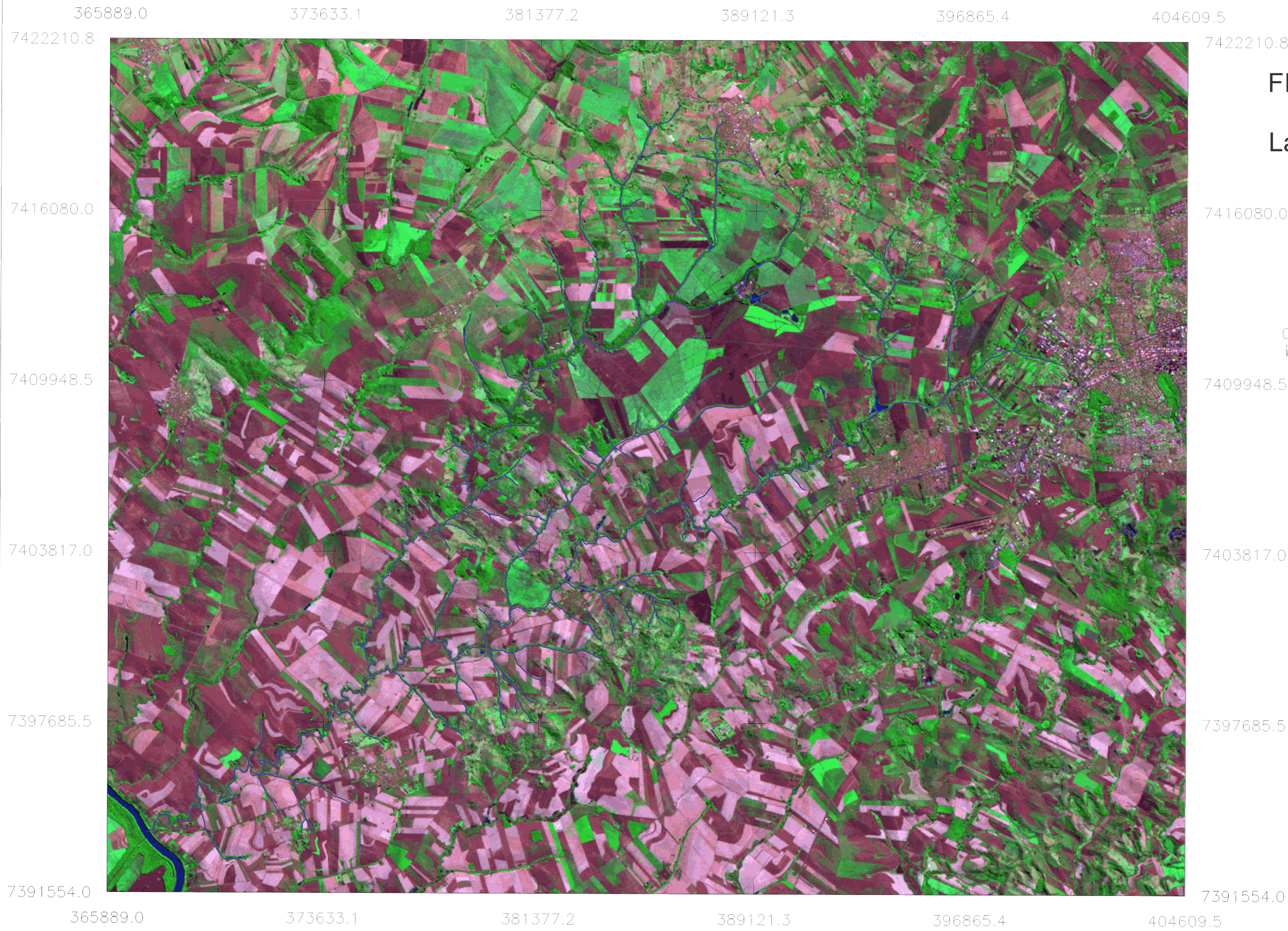
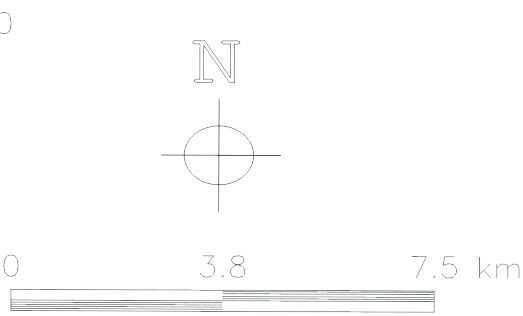
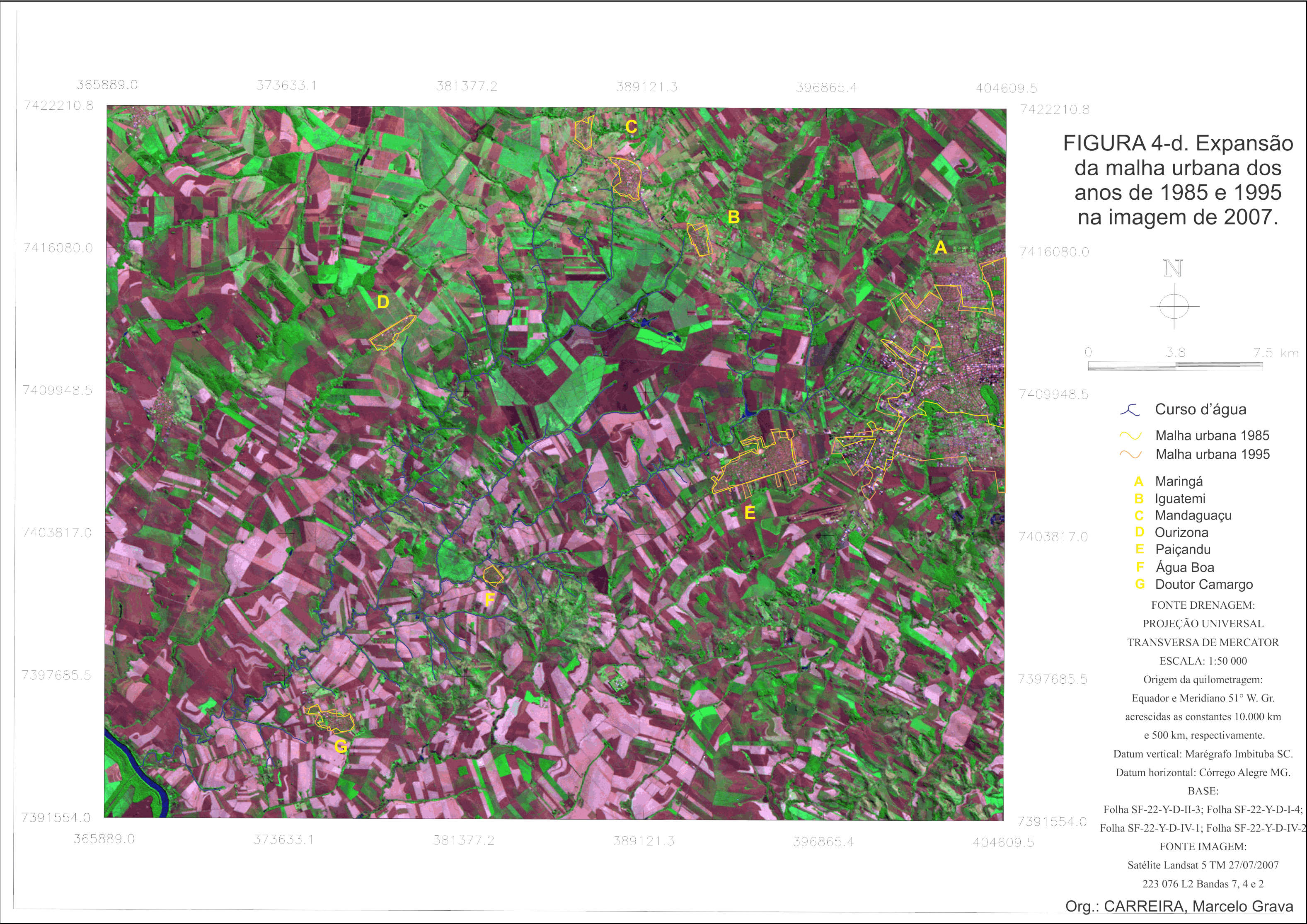


FIGURA 4-c. Imagem orbital do satélite Landsat 5 da BHRBS de 2007.



 **Curso d'água**

FONTE DRENAGEM:
PROJEÇÃO UNIVERSAL
TRANSVERSA DE MERCATOR
ESCALA: 1:50 000
Origem da quilometragem:
Equador e Meridiano 51° W. Gr.
acrescidas as constantes 10.000 km
e 500 km, respectivamente.
Datum vertical: Marégrafo Imbituba SC.
Datum horizontal: Córrego Alegre MG.
BASE:
Folha SF-22-Y-D-II-3;
Folha SF-22-Y-D-I-4;
Folha SF-22-Y-D-IV-1;
Folha SF-22-Y-D-IV-2
FONTE IMAGEM:
Satélite Landsat 5
TM 27/07/2007
223 076 L2
Bandas 7, 4 e 2



Em vários pontos do ribeirão Bandeirantes do Sul, principalmente ao longo do terço inferior (nas proximidades da foz com o rio Ivaí), e nas zonas rurais de Doutor Camargo e Paíçandu, e entre Maringá e Mandaguaçu, notam-se vários pontos sem vegetação às margens do ribeirão.

A figura 4-b, que representa o imageamento de 01/12/1995, tem coloração bem distinta da anterior. Neste caso dominam as cores, lilás e roxa, enfatizando-se desta forma, a expansão das terras agriculturáveis passados dez anos. Pequenos corpos d'água, como lagos (muitos intermitentes), e olhos d'água, confundem-se com o solo arável que se estende até as margens da drenagem (do ribeirão e de muitos de seus afluentes). A visível quantidade desses lagos sugere atividade antrópica sob o meio; a derrubada da mata, e a consequente ocupação pelo espaço urbano, interfere na drenagem do solo. Em relação ao traçado geral da drenagem da BHRBS, a extensa ocupação do solo para agricultura oblitera a percepção do traçado da drenagem, inclusive quando comparado ao do ano de 1972. Paralelamente a esse fato, percebe-se a expansão da malha urbana de cidades como Maringá e Mandaguaçu, restando pouco da vegetação observada na imagem de 1985. As terras usadas para agricultura, até a margem da drenagem, favorecem a instalação de processos erosivos variados.

A figura 4-c corresponde à imagem orbital de 27/07/2007. A expansão da urbanização no terço superior da BHRBS é visível. A cor verde representa, provavelmente, o crescimento areal do plantio de soja (principalmente), trigo, cítricos, e café, sendo que a vegetação foi quase totalmente eliminada. A drenagem, em relação à obtida da carta topográfica de 1972, apresenta a maior discrepância de traçado, significando dizer que em vários setores o curso do ribeirão foi modificado, inclusive em relação à sua sinuosidade.

Muitos dos lagos identificados anteriormente (1995), não foram identificados, provavelmente por terem secado. O desaparecimento de alguns dos lagos pode estar relacionado à expansão da malha urbana (Figura 4-d), pois o crescimento e o adensamento do núcleo urbano estão se inter-relacionando e interferindo no sumiço da drenagem, com soterramentos ou canalização dos rios.

Na imagem de 2007 os lagos, encontram-se comumente, nas áreas de topo aplainado, cujas vertentes apresentam declividade variando de 3 a 12%; há uma tendência a ocorrerem no terço inferior da bacia.

Fatores como tipo de solo e de vegetação, processo de desmatamento, intensidade e distribuição das precipitações pluviométricas, formas do relevo, e atividades antrópicas, influenciaram direta ou indiretamente na configuração da bacia hidrográfica no decorrer dos

anos. Dependendo de quantos e quais fatores estiveram associados, verifica-se uma forte tendência à erosão nas margens, no fundo do canal e ao longo do mesmo.

Em complementação à caracterização da erosão na BHRBS, se fez uma avaliação da carta de declividade da bacia no intuito de observar a influência da declividade (classes dominantes e sua distribuição na bacia) neste processo.

A carta de declividade da área, na escala 1:250.000 (Figura 5), obtida de Macedo (2011), contribuiu para a análise e a interpretação dos possíveis processos erosivos verificados nessa bacia hidrográfica.

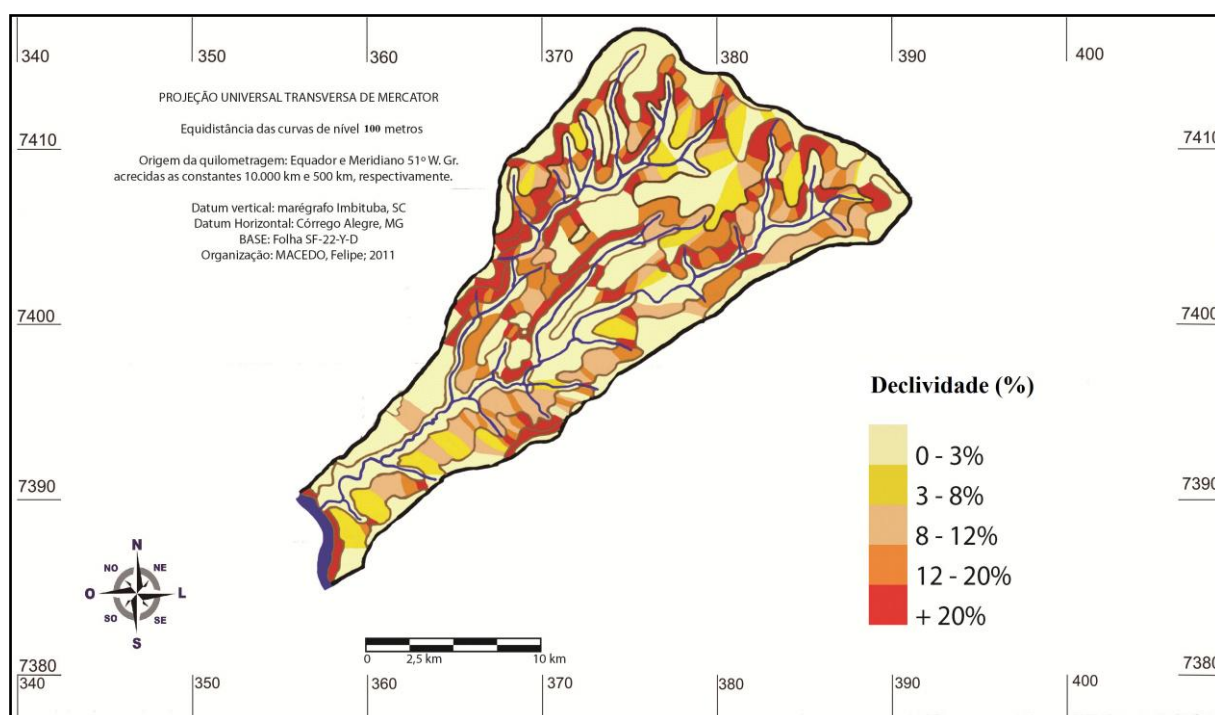


FIGURA 5: Carta de declividade da BHRBS.

Fonte: MACEDO, Felipe. Org.: CARREIRA, Marcelo Grava.

Conforme a carta supracitada os setores apresentando cores laranja e vermelha representam as duas classes de declividade mais elevadas (entre 12 e 20%), situadas preferencialmente nos terços superior e médio da BHRBS. Neles, é possível observar, nas imagens das três décadas, o maior adensamento urbano. Neste caso, os dois fatores associados, o maior adensamento ocupacional urbano, e as altas declividades, representam fatores de risco às cabeceiras das drenagens de diferentes ordens. A drenagem em questão apresenta rio com até quatro ordens, segundo classificação de Strahler¹⁶ (1952) apud Christofolletti, (1980).

¹⁶ STRAHLER, Arthur N., "Dynamic basis of Geomorphology", Geol. Soc. America Bulletin (1952), 63, pp. 923-938.

Para este autor, a hierarquia fluvial consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) da bacia hidrográfica na qual ele se encontra. Na área de estudo, a drenagem é composta por 28 rios de primeira ordem, 4 de segunda ordem, 2 de terceira ordem, e 1 de quarta ordem.

As atividades de campo foram efetuadas no intuito de fazer uma análise de maior detalhe, identificando-se os processos ocorridos na BHRBS. Assim, o trabalho prático foi direcionado para a área do alto curso da bacia em questão, na qual se encontra o parque industrial do município de Maringá. Para a escolha do primeiro ponto a ser analisado priorizou-se o local de melhor acesso à margem do fundo de vale. Este ponto (P1) encontra-se a 506 metros de altitude e situa-se nas coordenadas UTM 399462 de longitude, e UTM 7409389 de latitude, estando a aproximadamente 50 metros da nascente. É possível observar o alargamento do canal e a confluência com um afluente do ribeirão. A partir deste ponto, rumo jusante, as erosões intensificam-se, havendo vincos verticais desde o topo até a base da margem em barranco que apresenta pouca cobertura vegetal (Figura 6). O material de alteração, proveniente do basalto, é aparentemente argilo-arenoso. O solo, provavelmente um Latossolo Vermelho Amarelo, apresenta estrutura colunar, e encontra-se sotoposto a uma linha de seixos que o separa de material coluvial. No horizonte C, o material pedológico é mais arenoso. Acredita-se que a disjunção colunar horizontalizada do basalto sustenta o perfil de alteração dificultando o avanço da mesma, do topo para a base do perfil.



FIGURA 6: Vincos verticais desde o topo até a base da margem. Ponto P1.

FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.

O segundo ponto (P2) situa-se à 501m de altitude, encontrando-se localizado segundo as coordenadas UTM 399318 de longitude, e UTM 7409407 de latitude. A presença de vegetação arbustiva de médio porte, densa e com muita quiçaça (Figura 7) no topo da margem esquerda propicia o avanço da erosão nesta mesma, mas o que mais chama a atenção é a poluição ocasionada pela provável dejeção de poluentes (Figura 8). O solo apresenta-se na cor cinza- arroxeada, sugerindo presença de Nitossolo, havendo processo de alteração geoquímica por redução, evidenciado pela cor de alteração amarelada, indicativa de goethita (Figura 9). Associado ao Nitossolo verifica-se material pedológico que sugere presença de Cambissolo. O horizonte B apresenta-se pouco desenvolvido, e o horizonte C está pouco preservado, havendo muitos fragmentos de rocha no leito do rio.



FIGURA 7: Vegetação densa e quiçaga na margem esquerda no Ponto P2.
FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.



FIGURA 8: Dejeção de poluentes no leito do ribeirão em P2.
FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.



FIGURA 9: Base do perfil pedológico em P2, exibindo basalto alterado na cor amarela, sugerindo presença de goethita.

FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.

O terceiro ponto (P3) encontra-se na altitude de 500 metros, e apresenta-se sob as coordenadas UTM 399257 de longitude, e UTM 7409432 de latitude. Neste ponto o canal do ribeirão torna-se mais amplo, e as margens menos abruptas e mais concavizadas. Embora a vegetação invasora tenha tomado conta deste amplo canal, percebe-se que a dissecação horizontal foi dominante. As margens concavizadas propiciam o solapamento.

O quarto ponto (P4) tem acesso pela estrada que leva à fábrica de vinhos Crevelin e às chácaras rurais. Ele se situa na altitude de 450 metros, entre as coordenadas UTM 396061 de longitude e UTM 7408601 de latitude, a cerca de seis quilômetros de distância de P1. Neste local, o leito do ribeirão é largo, raso e rochoso, e o tipo de erosão verificado nas margens é por desbarrancamento, em margens que variam de 1,5 a 3,0m de altura. O solo provavelmente é Nitossolo vermelho. Um aspecto marcante deste ponto é a forte poluição nas águas do ribeirão (Figura 10), que contém esgoto e vinhoto, identificados visual e olfativamente.



FIGURA 10: Forte poluição nas águas do ribeirão, imediações da indústria Crevelin.

FONTE: CARREIRA, Marcelo Grava. 04/2011.

Pode-se resumir a análise dos pontos visitados da seguinte forma. Da nascente ao ponto três a declividade do canal do ribeirão é maior, verificando-se o predomínio de dissecação vertical no canal e nas margens, ou seja, predomina na área de estudo a erosão linear por sulcos, associados aos quais se observam processos de solapamento e desmoronamento.

A evidência deste tipo de processo está associada ao entalhe vertical do canal do ribeirão, que erodiu o manto de intemperismo e atingiu o basalto (como observado no ponto 2). Esta rocha encontra-se alterada nas cores amareladas (provável presença de goethita), indicando processo químico de redução, pelo recobrimento da água do ribeirão sobre o basalto. Atualmente parte da rocha está exposta no fundo nas margens.

Esta maior incisão vertical do processo erosivo se faz notar mais evidentemente, no trecho do ribeirão no qual predominam declividades mais acentuadas como mostra a figura 5.

Entre os pontos P3 e P4, a pendente do canal é suavizada e o mesmo torna-se mais largo, com barrancos das margens de menor altura; os desmoronamentos são menos intensos,

e ocorrem em menor número. A partir do ponto três, é possível identificar na margem direita, processo de erosão em patamares.

Dos fatores naturais determinantes da erosão, destacam-se: tipo e uso do solo, tipo de cobertura vegetal, relevo, e distribuição e quantidade de chuvas, além da conformação da drenagem.

O nível de base referencial da bacia hidrográfica em estudo é o rio Ivaí. Além disso, dados morfométricos obtidos em bacias hidrográficas podem contribuir para a análise dos processos erosivos. Carreira, R. G. (2011) estudando, entre outros, a circularidade das bacias hidrográficas do município de Maringá, verificou para a bacia do ribeirão Água Suja (limítrofe a montante da BHBR), apresentou índice de circularidade de 0,72. O índice de circularidade é a relação entre a área da bacia e a área de um círculo de mesmo perímetro ($I_c = A/A_c$), e cujo valor máximo a ser obtido é igual a 1,0. Quanto maior o valor, mais próxima da forma circular estará a bacia, e estas correspondem às bacias mais sujeitas à inundação, pois o escoamento do canal converge rapidamente para um mesmo ponto ocasionando inundações.

Na área de estudo tudo indica que a forma difere da circular; neste caso, as bacias são maiores e retilíneas, permitindo o rápido escoamento das águas do canal. Este fato dificulta o processo de inundação, mas é determinante para o processo erosivo.

CONCLUSÃO

A análise das imagens da área da BHRBS revelou que com a mudança no domínio das cores, em cada imagem, houve mudança no tipo de uso do solo. Desde a década de 1980, com o incremento do desmatamento, sucedeu-se o plantio de soja, que expandiu na década de 1990, desenvolvendo-se concomitantemente, o traçado urbano.

No imageamento de 1985 ainda há domínio de vegetação mesclada com a soja em seu último estágio e áreas destinadas ao cultivo. A hidrografia apresentou pequena modificação em seu traçado, quando comparado com o da drenagem extraída de 1972. Após dez anos (em 1995), o imageamento revelou impressionante expansão das terras agriculturáveis, com o solo arável estendendo-se até as margens da drenagem, bem como o aparecimento de lagos. A malha urbana de algumas cidades (Maringá, Iguatemi, Mandaguaçu, e Paiçandu) invadiu as terras aráveis.

No imageamento de 2007 a vegetação é quase totalmente eliminada, e o traçado da drenagem muda substancialmente, em relação a 1972, principalmente em relação à sua sinuosidade. O desaparecimento de alguns lagos pode estar relacionado ao adensamento do núcleo urbano, promovendo soterramentos ou canalização dos cursos d'água.

No alto curso do ribeirão Bandeirantes do Sul, constata-se a maior declividade do canal, havendo, desta forma, predomínio de dissecação vertical no canal e nas margens. Observam-se em alguns pontos processos erosivos predominantemente por solapamento e desmoronamento. De montante para jusante, o canal do ribeirão torna-se mais largo, e pendente mais suavizada, havendo desmoronamentos menos intensos e em menor número.

Assim, a bacia hidrográfica em estudo passou por mudanças referentes ao seu uso (forma e intensidade) e distribuição da malha de drenagem (em função de novos tributários observados, muitos provavelmente expandidos pela instalação dos dutos pluviais), que muito contribuíram para a evolução dos processos erosivos. O desmatamento, a forma da bacia e a expansão da malha urbana foram os fatores mais visíveis.

REFERÊNCIAS

- BIGARELLA, João José. **Visão integrada da problemática da erosão**. Curitiba: Associação de Defesa e Educação Ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1985, 329p.
- BIGARELLA, J. J; PASSOS, E; HERRMANN, M. L. P; SANTOS, G. F; MENDONÇA, M; SALAMUNI, E; SUGUIO, K. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFPR, Vol. 3, 2ª edição, 2007, 552p.
- BLOOM, Arthur L. **Superfície da Terra**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 1970, 184p.
- CARREIRA, R. G. **Caracterização morfométrica das bacias hidrográficas do município de Maringá-PR**. Trabalho de Conclusão de Curso, Maringá, 2011.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Blücher, 1980, 2ª Ed., 188p.
- D'AGOSTINI, Luiz Renato. **Erosão: o problema mais que o processo**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1999, 131p.
- FERNANDES, L. A; COIMBRA, A. M; **o Grupo Caiuá (Ks): Revisão estratigráfica e contexto deposicional**. Revista Brasileira de Geociências, setembro de 1994.
- GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (organizadores). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3ª Ed., 1998, 472p.
- GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosangela Garrido (organizadores). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, 340p.
- MACEDO, Felipe R; VOLKMER, Susana; **Erosão no alto curso da Bacia do Ribeirão Bandeirantes do Sul**. PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – PIBIC/CNPq-Fundação Araucária - UEM, Maringá, 2011, 35 p.
- NAKASHIMA, Paulo. **Sistemas pedológicos da região Noroeste do Paraná: Distribuição e subsídios para o controle da erosão**. Tese de doutorado, volume 1, São Paulo, 1999, 162p.
- PASSOS, M. M; AMORIM, M. C. C. T; SANT'ANNA NETO, J. L; **Os reflexos do clima na organização do espaço no noroeste do Paraná – Brasil**. Anais do IV Seminário Latino-americano de Geografia Física. Maringá, 2006.
- PEREIRA, Vicente de Paula, ed. **Solos altamente suscetíveis à erosão**. Vicente de Paula Pereira, Manoel Evaristo Ferreira, Maria Cristina Pessoa da Cruz, (editores). Jaboticabal: FCAV – UNESP/SBCS, 1994, 253p.
- SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003, 2004, 140p.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Catálogo de imagens aéreas. Acessado em 11 de maio de 2011.

<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Cartas topográficas: Maringá, Mandaguaçu, Ivatuba e Juçara (1972 a, b, c, d). Acessado em 06 de março de 2011 às 15h28min.

<http://www.ibge.gov.br/>