

ALYSON BUENO FRANCISCO

**O PROCESSO DE VOÇOROCAMENTO
NO PERÍMETRO URBANO DE RANCHARIA-SP:
SUA DINÂMICA E AS PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO**



Fonte: Rossato et al. (2003)

**PRESIDENTE PRUDENTE
2011**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

ALYSON BUENO FRANCISCO

**O PROCESSO DE VOÇOROCAMENTO
NO PERÍMETRO URBANO DE RANCHARIA-SP:
SUA DINÂMICA E AS PROPOSTAS DE RECUPERAÇÃO**

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-graduação em Geografia -
Área de Concentração: Produção do Espaço
Geográfico, para a obtenção do título de
Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Osvaldo Rodrigues
Nunes

**PRESIDENTE PRUDENTE
2011**

Francisco, Alyson Bueno.

F893p O processo de voçorocamento no perímetro urbano de
Rancharia-SP: sua dinâmica e as propostas de recuperação / Alyson
Bueno Francisco. - Presidente Prudente : [s.n], 2011
120 f.

Orientador: João Osvaldo Rodrigues Nunes

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências e Tecnologia

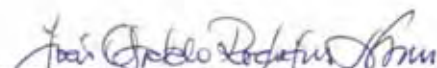
Banca: Antonio Manoel dos Santos Oliveira e Edson Luís Piroli

Inclui bibliografia

1. Erosão de solos. 2. Voçorocamento. 3. Experimentos. 4.
Recuperação. 5. Rancharia. I. Nunes, João Osvaldo Rodrigues. II.
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia.
III. Título.

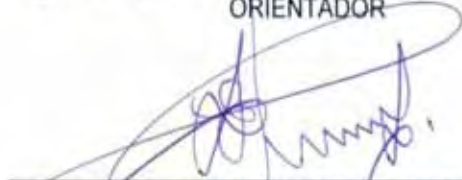
CDD 910

BANCA EXAMINADORA

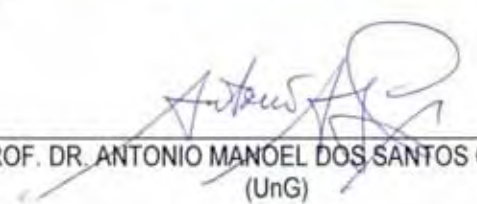


PROF. DR. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES

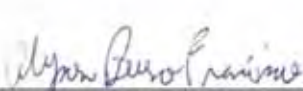
ORIENTADOR



PROF. DR. EDSON LUIS PIROLI
(UNESP/OURINHOS)



PROF. DR. ANTONIO MANOEL DOS SANTOS OLIVEIRA
(UnG)



ALYSON BUENO FRANCISCO

Presidente Prudente (SP), 30 de junho de 2011.

RESULTADO: APROVADO

Com amor e dedicação

Aos meus pais

Lício e Lucilene

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não poderia torna-se realidade sem o apoio dos quais devo agradecer:

Ao João, pelos anos de orientação na graduação e no mestrado, pela confiança, auto-estima e conselhos que foram fundamentais no amadurecimento de minha vida profissional.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Unesp de Presidente Prudente, pelo esforço dos docentes e alunos que resultou na conceituação a nível de excelência.

Aos professores Antonio Manoel, Cristina, Edson Piroli e Tadeu Tommaselli, pelas críticas e elogios ao trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa GAIA e aos colegas da pós-graduação Caio Augusto e Lays de Santi pelo apoio nos trabalhos de campo.

Aos membros do Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos, pelos resultados do projeto Trilhando pelos Solos na conscientização das futuras gerações, sendo o melhor caminho para a conservação dos solos.

À população da cidade de Rancharia, em especial aos moradores do bairro Jardim Regina, que reivindicam melhorias nas condições de habitação e soluções para os problemas causados pelos processos erosivos.

À Secretaria de Obras da Prefeitura de Rancharia, pelo fornecimento de materiais a respeito da área de estudo.

Ao professor Mauro Ishikawa, pelos conhecimentos de Topografia e Geodésia.

À Teresa Raquel Vanali, pela revisão normativa deste trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela bolsa de mestrado.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Histórico do problema e justificativa.....	13
1.2	Objetivos.....	18
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1	Área de estudo.....	19
2.2	Procedimentos metodológicos.....	20
3	CAPÍTULO I - A erosão de solos e as contribuições teóricas da Geografia e da Geomorfologia.....	33
3.1	O estudo da paisagem na Geografia.....	33
3.2	O estudo da fisiologia da paisagem na Geomorfologia.....	34
3.3	A erosão de solos: considerações teórico-conceituais.....	39
3.4	A erosão linear do tipo voçorocamento.....	44
3.5	O histórico de uso do solo, o ritmo dos processos erosivos e as técnicas no controle da erosão.....	48
3.6	As políticas de controle da erosão urbana no Estado de São Paulo.....	52
4	CAPÍTULO II - O processo de transformação da paisagem e o voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia-SP.....	52
4.1	Caracterização geológica e os depósitos tecnogênicos.....	52
4.2	O relevo, os tipos de solos e a suscetibilidade à erosão linear.....	56
4.3	O regime sazonal da pluviosidade e a erosividade das chuvas.....	71
4.4	O uso e a ocupação do solo, a urbanização e o problema da erosão linear na cidade de Rancharia-SP.....	72
5	CAPÍTULO III - A morfodinâmica do voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia-SP: experimentos em campo e propostas de controle.....	79
5.1	A morfodinâmica e a aceleração do processo de voçorocamento.....	79
5.2	A voçoroca do Córrego do Grito e sua dinâmica espaço-temporal.....	84
5.3	As contribuições da experimentação em campo para as propostas de controle	

	do processo erosivo.....	92
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	96
7	REFERÊNCIAS.....	98
8	APÊNDICE.....	105
9	ANEXOS.....	116

RESUMO

A erosão de solos tornou-se um problema ambiental e social, sendo a erosão linear do tipo voçorocamento a mais impactante. Inúmeras cidades vivenciam as consequências causadas pelas voçorocas localizadas nas áreas de baixas vertentes e fundos de vale, e os custos ao poder público para a recuperação destas áreas degradadas é significativo. Diante deste cenário preocupante, este trabalho visou apresentar a dinâmica de um processo de voçorocamento localizado na periferia da cidade de Rancharia-SP, na escala espacial e temporal, tendo como objetivo principal apresentar propostas para o controle da erosão acelerada. Através do método das estacas foi possível apontar as áreas com maiores taxas erosivas laminares e lineares, em uma parcela da área degradada. No método de barramentos com o uso de bambus e pneus, implantados em canais de escoamento concentrado, foi possível constatar que a metodologia de baixo custo apresentou resultados positivos, com a queda das taxas de erosão e regeneração da vegetação rasteira. Além dos resultados experimentais de campo, o trabalho relacionou os elementos da paisagem com a dinâmica do processo erosivo e apresentou as políticas de controle de erosão urbana, procurando apontar as alternativas viáveis na recuperação de áreas degradadas.

Palavras-chave: erosão de solos, voçorocamento, experimentos, recuperação e Rancharia.

ABSTRACT

The soil erosion has become an environmental and social problem, and the linear erosion of the most striking type gully. Many cities experience the consequences caused by the gullies located in areas of lower slopes and valley bottoms, and the costs to the government to recover these degraded areas is significant. Faced with this troubling scenario, this work was to present the dynamics of a process of gullies located on the outskirts of Rancharia, Sao Paulo State, at spatial and temporal scale, having as main objective to present proposals to control accelerated erosion. Through the method of cutting was possible to identify the areas with increased rates of erosion laminar and linear in a portion of the degraded area. In the method of barriers with the use of bamboo and tires, set up in outlets concentrated, it was established that the low-cost method showed positive results, with falling rates of erosion and regeneration of undergrowth. In addition to the experimental results of field work related elements of the landscape with the dynamics of erosion and introduced policies of urban erosion control, trying to point out viable alternatives in the recovery of degraded areas.

Key-words: soil erosion, gully process, experiments, recovery and Rancharia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Mapa de localização da Voçoroca do Córrego do Grito em Rancharia-SP.....	15
Figura 02 - Fragmento de carta topográfica do IBGE – Rancharia-SP.....	16
Figura 03 - Localização da área de estudo.....	19
Figura 04 - Monitoramento de voçoroca.....	20
Figura 05 - Pino visto de perfil.....	21
Figura 06 - Foto de uma estaca de vergalhão.....	21
Figura 07 - Esquema representativo da fixação das estacas em campo.....	22
Figura 08 - Local onde foram implantados os barramentos de bambus.....	23
Figura 09 - Foto do corte lateral na parede interna do canal de escoamento como base de apoio para a barreira de bambus.....	24
Figura 10 - Foto dos bambus empilhados na horizontal.....	24
Figura 11 - Fotos das barreiras de bambus cobertas com sacos de ráfia.....	25
Figura 12 - Ilustração das dimensões das barreiras de bambus.....	26
Figura 13 - Foto do pino fixado à montante de uma das barreiras de bambus.....	26
Figura 14 - Esquema representativo do método dos pinos no monitoramento da taxa de erosão/deposição nas barreiras de escoamento superficial.....	27
Figura 15 - Ilustração das dimensões da barreira de pneus.....	28
Figura 16 - Foto da coluna de pneus preenchida com terra.....	28
Figura 17 – Permeâmetro de Guelph.....	31
Figura 18 - Predomínio do componente perpendicular (fase biostásica).....	37
Figura 19 - Predomínio do componente paralelo (fase resistásica).....	37
Figura 20 - Comparação entre as perdas por erosão em relação ao uso da terra.....	41
Figura 21 - Representação ilustrativa de uma voçoroca.....	44
Figura 22 - Alcova de regressão em área de voçorocamento.....	47
Figura 23 - Organograma da tendência da questão do uso do solo e dos processos erosivos.....	49
Figura 24 - Esquema planejado para o controle de erosão em uma voçoroca.....	50
Figura 25 - Localização de paliçadas no controle de voçoroca.....	51
Figura 26 - Foto de afloramento do arenito da Formação Adamantina.....	54
Figura 27 - Carta hipsométrica do perímetro urbano de Rancharia-SP.....	57
Figura 28 - Carta clinográfica do perímetro urbano de Rancharia-SP.....	58
Figura 29 - Foto de colina com vertentes suavemente onduladas.....	59

Figura 30 - Imagem de sensoriamento remoto do fundo de vale do Córrego do Grito....	60
Figura 31 - Carta das formas de relevo do perímetro urbano de Rancharia-SP.....	61
Figura 32 - Carta pedológica do perímetro urbano de Rancharia-SP.....	64
Figura 33 - Carta de suscetibilidade à erosão linear no perímetro urbano de Rancharia...	65
Figura 34 - Localização dos pontos de coleta dos solos (perfis e tradagem) e ensaios de permeabilidade.....	66
Figura 35 - Perfis pedológicos descritos por Francisco (2008).....	67
Figura 36 - Foto de camadas expostas pela ação erosiva.....	70
Figura 37 - Gráfico das médias mensais de precipitação entre os anos de 1953 e 2003 no município de Rancharia-SP.....	71
Figura 38 - Carta de cobertura da terra do perímetro urbano de Rancharia-SP.....	74
Figura 39 - Fotos das obras de implantação de galerias de esgoto pluvial realizadas à montante do canal principal da voçoroca.....	76
Figura 40 – Imagem de sistema sensor orbital da Voçoroca do Córrego do Grito.....	79
Figura 41 - Presença de canal de escoamento perene na voçoroca.....	80
Figura 42 - Presença de meandro no canal de escoamento da voçoroca.....	81
Figura 43 - Solo sem cobertura em sulcos gerados pelo pisoteio do gado.....	81
Figura 44 – Ravina “F”	82
Figura 45 - Dutos gerados por erosão interna (<i>piping</i>).....	83
Figura 46 - Alcovas de regressão geradas pela ação do escoamento subsuperficial.....	83
Figura 47 - Área de monitoramento com a distribuição das estacas nas margens das ravinas.....	85
Figura 48 - Gráfico de relação entre os índices de precipitação e as médias das taxas de erosão das bordas.....	86
Figura 49 - Gráfico de relação entre os índices de precipitação e as taxas de erosão laminar....	86
Figura 50 - Médias das taxas de erosão das bordas por grupos de ravinas.....	87
Figura 51 - Gráficos de regressão linear entre os totais de precipitação e as taxas médias de erosão linear nas ravinas A, B e C.....	88
Figura 52 - Gráficos de regressão linear entre os totais de precipitação e as taxas médias de erosão linear nas ravinas D, E, F e G.....	89
Figura 53 – Distribuição das taxas de erosão linear.....	90
Figura 54 - Ravina “D”	91
Figura 55 - Gráfico das médias de deposição/erosão laminar à montante e à jusante das	

barreiras.....	92
Figura 56 - Gráfico das taxas acumuladas nas três barreiras.....	93
Figura 57 - Gráfico das médias das taxas nas barreiras de bambus à montante e à jusante.....	93
Figura 58 - Barreira de pneus com deposição de sedimentos e regeneração da cobertura vegetal.....	94
Figura 59 - Barreira de bambus instalada na parte à montante de um canal de escoamento.....	94
Figura 60 - Barreira de bambus instalada na parte à jusante de um canal de escoamento	95
Figura 61 - Mapa de ocorrência de voçorocas.....	116
Figura 62 - Planta de localização das galerias de águas pluviais.....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Classes de suscetibilidade à erosão linear em relação aos aspectos da paisagem.....	30
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Descrição morfológica dos perfis de solos.....	68
Tabela 02 - Classes texturais dos horizontes pedológicos e a condutividade hidráulica	69
Tabela 03 - Taxas de erosão e parcelas texturais.....	91
Tabela 04 - Taxas de erosão das bordas.....	106
Tabela 05 - Taxas de erosão laminar.....	108
Tabela 06 - Médias das taxas de erosão linear por ravinas.....	110
Tabela 07 - Taxas de deposição e erosão laminar nos canais de escoamento.....	111
Tabela 08 - Ensaio de permeabilidade do 1º ponto com altura $H_1 = 05$ cm.....	112
Tabela 09 - Ensaio de permeabilidade do 1º ponto com altura $H_1 = 10$ cm.....	112
Tabela 10 - Ensaio de permeabilidade do 2º ponto com altura $H_1 = 05$ cm.....	112
Tabela 11 - Ensaio de permeabilidade do 2º ponto com altura $H_1 = 10$ cm.....	112
Tabela 12 - Índices pluviométricos diários referentes ao ano de 2009.....	113
Tabela 13 - Índices pluviométricos diários referentes ao ano de 2010.....	114
Tabela 14 - Índices pluviométricos diários referentes ao ano de 2011.....	115

1 INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é um processo da dinâmica da natureza, sendo responsável pela constituição do modelado do relevo presente nas diversas paisagens. Entretanto, o Homem, como agente transformador de ambientes, atua na aceleração dos processos erosivos, ocasionando a formação de ravinas e voçorocas num curto intervalo de tempo.

O histórico de transformação da paisagem no Extremo Oeste Paulista, com a introdução de culturas agrícolas sem o respeito à capacidade de uso dos solos e a ausência de práticas conservacionistas, contribuíram para a atual situação de degradação e empobrecimento dos solos da região.

Dentre as culturas agrícolas que mais contribuíram para os processos erosivos na região do Oeste Paulista está o algodão, que de acordo com Lepsch (2002), a taxa de perda de solo numa área de cultivo é de 38 t/ha/ano.

Neste contexto, o município de Rancharia foi um dos maiores produtores de algodão do Estado de São Paulo, entre as décadas de 1930 e 1950.

Com a decadência da cotonicultura, devido ao rápido empobrecimento dos solos da região, grande parte dos produtores rurais migrou para as áreas urbanas, após a década de 1960. Com a expansão da urbanização, em um curto período, e a ausência de planos adequados para disciplinar a abertura de loteamentos e o escoamento das águas pluviais, o número de erosões lineares nas periferias das cidades paulistas aumentou consideravelmente entre as décadas de 1960 e 1980.

De acordo com o levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), apresentado em 1989, existiam cerca de 3 mil voçorocas ativas no Estado de São Paulo. Este levantamento foi um dos estudos realizados pela política estadual de “combate” às voçorocas, a partir do final dos anos 1980.

O Mapa de Ocorrência de Voçorocas apresentado pelo DAEE (1990), apresentado pela Figura 61 (em anexo), mostra a distribuição das formas erosivas de grande porte na região de Marília e Presidente Prudente.

Apesar de alguns resultados positivos, esta política era pontual e paliativa, pois visava controlar as erosões ativas com obras de contenção (canalização dos canais fluviais, dissipadores de energia, muros de gabião, entre outras). Durante as últimas décadas inúmeros recursos públicos foram gastos no controle das erosões urbanas, e a ausência de planos

regionais para disciplinar o parcelamento e a ocupação do solo e o destino das águas pluviais (principalmente nas áreas urbanas) dificulta a prevenção da degradação de outras áreas e a recuperação das já comprometidas pela erosão acelerada.

De acordo com Guerra (1994, p. 16):

[...] as opiniões sobre as causas e as consequências da erosão dos solos são, muitas vezes, contraditórias. Existe uma infinidade de explicações, teorias e modelos de abordagem do assunto. Mas o que há ainda, em escala insuficiente, é uma metodologia que procure abordar a erosão e conservação dos solos, levando em consideração a imbricação dos aspectos técnicos do problema, com suas implicações sócio-econômicas e políticas.

Neste contexto, este trabalho visa analisar a dinâmica de processos erosivos no perímetro urbano de Rancharia-SP, a fim de propor medidas de contenção e recuperação da área degradada na Voçoroca do Córrego do Grito.

1.1 Histórico do problema e justificativa

A atual situação de degradação dos solos no município de Rancharia está relacionada ao histórico de uso da terra e os impactos causados pela falta de planejamento na implantação de infraestrutura, considerando que, a maioria das feições erosivas é formada pelos canais de escoamento concentrado em estradas rurais e ausência de práticas conservacionistas adequadas nas atividades agrícolas.

A ocupação do município de Rancharia entre as décadas de 1930 e 1950 foi decorrente da cotonicultura, que de acordo com Oliveira (1994), pela falta de práticas conservacionistas, causou em altas taxas de perda de solos e na produção de sedimentos.

Em 1936, o município de Rancharia tornou-se o sexto maior produtor de algodão do estado paulista, e na década de 1950, passou a ser conhecida como a “Capital do Algodão” (OLIVEIRA, 1994).

Além dos processos erosivos no campo gerados pela cultura do algodão, as erosões urbanas sempre foram marcantes no histórico da cidade de Rancharia. Oliveira (1994, p. 163), ao mencionar sobre as voçorocas urbanas afirma:

[...] todas essas erosões marcaram a vida dos moradores antigos de Rancharia, não só pelo porte excepcional, mas sobretudo por sua ação destruidora de ruas e até de casas. Para completar um esboço deste quadro de

erosão urbana, devem-se acrescentar a essas grandes erosões¹ os processos erosivos generalizadamente desenvolvidos, em toda a cidade em crescimento, sobretudo ao longo das ruas de terra, que concentravam as enxurradas.

A voçoroca que apresenta ainda algum risco às pavimentações e moradias na cidade de Rancharia, principalmente devido suas ramificações, é a Voçoroca do Córrego do Grito, conhecida pela população local como “Buracão do DER”, e estudada neste trabalho. Em análise de fotos aéreas de 1962, Oliveira (1994) constatou a existência desta voçoroca, sendo que em comparação com as fotos aéreas de 1972 apresentou-se praticamente estável. Entretanto, a partir da década de 1980, o processo de voçorocamento foi retomado. De acordo com o autor:

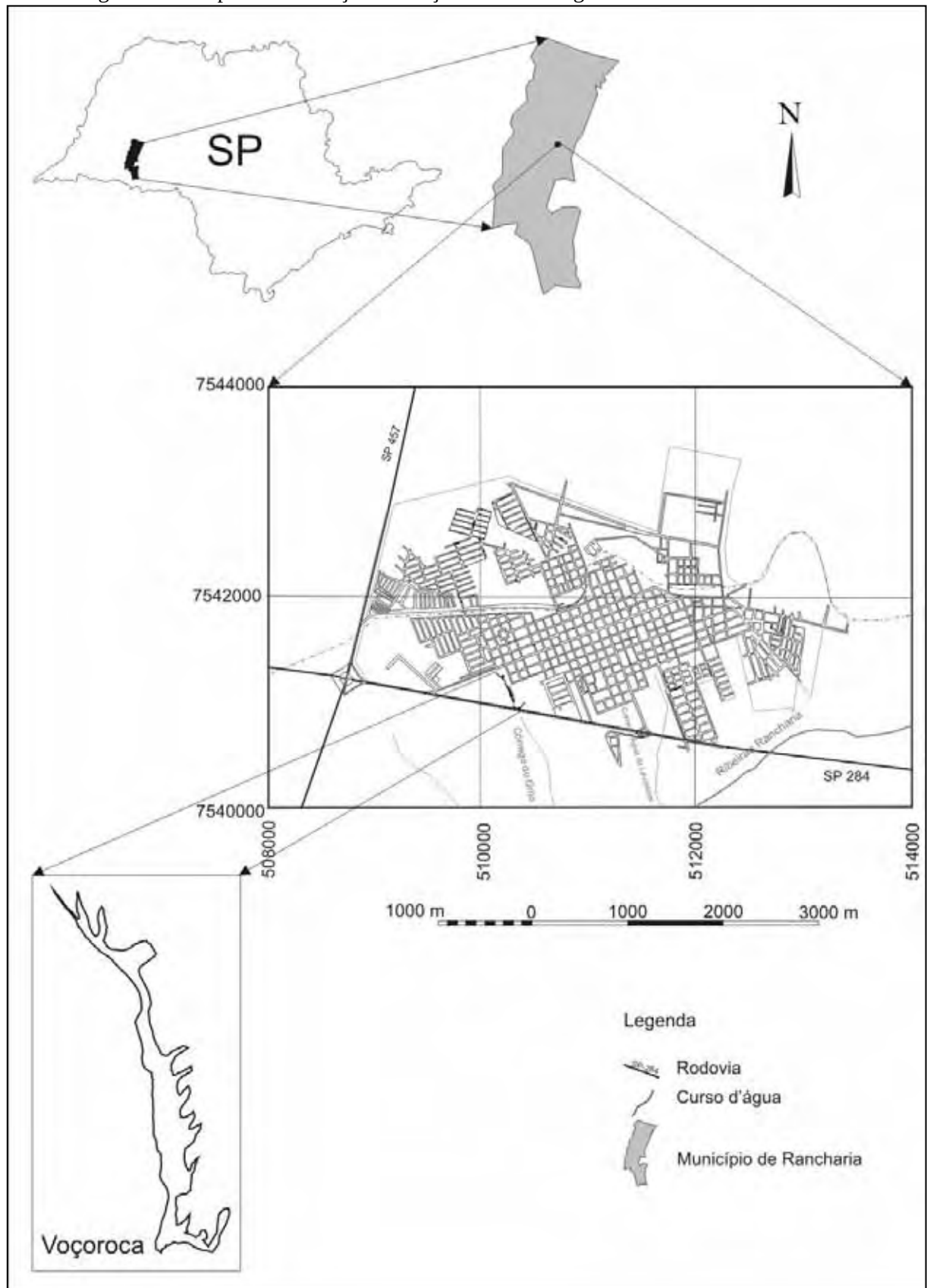
[...] entretanto, como resposta à expansão da área urbana, já mencionada como contrária à tendência geral de atenuação da erosão, observa-se, nas fotos de 1984, que a cabeceira da boçoroca do córrego do Grito havia retomado sua atividade erosiva, pois, tendo recuado cerca de 90 m, atingiu a avenida de acesso oeste à cidade. As obras de contenção foram realizadas a seguir, correspondentes ao aterro da cabeceira e ao desvio das águas pluviais mais para jusante, não foram suficientes para que, em 1992, houvesse mais uma retomada do processo erosivo, formando-se um ramo ativo a montante, na direção da mesma avenida (OLIVEIRA, 1994, p. 174).

Apesar das obras de contenção para disciplinamento das águas pluviais provenientes da área urbana, a Voçoroca do Córrego do Grito apresenta ravinamentos que contribuem para a instabilidade dos terrenos e perda de grandes parcelas do solo, conforme afirma estudo realizado por Francisco (2008).

As populações dos bairros Jardim Regina e Residencial São Bernardo na cidade de Rancharia vivenciam sérios problemas em decorrência de eventos esporádicos pela expansão das áreas comprometidas pelo processo de voçorocamento no perímetro urbano, situação localizada no mapa representado pela Figura 01.

¹ Oliveira (1994) se refere às grandes feições erosivas (voçorocas).

Figura 01 – Mapa de localização da Voçoroca do Córrego do Grito em Rancharia-SP.



Elaborado por Francisco (2011).

O fragmento da carta topográfica apresentado pela Figura 02 mostra que, na década de 1970, onde atualmente se localiza a Voçoroca do Córrego do Grito existia uma estrada de acesso entre a área do bairro Jardim Regina e a Rodovia SP-284, e uma drenagem sazonal. A existência desta estrada pode vir a ser uma das causas de intensificação da concentração das águas pluviais, e consequentemente, no desencadeamento do processo erosivo linear.

Figura 02 – Fragmento de carta topográfica do IBGE – Rancharia-SP.



Fonte: IBGE (1974).

A expansão do processo de voçorocamento na área do perímetro urbano de Rancharia merece um estudo que aponte as áreas mais problemáticas, a fim de auxiliar as políticas para recuperação da área degradada.

De acordo com Guerra (2005, p. 34): “[...] as voçorocas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço”. Por isso, a análise espaço-temporal dos processos erosivos favorece a compreensão da dinâmica da erosão e, consequentemente, na adoção de práticas de conservação dos solos.

Segundo Santos (2002, p. 103): “[...] a paisagem é o conjunto de formas que, num dado momento exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza”. Logo, na paisagem estão presentes as formas que testemunham os processos atuantes no tempo acumulado.

Através do estudo da dinâmica da paisagem transformada pelo processo erosivo acelerado é possível criar mecanismos para contenção do processo; e a ciência geográfica visa, entre tantos aspectos, a elaboração de técnicas reparadoras dos impactos provocados pela ação humana (SUERTEGARAY; NUNES, 2001). Para isso, o geógrafo pode realizar estudos para compreender as transformações da paisagem, a fim de entender a dinâmica dos processos erosivos, se utilizando de técnicas para reverter o quadro preocupante de degradação ambiental (NUNES et al., 2006).

Os métodos aplicados nos ensaios em campo podem tornar-se referências na recuperação de áreas comprometidas pelo voçorocamento. O uso de materiais de baixo custo favorece a implantação de técnicas em áreas desprovidas de recursos financeiros, como ocorre em pequenas propriedades e assentamentos rurais.

Ao pensar sobre o controle dos processos erosivos, deve-se considerar não apenas o aprimoramento das técnicas, como também a formulação de políticas públicas pelos órgãos competentes estaduais e municipais.

Em suma, o estudo da paisagem torna possível a compreensão da dinâmica erosiva e facilita a elaboração de propostas para contenção do processo de voçorocamento, contribuindo com medidas para amenizar os problemas sociais e ambientais apresentados. Com isso, o geógrafo pode atuar na elaboração de projetos de contenção dos processos erosivos lineares, recuperação de áreas degradadas e projetos de zoneamento do uso do solo urbano.

1.2 Objetivos

Neste contexto, a pesquisa possui como objetivo central compreender, na escala espaço-temporal, a dinâmica do processo de voçorocamento em uma área do perímetro urbano de Rancharia, a fim de aplicar técnicas de monitoramento e controle do processo erosivo. Sendo assim, esta pesquisa busca atingir os objetivos específicos:

a) Apresentar os conceitos a respeito dos processos erosivos lineares e suas relações com as teorias geomorfológicas, e as políticas públicas para o controle da erosão urbana no estado de São Paulo;

b) Analisar o processo histórico de transformação da paisagem, através da morfologia do relevo e dos solos, o uso do solo urbano e ocupação do relevo, e os condicionantes naturais que favorecem o processo de erosão do tipo linear na área de estudo;

c) Analisar a dinâmica do processo de voçorocamento através da aplicação de metodologias de campo, com monitoramento das bordas da voçoroca, instalação de barreiras no interior de ravinas, e análise dos índices de precipitação; e

d) Avaliar as medidas de contenção aplicadas em campo e análise das alterações provocadas na dinâmica do processo erosivo.

Desta forma, a pesquisa tem como proposta realizar um estudo que integre as dinâmicas da natureza e do contexto social, a fim de compreender o processo de expansão da voçoroca do Córrego do Grito, localizada no perímetro urbano de Rancharia, e analisar as técnicas empregadas na contenção do processo erosivo e a ação das políticas públicas no controle da erosão urbana.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

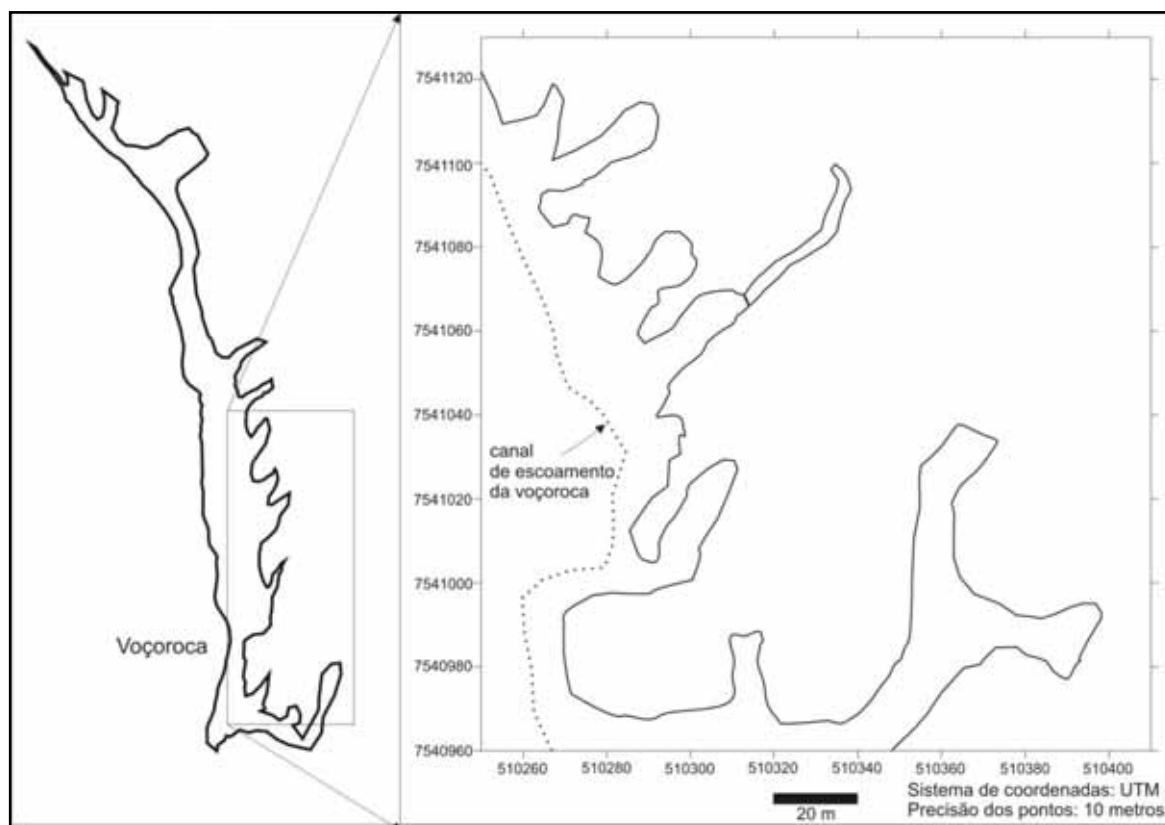
O processo de voçorocamento estudado nesta pesquisa está localizado nas cabeceiras de drenagem do Córrego do Grito, afluente do Ribeirão Rancharia e pertencente à microbacia do Rio Capivari.

Conforme apresenta o levantamento planialtimétrico elaborado pela Prefeitura do Município de Rancharia, em 1998, a voçoroca do Córrego do Grito possuía aproximadamente 400 metros de comprimento e largura média de 35 metros, sendo que sua cabeceira chegava a uma largura de 95 metros. Neste levantamento, a área da voçoroca abrangia 2,2 hectares.

De acordo com o parecer técnico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1997), na área de cabeceira os taludes possuíam alturas entre 6 e 8 metros, e nos trechos intermediário e jusante, os taludes apresentavam alturas inferiores a 5 metros.

Diante da existência de áreas com aterros na área da cabeceira da voçoroca, optou-se por realizar o monitoramento numa porção da área degradada com a existência mais frequente de ravinamentos, como mostra a Figura 03.

Figura 03 – Localização da presença de ravinamentos. Elaboração: Francisco (2011).



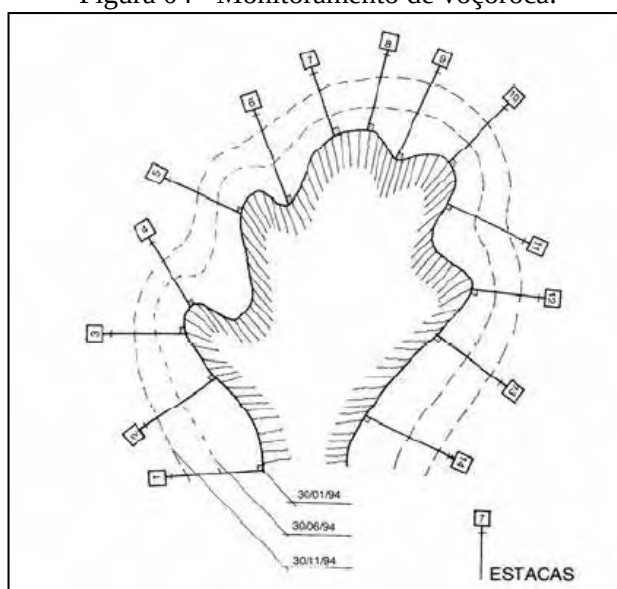
2.2 Procedimentos metodológicos

Dentre os procedimentos adotados para a realização da pesquisa, elenca-se: método das estacas; método de barramentos com bambus e pneus; método dos pinos; elaboração de cartas de hipsometria, clinográfica, formas de relevo, pedologia, cobertura da terra e risco de erosão linear do perímetro urbano de Rancharia-SP; descrição morfológica de perfis de solo; e ensaio condutividade hidráulica com Permeâmetro de Guelph.

O método das estacas foi apresentado em estudos de De Ploey e Gabriels (1980) e Sala (1982), sendo adaptado por Guerra (1996). Guerra (2005) considera que este método é utilizado no monitoramento de erosão de borda em voçorocas. O mesmo autor diferencia as estacas utilizadas como referências na mensuração de erosão linear, e os pinos de erosão que são utilizados “[...] para monitorar a perda de solos por erosão em lençol” (GUERRA, 2005, p. 33).

Na proposta de monitoramento de voçorocas, Guerra (1996) considera que deve-se cravar as estacas no solo, ao redor da voçoroca, afastadas uma das outras cerca de 20 metros, e com um afastamento médio das bordas da voçoroca, conforme ilustra a Figura 04. No caso desta pesquisa, optou-se por uma distância de três metros devida a utilização de trena metálica.

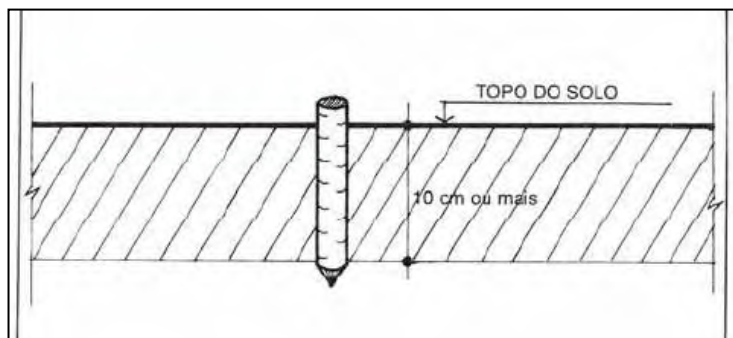
Figura 04 - Monitoramento de voçoroca.



Fonte: Guerra (1996, p. 144).

Para se medir a perda de solo por erosão laminar as estacas possuem níveis graduais como mostra a Figura 05.

Figura 05 - Pino visto de perfil.



Fonte: Guerra (2002, p. 151).

Para o autor: “[...] após a colocação dessas estacas é preciso que se faça um esquema da distribuição espacial das estacas e seja medida de cada estaca até a borda da voçoroca” (GUERRA, 1996, p. 143).

As estacas materializam o ponto de referência na medição das taxas de erosão de borda e erosão laminar. Devida a área monitorada ser utilizada para pecuária extensiva, optou-se por utilizar estacas de vergalhão de 50 centímetros de comprimento, conforme mostra a foto da Figura 06.

Figura 06 – Foto de uma estaca de vergalhão.

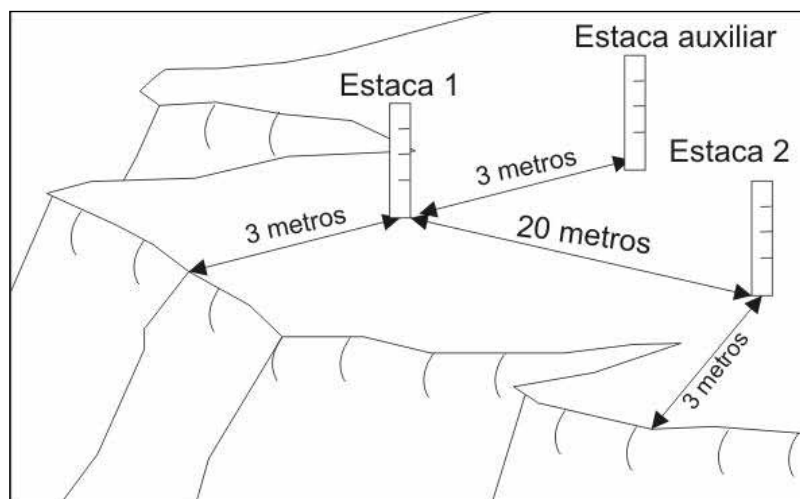


Fonte: Francisco (mar. 2009).

Em todas as estacas foi feita uma marca com tinta branca. As estacas foram cravadas no solo até a marca de modo que esta serve de referência para o nível inicial do solo no monitoramento.

Além das estacas fixadas nas bordas da voçoroca foram fixados vergalhões auxiliares como mostra a ilustração da Figura 07, a fim de garantir que as medições das distâncias fossem feitas na mesma reta ao longo das várias visitas de campo e garantir a referência caso ocorresse perda da estaca padrão pelo avanço do processo erosivo.

Figura 07 - Esquema representativo da fixação das estacas em campo.



Elaborado por Francisco (2011).

A cada trinta dias retornava-se ao local de monitoramento para medir as distâncias entre a borda da voçoroca e a estaca, e o nível do solo em relação ao da estaca, com o auxílio de uma trena, evitando a catenária.

Todas as estacas foram numeradas e as distâncias entre as bordas da voçoroca e a estacas e a diferença do nível do solo em relação à marca graduada da estaca foram tabuladas. Em seguida, subtrai-se da distância da medição realizada com a da distância da última medição, a fim de se obter as taxas de erosão das bordas e as taxas de erosão laminar do período compensado.

Os dados foram comparados com os índices pluviométricos apresentados pela estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no município de Rancharia, na bacia do rio Capivari, cerca de quinze quilômetros de distância da voçoroca estudada.

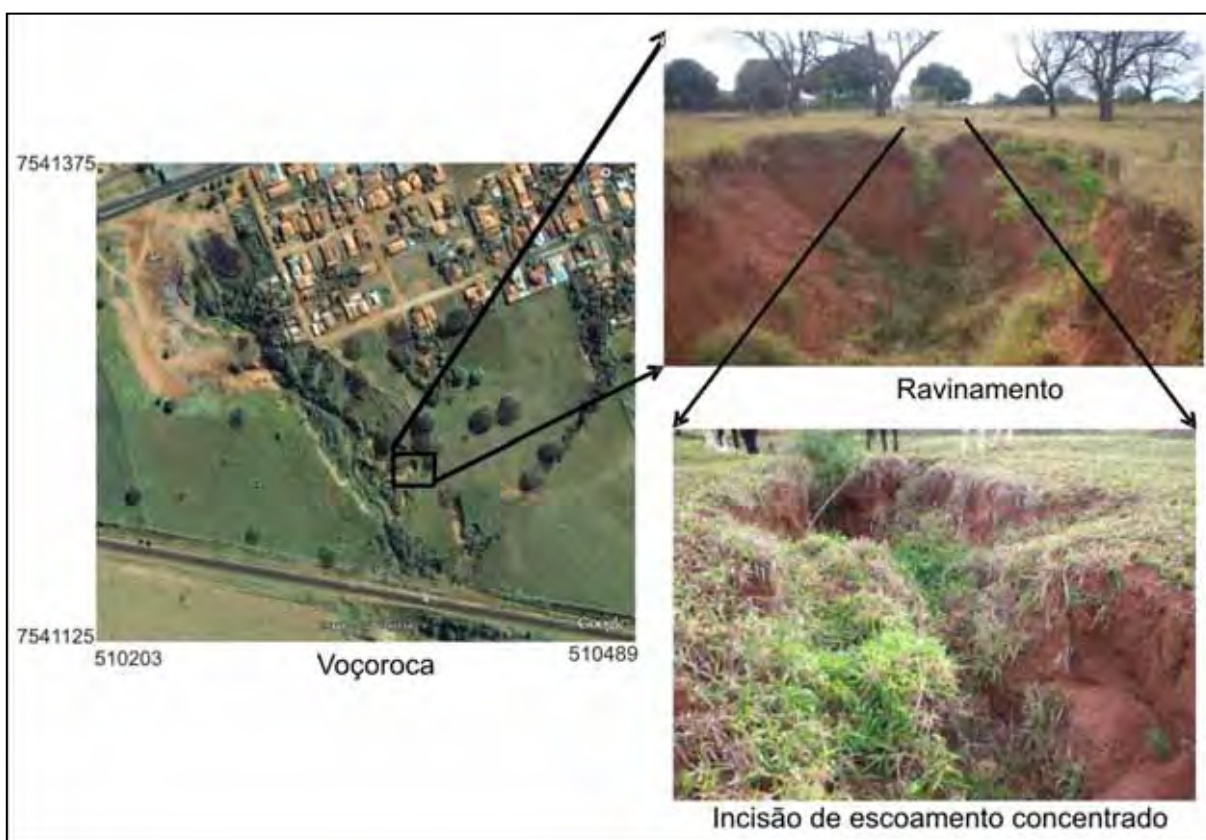
Além da análise da evolução espaço-temporal do voçorocamento, este trabalho aplicou, em campo, o método de barramentos com bambus e pneus para contenção do escoamento superficial e concentrado.

O método de barramentos com bambus e pneus foi adaptado dos estudos feitos por Farias et al. (2006) e Embrapa (2008). A vantagem desse experimento de campo é seu baixo custo e sua durabilidade. Dentre os materiais estão: pneus usados, madeira, bambus, sacos de rafia, arames, enxadão e cavadeira.

Para a instalação das barreiras de bambus, inicialmente, foram selecionados sulcos erosivos de escoamento concentrado, devido seu estágio inicial no processo erosivo linear, e as dimensões destes foram obtidas para se deduzir a quantidade de materiais necessários para a instalação dos barramentos.

As fotos da Figura 08 mostram a localização do canal de escoamento escolhido para instalação das barreiras de bambus.

Figura 08 – Local onde foram implantados os barramentos de bambus.



Elaborado por Francisco (2011).

Na montagem das barreiras de bambus, foram feitas canaletas nas laterais do canal de escoamento, e posteriormente os bambus foram empilhados na horizontal, conforme mostram as fotos das figuras 09 e 10.

Figura 09 – Foto do corte lateral na parede interna do canal de escoamento como base de apoio para a barreira de bambus.



Fonte: Francisco (jul. 2009).

Figura 10 – Foto dos bambus empilhados na horizontal.



Fonte: Francisco (jul. 2009).

Nota-se que além dos bambus empilhados foram fixados bambus na vertical para dar sustentação à barreira. Após colocar todos os bambus, os cortes laterais são cobertos com terra.

Em uma mesma ravina foram assentadas duas barreiras de bambus, com distância de 5 metros, a fim de contribuir na diminuição da velocidade do escoamento concentrado.

Posteriormente, foram colocados sacos de ráfia abertos e amarrados para cobrir as duas barreiras, a fim de facilitar a retenção de águas de escoamento superficial. Na metodologia é importante impermeabilizar principalmente a base da barreira, como mostram as fotos da Figura 11.

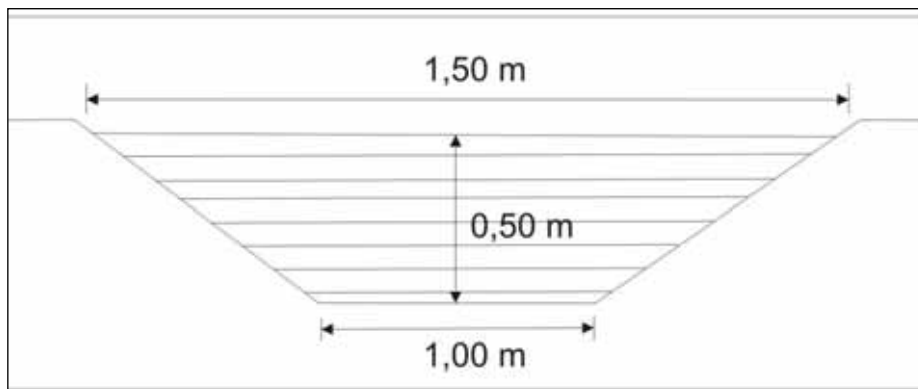
Figura 11 – Fotos das barreiras de bambus cobertas com sacos de ráfia.



Fonte: Francisco (jul. 2009).

As dimensões das barreiras de bambus são apresentadas pela figura 12.

Figura 12 – Ilustração das dimensões das barreiras de bambus.



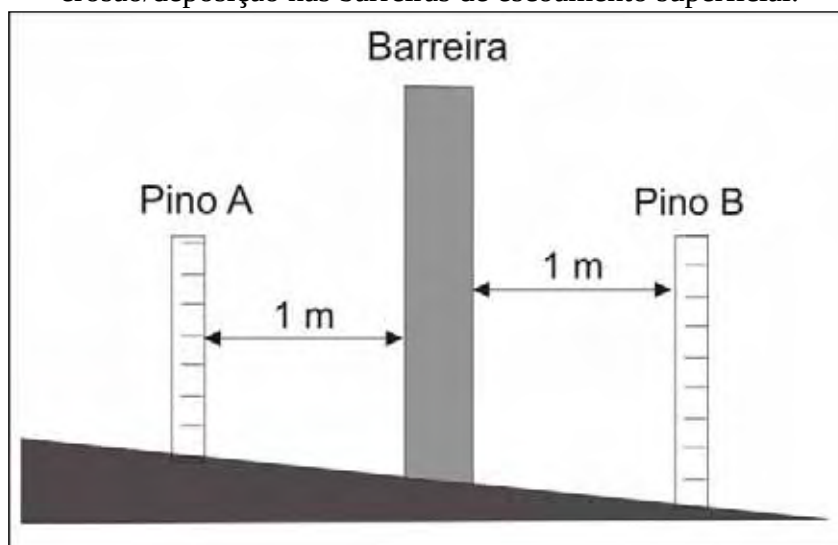
Para avaliar a eficiência das duas barreiras de bambu que foram implantadas, foram fixados pinos a montante e a jusante de cada barreira para se medir as taxas de erosão/deposição, conforme mostram as figuras 13 e 14.

Figura 13 – Foto do pino fixado à montante de uma das barreiras de bambus.



Fonte: Francisco (jul. 2009).

Figura 14 – Esquema representativo do método dos pinos no monitoramento da taxa de erosão/deposição nas barreiras de escoamento superficial.

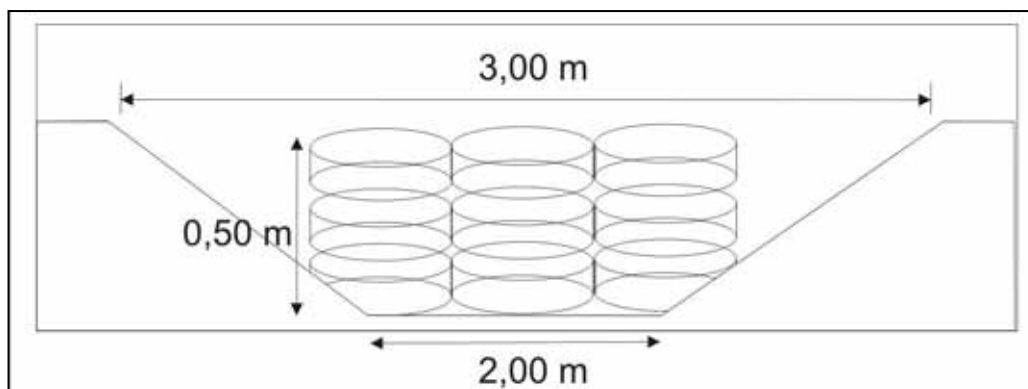


Elaborado por Francisco (2011).

O método dos pinos consiste na medição temporal da variação do nível do solo em relação ao nível inicial do pino. Os pinos (vergalhões) receberam uma marca com tinta branca na altura de 30 cm. Nas medições em campo, com o auxílio de uma trena métrica, mede-se a partir do topo do pino até o nível do solo. Caso a medida seja menor que 30 cm, isto significa que ocorreu deposição de sedimentos. Caso a medida seja maior que os 30 cm iniciais, isto significa que ocorreu perda de solo e transporte de sedimentos. Como no método das estacas, todas as medições foram feitas em intervalos de trinta dias.

As barreiras de colunas de pneus foram montadas em uma área de solo exposto com escoamento concentrado. As colunas de pneus foram apoiadas em hastes de madeira no sentido vertical. As dimensões da barreira de pneus são apresentadas pela figura 15.

Figura 15 – Ilustração das dimensões da barreira de pneus.



Elaboração: Francisco (2011).

Os pneus foram preenchidos com terra, para evitar o acúmulo de água e aumentar o peso da barreira, como mostra a foto da Figura 16.

Figura 16 – Foto da coluna de pneus preenchida com terra.



Fonte: Francisco (jul. 2009).

Como nas barreiras de bambus, a montante e a jusante das colunas de pneus foram cravados pinos para medir as taxas de perda de solo e avaliar a contribuição destas barreiras na diminuição da velocidade das águas de escoamento superficial.

Os resultados dos métodos das estacas e de barramentos são apresentados no capítulo III.

Foram elaboradas as cartas de hipsometria, clinográfica, pedológica, das formas de relevo, de cobertura da terra e de suscetibilidade à erosão linear, da área do perímetro urbano da cidade de Rancharia, e adjacências, representando parte da microbacia do Ribeirão Rancharia.

As cartas de hipsometria e clinográfica foram elaboradas a partir das curvas de nível e cotas altimétricas da Carta Topográfica do IBGE com escala de 1:50.000. A carta topográfica do IBGE foi digitalizada e importada no aplicativo CorelDRAW² versão X3, onde as curvas de nível foram vetorizadas, gerando a carta hipsométrica.

² O software CorelDRAW é desenvolvido pela Corel Corporation.

A carta clinográfica foi elaborada no aplicativo SPRING³ versão 5.1, que a partir das cotas altimétricas gerou um Modelo Numérico de Terreno em grade triangular. As declividades foram calculadas e separadas em classes pela ferramenta “Fatiamento”, gerando a carta temática. As classes de declividades foram divididas em classes de modo que garantissem uma nítida diferença de declividades, principalmente nas vertentes, na escala representada.

A carta pedológica foi elaborada a partir da base apresentada por Oliveira (1994) e da identificação de perfis de solos em campo. A carta das formas de relevo também teve como base os compartimentos identificados em trabalho de aerofotointerpretação realizado por Oliveira (1994) e trabalhos de campo realizados durante esta pesquisa. As cores adotadas na representação das classes de solos foram baseadas no Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007).

A carta de cobertura atual da terra foi elaborada com base em técnicas de sensoriamento remoto, com a interpretação de imagens do satélite Ikonos fornecidas pela Prefeitura Municipal de Rancharia-SP. As imagens foram georreferenciadas no aplicativo SPRING, onde as classes de cobertura da terra foram vetorizadas. As áreas, que não foram possíveis de serem interpretadas nas imagens, foram visitadas em campo.

Sobre a elaboração da carta de suscetibilidade à erosão linear, Salomão (1999) afirma:

[...] visando à determinação de áreas com diferentes suscetibilidades à erosão por ravinas e boçorocas deve ser realizado com base em análises qualitativas. Essa abordagem metodológica baseia-se na análise integrada da paisagem, ponderando-se o comportamento das águas e incidências de ravinas e boçorocas, em relação aos fatores geológicos, geomorfológicos e pedológicos (p. 252).

A partir desta proposta metodológica, a carta de suscetibilidade à erosão linear da área do perímetro urbano de Rancharia foi elaborada a partir de relações entre os aspectos representados nas cartas de formas de relevo, de declividades, pedológica e cobertura atual da terra. As classes de suscetibilidade à erosão linear foram adaptadas do relatório intitulado Controle de Erosão, apresentado pelo convênio DAEE (1990), conforme apresenta o Quadro 01.

³ O software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) é desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Quadro 01 – Classes de risco à erosão linear em relação aos aspectos da paisagem.

CLASSES	Tipos de solo	Declividade	Compartimentos de relevo	Cobertura atual da terra
Suscetíveis a voçorocas	Solos profundos, geralmente Latossolos Vermelhos	Área com declividade de média e muito acentuada (mais de 12%)	Cabeceiras de drenagem com formas de anfiteatros côncavos	Ausência de cobertura vegetal com presença de solo exposto (trilhas de gado e estradas, principalmente)
Suscetíveis a ravinas e pouco suscetíveis a voçorocas	Solos com alto gradiente textural, geralmente Argissolos	Área com declividade mediana (6 a 12%)	Vertentes retilíneas a convexas	Ausência de cobertura vegetal com presença de solo exposto (trilhas de gado e estradas, principalmente)
Muito pouco suscetíveis à erosão linear	Solos aluviais e áreas deposicionais	Declividade nula ou pouco expressiva (< 6%)	Planícies de inundação e topos de colinas	Pouco influencia

As cartas temáticas complementaram as análises do histórico de transformação da paisagem no capítulo II.

Na descrição morfológica dos perfis pedológicos foi adotada a metodologia apresentada por Lemos et al. (2005).

Para a determinação da condutividade hidráulica saturada de campo acima do aquífero freático foi utilizado o permeâmetro de Guelph. O permeâmetro de Guelph é composto de uma garrafa de Mariotte que controla a carga constante de água dentro do furo, um tubo acrílico com uma régua graduada onde a água é introduzida e um tripé que permite adaptar o aparelho em terrenos irregulares (Figura 17).

Figura 17 – Permeâmetro de Guelph.



Fonte: Reynolds; Elrick (1985).

O procedimento deste ensaio requer, após a seleção da área e os pontos a serem amostrados, a realização de furos a trado, devendo-se obter furos com fundo horizontal plano. No caso desta pesquisa, a profundidade dos furos foi de 60 cm, sendo o máximo possível de realizar com o equipamento. Após a montagem do permeâmetro, retira-se o ar do interior do equipamento com o auxílio de uma bomba a vácuo.

Em seguida preenche a garrafa de Mariotte (reservatório) com água e estabelece-se a princípio uma altura de 5 cm, elevando o tubo do ar lentamente no valor definido. Sendo assim, são feitas as leituras dos níveis a cada 2 minutos, anotando a diferença entre os níveis de água no reservatório, até que a diferença permaneça estabilizada, ou seja, em três leituras a diferença seja a mesma. Assim teremos a taxa de queda em estado estável da água. Posteriormente repete-se o ensaio para uma altura de 10 cm do tubo de ar.

A condutividade hidráulica saturada de campo (K_{fs}) pode ser calculada, se os reservatórios estiverem interligados, pela seguinte Equação 01.

$$Kfs = (0,0041)*(X)*(R2) - (0,0054) * (X) * (R1)$$

Equação 01

onde:

X é a constante apresentada pelo equipamento, é correspondente à área transversal dos reservatórios combinados;

R1 é a taxa de queda d'água (cm/s), estabilizada na altura de 5 cm;

R2 é a taxa de queda d'água (cm/s), estabilizada na altura de 10 cm.

Fonte: Reynolds; Elrick (1985).

CAPÍTULO I

3. A EROSÃO DE SOLOS E AS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DA GEOMORFOLOGIA E DA GEOGRAFIA

3.1 O estudo da paisagem na Geografia

O conceito de paisagem é muito utilizado pelos geógrafos que estudam principalmente o histórico de transformações provocadas pelas ações da sociedade em conjunto com a dinâmica da natureza.

De acordo com Suertegaray (2000, p. 20): “[...] na perspectiva clássica, os geógrafos percebiam a paisagem como expressão materializada das relações do homem com a natureza” e, “[...] o limite da paisagem atrelava-se à possibilidade visual”. A autora também ressalva que os geógrafos clássicos já mencionavam a importância do estudo da paisagem além da aparência percebida pelos sentidos.

De acordo com Passos (2000, p. 132), o conceito de paisagem foi utilizado pelas diversas correntes teóricas da Geografia, sofrendo várias adaptações. Para este autor:

[...] uma corrente significativa da Geografia incluiu em seu próprio esquema teórico-metodológico o conceito de paisagem, como a expressão total do objeto básico de seu estudo, com a pretensão de valorizar o fundamental e, portanto, de unificar a Geografia e, ainda, de torná-la aplicável, de modo a projetá-la como uma ciência prática: a escola alemã de Troll (*Landschaft*); a escola soviética, preocupada com uma análise sistemática da paisagem para sua melhor ordenação; a anglo-saxônica, que a estrutura a partir das técnicas quantitativas e a francesa, com Bertrand como impulsionador, que a classifica em função da taxonomia e da dinâmica.

Troll (1982, p. 325) considera a paisagem geográfica como resultante da interação do homem com o meio (natureza), sendo que esta interação provoca mudanças na escala temporal. Para este autor:

[...] los paisajes reflejan también transformaciones temporales y conservan testimonios de tiempos pasados. Pero mientras que los paisajes naturales sólo varían a un ritmo secular o geológico, los paisajes económicos cambian relativamente deprisa de generación en generación, e incluso durante la propia observación del geógrafo.

O pensamento geográfico alemão, e principalmente a escola alemã de Geomorfologia contribuíram para o estudo da evolução da paisagem, considerando a mesma como uma unidade orgânica, que deve ser estudada no seu ritmo temporal e espacial.

Conforme afirma Santos (2002, p. 103): “[...] a paisagem é o conjunto de formas que, num dado momento exprimem as heranças que representam as sucessivas relações localizadas entre homem e natureza”. Este autor considera a diferença entre a paisagem e o espaço geográfico, considerando que: “[...] a paisagem se dá como um conjunto de objetivos reais concretos”, enquanto que o espaço “[...] é um sistema de valores, que se transforma permanentemente”.

Diante dos problemas ambientais, o estudo da paisagem contribui para analisar as situações e fazer propostas, onde o geógrafo pode se apoiar em diferentes métodos e ferramentas de análise das transformações que ocorrem na paisagem. De acordo com Rodríguez (2003), através dos estudos sobre as escalas dos problemas é possível o diagnóstico da paisagem, considerando os impactos sobre a paisagem e a atual situação ambiental.

Neste sentido, as formas presentes na paisagem testemunham os processos, e o geógrafo pode se apoiar na observação das alterações da paisagem para compreender a dinâmica dos processos erosivos, sendo que estes podem ser pesquisados em diferentes escalas de análise.

Diante dos processos geomorfológicos que atuam na dinâmica da perda de solos, e da ação antrópica em escala local, são fundamentais os pressupostos teóricos da Geomorfologia, em destaque para o estudo da fisiologia da paisagem e a vertente como uma das principais unidades de estudo, que serão mencionados no próximo item.

3.2 O estudo da fisiologia da paisagem na Geomorfologia

Considerando o objeto de estudo desta pesquisa o processo erosivo acelerado no tempo presente, optou-se por direcionar a pesquisa no nível da fisiologia da paisagem, através do uso de experimentação em campo para analisar os processos morfodinâmicos atuais.

Ab’Sáber (1969), ao apresentar a proposta metodológica para as pesquisas em Geomorfologia, através dos três níveis de estudo, sendo eles: a compartimentação da topografia regional, a estrutura superficial das paisagens e a fisiologia da paisagem. No terceiro nível, destaca a importância do estudo da fisiologia da paisagem, com base nos processos morfoclimáticos e pedológicos:

[...] a Geomorfologia moderna cuida de entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura compreender globalmente a fisiologia da paisagem, através da dinâmica climática e de observações mais demoradas e sob controle de equipamentos de precisão [...] Na verdade, a intervenção humana nos solos responde por complexas e sutis variações na fisiologia de uma determinada paisagem (p. 02).

De acordo com Caseti (2009):

[...] embora a fisiologia da paisagem centre atenção no momento histórico atual, não deixa de levar em consideração os resultados dos mecanismos associados ao tempo geológico, responsável pela evolução do relevo, expresso na compartimentação topográfica e nos depósitos correlativos à estrutura superficial. Assim, o desenvolvimento do terceiro nível de abordagem do relevo pressupõe conhecimento dos dois níveis antecedentes.

Este mesmo autor diferencia a abordagem morfoclimática e a morfodinâmica no estudo da fisiologia da paisagem, considerando que:

[...] Por processo morfodinâmico entende-se as transformações evidenciadas no relevo, considerando a intensidade e frequência dos mecanismos morfogenéticos no momento atual ou subatual, associadas ou não às derivações antropogênicas. Enquanto a abordagem “morfoclimática” leva à compreensão das relações processuais numa escala de tempo geológico, a “morfodinâmica” reporta às relações processuais numa perspectiva histórica em que o homem se constitui no principal agente das alterações (CASSETI, 2009).

Para se compreender as relações funcionais dos processos morfodinâmicos, são utilizados procedimentos experimentais. A partir da década de 1960 foram desenvolvidos vários estudos experimentais para diagnosticar a intensidade dos processos erosivos nas vertentes, como se refere aos estudos de De Ploey (CASSETI, 2009).

Diversos trabalhos, principalmente na Inglaterra, foram feitos com a apresentação de métodos para a quantificação dos processos erosivos na escala do local. Como exemplo, podemos citar os estudos realizados por De Ploey e Gabriels (1980) e Morgan (1986 apud GUERRA, 1991), que se tornaram referências para Guerra (1991), na tese intitulada: “*Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content*”.

No Brasil, a análise dos processos erosivos acelerados está presente em trabalhos realizados por Caseti (1989), na tese intitulada: “Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais

no planalto de Goiânia: uma análise quantitativa de resultados experimentais”. O autor apresenta os problemas gerados pelo aumento de escoamento das águas, ocasionado pela diminuição da infiltração com a retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo, o que acaba acelerando os processos erosivos.

Outro trabalho importante na Geomorfologia, que menciona a importância da quantificação dos processos erosivos, é a tese apresentada por Baccaro (1990), intitulada: “Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado, Uberlândia, MG”. A autora destaca o aumento das áreas degradadas por voçorocamento na região de Uberlândia (MG).

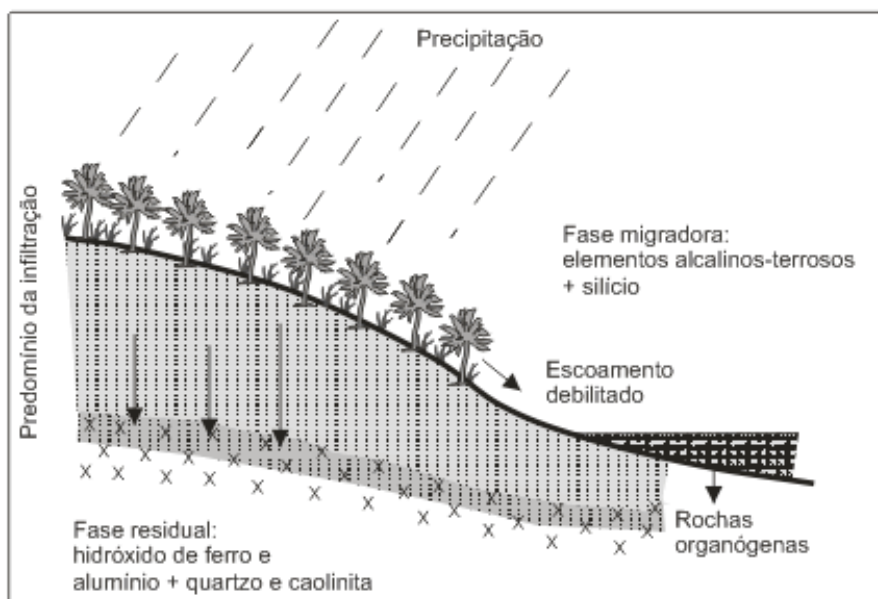
No estudo da fisiologia da paisagem, a vertente é a categoria de análise. Nas vertentes os processos morfodinâmicos são mais relevantes, em decorrência da estreita relação entre o uso do solo e os processos erosivos.

De acordo com Guerra (2003, p. 192): “[...] as encostas são um foco de grande atenção na pesquisa geomorfológica. Seu estudo é fundamental para a compreensão das paisagens naturais, bem como para a sua aplicação ao controle da erosão dos solos nas terras agrícolas e à prevenção contra a ocorrência de movimentos de massa”. Este mesmo autor considera que as encostas (ou vertentes) são palco da ação antropogênica, sendo que, devido à falta de planejamento adequado no uso e na ocupação do solo, pode acarretar sérios danos à estabilidade dos terrenos.

Algumas teorias geomorfológicas contribuíram para o estudo dos processos erosivos nas vertentes, dentre as quais podemos citar as contribuições de Erhart e Tricart.

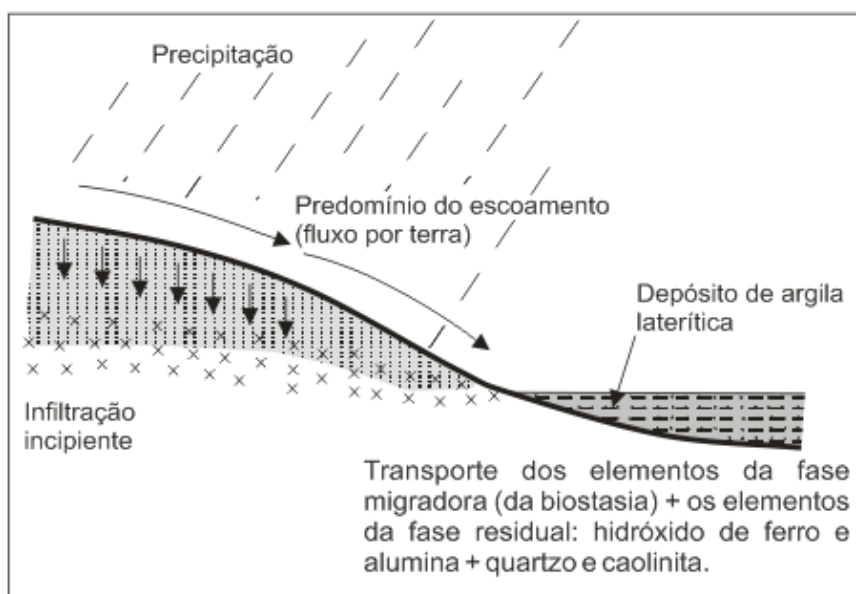
A Teoria da Biorresistência de Erhart contribuiu para a importância da disposição de cobertura vegetal nas vertentes na dinâmica dos processos erosivos. De acordo com o modelo de Erhart, com a existência de cobertura vegetal nas vertentes, a infiltração (componente perpendicular) predomina sobre o escoamento (componente paralelo) formando um sistema em biostasia. Quando, o sistema hidrológico das vertentes é alterado com a retirada da cobertura vegetal, passa a prevalecer o escoamento em relação à infiltração, tendo como resultado a erosão acelerada (CASSETI, 1991). Esta teoria é esquematizada pelas figuras 18 e 19.

Figura 18 - Predomínio do componente perpendicular (fase biostásica).



Fonte: Casseti (2009).

Figura 19 – Predomínio do componente paralelo (fase resistásica).



Fonte: Casseti (2009).

Jean Tricart (1977), na obra *Ecodinâmica*, estabelece a relação entre morfogênese e pedogênese, e classifica os meios como estáveis, em transição e instáveis. De acordo esta proposta, os meios estáveis são caracterizados pelo predomínio da pedogênese sobre a morfogênese devido o estado de clímax, cuja cobertura vegetal é suficiente para evitar os processos mecânicos nas vertentes. Os meios instáveis, onde a morfogênese prevalece sobre a pedogênese, resultam de causas naturais (variações climáticas e efeitos tectônicos) e

principalmente, de causas antrópicas com a retirada da cobertura vegetal e ausência de práticas conservacionistas do solo. Através de suas obras, Tricart destaca o conceito de morfodinâmica, muito utilizado nas análises dos processos erosivos na escala histórica.

Suertegaray e Nunes (2001) relatam que, a forma geomorfológica é o resultado da coexistência dos tempos da morfogênese e da morfodinâmica. Estes autores enfatizam que, o tempo da morfodinâmica, representado pelo conjunto de processos naturais atuantes no presente com estreita ligação com o desenvolvimento técnico, é o tempo marcado pelas irregularidades, pelos eventos catastróficos, quando a dinâmica dos processos naturais, inclusive da erosão, é significativamente alterada.

Diante das intensas alterações provocadas pela forma de uso e ocupação do solo, o Homem (sociedade) torna-se um importante agente geomorfológico, atuando na aceleração dos processos naturais (PEREZ FILHO; QUARESMA, 2008).

Neste cenário do tempo presente, quando a ação antrópica altera os processos e as formas, a Geomorfologia passa a desenvolver novos estudos, a fim de diagnosticar a situação atual de degradação e prever novos impactos, sendo os experimentos em campo fundamentais nestes diagnósticos e prognósticos.

Recentemente, é crescente o número de trabalhos na Geomorfologia que utilizam as técnicas de cadastramento e monitoramento de feições erosivas pelo uso de aerofotointerpretação, de imagens de sistemas sensores orbitais, os receptores GPS (*Global Positioning System*) e os Sistemas de Informação Geográfica, o que auxilia numa melhor precisão temporal e espacial dos dados coletados em campo.

Diante do aumento das áreas degradadas pela perda de solos, na pesquisa geomorfológica é crescente o número de estudos sobre o aperfeiçoamento de técnicas mitigadoras aos danos causados pelas erosões recentes.

No entender de Suertegaray (2005, p. 95): “[...] estes estudos são objetivados, [...] através de diagnósticos, dos monitoramentos e das medidas mitigadoras. Devemos ter presente que monitoramento pressupõe controle e medidas mitigadoras, soluções técnicas de restauração da natureza, portanto, natureza tecnificada”.

No período atual, os estudos em Geomorfologia têm dado maior ênfase na escala do local, com uma tendência da aplicação de metodologias e propostas de planejamento no sentido de compreender a magnitude dos impactos causados pela ação humana no relevo e nos solos.

3.3 A erosão de solos: considerações teórico-conceituais

Visto que a erosão é um processo natural e atuante na dinâmica de formação do relevo, que pode ser acelerada pelas formas de uso e ocupação do solo, é de suma importância o recorte espacial e temporal na análise dos processos erosivos.

Guerra e Guerra (2001, p. 229), afirmam que a erosão é a: “[...] destruição das saliências ou reentrâncias do relevo, tendendo a um nivelamento ou colmatagem, no caso de litorais, enseadas, baías e depressões”.

Sobre a erosão geológica, Guerra (1978, p. 156) afirma que esta: “[...] é realizada normalmente pelos diversos agentes erosivos sem que haja a intervenção humana acelerando o trabalho de destruição e construção feitos por estes agentes”.

Na escala do tempo histórico, o Homem como agente transformador de ambientes, atua na aceleração dos processos erosivos e no ritmo de transformação das paisagens. Cassetti (1991, p. 49) destaca que:

[...] em síntese, o homem ao apropriar-se da natureza e transformá-la pode processar alterações significativas na exploração biológica, gerando gradativamente modificações no potencial ecológico [...] A partir de então, altera-se o sistema hidrológico das vertentes, ou seja, o antigo domínio do componente perpendicular (infiltração) é substituído pelo paralelo (escoamento), evidenciando-se a implantação da erosão acelerada, o que pode gerar conseqüências irremediáveis se for ultrapassando o limiar de recuperação.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990, p. 09): “[...] a erosão é o processo de desprendimento, arraste e deposição de partículas do solo causado pela água e pelo vento”. A desagregação das partículas do solo é ocasionada tanto pelo impacto direto das gotas de chuva no solo (efeito de *splash*), como pelas águas de escoamento. As partículas desagregadas são transportadas de forma seletiva pelas águas de escoamento e se depositam em fundos de vale.

Sobre a dinâmica de escoamento das águas pluviais, o escoamento superficial “[...] ocorre nas encostas durante um evento chuvoso, quando a capacidade de armazenamento da água no solo é saturada” (ROSSATO et al., 2003, p. 70). Este escoamento pode ser classificado em: difuso, laminar ou linear. No escoamento difuso, as águas pluviais escoam através de filetes anastomosados no terreno com cobertura vegetal. O escoamento laminar ou em lençol ocorre quando não há concentração de águas em canais, cujo escoamento forma

uma lâmina sobre uma superfície desprovida de cobertura vegetal. Já o escoamento concentrado ou linear é gerado quando as águas pluviais se concentram em canais (ROSSATO et al., 2003).

O escoamento subsuperficial é o fluxo de água que permeia nos horizontes do solo ou entre estratos rochosos. Para Rossato et al. (2003, p. 69): “[...] estes podem ser concentrados em túneis ou dutos, e assim promover efeitos erosivos significativos, como o colapso da superfície situada acima, resultando na formação de voçorocas”.

Lepsch (2002) destaca que a erosividade das chuvas, a erodibilidade do solo, a declividade do terreno, o manejo e as práticas conservacionistas do solo são fatores que influenciam nas taxas de perda de solo.

A respeito do fator erosividade, é considerada a intensidade e a quantidade de chuvas em determinados períodos, sendo este fator calculado de acordo com o índice de chuva considerando-se a energia cinética de impacto das gotas e a do escoamento superficial.

Para Freire et al. (1992, p. 77): “ a erodibilidade é a propriedade do solo que reflete a sua maior ou menor suscetibilidade à erosão, podendo-se defini-la como a quantidade de material que é removido por unidade de área, quando os demais fatores determinantes da erosão são mantidos sob condições-padrão”.

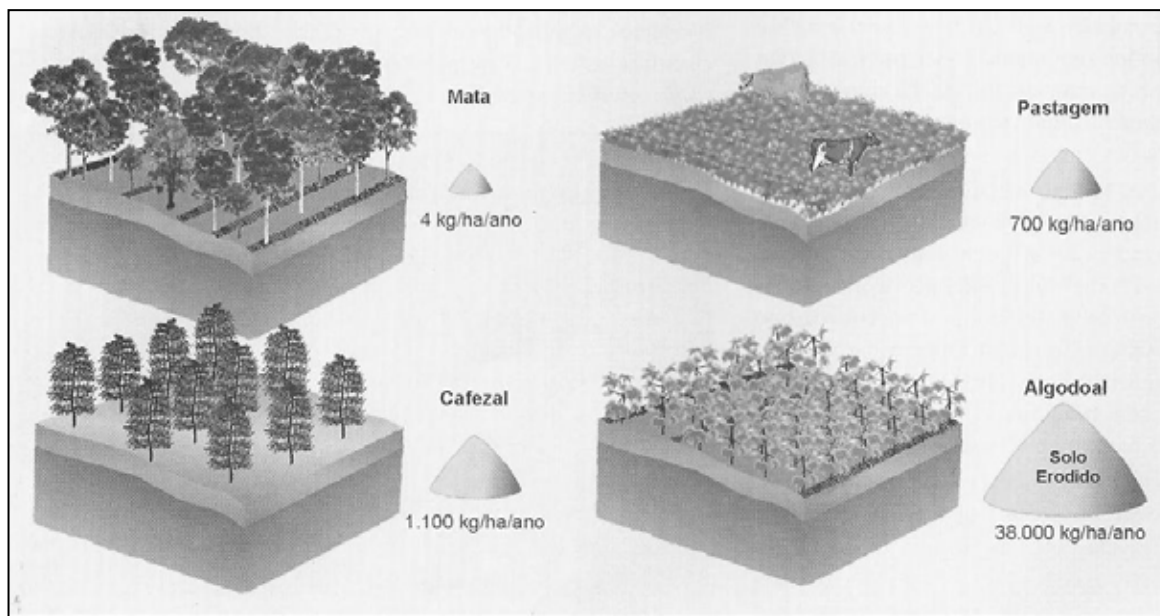
Lepsch (2002) afirma que os solos com predominância de areia em sua composição textural são mais facilmente erodidos. A respeito da permeabilidade, o autor destaca que os Argissolos são mais suscetíveis de ser erodidos do que os Latossolos em decorrência da presença de horizonte Bt com acumulação de argila, o que favorece sua compactação, caso ocorra a perda do horizonte A devido ao uso agrícola e degradação. Sobre a profundidade, o autor explica que os solos rasos são mais suscetíveis à erosão, pois a água de percolação acumula-se mais rapidamente acima da rocha matriz, o que facilita o escoamento superficial.

Outro fator condicionante na erosão hídrica é o topográfico, devido ao grau de inclinação do terreno e pelo comprimento de rampa, sendo de suma importância na concentração, dispersão e velocidade de escoamento superficial (LEPSCH, 2002).

Dos fatores mencionados, o manejo do solo e as práticas conservacionistas são os que mais sofrem interferência das atividades antrópicas. O manejo do solo é mensurado através da cobertura de vegetação e do uso da terra sobre o solo. De acordo com Mafra (1999, p. 308): “[...] as perdas por erosão variam em intensidade de acordo com o uso da terra”.

A Figura 20 mostra um esquema ilustrativo sobre as perdas de solo sob diferentes formas de uso da terra.

Figura 20 – Comparação entre as perdas por erosão em relação ao uso da terra.



Fonte: Lepsch (2002, p. 159).

A partir de observações de campo, as pesquisas têm gerado teorias e modelos empíricos para quantificar a perda de solo. Wischmeier e Smith (1962) apresentam a Equação Universal de Perdas de Solo, um modelo empírico que permite estimar as perdas por erosão do tipo laminar. Esta, representada na Equação 02, reúne os principais fatores envolvidos no processo erosivo, representada da seguinte forma:

$$A = R \times K \times SL \times C \times P$$

Equação 02

Onde:

A é a perda de solo, em t/ha/ano;

R é a erosividade da chuva, em MJ/mm/ha/ano;

K é a erodibilidade do solo, em t/ha/ano;

SL é o fator topográfico, que combina o efeito do grau e o comprimento de declive;

C é o fator de cobertura vegetal do solo; e

P é o fator práticas conservacionistas.

Fonte: Wischmeier e Smith (1962).

Entretanto, a maior parte destes modelos merece sofrer adaptações, visto que os processos naturais sofrem variações dependendo da região estudada. Baccaro (1999, p. 210) afirma que:

[...] esses modelos precisam ser testados e quase sempre sofrer adaptações para serem aplicados no meio tropical. O ideal, em se tratando de metodologia, é testar os modelos teóricos e ao mesmo tempo promover os estudos experimentais, a fim de se ter a veracidade dos resultados.

Dentre as formas de erosão hídrica, pode-se diferenciá-las em laminar e linear. A erosão laminar é causada pelo escoamento em lençol das águas pluviais, resultando na remoção progressiva dos horizontes dos solos e na perda de nutrientes. Já a erosão linear ou em sulcos é provocada pela concentração das linhas de fluxo das águas de escoamento superficial, resultando em incisões na superfície do terreno que podem evoluir para a formação de ravinas e voçorocas (SALOMÃO, 1999).

Em decorrência das alterações na dinâmica hidrológica, a erosão linear pode gerar o processo de erosão remontante, quando o trabalho de incisão se direciona de jusante à montante (ROSSATO *et al.*, 2003, p. 77).

Ao considerar que é causada pelo escoamento concentrado das linhas de fluxo de águas pluviais, a erosão linear está relacionada ao processo de transformação da paisagem. O desmatamento, a ausência de terraços em nível em áreas de vertentes e a compactação do solo pelo pisoteio do gado, com a formação de trilhas, são fatores que contribuem para o escoamento superficial concentrado.

Com o aprofundamento dos sulcos erosivos, surgem incisões lineares denominadas de ravinas. Segundo Salomão (1999), com o aprofundamento das ravinas, interceptando o freático, pode se observar um somatório de processos erosivos pela ação concomitante das águas superficiais e subsuperficiais, cujas ravinas atingem grandes dimensões e se instale um processo de voçorocamento. O mesmo autor ressalva que a voçoroca se caracteriza pelo seu poder destrutivo, sendo palco de diversos fenômenos como: erosão superficial, erosão interna, solapamentos, desabamentos e escorregamentos.

Logo, as voçorocas, principalmente as situadas nas periferias das cidades, apresentam ameaças a estabilidade dos solos e riscos às populações, em decorrências de sua dinâmica catastrófica e muitas vezes imprevisível. Conforme estas considerações, o estudo da dinâmica do processo erosivo, principalmente a do tipo voçorocamento, não pode se restringir às análises da paisagem superficial.

A compreensão da dinâmica espacial e temporal do processo erosivo ocorre na busca do resgate do histórico de transformação da paisagem, cujas alterações no meio físico provocadas pela ocupação do Oeste do Estado de São Paulo implicaram na mudança do ritmo dos processos naturais.

De acordo com Oliveira (1994), o processo histórico do uso do solo e as alterações decorrentes dos processos erosivos acelerados, contribuíram para a produção de sedimentos que se depositaram nos fundos de vale, ao longo das últimas décadas.

Estes depósitos recentes, denominados de tecnogênicos (CHEMEKOV, 1982 apud OLIVEIRA, 1994), são resultantes da atividade humana. Para Oliveira (1994, p. 04-05):

[...] o conceito abrange tanto os depósitos construídos, como os aterros de diversas espécies, quanto os depósitos induzidos, como os corpos aluvionares resultantes dos processos erosivos, desencadeados pelo uso do solo [...] a forma de ocorrência dos depósitos tecnogênicos também responde a um conjunto de técnicas de uso do solo, específico do estágio de evolução do homem, segundo as circunstâncias históricas da região considerada.

Conforme trabalho realizado na microbacia do Ribeirão Rancharia, Oliveira (1994) afirma que, as voçorocas são áreas-fonte de sedimentos para a formação dos depósitos tecnogênicos. Para o autor, o depósito tecnogênico também representa uma área-fonte na produção de sedimentos, devida a capacidade de transporte das águas do canal, que retrabalham seus sedimentos.

Logo, os depósitos tecnogênicos “[...] contribuem para o conhecimento dos processos erosivos acelerados, através da reconstituição do passado do uso do solo” (OLIVEIRA, 1994, p. 208).

Este autor ainda ressalta: “[...] no quadro de evolução da erosão acelerada do Planalto Ocidental Paulista, controlar os processos erosivos lineares constitui-se numa contribuição eficaz à tendência histórica de atenuação da erosão acelerada, introduzida pelo desmatamento, há quase cem anos atrás” (OLIVEIRA, 1994, p. 208).

Neste trabalho, o enfoque principal se dá a respeito do processo erosivo linear do tipo voçorocamento, cujo próximo item apresenta as considerações sobre a dinâmica do voçorocamento.

3.4 A erosão linear do tipo voçorocamento

Ao retratar sobre os processos erosivos lineares, é fundamental destacar as principais diferenças entre as ravinas e as voçorocas.

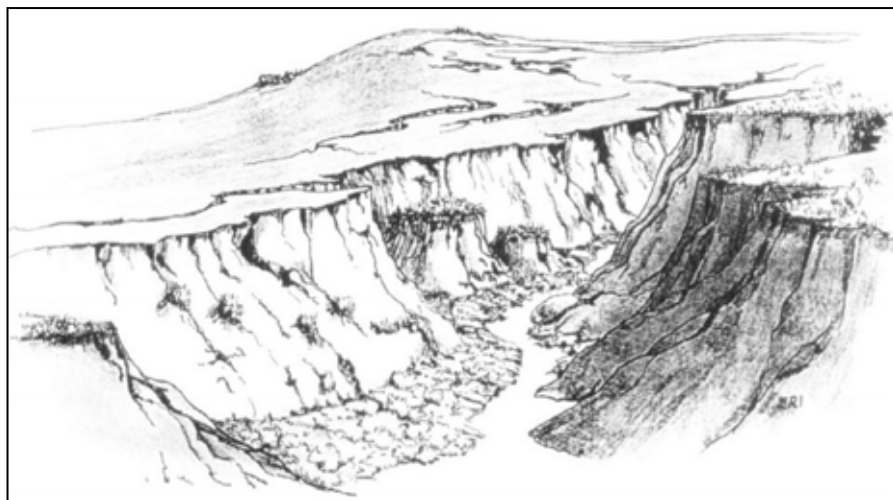
Segundo Rossato et al. (2003, p. 244): “as ravinas constituem em tipo de feição de escoamento superficial concentrado”. Quando a incisão do canal de uma ravina alcança o freático e evolui de uma seção em forma de “V” a uma seção em forma de “U”, temos o início de um processo de voçorocamento (PRANDINI, 1975).

Rossato et al. (2003, p. 245) afirmam que:

[...] as voçorocas podem ser originadas pelo aprofundamento e alargamento de ravinas, ou erosão causada por escoamento subsuperficial, o qual dá origem a dutos (pipes). São relativamente permanentes nas encostas. Têm paredes laterais íngremes, em geral fundos chatos, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os períodos chuvosos. Ao aprofundarem seus canais, as voçorocas atingem o lençol freático. Constituem um processo de erosão acelerada e de instabilidade nas paisagens.

A Figura 21 ilustra a feição erosiva linear do tipo voçoroca.

Figura 21 – Representação ilustrativa de uma voçoroca.



Fonte: Rossato et al. (2003, p. 245).

Guerra (2003, p. 200) afirma que, no processo de voçorocamento, “[...] uma ravina principal pode aprofundar e alargar o seu canal, ou seja, evoluir para uma voçoroca, definida como uma expansão de um canal de drenagem, o qual transporta um fluxo efêmero de água, possuindo paredes laterais íngremes”.

Ao considerar que, as voçorocas se agravam com o alargamento das ravinas, uma medida efetiva em seu controle está na diminuição da intensidade do escoamento superficial em suas ravinas laterais (CARVALHO et al., 2009).

O fenômeno de erosão interna provocado pela existência de dutos de escoamento subsuperficial pode agravar o processo de voçorocamento. Salomão (1999, p. 230) afirma que: “o fenômeno de piping provoca a remoção de partículas do interior do solo formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo de água, podendo dar origem a colapsos do terreno, com desabamentos que alargam a boçoroca ou criam novos ramos”.

A erosão por dutos (*piping*) pode estar relacionada ao comportamento sazonal do freático, a existência de raízes decompostas e túneis biogênicos gerados por insetos e roedores, ou ocorrência de horizontes pedológicos pouco permeáveis (AUGUSTIN; ARANHA, 2006).

Ab’Saber (1968, p.06) chama atenção para os efeitos do escoamento subsuperficial, cuja dinâmica de erosão subterrânea não pode ser mensurada pela observação da paisagem superficial, assim o autor ressalva:

[...] antes mesmo que as lesões apareçam, por grandes faixas na paisagem superficial já, em subsuperfície, os processos estão sendo preparados pela percolação linear e concentrada dos lençóis d’água subsuperficiais. E, quando as ravinas se expandem e se definem na paisagem das vertentes, o processo já caminhou muito além do que se possa deduzir pela simples observação estática da morfologia dos buracões [...] Neste sentido, toda boçoroca é uma lesão aberta e um processo em plena atividade.

Um aspecto fundamental na compreensão da dinâmica do processo de voçorocamento é o histórico de transformação da paisagem.

Oliveira (1999, p. 58) considera que: “[...] ravinas e voçorocas podem ser vistas como canais incisivos naturais que resultam de desequilíbrios naturais ou induzidos pelo homem”. Apesar da maioria das voçorocas serem induzidas pelas formas de uso e ocupação do solo, algumas áreas são naturalmente suscetíveis ao desenvolvimento destas grandes feições erosivas.

Bacellar (2000) retrata sobre a existência de voçorocas de idade quaternária, localizadas em regiões com suscetibilidade natural ao processo erosivo do tipo linear, conforme estudo realizado na região de Ouro Preto (MG). Para o autor, as antigas voçorocas estão localizadas em áreas de cabeceiras de drenagem com formato de anfiteatros, que foram preenchidas por depósitos sedimentares. O processo de uso do solo, com a implantação das

valas de divisa de propriedades rurais desde o século XVII, na região de Ouro Preto (MG), contribuiu na retomada erosiva nestas áreas. O histórico de ocupação, em uma área naturalmente suscetível à erosão linear, ocasionou a formação de voçorocas com dezenas de metros de profundidade e a desvalorização fundiária de inúmeros hectares.

No oeste do Estado de São Paulo, a ocupação do território com a implantação de culturas agrícolas, como o algodão, após a década de 1920, e a ausência de técnicas conservacionistas e o manejo do solo com métodos inadequados favoreceram o desenvolvimento de ravinas e voçorocas. Para Iwasa e Pradini (1980 apud OLIVEIRA et al., 2005, p. 373): “[...] a idade da maior parte das boçorocas de São Paulo e Noroeste do Paraná pode ser estimada em torno de 40 anos, coincidindo com o ápice da fase de colonização da área”.

Outro fator neste contexto é o aumento das áreas urbanas, principalmente em áreas de cabeceiras de drenagem e fundos de vale com ausência de planejamento e legislação adequados, cujo processo acarretou em sérios problemas de drenagem urbana.

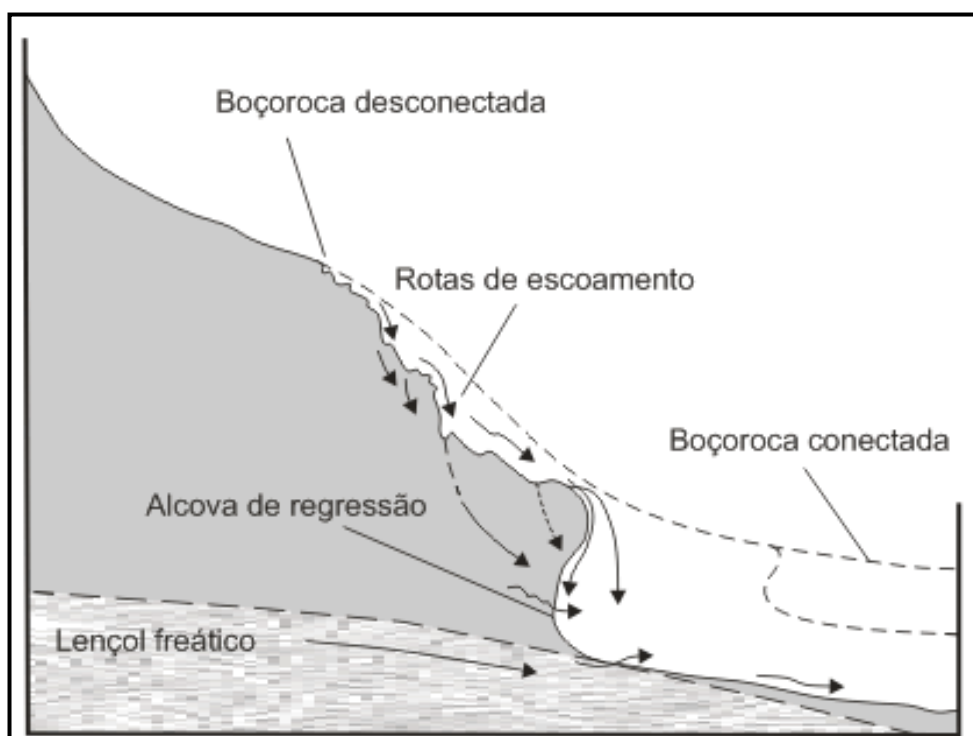
Sobre a morfologia das voçorocas, Furlani (1969) as classifica em circulares e lineares. Para este autor, as voçorocas circulares são profundas e alongadas, dilatadas a montante e afuniladas a jusante. Em contrapartida, as lineares se caracterizam por incisões estreitas. O primeiro tipo pode ser observado nas regiões com regolito muito espesso e áreas com erosão por dutos (*piping*), situação comum nas regiões de Ouro Preto e Uberlândia (BACCARO, 1999). Em relação às voçorocas lineares, são geradas pelo aprofundamento e alargamento de ravinas, sendo pouco profundas, estreitas e de grande comprimento, são comuns no oeste do Estado de São Paulo, como podemos citar a voçoroca estudada neste trabalho.

Além da morfologia, alguns autores classificam as voçorocas em rurais e urbanas. Segundo o trabalho realizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 1990, p. 52): “[...] as boçorocas urbanas são causadas pelo lançamento concentrado de águas pluviais e servidas em drenagens próximas às cidades”, enquanto que “[...] as boçorocas rurais são induzidas pela drenagem de estradas, ferrovias, cercas, trilhas de gado, bem como manejo agrícola inadequado, e outros fatores”.

Nas voçorocas podem ocorrer processos de menor escala que intensificam os danos causados pelo voçorocamento, como as alcovas de regressão, as caneluras, as quedas de torrões, dentre outros.

Oliveira (1999) afirma que, as alcovas de regressão são feições erosivas que podem ser esculpidas tanto pelo escoamento superficial na forma de filetes subverticais, quanto pelo afloramento do freático, ou ainda pela combinação desses dois mecanismos. A Figura 22 sintetiza este tipo de feição erosiva.

Figura 22 - Alcova de regressão em área de voçorocamento.



Fonte: Oliveira (1999, p. 84).

As caneluras e os dutos de convergência se desenvolvem devido a convergência de fluxo superficial de águas pluviais que se concentram em trilhas de gado ou macroporos biogênicos. Os movimentos de massa podem ser identificados nas bordas das voçorocas, como a queda de torrões, que se caracterizam pelo solapamento da base de taludes com o desprendimento de partículas do solo pela força gravitacional (OLIVEIRA, 1999).

Estes processos de pequenas dimensões contribuem significativamente na dinâmica do voçorocamento, tornando este processo erosivo ainda mais complexo em sua evolução. No próximo item será discutido sobre as recentes transformações provocadas na dinâmica da natureza, com enfoque nos processos erosivos, pela ação da sociedade, e as técnicas reparadoras para mudar o atual quadro de degradação ambiental.

3.5 O histórico de uso do solo, os novos ritmos dos processos erosivos e as técnicas no controle da erosão

Os processos erosivos acelerados na região de Rancharia, resultantes do histórico de uso do solo, que desde o início da ocupação, com o desmatamento e a introdução da monocultura, principalmente do algodão, geraram o atual quadro de perda da fertilidade e alteração das características físicas e químicas dos solos e a degradação dos recursos hídricos.

O incentivo ao desbravamento, para a ocupação do território e a geração de progresso econômico a curto prazo desconsideravam a capacidade de uso dos solos.

Oliveira (1994) afirma, conforme depoimentos de ex-agricultores que, era padrão o processo de desmatamento, plantio do algodão com uso de arado e enxada, sendo notável a rápida perda da fertilidade do solo e queda na produção, com a necessidade de desmatamento de outras áreas para garantir a viabilidade econômica da cultura. Além disso, em análise de fotos aéreas do município de Rancharia, constatou que apenas a partir da década de 1970 foram introduzidas, em áreas restritas, técnicas como o terraceamento.

Neste histórico de degradação, o uso inadequado de técnicas induziu a aceleração dos processos erosivos, em contraposição ao processo de pedogênese. O ritmo do tempo dos processos naturais de formação do solo foi alterado pelas atividades socioeconômicas. A perda de solo torna-se superior à capacidade de sua formação.

Suertegaray (2005) considera que no tempo atual, a natureza subordinada pelo desenvolvimento técnico-científico resultou não só em novas formas, mas também, e principalmente, em novos processos.

Na Geomorfologia, o atual momento histórico de impactos e irregularidades “[...] tem levado os geógrafos a darem mais importância à análise dos processos morfodinâmicos (curto tempo) em detrimento dos processos morfogenéticos (longo tempo)” (SUERTEGARAY; NUNES, 2001, p. 17). Estes autores consideram também que, o tempo que promove as mudanças espaciais a partir de escalas temporais de reduzida dimensão exige técnicas reparadoras, em contraposição ao modelo de desenvolvimento tecnológico de dominação e apropriação da natureza pela sociedade.

O modelo insustentável de uso das técnicas pela sociedade para a dominação dos processos naturais gerou ambientes degradados e novos ritmos aos processos naturais. Em decorrência destes problemas ambientais, cria-se a necessidade de introdução de novas técnicas de uso do solo e planejamento na ocupação do território.

Com base na perspectiva geográfica, a Figura 23 apresenta um organograma que explica as ideias descritas acima, considerando a necessidade de novos métodos de mensuração a serem desenvolvidos para diagnosticar a dinâmica do processo erosivo e auxiliar as políticas no planejamento para recuperar as áreas degradadas, e evitar que outras áreas sofram com o desenvolvimento dos processos erosivos.

Figura 23 – Organograma da tendência da questão do uso do solo e dos processos erosivos.



Francisco (2011).

Para evitar que áreas sejam degradadas pela ampliação de processos erosivos, é fundamental o uso de práticas conservacionistas no uso e manejo dos solos.

Segundo Lepsch (2002, p. 160): “[...] as práticas conservacionistas evitam, entre outras vantagens, o impacto da água da chuva e/ou o escoamento das enxurradas”. Este autor considera que estas práticas podem ser edáficas, quando se evita queimadas, aplica-se adubações, ou se implanta o sistema de rotação de pastagens e culturas. Já as práticas mecânicas introduzem mudanças no relevo com o uso de máquinas, “[...] procurando corrigir

os declives muito acentuados pela construção de canais em linhas de nível que interceptam as águas das enxurradas, forçando-as se infiltrar ao invés de escorrer” (LEPSCH, 2002, p. 162).

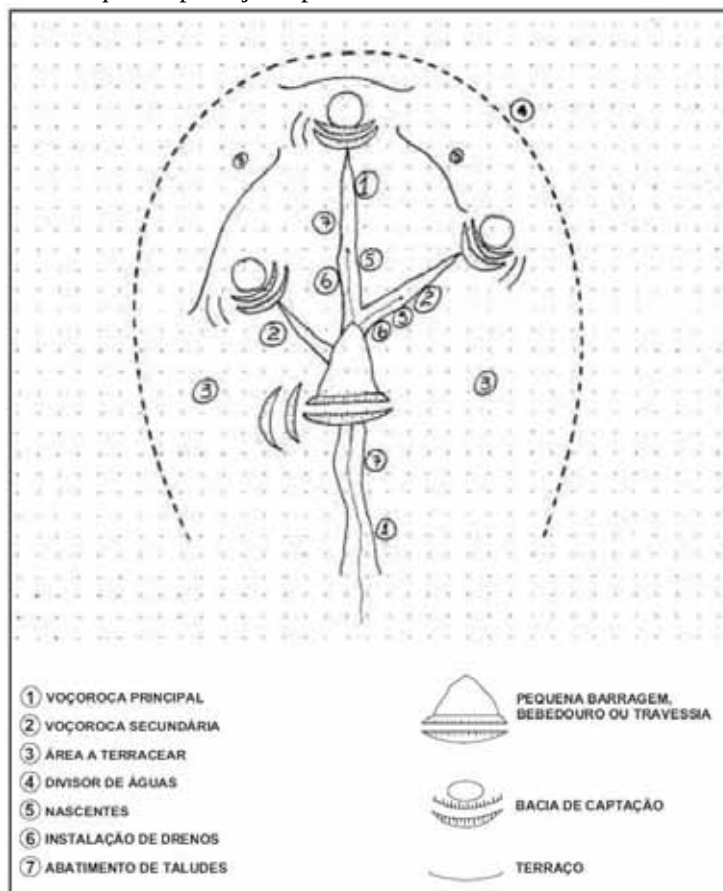
O terraceamento é uma prática que muito contribui no controle da erosão, isso se bem planejado e receber a adequada manutenção. Um sistema de terraços mal planejado pode favorecer a concentração das águas pluviais e intensificar ainda mais os processos erosivos.

De acordo com Lepsch (2002), o termo terraço é utilizado para designar o conjunto formado pelo canal e camalhão (dique de terra), sendo construído no sentido transversal à inclinação do terreno em intervalos regulares.

Associadas aos sistemas de terraços podem ser implantadas as bacias de captação. Este método é principalmente empregado no controle de voçorocas.

Conforme apresenta a Figura 24, as bacias de captação são implantadas à montante dos canais de escoamento da voçoroca, sendo fundamental considerar a área da bacia de contribuição da voçoroca.

Figura 24 – Esquema planejado para o controle de erosão em uma voçoroca.



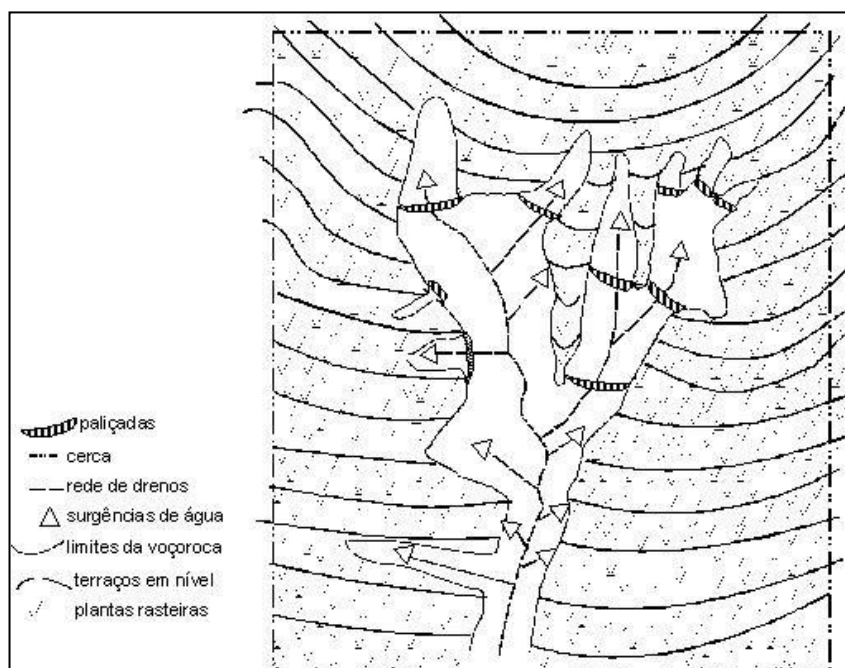
Fonte: ZOCCAL (2007, p. 38).

Fendrich (1997) destaca a existência de práticas não-estruturais como as técnicas de barramento de canais superficiais, cuja implantação é recomendada apenas nos estágios

iniciais de erosão linear. Entretanto, estas medidas contribuem com a estabilização de ravinas, situação que representa uma etapa fundamental no controle do voçorocamento. Dentre estas práticas estão os diques ou paliçadas (barramentos) que podem ser feitos com vários materiais: hastes de madeira ou bambu, ramos vegetais, grades metálicas, rochas, pneus, entre outros. Estes barramentos são instalados no interior dos canais de escoamento da voçoroca, com o intuito de favorecer a infiltração das águas pluviais.

Para a Embrapa (2009), na parte externa da voçoroca deve ser implantado o sistema de terraceamento, para impedir que os escoamentos ganhem força e danifiquem os barramentos, como mostra a Figura 25.

Figura 25 – Localização de paliçadas no controle de voçoroca.



Fonte: EMBRAPA (2009).

Diante da natureza transformada após anos de uso e degradação dos recursos naturais, dentre estes o solo, as técnicas de controle de erosão, se bem planejadas e aplicadas, podem alterar as dinâmicas em prol da recuperação dos processos naturais e recomposição dos recursos que foram degradados.

A concretização de projetos com a aquisição de recursos para implantação das técnicas depende de políticas públicas que podem atuar também na prevenção de futuros danos e gastos com a recuperação de áreas degradadas. Logo, o próximo item visa apresentar as políticas de controle e prevenção da erosão urbana no estado de São Paulo.

3.6 As políticas de controle da erosão urbana no Estado de São Paulo

Em decorrência do aumento das áreas urbanizadas e da falta de planejamento urbano adequado às condições do relevo, surgiram inúmeros problemas ambientais, como as voçorocas nas áreas de expansão urbana de inúmeras cidades paulistas.

Diante do aumento do número de voçorocas, os órgãos estaduais, como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e a Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, através do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), realizaram projetos de levantamento das feições erosivas para orientar as políticas de “combate” às erosões de grande porte. Dentre estes levantamentos pode ser destacado o relatório intitulado: “Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo”, publicado em 1986 pelo IPT e DAEE. Este mesmo levantamento foi atualizado em novo relatório apresentado em 1997.

O Governo do Estado de São Paulo, ao incentivar a aplicação de práticas conservacionistas do solo, criou a Lei Estadual nº 6171/98, que estabelece aos responsáveis pelo uso a obrigatoriedade de conservar e preservar o solo agrícola e coibir todas as causas da degradação do solo e de perda da sua capacidade produtiva (ZOCCAL, 2007).

Outro trabalho importante, para orientar as políticas de controle de erosão urbana, foi realizado pelo DAEE em convênio com o IPT (1989), que possui como título: “Controle de Erosão”. Este trabalho apresenta conceitos e técnicas para o controle da erosão urbana, e diretrizes para o planejamento e orientações no controle de boçorocas urbanas.

A respeito dos programas no controle de erosões, Prandi et al. (2009) explicam que estes programas têm sido desenvolvidos em convênios entre municípios e órgãos estaduais, principalmente o DAEE, cujo órgão tem realizado estudos e projetos para obras de controle de erosão urbana.

Além do apoio técnico do IPT e DAEE, os municípios recebem recursos financeiros dos Comitês de Bacias Hidrográficas, através do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO).

Os projetos apresentados aos Comitês de Bacias Hidrográficas são direcionados aos Programas de Duração Continuada. De acordo com Leal et al. (2009), 63% dos projetos apresentados no Comitê de Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (UGRHI 17), no período entre 1995 e 2008, estão inseridos no programa “Prevenção e Defesa Contra a Erosão

do Solo e o Assoreamento dos Corpos d'água". Estes projetos são, principalmente, executados pelas prefeituras municipais, na implantação de galerias de águas pluviais.

Entretanto, para a maioria dos projetos apresentados pelas prefeituras aos órgãos estaduais, o controle das voçorocas urbanas ocorre com a implantação de dissipadores de energia em galerias, retificação do canal de escoamento e suavização das paredes laterais das voçorocas. A maioria desses projetos não considera as especificidades locais, no que diz respeito aos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidroclimáticos.

Para o relatório apresentado pelo IPT (1997, p. 21), "[...] a correção das erosões urbanas se consiste na execução de um conjunto de obras que evitem ou diminuam a energia do escoamento das águas pluviais sobre terrenos expostos".

Este princípio norteia a maioria dos projetos de controle de erosão urbana no estado de São Paulo, como pode ser citado o parecer técnico, apresentado pelo IPT à Prefeitura do Município de Rancharia, e intitulado: "Diagnóstico e proposição de medidas emergenciais e corretivas para 03 erosões de grande porte, localizadas no perímetro urbano do município de Rancharia (SP)".

Este parecer técnico aponta as seguintes medidas para o controle do voçorocamento: disciplinamento das águas superficiais, por meio de galerias de esgoto pluvial, e estrutura de dissipação de energia destas galerias, disciplinamento das águas subterrâneas através de trincheiras drenantes e estabilização dos taludes, através de serviços de terraplanagem.

Prandi et al. (2009) afirmam que os programas de capacitação técnica dos profissionais diretamente envolvidos com a gestão e o planejamento, os projetos de educação ambiental e a participação popular são fundamentais na prevenção de riscos com as erosões. Uma medida fundamental para a prevenção do processo de voçorocamento nas áreas de expansão urbana é a criação de legislação municipal objetiva e criteriosa, e formas de fiscalização.

Para disciplinar o uso do solo urbano e a elaboração de projetos de modo que evitem o surgimento de processos erosivos lineares existem instrumentos jurídicos municipais como: os Planos Diretores e os Planos de Drenagem Urbana. Os Planos Diretores através de itens específicos sobre o uso, a ocupação e o parcelamento do solo urbano, e os Planos de Drenagem Urbana, podem orientar a expansão das áreas urbanizadas, o adequado dimensionamento dos sistemas de drenagem urbana e o direcionamento dos recursos para o controle dos processos erosivos.

CAPÍTULO II

4. O PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA PAISAGEM E O VOÇOROCAMENTO NO PERÍMETRO URBANO DE RANCHARIA-SP

4.1 Caracterização geológica e os depósitos tecnogênicos

O município de Rancharia encontra-se localizado na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná. Conforme apresenta o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981), as formações geológicas que afloram no município de Rancharia são a Formação Adamantina pertencente ao Grupo Bauru e, na porção sul do município, aflora-se a Formação Serra Geral pertencente ao Grupo São Bento.

A Formação Adamantina, predominante em toda porção central e norte do município de Rancharia, é de acordo com o IPT (1981, p. 48), constituída por: “[...] arenitos finos a muito finos, podendo apresentar cimentação e nódulos carbonáticos com lentes de siltitos arenosos e argilitos ocorrendo em bancos maciços, estratificação plano-paralela e cruzada de pequeno a médio porte”.

A foto da Figura 26 mostra um afloramento do arenito da Formação Adamantina no interior da Voçoroca do Córrego do Grito.

Figura 26 – Foto de afloramento do arenito da Formação Adamantina.



Fonte: Francisco (set. 2009).

De acordo com Oliveira (1994), na microbacia do Ribeirão Rancharia, onde os arenitos da Formação Adamantina são mais resistentes por cimentação carbonática,

formaram-se cornijas, sendo alinhadas por volta de 440 metros de altitude, porém de forma descontínua. Esta forma descontínua de distribuição das camadas mais resistentes (cornijas) influencia na morfologia dos topos das colinas.

Além de afloramentos de arenitos da Formação Adamantina são encontrados depósitos quaternários e induzidos pela ação humana no processo de transformação da paisagem.

Na região de Rancharia são encontrados depósitos sedimentares de idade quaternária, conforme trabalho apresentado por Suarez (1991). Dentre estes depósitos correlativos estão os colúvios, que de acordo com Suarez (1991 *apud* Nunes, 2002, p.111): “[...] são de cor avermelhada, arenosos e areno-argilosos, sendo relativamente friáveis. Situam-se nas médias e baixas vertentes”.

Além dos depósitos de colúvios situados nas médias e baixas vertentes, nos fundos de vale é notável a presença dos depósitos tecnogênicos. De acordo com Oliveira (1994), os depósitos tecnogênicos são resultantes da ação humana, podendo ser construídos, como os aterros ou induzidos, como os corpos aluvionares resultantes de processos erosivos. Este autor considera que: “[...] a forma mais comum de ocorrência de um depósito, quando se encontra exposto pelo entalhamento de um canal fluvial” (OLIVEIRA, 1994, p.47), e sua evidência é constatada pelo contraste com os solos hidromórficos da antiga várzea colmatada.

A diferenciação entre os depósitos tecnogênicos e os solos hidromórficos é notada pelas colorações. De acordo com Oliveira (1994, p.47): “[...] os depósitos possuem cores claras, vermelhas a amarelas, enquanto que os solos hidromórficos têm cor cinza, mais ou menos escuro, dependendo, provavelmente, do teor de matéria orgânica presente”.

A respeito da estratigrafia, os depósitos tecnogênicos:

[...] são predominantemente arenosos e com estratificação plano-paralela, conferida pela intercalação de camadas arenosas de 10 a 100 cm de espessura e camadas argilosas de 1 a 10 cm [...] As camadas arenosas apresentam, freqüentemente, estratificação cruzada, e é nelas que podem ser encontrados restos de artefatos (pedaços centimétricos de tijolos, de telhas, de vidros, plásticos, etc.), especialmente quando se trata de depósitos associados à ocupação urbana. Na base dos depósitos podem ser encontrados pedaços de carvão e restos de madeira, parcial ou totalmente carbonizada, como testemunhos das primeiras queimadas (OLIVEIRA, 1994, p. 47-48).

Neste sentido podemos considerar que, os depósitos tecnogênicos testemunham o processo histórico de uso e ocupação do solo. O estudo da produção dos sedimentos que

geraram os depósitos tecnogênicos é fundamental para compreender a dinâmica dos processos erosivos.

4.2 O relevo, os tipos de solos e a suscetibilidade à erosão linear

Geomorfologicamente, o município de Rancharia encontra-se na Bacia Sedimentar do Paraná (morfoestrutura) e no Planalto Ocidental Paulista (morfoescultura), mais precisamente no Planalto Centro Ocidental, conforme apresenta o Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS; MOROZ, 1996).

A respeito do compartimento dos topos, estes estão localizados em áreas onde os arenitos da Formação Adamantina possuem maior resistência por cimentação carbonática. De acordo com Nunes (2002, p.98-99): “[...] de modo geral, os chapadões ou espigões suavemente ondulados, cujos topos em boa parte são formas residuais, são sustentados por camadas areníticas ainda mais coerentes”.

Sudo (1980) denominou estes espigões suavemente ondulados de Superfície de Cimeira Regional, tendo altitude superior aos 500 metros. Para este autor:

[...] a partir do espigão de Martinópolis, esta cimeira dirige-se para sudeste em direção ao platô de Echaporã. [...] A partir deste colo, a cimeira assume uma topografia definida por uma sucessão de amplas colinas niveladas acima de 500 m. [...] A partir destas colinas, ou mais precisamente, a partir da cabeceira do ribeirão Laranja Doce, a cimeira comporta-se como uma vasta plataforma interfluvial, alongada e contínua, que se estende até o alto de Echaporã, separando as águas dos afluentes do rio do Peixe, para o norte, e as águas dos afluentes do rio Paranapanema, para o sul (SUDO, 1980, p. 73).

A carta hipsométrica do perímetro urbano de Rancharia apresentada na Figura 27 mostra a distribuição das maiores altitudes na parte norte da cidade, onde se localiza o divisor de águas das bacias do Ribeirão da Confusão (afluente do Rio de Peixe) ao norte, e do Ribeirão Rancharia (bacia do Rio Paranapanema).

Na carta clinográfica apresentada na Figura 28, nota-se que as áreas urbanizadas da cidade de Rancharia estão em sua maior parte localizadas nas áreas com tendência de aumento das declividades, principalmente as áreas de expansão urbana na parte sul do perímetro urbano.

Figura 27 – Carta hipsométrica do perímetro urbano de Rancharia-SP.

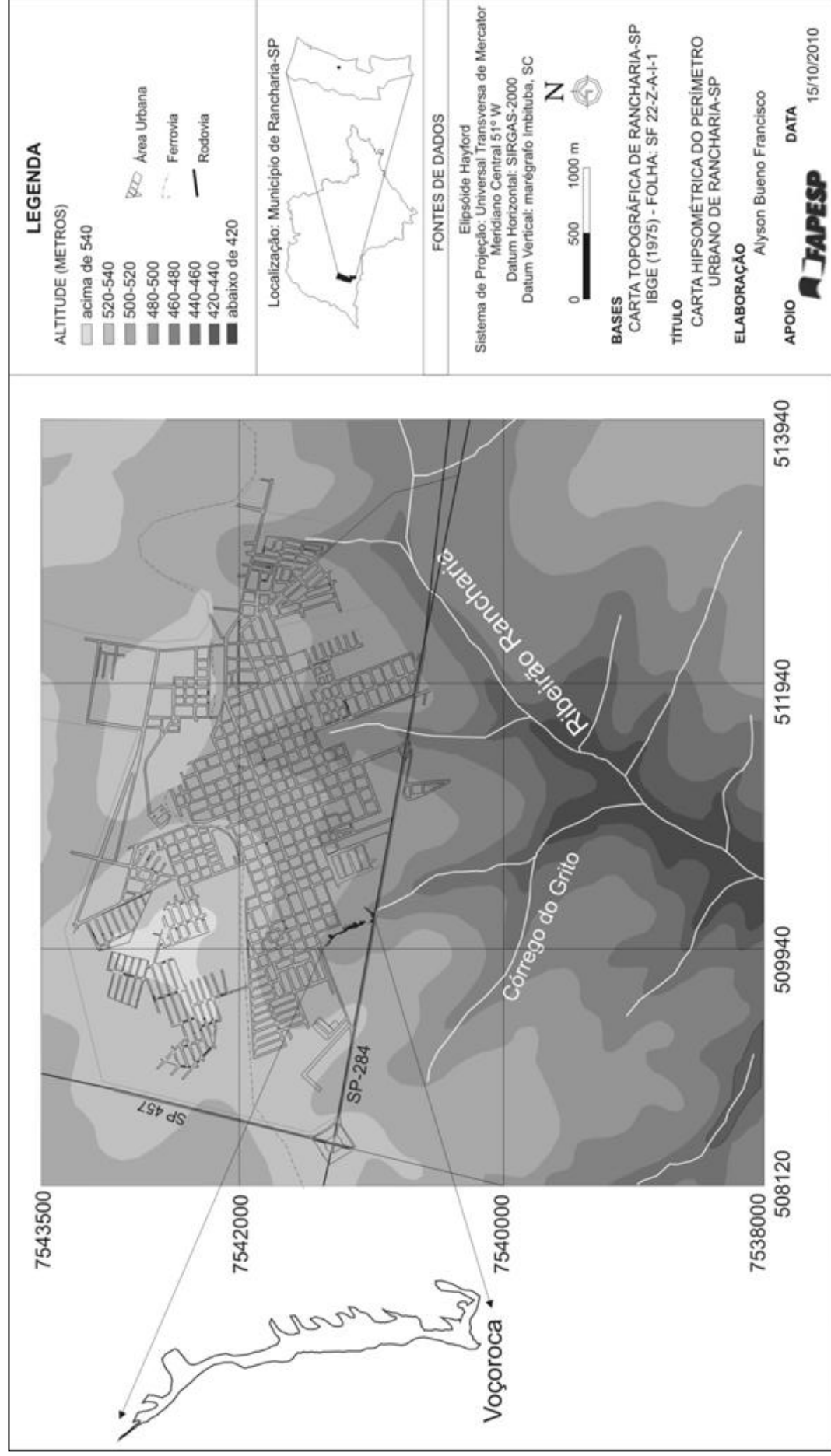


Figura 28 – Carta clinográfica do perímetro urbano de Rancharia-SP.



De acordo com Proença (1999), o núcleo urbano de Rancharia surgiu, com a abertura da Estrada de Ferro Sorocabana, que segue o sentido do divisor de águas das bacias do Peixe e do Paranapanema. Os bairros mais antigos da cidade, o Bairro da Estação e a Vila Industrial, se desenvolveram nos divisores de águas dos córregos Água da Lavadeira e Água de Vila Tereza, ambos afluentes do Ribeirão Rancharia.

Outro aspecto importante apresentado por Proença (1999) foi, a expansão da cidade de Rancharia em direção a oeste, acompanhando o sentido da Avenida Dom Pedro II, e no sentido sul em direção à rodovia SP-284. Este sentido do crescimento da cidade ocasionou a urbanização de parte das vertentes, principalmente das cabeceiras de drenagem do Córrego Água da Lavadeira.

Sobre as formas do relevo em escala local, Oliveira (1994, p.167) afirma que nas cabeceiras do Ribeirão Rancharia: “[...] as vertentes são, na sua maior extensão, retilíneas. Entretanto, verifica-se pouco a montante daquela linha de cornijas, uma passagem, muito suave, da forma retilínea para a forma convexa, podendo-se traçar, de modo aproximado, um limite entre uma forma e outra”.

A foto da Figura 29 mostra o relevo de colinas amplas em área da microbacia do Ribeirão Rancharia.

Figura 29 – Foto de colina com vertentes suavemente onduladas.



Fonte: Francisco (jul. 2010).

Oliveira (1994, p.167) descreve a morfologia dos fundos de vale das cabeceiras do Ribeirão Rancharia como:

[...] os fundos de vale passam da forma em berço, nas cabeceiras, à forma em V, apresentando então, em vários trechos, entalhes profundos, com corredeiras. Mais a jusante, sua passagem para fundos de vale chatos é brusca e acompanha forte ruptura de declive do talvegue, de cerca de 1,7%, nas cabeceiras, para 0,4% a jusante. A partir desse ponto de ruptura, o vale abre-se cada vez mais para jusante, desenvolvendo-se numa planície cada vez mais larga.

Pelo fato de ser uma área deposicional, as planícies aluviais do Córrego do Grito e Ribeirão Rancharia apresentam-se em grande parte assoreadas por sedimentos produzidos pelos processos erosivos nas vertentes. De acordo com a tese defendida por Oliveira (1994, p.178): “[...] considerando-se apenas a porção da bacia que contém a área urbana, envolvendo as principais feições erosivas, com cerca de 10 km², encontra-se uma taxa de produção de sedimentos de cerca de 2.900 m³/km²/ano”.

Este processo de aumento da produção de sedimentos devido o uso e a ocupação do solo resultou na situação de degradação do Córrego do Grito e do Ribeirão Rancharia.

A Figura 30 mostra, através de uma imagem orbital, a situação de assoreamento do fundo de vale do Córrego do Grito.

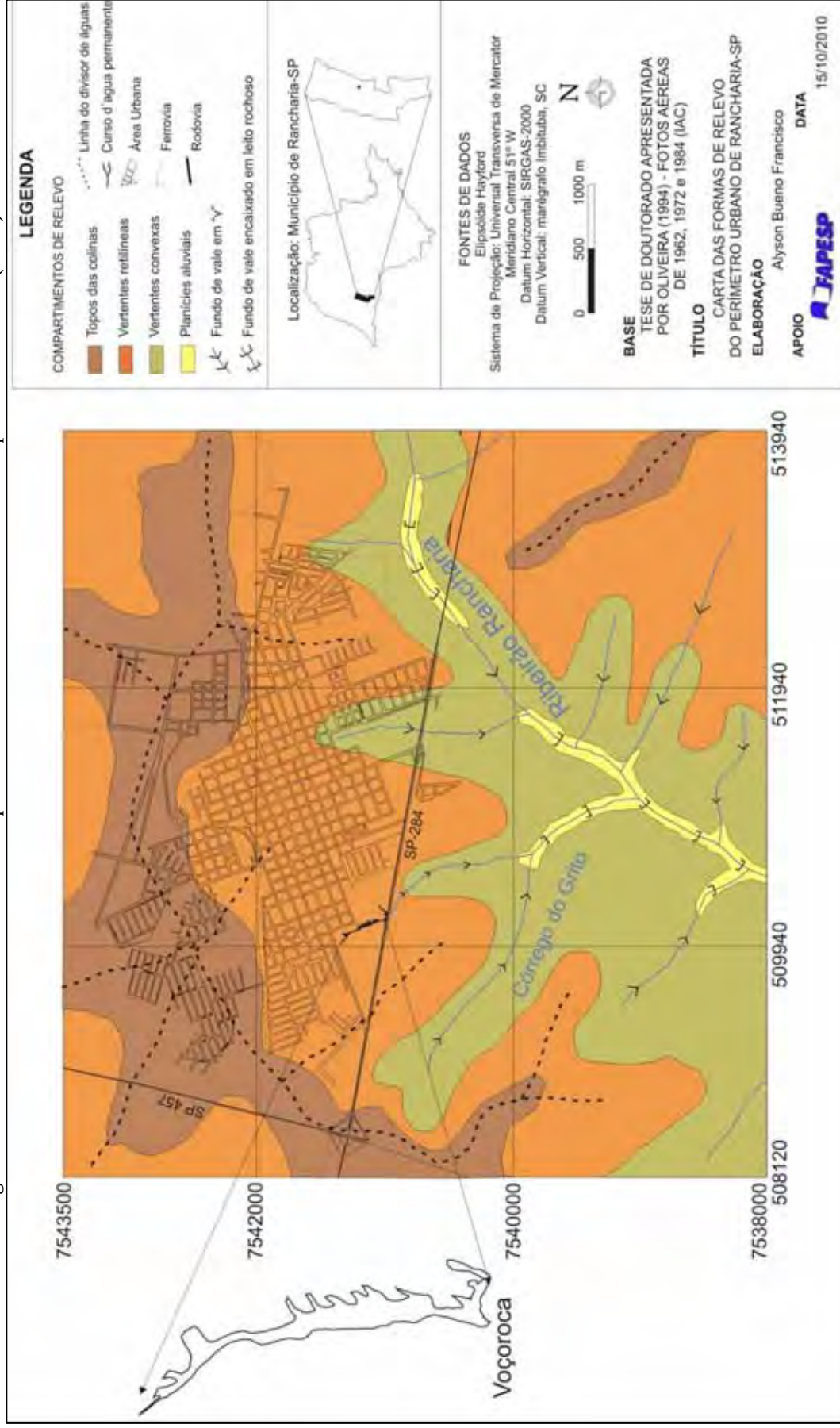
Figura 30 – Imagem de sensoriamento remoto do fundo de vale do Córrego do Grito.



Data da imagem: 24/04/2002. Fonte: GoogleEarth (2011).

A carta da Figura 31 mostra as formas de relevo predominantes na área do perímetro urbano de Rancharia-SP.

Figura 31 – Carta das formas de relevo do perímetro urbano de Rancharia-SP. Adaptado de Oliveira (1994).



A respeito da caracterização pedológica, de acordo com o Mapa Pedológico do Estado de São Paulo (OLIVEIRA et al., 1999), os solos predominantes na área do perímetro urbano de Rancharia são o Argissolo Vermelho-Amarelo e o Latossolo Vermelho.

De acordo com Oliveira et al. (1992, p. 121):

[...] os Argissolos compreendem solos minerais não hidromórficos, com horizonte A ou E seguidos de horizonte B textural não plíntico, argila de atividade alta ou baixa, cores vermelhas a amarelas, apresentando distinta individualização de horizontes. São solos com grandes variações em características morfológicas e analíticas, porém com presença distintiva de horizonte B textural que diverge do A ou E, seja pela cor, seja pela diferença de textura e complementação marcante de estrutura em blocos, sendo a textura argilosa ou muito argilosa.

Conforme afirma Perusi (2001), os Argissolos são susceptíveis à erosão devido ao gradiente textural e à mudança textural abrupta, uma vez que o horizonte B textural apresenta menor permeabilidade, favorecendo o escoamento superficial em relação à infiltração das águas pluviais. Outro aspecto relevante sobre a suscetibilidade à erosão desta classe de solos é a compactação gerada pelo pisoteio do gado ou práticas agrícolas inadequadas ao solo da área, o que contribui para as perdas significativas por erosão laminar e linear.

De acordo com Salomão (1999), solos caracterizados pelo gradiente textural elevado entre os horizontes, conforme ocorre com os Argissolos, com a presença do horizonte Bt pelo aumento do percentual de argila em profundidade, são muito suscetíveis aos processos de ravinamento. Conforme trabalho apresentado por Freire et al. (1992), os valores da erodibilidade do horizonte superficial dos Argissolos na região de Presidente Prudente são em torno de 0,051 t/ha/ano.

O Latossolo Vermelho apresenta-se em relevos suavemente ondulados a ondulados, geralmente em topos com vertentes convexas com pouca declividade. Os perfis dos Latossolos Vermelhos são espessos, com mais de três metros, bem drenados com a presença do horizonte latossólico, sendo a textura variável de argilosa à média com transição gradual entre os horizontes (NUNES, 2002).

Apesar da baixa erodibilidade do horizonte superficial, em torno de 0,016 t/ha/ano (FREIRE et al., 1992), o Latossolo Vermelho, se utilizado sem as adequadas técnicas de conservação, pode sofrer consideráveis perdas em quantidade, principalmente se sofrer processo de voçorocamento. Os Latossolos Vermelhos são suscetíveis ao desenvolvimento de voçorocas, se localizados em locais de gradientes hidráulicos subterrâneos elevados e

principalmente em cabeceiras de drenagem com formas de anfiteatros côncavos (SALOMÃO, 1999).

De acordo com o DAEE (1990), conforme estudo realizado na Bacia do Peixe-Paranapanema, três características do solo são fundamentais para o desenvolvimento de ravinas e voçorocas: a textura, a estrutura e a profundidade.

O DAEE (1999, p. 50) afirma: “[...] observa-se a ocorrência de ravinas profundas e boçorocas quase que exclusivamente em solos com textura arenosa e média. Solos argilosos mostraram-se suficientemente resistentes ao aprofundamento de ravinas”.

A respeito da estrutura dos solos, o estudo do DAEE (1990, p. 50) indica: “[...] observa-se maior incidência de ravinas e boçorocas em solos que apresentam estrutura prismática. Esse tipo de estrutura, assim como estrutura em blocos, facilita a concentração das águas de escoamento em filetes favorecendo a formação de ravinas que pode ou não evoluir em profundidade”. O estudo também indica que não existe a possibilidade de ocorrência de voçorocas de grande porte em solos rasos.

Ao relacionar, a distribuição dos tipos de solos com a morfologia do relevo de parte da Microbacia do Ribeirão Rancharia, Oliveira (1994, p. 167) afirma que:

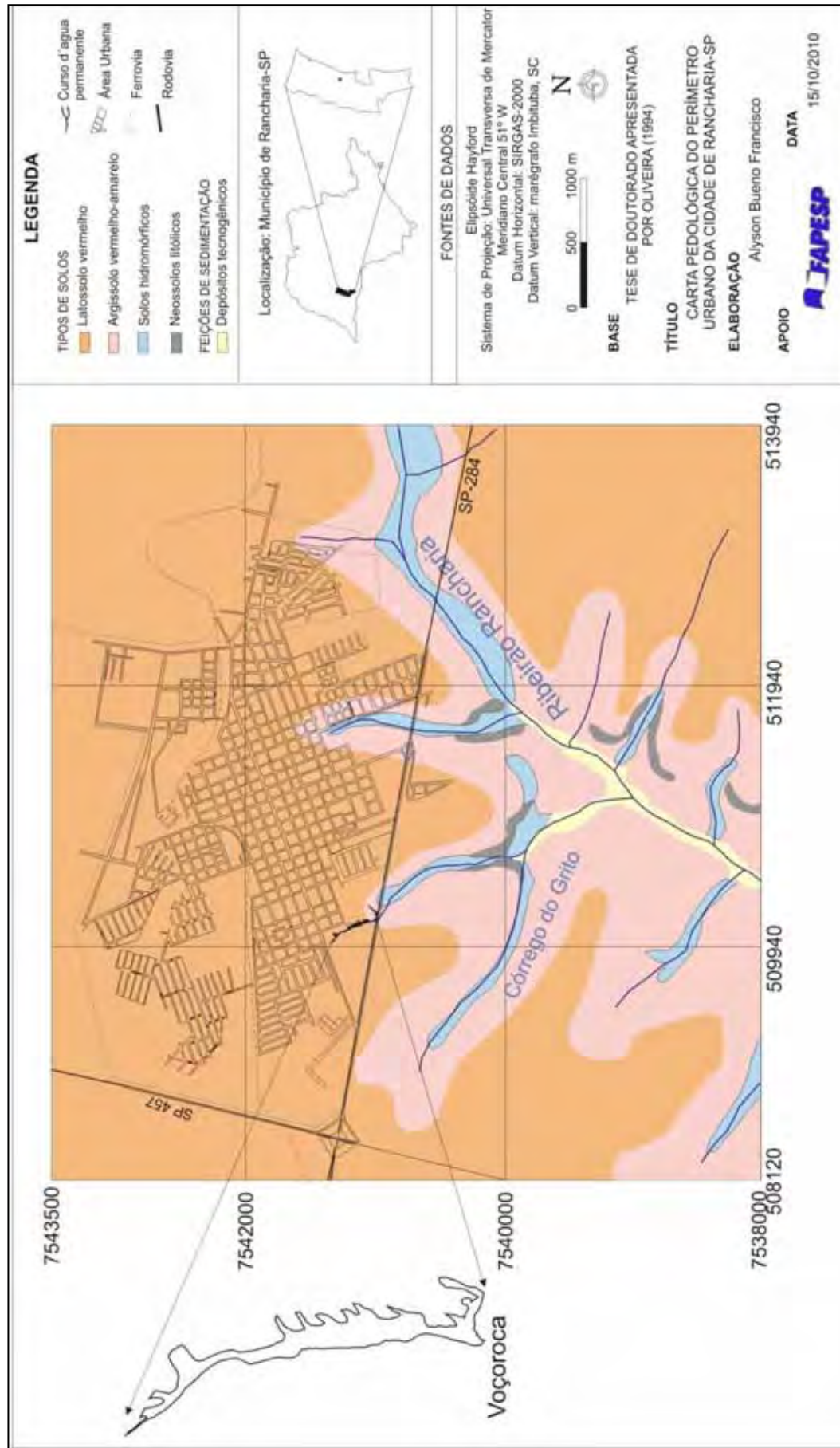
[...] ocupando a maior parte das colinas, os latossolos vermelho-escuros de textura média, associam-se às vertentes retilíneas. Estes solos passam, de forma transicional, para solos podzólicos vermelho-amarelos, de textura arenosa/média, acompanhando a passagem das formas retilíneas das vertentes para convexas, predominando até o pé das vertentes. Associados às cornijas e às rupturas de declive pronunciadas, ocorrem solos litólicos, onde os arenitos mais resistentes afloram. Finalmente, destacam-se solos hidromórficos, que ocorrem nos fundos de vale, parcialmente recobertos por depósitos tecnogênicos.

A distribuição destes solos é destacada pela carta pedológica representada na Figura 32.

Nota-se a presença de Latossolo Vermelho na maior porção da área do perímetro urbano de Rancharia, sendo este um solo vulnerável ao desenvolvimento do voçorocamento nas áreas de cabeceiras de drenagem devida sua profundidade e presença de horizonte arenoso homogêneo.

Sobre o risco dos solos à erosão do tipo linear, na área do perímetro urbano de Rancharia, a carta da Figura 33 mostra que parte das áreas urbanizadas está localizada em áreas suscetíveis ao ravinamento e ao voçorocamento.

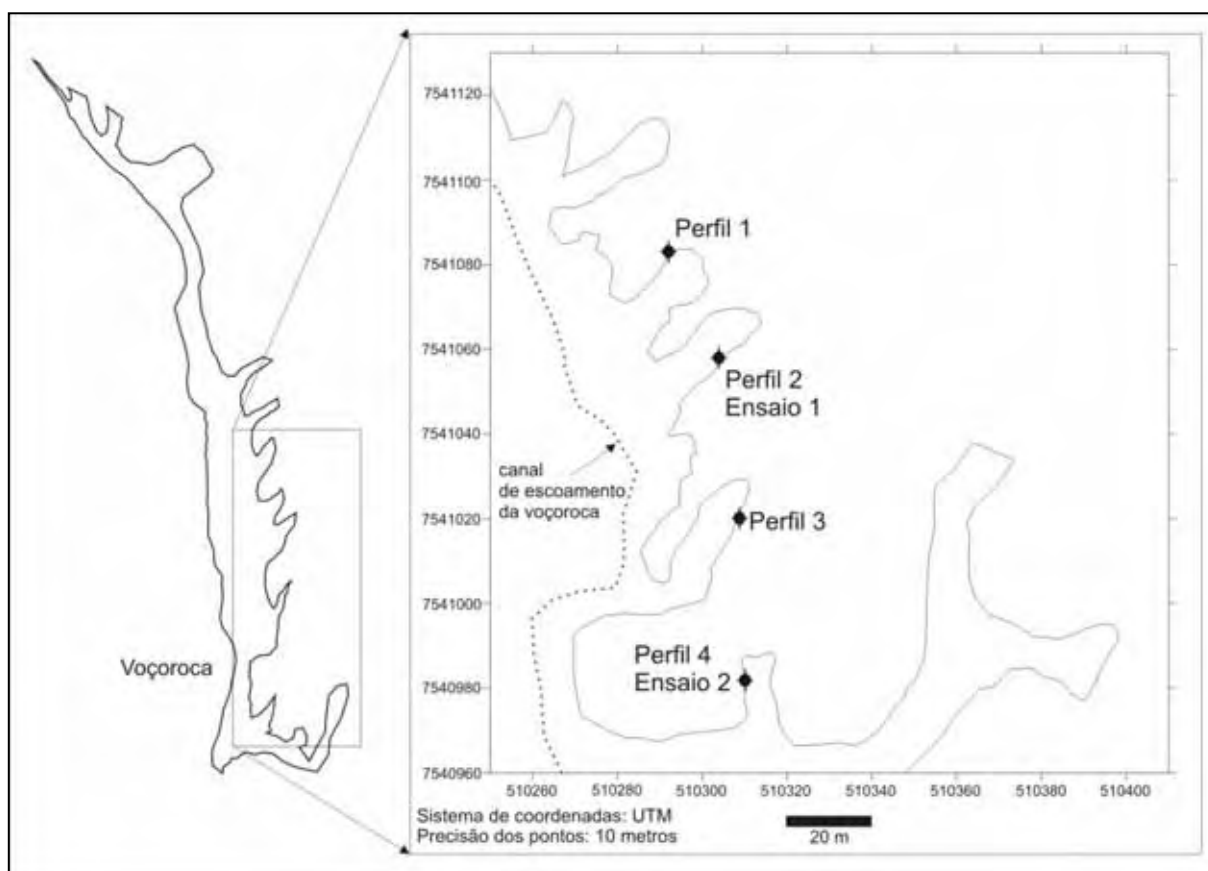
Figura 32 – Carta pedológica do perímetro urbano de Rancharia-SP. Adaptada do levantamento realizado por Oliveira (1994).



Na área da Voçoroca do Córrego do Grito, foram identificados e descritos alguns perfis de solos. Para aperfeiçoar a descrição destes solos foram feitas tradagem e ensaios de permeabilidade.

A Figura 34 mostra a localização dos perfis descritos em campo, da tradagem e dos ensaios de permeabilidade.

Figura 34 – Localização dos pontos de coleta dos solos (perfis e tradagem) e ensaios de permeabilidade.



Elaborada por Francisco (2011).

A Figura 35 mostra as fotos dos perfis de solo descritos em trabalho apresentado por Francisco (2008).

A Tabela 01 apresenta a descrição morfológica dos perfis pedológicos apresentados pela Figura 35.

Figura 35 – Perfis pedológicos descritos por Francisco (2008).

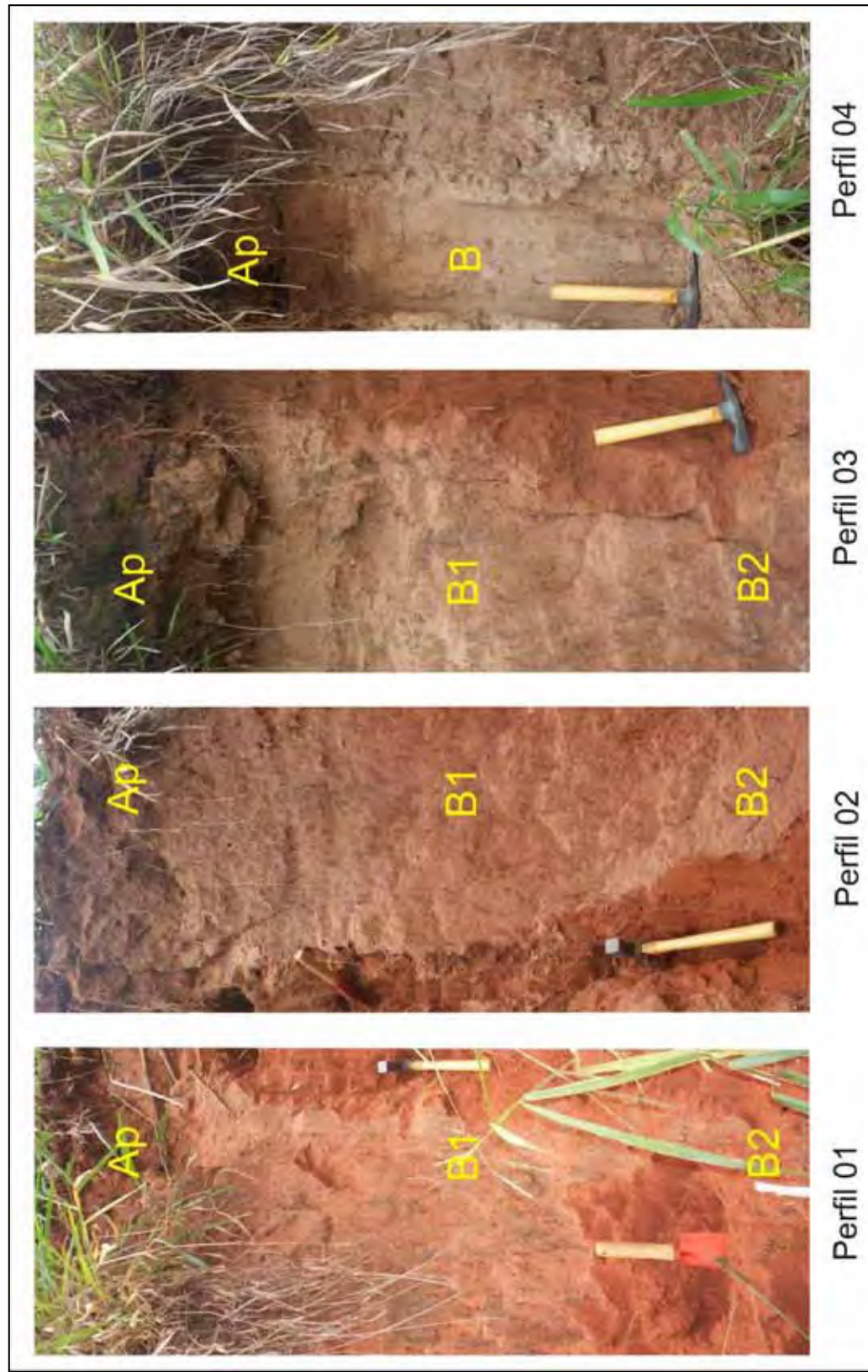


Tabela 01 – Descrição morfológica dos perfis pedológicos.

Características morfológicas	Perfil 01			Perfil 02			Perfil 03			Perfil 04	
	Ap	B ₁	B ₂	Ap	B ₁	B ₂	Ap	B ₁	B ₂	Ap	B
Cor (Escala Munsell): matiz/valor/croma	10YR/5/4	5Y/5/4	2,5Y/5/8	10YR/6/3	7,5YR/5/8	10YR/4/4	10YR/5/2	7,5YR 5/4	10YR /6/4	5YR5/4	10R/8/1
Espessura dos horizontes (cm)	0-85	85-145	145-265	0-65	65-145	145-300	0-25	25-85	85-200	0-30	30-150
Transição (cm) – A: abrupta; B: clara; C: gradual.	C	C	B	C	B	B	B	A	A	C	C
Estrutura – A: granular; B: blocos; C: prismática ou colunar.	A	A	B	A	B	B	A	B	B	A	A
Porosidade – A: poucos poros; B: comum; C: muitos poros	C	C	B	C	B	B	C	B	A	C	C
Cerosidade – 1: nula. 2: fraca; 3: forte.	1	1	1	1	1	2	1	2	3	1	1
Consistência: solo seco – 1: solta; 2: macia; 3: dura; 4: muito dura.	1	2	2	1	2	2	1	2	3	1	1
Consistência: solo úmido – 1: solta; 2: friável; 3: firme; 4: dura.	1	2	3	1	2	3	1	3	4	1	1

Devemos considerar que a área selecionada para descrição pedológica está localizada a jusante de uma área urbana, fator que dificulta uma proposta de classificação, devido ao estágio de degradação e pela tendência de transporte de sedimentos e materiais tecnogênicos.

Descrevendo a morfologia dos perfis 01 a 04 (Figura 32), podemos considerar que os mesmos se localizam numa área de média para baixa vertente. Enquanto que os perfis 01 e 02 apresentam profundidades superiores aos 250 cm, com presença de horizonte latossólico no perfil 01, o perfil 04 apresenta fortes características de um Hidromórfico com processo de gleização, numa área próxima ao fundo de vale.

A Tabela 02 mostra as classes texturais dos horizontes pedológicos e os dados referentes à condutividade hidráulica de dois pontos analisados em campo. Os dados coletados em campo referentes aos ensaios de permeabilidade são apresentados nas tabelas 09, 10, 11 e 12 em anexo.

Tabela 02 – Classes texturais dos horizontes pedológicos e a condutividade hidráulica.

Perfil	Horizonte	Argila (g/kg)	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	Classe textural	Condutividade hidráulica (cm/s)
01	Ap	123,0	843,0	44,0	Areia franca	-
	B ₁	219,0	771,0	10,0	Franco argilo arenosa	-
	B ₂	230,6	739,0	30,4	Franco arenosa	-
02	Ap	081,3	911,2	07,5	Areia franca	-
	B ₁	194,1	755,4	50,5	Franco argilo arenosa	8,6x10 ⁻⁴
	B ₂	227,9	691,4	80,7	Franco arenosa	-
03	Ap	078,6	889,2	32,2	Areia franca	-
	B ₁	261,3	712,2	26,5	Franco argilo arenosa	-
	B ₂	114,0	850,0	36,0	Areia franca	-
04	Ap	064,0	902,0	34,0	Arenosa	-
	B	005,8	913,0	02,9	Arenosa	1,1x10 ⁻³

Os dados da Tabela 02 mostram que nos perfis 01, 02 e 03 existe uma maior presença da fração argila na composição textural dos horizontes subjacentes (B₁, principalmente). De acordo com Salomão (1999), o aumento do percentual de argila em profundidade torna os solos mais suscetíveis ao processo de ravinamento.

A respeito da condutividade hidráulica no perfil 02, o valor apresentado no horizonte B₁ (8,6 x 10⁻⁴) com 75,54% de areia é menor se comparado ao valor apresentado pelo horizonte B do quarto perfil (1,1 x 10⁻³). Isso comprova que o horizonte com textura

franco argilo-arenosa apresenta menor quantidade de poros e menor tempo para saturação se comparado ao horizonte de textura arenosa.

Conforme mostra a foto da Figura 36, foi identificada uma camada de sedimentos de coloração acinzentada com a presença de argila com alta plasticidade. Acima desta, foi identificada uma camada arenosa de cor clara. Estas características notadas em campo podem indicar que a antiga várzea do córrego do Grito foi soterrada pelos sedimentos das áreas à montante, e posteriormente com a incisão linear provocada pela erosão rejusante expôs o perfil.

Figura 36 – Foto de camadas expostas pela ação erosiva.



A: Camada arenosa; B: Camada argilosa; C: Arenito da Formação Adamantina. Francisco (abr. 2009).

Diante da intensidade da degradação da área atingida pelo processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia, é de difícil análise a caracterização morfológica dos solos, considerando que, as formas de uso e ocupação alteram consideravelmente as características físicas e químicas do solo, principalmente nos horizontes superficiais.

O transporte e deposição de materiais tecnogênicos, a compactação gerada pela ação do pisoteio do gado e a eliminação de parcela da matéria orgânica presente no solo são exemplos destas alterações em escala histórica (CASTRO, 1999).

4.3 O regime sazonal da pluviosidade e a erosividade das chuvas

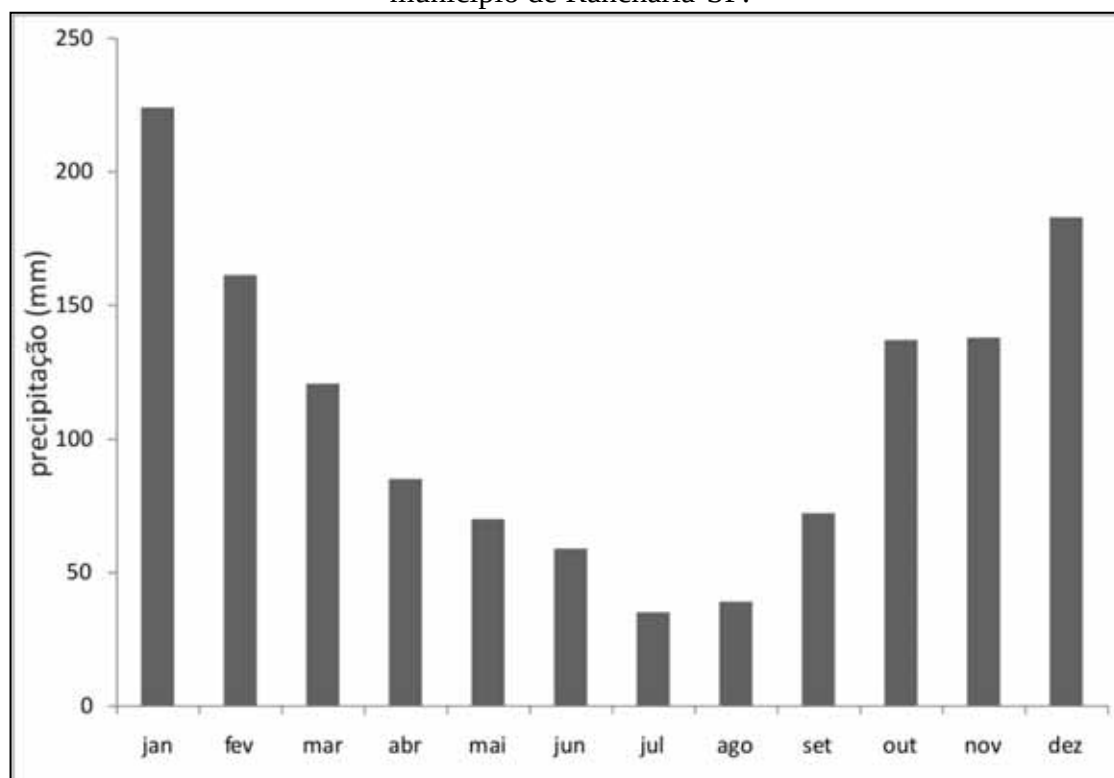
Ao considerar que as formas erosivas atuais do Extremo Oeste Paulista são provocadas principalmente pelo impacto das águas pluviais sobre o solo e a dinâmica destas águas nas vertentes, é de importância para o trabalho destacar os aspectos referentes à pluviosidade e seu potencial erosivo.

De acordo com Boin (2000, p. 22): “[...] o clima do oeste paulista é do tipo tropical [...] presença de um período seco (inverno), sob influência predominante dos sistemas polares e um período chuvoso (verão), influenciado pelos sistemas tropicais (MONTEIRO, 1973). Já a precipitação anual média varia entre 1.200 e a 1.500 mm”.

De acordo com Tommaselli et al. (1999), os índices de erosividade na região de Presidente Prudente apresentam-se na ordem de 7.000 a 7.500 MJ/mm/ha/ano, sendo no município de Rancharia apresentada uma média de 7.150 MJ/mm/ha/ano.

O gráfico da Figura 37 destaca a concentração dos maiores índices de precipitação nos meses de verão, referentes aos dados do município de Rancharia, entre os anos de 1953 e 2003.

Figura 37 – Gráfico das médias mensais de precipitação entre os anos de 1953 e 2003 no município de Rancharia-SP.



Fonte: DAEE (Posto D7-036).

Apesar do aumento das precipitações nos meses de outubro a dezembro, a quantidade de água precipitada compensa as perdas dos meses de junho a agosto que apresentam *déficit* hídrico. Com a saturação de água no solo entre os meses de janeiro a março, o excedente hídrico favorece o escoamento das águas pluviais, intensificando o processo de perda de solo.

Neste contexto, nota-se que os meses de janeiro, fevereiro e março são os mais críticos no que diz respeito aos riscos provocados pelos processos de erosão do tipo linear, principalmente em áreas à jusante de sistemas de drenagem urbana.

Entretanto, ao longo do ano pode haver períodos de chuvas intensas e concentradas. Conforme os dados diários de precipitação apresentados nas tabelas 12, 13 e 14 em apêndice, existem períodos de chuvas concentradas e com volumes consideráveis, como podemos nos referir aos dias 18 de janeiro e 29 de dezembro do ano de 2009, cujas precipitações foram respectivamente 110,6 e 101,2 mm.

Com isto, o solo não é capaz de absorver grande parte do volume precipitado, situação que favorece o escoamento das águas pluviais, e consequentemente, no desenvolvimento de feições erosivas.

A maioria dos projetos de sistema de drenagem urbana desconsidera a importância do volume das precipitações em períodos excepcionais nos cálculos de vazão e no dimensionamento de galerias de águas pluviais.

Entretanto, o problema não se restringe apenas ao dimensionamento das galerias, mas principalmente ao planejamento do uso do solo urbano, situação que será mencionada pelo próximo item.

4.4 O uso e a ocupação do solo, a urbanização e o problema da erosão linear na cidade de Rancharia-SP.

O histórico de ocupação e uso do solo do município de Rancharia, a partir da década de 1930 até meados da década de 1960 foi marcado pelo desmatamento e introdução de culturas agrícolas, sendo o algodão, a cultura que mais se destacou na agricultura do município. Com a decadência da cotonicultura, devida a rápida perda da fertilidade do solo e a concorrência com as novas regiões produtoras do Centro-Oeste, várias áreas de cultura temporária no município foram substituídas por pastagens (PROENÇA, 1999).

As transformações nas relações de trabalho e na estrutura fundiária no campo refletiram no aumento da população urbana, que entre as décadas de 1950 e 1960 passou de 7.884 para 10.948 habitantes, e em 1970 para 13.837 habitantes, segundo dados apresentados por Fonzar (1981). Isto refletiu na expansão da área urbana, e consequentemente, em direção às nascentes dos córregos do Grito, da Água da Lavadeira e da Água de Vila Tereza.

De acordo com Florio e Queiroz (2006), parte desta urbanização se direcionou no sentido oeste entre a ferrovia, ao norte, e a Avenida Dom Pedro II, ao sul. Os mesmos autores consideram que a parte oeste da cidade sofreu um processo de valorização, situação que impulsionou na implantação de loteamentos nos bairros Jardim Universitário e Jardim Regina.

Conforme depoimento do Sr. Arlindo Barbosa (mar. 2010), morador do bairro Jardim Regina: “O loteamento foi aberto no final dos anos 80. Eles abriram as ruas até o buracão, que naquele tempo, já dava medo de ver. Não tinha quase infraestrutura, apesar de ficar próximo do centro e ser uma área valorizada. A prefeitura só colocou o asfalto em 2002”.

Além disso, o Sr. Arlindo Barbosa (mar. 2010) relata que: “Algumas famílias passaram a construir suas casas na beirada do buracão, na área que é do DER. Até hoje essa gente está lá, esperando uma vaga na CDHU. Ficaram entre a falta de condições pra alugar uma casa e o medo de serem ‘engolidas’ por essa erosão danada”.

Atualmente, como mostra a carta da Figura 38, na microbacia do Ribeirão Rancharia, nota-se uma predominância das áreas de pastagem, com a presença de restritas áreas de mata de várzea nos fundos de vale, e poucas áreas com terraceamento em curvas de nível.

Figura 38 – Carta de cobertura da terra do perímetro urbano de Rancharia-SP.



A respeito dos processos erosivos na área urbana de Rancharia, de acordo com Oliveira (1994), a primeira voçoroca a marcar a vida dos moradores da cidade foi a do Córrego Água da Lavadeira, afluente do Ribeirão Rancharia. Esta voçoroca foi quase que completamente aterrada e serviu de base para a rede de esgoto da cidade. Estas obras possibilitaram a urbanização da área denominada pelos moradores de “Baixada do Cinema”.

Outra forma erosiva de grande porte se desenvolveu no leito da antiga estrada vicinal que ligava a cidade ao bairro rural Lagoa Seca. Oliveira (1994) denominou esta feição erosiva de “Ravina da Lucant”, sendo que esta erosão linear, conforme o autor chegou a ter cerca de dois quilômetros de extensão na década de 1960, sendo praticamente toda aterrada para a ampliação da Avenida Doutor Júlio Lucant.

Em depoimento o Sr. Manoel Flores, morador do bairro Jardim Regina, diz: “A prefeitura percebeu que a erosão continuava a ameaçar os barracos do pessoal e estava dando muito estouro de tubulação, e então o Eduardo Franco (ex-prefeito) colocou outras galerias que estão lá até hoje, e aterrou um bom pedaço. Depois o dono da área cercou para o pessoal parar de jogar lixo e ele cuidar da criação (gado)”.

Diante da gravidade da erosão remontante da Voçoroca do Córrego do Grito que já ameaçava algumas moradias do bairro Jardim Regina, a Prefeitura do Município de Rancharia realizou um convênio com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) o que resultou no parecer técnico intitulado: “Diagnóstico e proposição de medidas emergenciais e corretivas para 03 erosões de grande porte, localizadas no perímetro urbano do município de Rancharia (SP)”. Sobre a Voçoroca do Córrego do Grito, este parecer considera que:

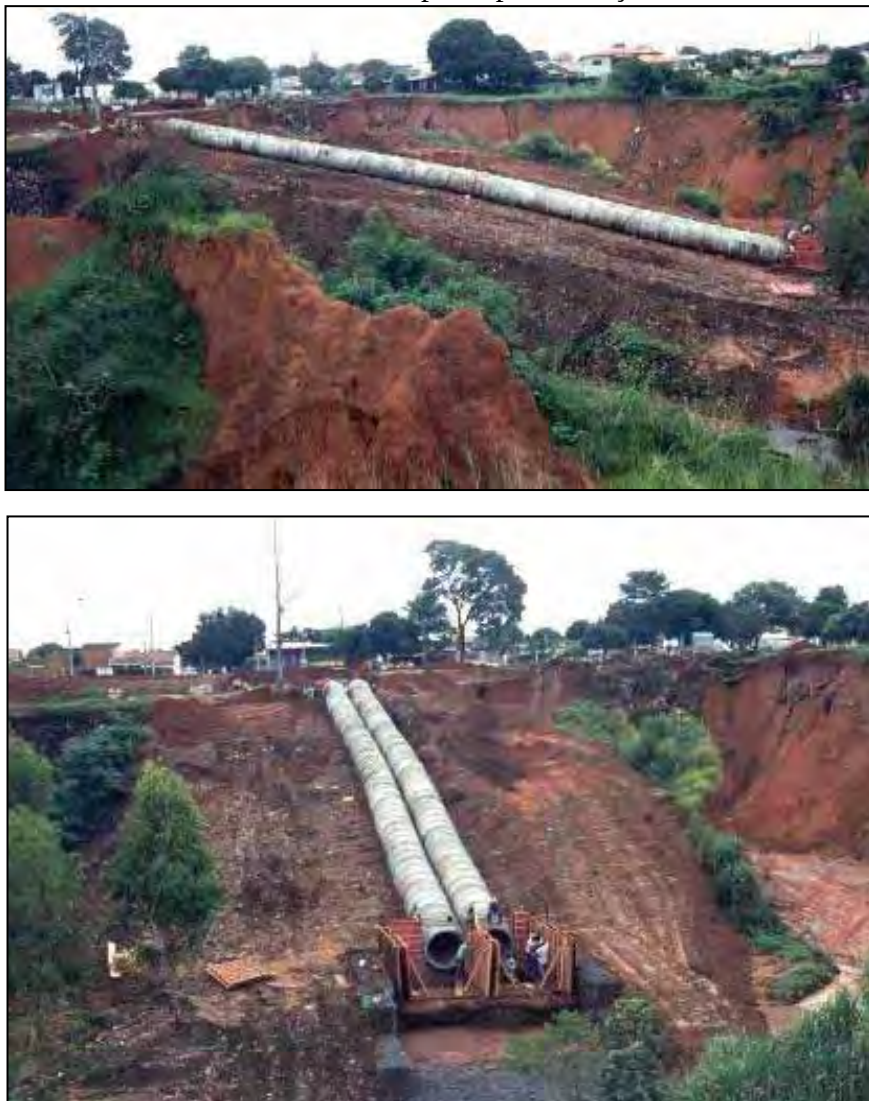
[...] a principal causa deste processo erosivo é a deficiência do atual sistema de drenagem e até mesmo a sua ausência em alguns trechos da bacia de contribuição. Portanto, a implantação de um sistema de drenagem pluvial adequadamente dimensionado é a principal e imprescindível medida para estabilização da erosão (IPT, 1997, p. 10).

Através deste estudo foi apresentado um projeto ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) para a implantação de um sistema eficiente de galerias de águas pluviais com o objetivo de conter a erosão remontante da Voçoroca do Córrego do Grito.

As próximas fotos mostram uma tubulação implantada abaixo da rodovia SP-284 para o escoamento das águas pluviais do canal principal da Voçoroca do Córrego do Grito. Nota-se o problema do dimensionamento das tubulações, que na maioria dos casos, não suportam toda a vazão e os resíduos sólidos provenientes da área urbana.

As fotos da Figura 39 mostram as galerias de águas pluviais que foram implantadas no ano de 2000.

Figura 39 – Fotos das obras de implantação de galerias de esgoto pluvial realizadas à montante do canal principal da voçoroca.



Fonte: Prefeitura do Município de Rancharia (mar. 2000).

A Figura 62 em anexo mostra a localização estas galerias que foram resultado de um projeto de controle da voçoroca do Córrego do Grito, cujas obras foram executadas pela Prefeitura do Município de Rancharia, tendo o apoio do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO). O projeto elaborado pela Prefeitura do Município de Rancharia está disponível no Anexo C.

Além da implantação das galerias apresentadas acima, no bairro Jardim Regina, conforme depoimentos de moradores, a partir de 2003 (cerca de dez anos após a implantação

do loteamento), os logradouros foram pavimentados e implantados os sistemas de drenagem urbana.

A respeito da legislação do município de Rancharia, a Lei Municipal nº 24/2007 (Plano Diretor Urbanístico e Ambiental) estabelece uma política mais responsável no sistema de drenagem das águas pluviais. O artigo 17 desta lei prescreve:

Art. 17. O manejo das águas pluviais deverá, através de sistemas naturais ou construídos, possibilitar o escoamento eficaz das águas de chuva, obedecendo as seguintes diretrizes:

- I. elaborar plano de macro e micro-drenagem urbana;
- II. priorizar as ações ou medidas não estruturais, como aumento da arborização, construção de pavimentos permeáveis, construção de canteiros centrais permeáveis, praças e jardins e fiscalização das taxas de permeabilidade previstas na presente Lei;
- III. prever que as novas bocas de lobo possuam grades e sejam construídas sem depressão. As bocas de lobo já existentes deverão ser adequadas;
- IV. assegurar a limpeza periódica das bocas de lobo;
- V. proibir a canalização fechada dos cursos d'água nos trechos que passam pelas áreas urbanas;
- VI. criar medidas de prevenção de erosão, através da instalação de mecanismos de dissipação da água de drenagem/escoamento nos corpos receptores;
- VII. aplicar medidas corretivas nos processos erosivos existentes;
- VIII. recuperar e conservar as principais áreas de interesse para a infiltração e drenagem pluvial, tais como: fundos de vale, área de preservação permanente, áreas verdes e várzeas;
- IX. elaborar e atualizar cadastro das bocas de lobo, das galerias, dos corpos d'água receptores e dos equipamentos relativos ao sistema de drenagem das águas pluviais;
- X. elaborar mapas com as informações obtidas do cadastro.
- XI. criar planos, programas e projetos que visem a recuperação e a conservação das estradas rurais, respeitando critérios técnicos de conservação de solos na definição do traçado de caminhos e estradas rurais.

No artigo mencionado acima, nota-se a necessidade do comprometimento de um planejamento adequado na implantação dos sistemas de drenagem urbana, visando criar medidas de prevenção dos processos erosivos e aplicar medidas corretivas nos processos erosivos existentes.

Outro avanço na legislação municipal se refere ao disciplinamento no parcelamento do solo urbano, conforme estabelece o artigo 99 da Lei Municipal nº 24/2007:

- Art. 99. O parcelamento do solo não será permitido em:
- [...] IV. terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades locais;
 - [...] VI. áreas de conservação e fundos de vale;

Apesar destes avanços na legislação restringindo a ocupação de área com declividade acima de 30%, a carta clinográfica da Figura 27, mostra que as declividades do perímetro urbano de Rancharia não ultrapassam os 20%, e a ocupação de área com declividade acima de 12% já apresentaram sérios problemas com voçorocamento.

Isto exige a necessidade de uma revisão mais detalhada da legislação municipal e de uma base cartográfica atualizada pelo poder público municipal.

Após ter apresentado os aspectos referentes à transformação da paisagem e os condicionantes do processo de voçorocamento, o próximo capítulo apresenta os aspectos relacionados à sua morfodinâmica na escala espacial e temporal.

CAPÍTULO III

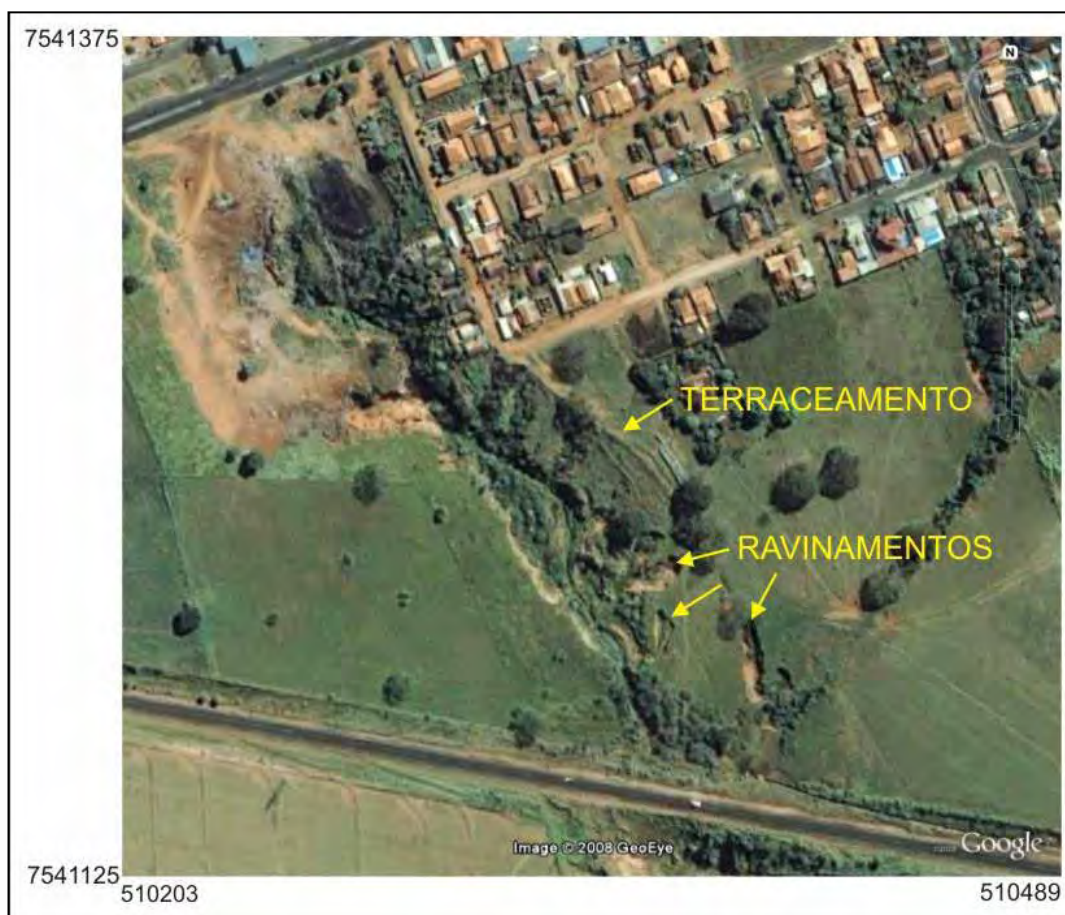
5. A MORFODINÂMICA DO VOÇOROCAMENTO NO PERÍMETRO URBANO DE RANCHARIA-SP: experimentos em campo e propostas de controle

5.1 A morfodinâmica e a aceleração do processo de voçorocamento

Conforme foi apresentado neste texto, o tempo da morfodinâmica, representado pelo conjunto de processos naturais atuantes no presente com estreita ligação com a ação da sociedade no ambiente através do uso de técnicas, é o tempo marcado pelas irregularidades, pelos eventos imediatos, quando a dinâmica dos processos naturais, inclusive da erosão, é significativamente alterada.

As formas de uso do solo e ocupação do relevo no perímetro urbano de Rancharia alteraram a dinâmica hidrológica das vertentes do córrego do Grito, favorecendo a aceleração do processo erosivo linear. A Figura 40 mostra uma imagem da Voçoroca do Córrego do Grito.

Figura 40 – Imagem de sistema sensor orbital da Voçoroca do Córrego do Grito.



Fonte: Google Earth. Data da imagem: 24/04/2002.

Analizando a imagem da Figura 40, nota-se a predominância de uma pastagem degradada com a presença de pouca vegetação, restrita a algumas áreas regeneradas no interior da voçoroca.

Além disso, conforme indicado na foto, nota-se a presença de um único terraceamento, na parte à direita da voçoroca, feito de maneira inadequada, o que contribuiu para a concentração das águas pluviais e na expansão de ravinas.

Atualmente, o voçorocamento apresenta estágio avançado, com cerca de quatrocentos e cinquenta metros de comprimento e com a presença de um canal de escoamento perene, como mostra a foto da Figura 41. Nota-se, também, a presença de sedimentos de origem tecnogênica presentes na planície do interior da voçoroca.

Figura 41 – Presença de canal de escoamento perene na voçoroca.



Fonte: Francisco (jul. 2009).

Após as várias décadas de degradação, com incisão linear provocada pela concentração das águas pluviais, o fundo da voçoroca do Córrego do Grito, tornou-se um ambiente de transporte e deposição de sedimentos, com a presença de um curso d'água perene e cobertura vegetal rasteira e arbustiva.

A foto da Figura 42 mostra um meandro formado pelo canal de escoamento da voçoroca.

Figura 42 – Presença de meandro no canal de escoamento da voçoroca.



Francisco (nov. 2009).

A existência de sulcos erosivos provocados pelo pisoteio do gado é um fato que contribui para a concentração das águas pluviais e na formação de ravinas, como mostra a foto da Figura 43.

Figura 43 – Solo sem cobertura com a presença de sulcos gerados pelo pisoteio do gado.



Fonte: Francisco (jul. 2009).

Em decorrência da falta de práticas conservacionistas adequadas e do excessivo pisoteio do gado, a concentração das águas de escoamento superficial gerou a incisão vertical nos sulcos erosivos, e conseqüentemente, o aumento da profundidade das ravinas (Figura 44), chegando a um estágio de difícil controle.

Figura 44 – Ravina “F”.



Fonte: Francisco (out. 2007).

A erosão interna ou tubular (*piping*) é evidenciada nas áreas que sofrem processos erosivos do tipo linear, agravando a intensidade do voçorocamento com o colapso do terreno.

Conforme foi apresentado no item referente aos solos da área estudada neste trabalho, a existência de um horizonte Bt com concentração de argila pode contribuir para o desenvolvimento da erosão tubular nos horizontes subjacentes. De acordo com Augustin e Aranha (2006), a ocorrência de rocha não alterada ou de horizontes menos permeáveis, podem induzir à concentração subsuperficial da água levando à formação destes dutos (*piping*).

Na área degradada do perímetro urbano de Rancharia foi evidenciada a presença de dutos (ou tubos) nas paredes da voçoroca, situação apresentada pela foto da Figura 45.

Figura 45 – Dutos gerados por erosão interna (*piping*).



Fonte: Francisco (nov. 2009).

Além da erosão tubular é notável na área degradada a presença de alcovas de regressão, ou seja, feições erosivas geradas pela ação do escoamento subsuperficial que escavam o horizonte subjacente e ocasionam em movimentos gravitacionais de parcelas dos horizontes superficiais, como mostram as fotos da Figura 43.

Figura 46 – Alcovas de regressão geradas pela ação do escoamento subsuperficial.



Fonte: Francisco (2011)

Diante dos cenários atuais, pode-se considerar que o voçorocamento apresenta um estágio avançado de sua dinâmica, com uma tendência de estabilidade nas áreas à montante da voçoroca, com a regeneração da cobertura vegetal.

Apesar da tendência de estabilização do processo erosivo em algumas áreas, merece atenção o aumento de ravinamentos, situação apresentada no próximo item.

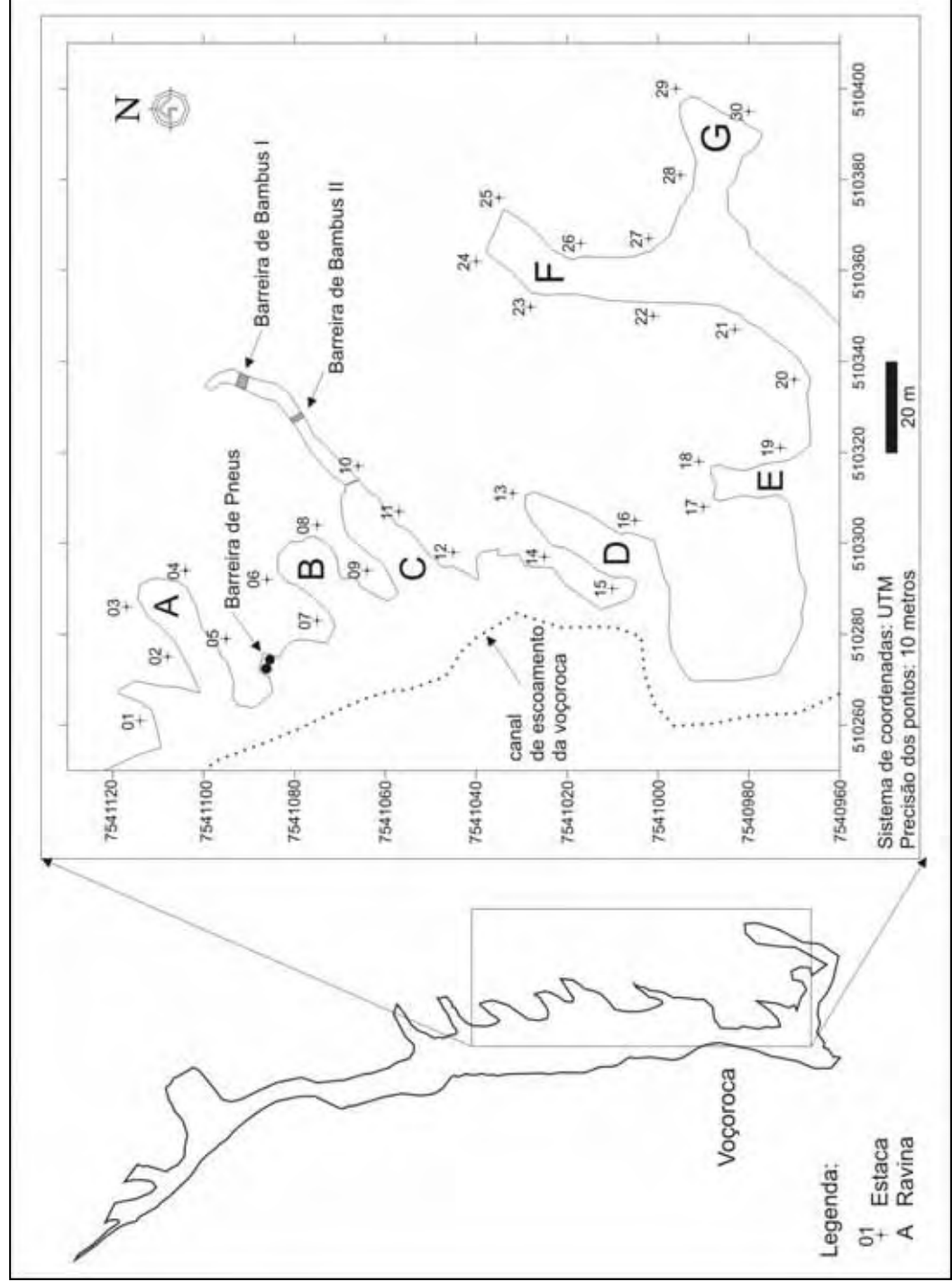
5.2 A voçoroca do Córrego do Grito e sua dinâmica espaço-temporal

Para análise da dinâmica do processo erosivo, foi realizado um monitoramento durante 24 meses, entre março de 2009 e fevereiro de 2011, utilizando-se do método das estacas.

Os dados do monitoramento, com as taxas mensais de erosão das bordas e erosão laminar, são apresentados nas tabelas 04 e 05 em apêndice. As taxas mensais de erosão foram comparadas com os índices de precipitação, sendo estes disponíveis nas tabelas 12, 13 e 14 em apêndice.

Como mostra a Figura 47, 30 estacas foram utilizadas como pontos de referências na coleta dos dados, visando monitorar 07 ravinas da Voçoroca do Córrego do Grito.

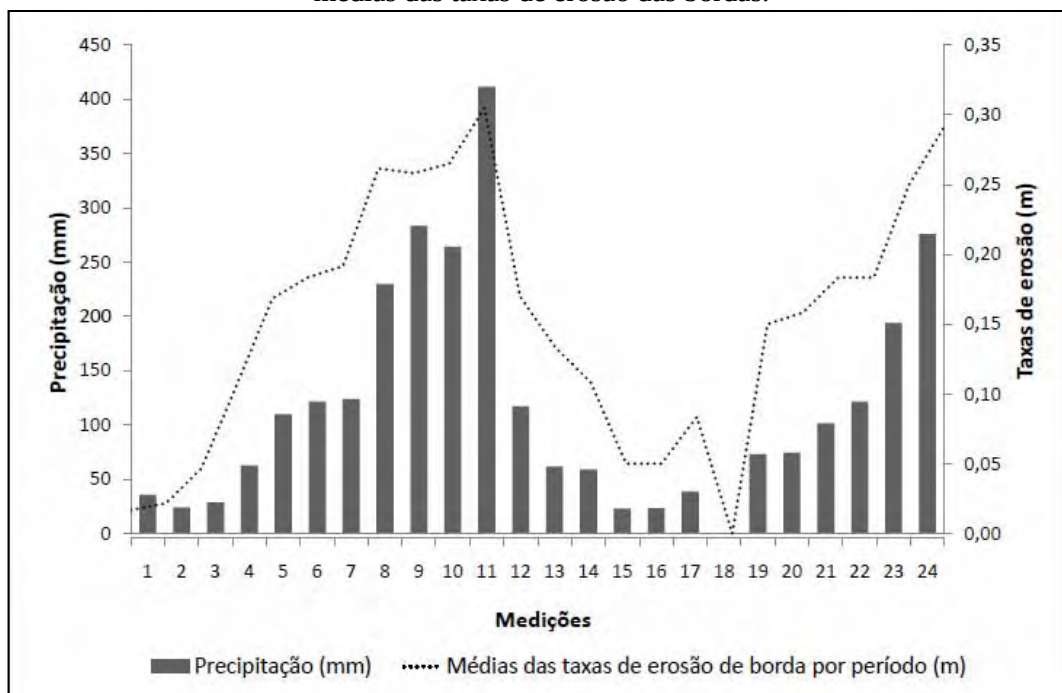
Figura 47 – Área de monitoramento com a distribuição das estacas nas margens das ravinas.



Elaboração: Francisco (2011).

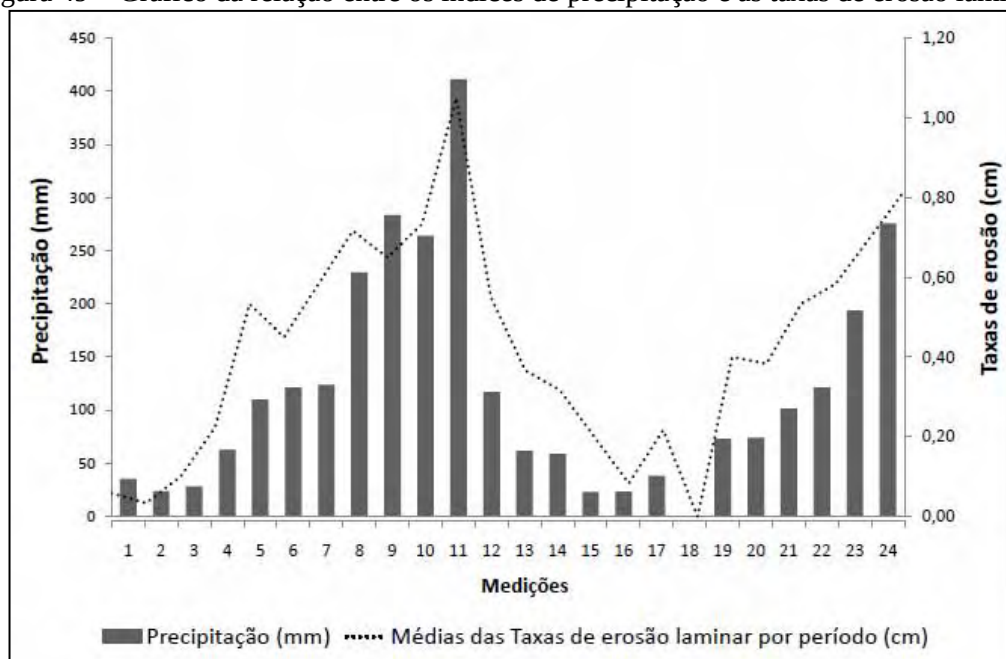
O gráfico da Figura 48 relaciona os totais de precipitação e as médias das taxas de erosão das bordas das trinta estacas durante os vinte e quatro meses de monitoramento.

Figura 48 – Gráfico da relação entre os índices de precipitação e as médias das taxas de erosão das bordas.



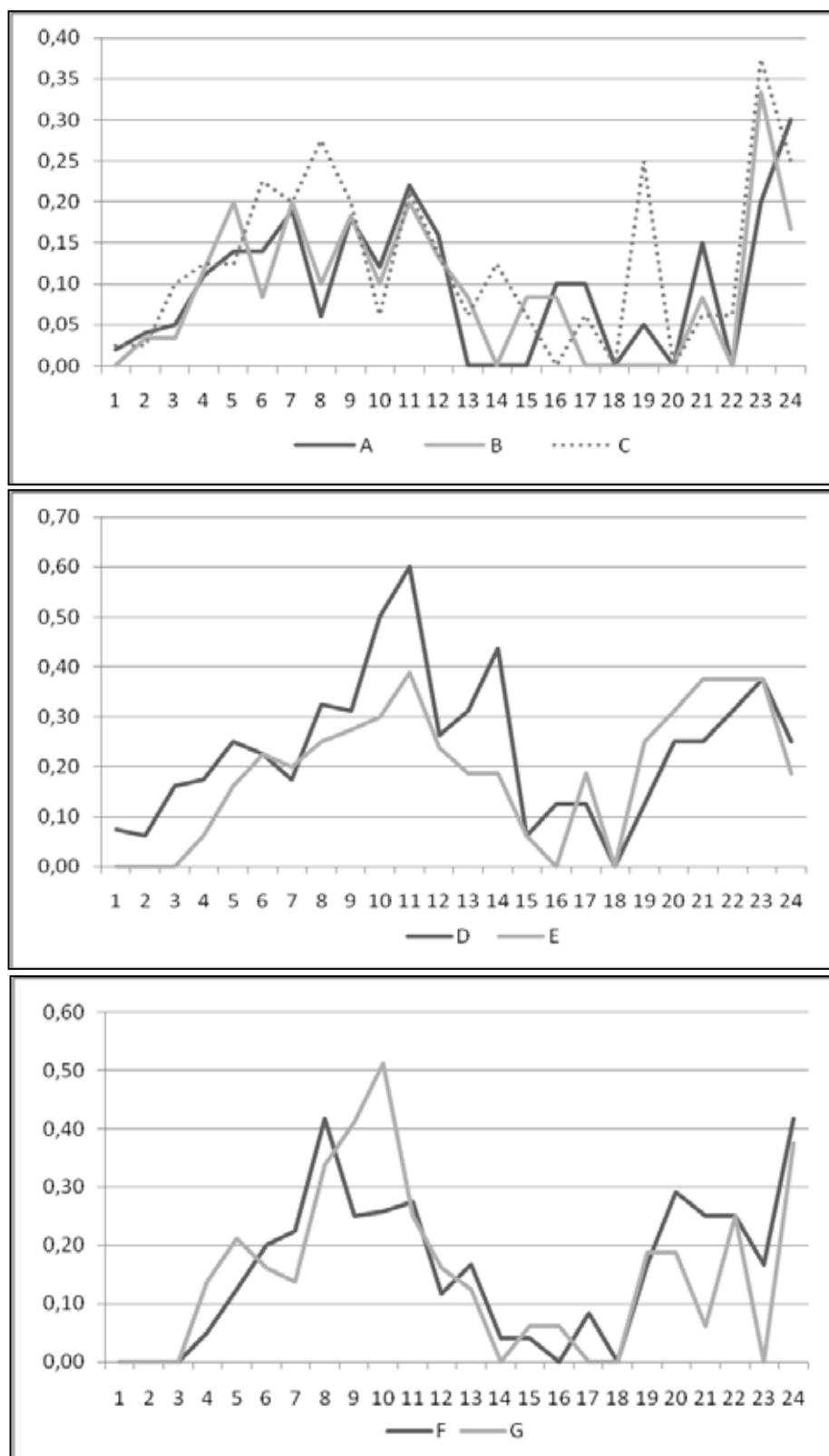
O gráfico da Figura 49 relaciona os totais de precipitação e as médias das taxas de erosão laminar durante os vinte e quatro meses de monitoramento.

Figura 49 – Gráfico da relação entre os índices de precipitação e as taxas de erosão laminar.



Os gráficos da Figura 50 apresentam as médias das taxas de erosão de borda nas vinte e quatro medições por grupos de ravinas. Nota-se que as maiores taxas de erosão linear são apresentadas pelas ravinas “D”, “F” e “G”.

Figura 50 – Médias das taxas de erosão das bordas por grupos de ravinas (valores em m).



Os gráficos de regressão linear das figuras 51 e 52 mostram a tendência de relação entre os totais de precipitação e as taxas médias de erosão das bordas por ravina monitorada. Os valores das taxas médias são apresentados pela Tabela 06 em apêndice.

Figura 51 – Gráficos de regressão linear entre os totais de precipitação e as taxas médias de erosão linear nas ravinas A, B e C.

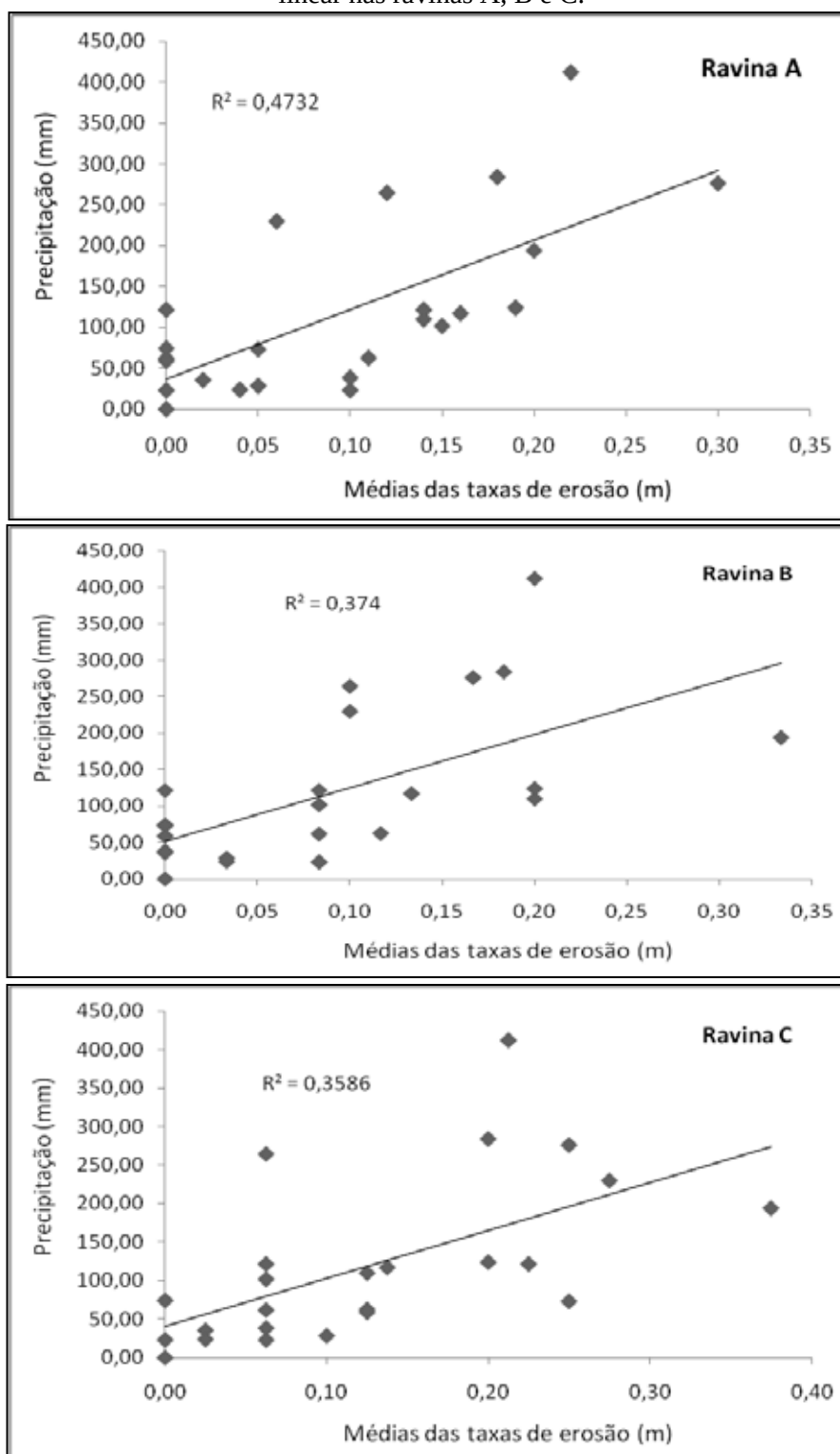
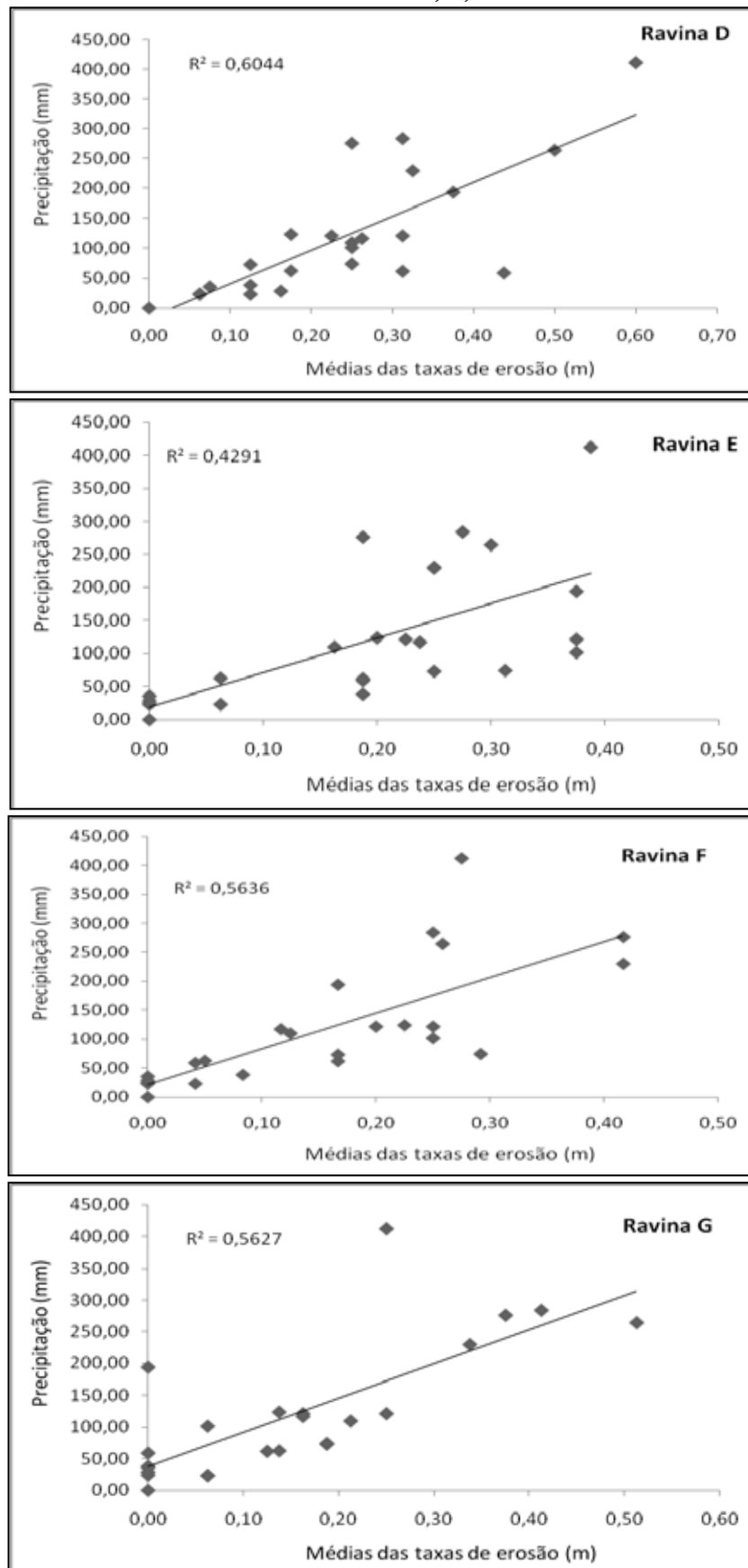


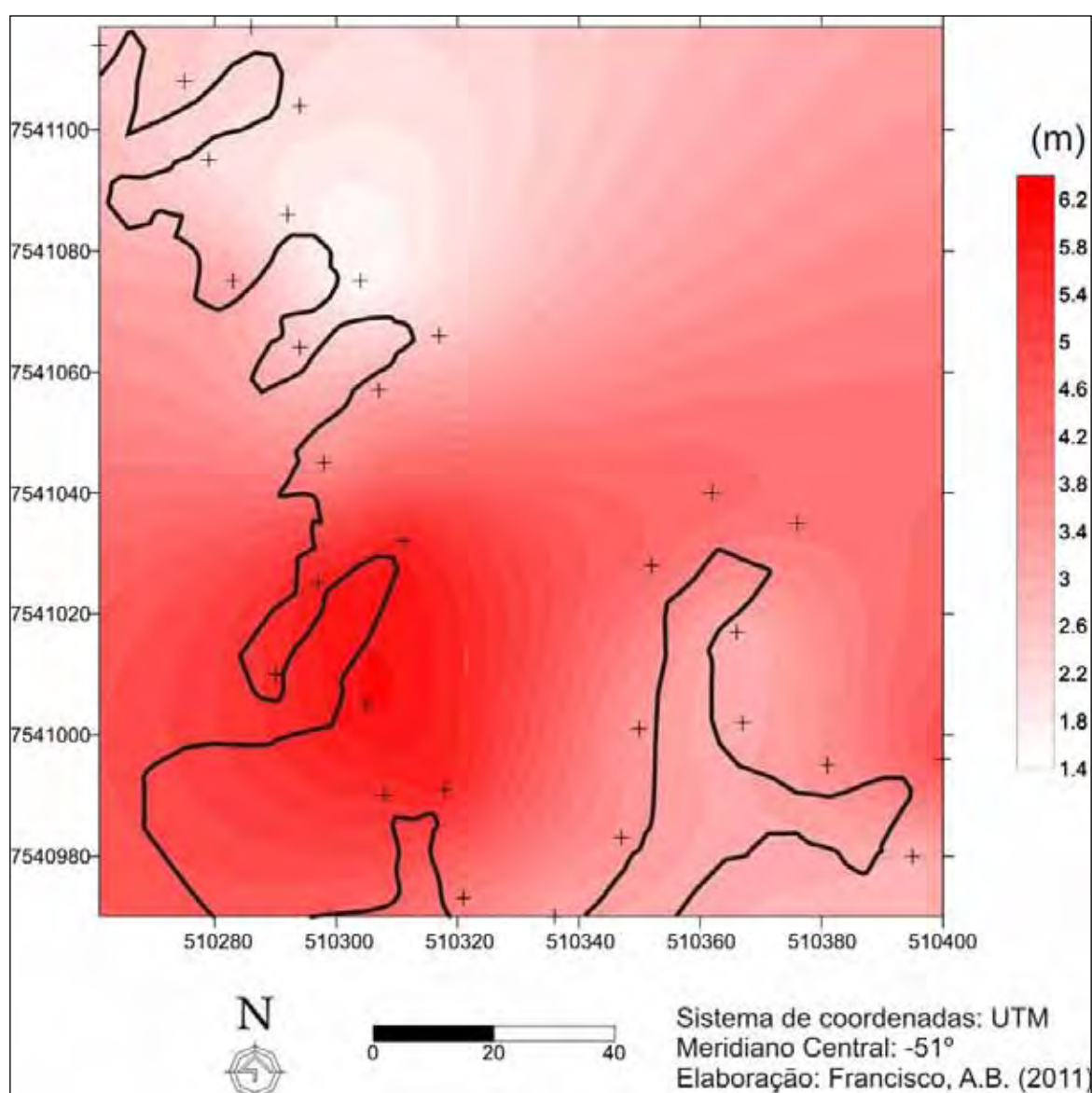
Figura 52 - Gráficos de regressão linear entre os totais de precipitação e as taxas médias de erosão linear nas ravinas D, E, F e G.



Os resultados apresentados pelos gráficos das figuras 48 e 49 mostram que as ravinas “D”, “F” e “G” apresentam valores de regressão linear (R^2) maiores que 0,5. Esta situação nos leva a considerar que as ravinas “D”, “F” e “G” apresentaram maior tendência erosiva.

A Figura 53 mostra a distribuição das taxas de erosão linear na área de monitoramento. A linha destacada representa as bordas das ravinas monitoradas durante vinte e quatro meses.

Figura 53 – Distribuição espacial das taxas de erosão linear.



A foto da Figura 54 mostra a ravina que apresentou a maior tendência erosiva durante o monitoramento.

Figura 54 – Ravina “D”.



Fonte: Francisco (jun. 2009).

Para efeito de comparação, a Tabela 03 mostra as taxas de erosão das estacas em relação à granulometria de amostras dos perfis de solo apresentados na Figura 34.

Tabela 03 - Taxas de erosão e parcelas texturais.

Estacas	Taxas de erosão linear (m)	Taxas de erosão laminar (cm)	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	Argila (g/kg)
06	3,20	07,25	783,3	25,8	190,9
11	3,25	09,00	785,6	16,6	197,8
13	5,75	13,00	817,0	31,7	151,3
17	5,45	14,75	907,5	57,6	034,9

Diante da comparação apresentada na Tabela 03, consideramos que a diferença das características texturais dos solos da área influenciam na dinâmica espacial do processo erosivo linear, devido à relação existente entre as taxas de erosão das bordas e os percentuais da fração areia na composição textural.

5.3 As contribuições da experimentação em campo para as propostas de controle do processo erosivo

Além das análises sobre a dinâmica do processo de voçorocamento na escala espacial e temporal, os experimentos em campo tiveram por objetivo indicar propostas para o controle do processo erosivo e a recuperação da área degradada.

O método de barramentos com o uso de bambus e pneus foi aplicado em uma parcela da área monitorada, cuja localização é apresentada na Figura 44. As dimensões das barreiras foram apresentadas nas figuras 12 e 16.

As barreiras foram instaladas no mês de julho de 2009, e as taxas de erosão e deposição de sedimentos, durante o período de monitoramento, são apresentadas na Tabela 07 em apêndice.

O gráfico da Figura 55 destaca que entre os meses de abril de 2010 e fevereiro de 2011 houve uma redução das taxas de erosão laminar e um aumento significativo nas taxas de deposição.

O gráfico da Figura 56 mostra as taxas de deposição e erosão laminar acumuladas durante o período de monitoramento à montante e à jusante das três barreiras.

Figura 55 – Gráfico das médias de deposição/erosão laminar à montante e à jusante das barreiras.

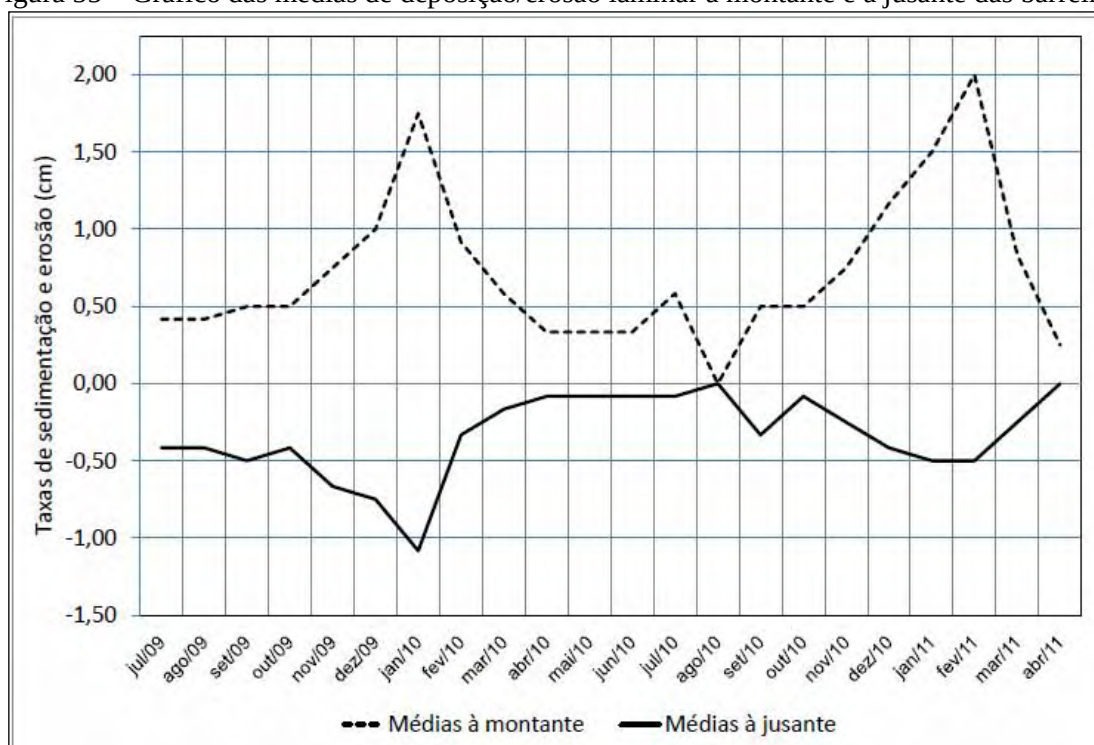
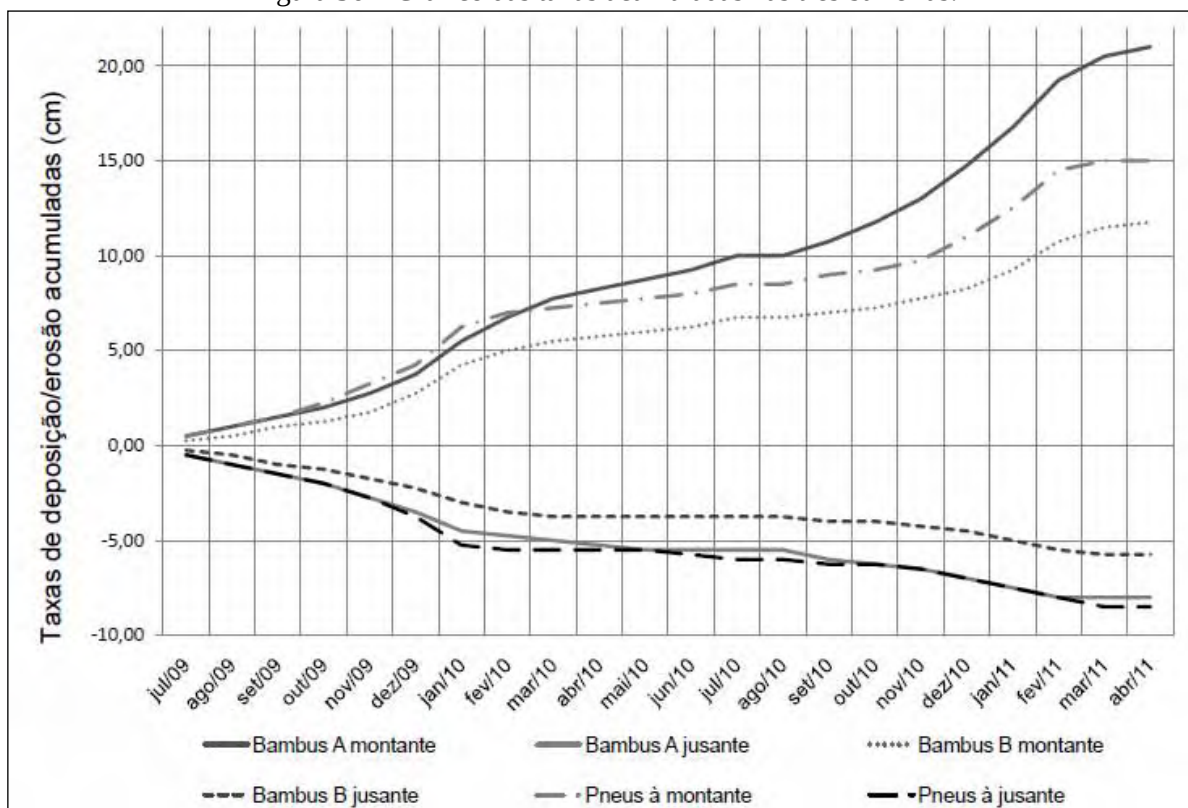
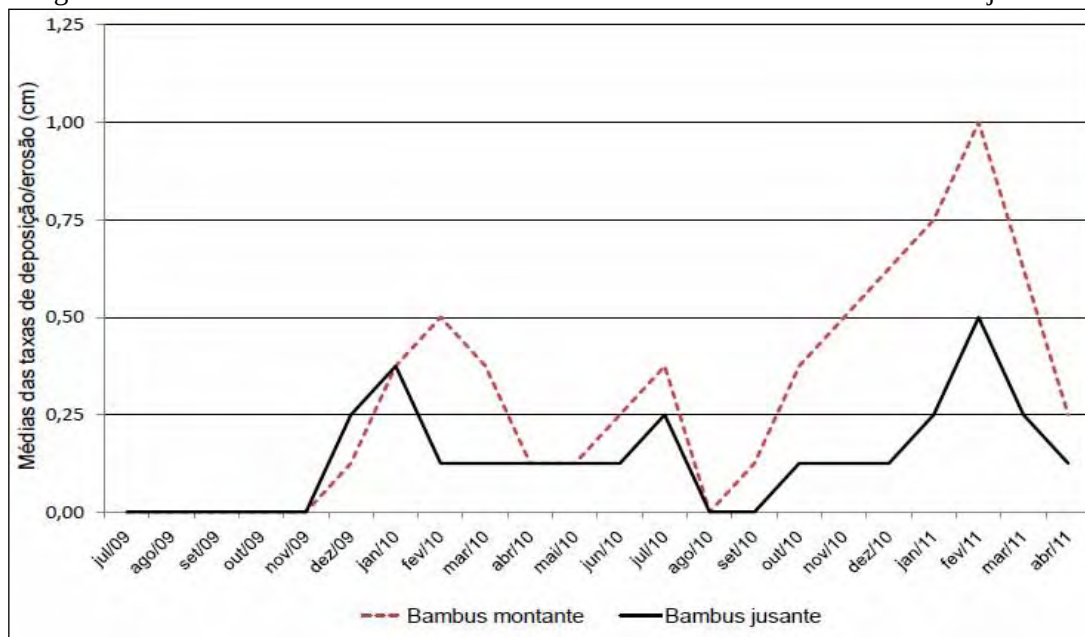


Figura 56 – Gráfico das taxas acumuladas nas três barreiras.



O gráfico da Figura 57 destaca que as taxas de erosão laminar na barreira de bambus à jusante foram menores se comparadas às taxas de erosão na barreira de bambus à montante. Isto indica que as barreiras contribuíram na queda da velocidade do escoamento superficial concentrado, e consequente tendência de estabilidade do processo erosivo linear.

Figura 57 – Gráfico das médias das taxas nas barreiras de bambus à montante e à jusante.



As fotos das figuras 58, 59 e 60 mostram as situações das barreiras seis meses após sua instalação. Nota-se que no período chuvoso as barreiras contribuíram para a diminuição do escoamento superficial, e a regeneração da cobertura vegetal na área, contribuíram para a infiltração de grande parte das águas pluviais, controlando parte do processo erosivo na área.

Figura 58 – Barreira de pneus com deposição de sedimentos e regeneração da cobertura vegetal.



Fonte: Francisco (jan. 2010).

Figura 59 – Barreira de bambus instalada na parte à montante de um canal de escoamento.



Fonte: Francisco (jan. 2010).

Figura 60 – Barreira de bambus instalada na parte à jusante de um canal de escoamento.



Fonte: Francisco (jan. 2010).

Os resultados dos métodos experimentais, na proposta de controle a curto e médio prazo, servem de apoio no planejamento para recuperação da área degradada pelo processo de voçorocamento, cujas propostas são apresentadas nas considerações finais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo dos elementos da paisagem envolvendo resultados empíricos e experimentais, a pesquisa apresentou a dinâmica do processo de voçorocamento na escala espacial e temporal, e indicou as propostas para recuperação da área degradada.

Este estudo de caso apresentou apenas um dos problemas presentes no Estado de São Paulo com o avanço das voçorocas nos espaços urbanos, sendo preocupantes os impactos causados pelos eventos em escala local.

Os resultados obtidos com o método de barramentos com pneus e bambus, na escala experimental, servem como referência para projetos de recuperação de áreas degradadas por voçorocamento, visto que estes métodos apresentam baixos custos e adaptabilidade às condições produtivas da região do Extremo Oeste Paulista.

Diante do cenário de degradação dos solos pela erosão acelerada, consideramos a necessidade de estudos que visam não apenas a quantificação da perda de solos, mas também o aprimoramento das técnicas de controle de erosão e um maior comprometimento das políticas públicas para a recuperação das áreas degradadas.

Diante de um espaço geográfico alterado pela ação humana com consequente processo de voçorocamento, a análise espaço-temporal torna possível a identificação das características ambientais das áreas de risco, principalmente em proximidade da área urbanizada, atuando na prevenção de possíveis riscos à população local e na elaboração de medidas para contenção do processo erosivo acelerado (FRANCISCO, 2008).

Na presença de inúmeras áreas degradadas por processos erosivos acelerados, o geógrafo pode atuar na identificação, análise e monitoramento de processos erosivos, conforme apresenta a Resolução nº 1.010 de 22 de agosto de 2005 do CONFEA/CREA, além de atuar nos projetos de recuperação de áreas degradadas.

Visto que o custo da recuperação é, muitas vezes, economicamente inviável pelo poder público, devemos caminhar no sentido da prevenção, através de instrumentos legais de planejamento urbano e desenvolvimento rural. Garantir um destino adequado às águas pluviais nos projetos de loteamentos urbanos, delimitar as áreas de preservação permanente, respeitar a capacidade de uso do solo na agropecuária e as práticas de educação ambiental são ações necessárias para conservarmos o solo, um dos recursos indispensáveis para a alimentação, a qualidade das águas e às atividades socioeconômicas.

Diante deste cenário de degradação de uma área de fundo de vale pelo acelerado processo de voçorocamento aponta a necessidade de pensarmos em duas questões: o problema da erosão urbana ocasionada pela falta de planejamento adequado na implantação de loteamentos e destinação adequada das águas pluviais; e o inadequado uso do solo numa área de fundo de vale.

A respeito da questão da drenagem urbana e destino das águas pluviais, no caso estudado, notamos que a implantação de galerias pluviais para escoamento das águas pluviais até o curso d'água mais próximo (Córrego do Grito) não ocorreu de forma adequada. As galerias de águas pluviais apresentadas nas fotos da Figura 36 direcionam as águas pluviais para o interior da voçoroca estudada neste trabalho.

Entretanto, ocorreram avanços recentes na legislação estadual e municipal para aprovação de loteamentos urbanos com a exigência do projeto de microdrenagem e escoamento das águas pluviais.

A respeito do controle do processo de voçorocamento e recuperação na área de uso rural, indicamos as seguintes sugestões:

- a) Isolamento da área a ser recuperada, evitando a entrada de animais para a regeneração da cobertura vegetal;
- b) Levantamento planialtimétrico e implantação adequada de terraceamento em curvas de nível e de bacias de captação das águas pluviais;
- c) Implantação de barreiras físicas (barramentos com pneus e bambus, sacos com terra, paliçadas, etc.) nos sulcos erosivos e ravinas;
- d) Seleção e plantio de espécies vegetais adequadas para a recuperação da área, principalmente em locais com solo exposto.

Devemos considerar que o controle dos processos erosivos envolve as técnicas de engenharia e gastos econômicos em curto e médio prazo. Entretanto, a recuperação das áreas degradadas envolve não apenas a aplicação destas técnicas de engenharia, mas também as políticas públicas na legislação sobre o zoneamento e a ocupação do solo urbano, a delimitação das áreas de preservação permanente, o correto manejo do solo nas áreas rurais, e as práticas de educação ambiental.

7. REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. As boçorocas de Franca. **Revista da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Franca**, Franca, n.2, v.1, p.5-27, 1968.

AB'SABER, A. N. Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, n.18, 1969.

ALMEIDA FILHO, G. S.; GOUVEIA, M.I.F.; CANIL, K. **Mapa de suscetibilidade à erosão no estado de São Paulo**. São Paulo: IPT/DAEE, 1997.

AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. *Piping* em área de voçorocamento, Noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 7, n.1, 2006, p.09-18.

BACCARO, C. A. D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado, Uberlândia, MG**. São Paulo: Edusp, 1990.

BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do Cerrado. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p.195-227.

BACELLAR, L. A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá. Ouro Preto, MG**. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 4.ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BERTRAND, G. Paisaje y Geografía física global. In: MENDOZA, J. G. et al. **El pensamiento geográfico**. Madri: Alianza, 1982, p.465-469.

BOIN, M. N. **Chuvras e erosões no Oeste Paulista: uma análise climatológica aplicada**. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2000.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas.** Boletim Técnico 106, Instituto Agrônomo de Campinas, 2009.

CARVALHO, J. C.; FARIAS, R.; PALMEIRA, E. M.; FERREIRA, C. A. B. Técnica de baixo custo para controle e recuperação de ravinas e voçorocas com análise da influência de barramentos na estabilidade de taludes. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 8., **Anais...** São Paulo: ABGE, 2009. CD-ROM.

CASSETI, V. **Estudos dos efeitos morfodinâmicos pluviais no planalto de Goiânia-GO.** Tese de Doutorado, 1983.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo.** São Paulo: Contexto, 1991.

CASSETI, V. **Geomorfologia.** Disponível em: <http://www.funape.org.br>. Acesso: 10/10/2009.

CASTRO, S. S. Micromorfologia de solos aplicada ao diagnóstico de erosão. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (org.) **Erosão e conservação dos solos: conceito, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 127-163, 1999.

CONFEA. Resolução nº 1.010 de 22 de agosto de 2005. **Diário Oficial da União.** Data de publicação: 21 de setembro de 2005.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Controle de erosão:** bases conceituais e técnicas, diretrizes para planejamento urbano e regional, orientações para o controle de voçorocas urbanas. 2.ed. DAEE/IPT, 1990.

DE PLOEY, J.; GABRIELS, D. Measuring soil loss and experimental studies. In: KIRKBY, M.J.; MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion**, Londres: Editora Wiley and Sons Ltda., 1980, p.63-108.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Forma de controle da erosão linear.** Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br> Acesso em: 15/12/2009.

FARIAS, R.C.; CARVALHO, J.M.; PALMEIRA, E.M. Sistema de barramentos para recuperação de voçorocas. In: CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUZA, N. M.; MELO, M. T. S. (org.) **Processos erosivos no Centro-Oeste Brasileiro.** Brasília: Finatec, 2006, v.1, p. 387-425

FENDRICH, R.; OBLADEN, N.L.; AISSE, M.M.; GARCIAS, C.M. (orgs.) **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4.ed. Curitiba: Champagnat, p.15-49, 1997.

FLORIO, F.D.; QUEIROZ, L.M. **Alguns aspectos da segregação socioespacial no município de Rancharia-SP**: uma análise das áreas de ocupação irregular nos loteamentos Vila das Flores e Jardim Universitário. Trabalho de conclusão (Bacharelado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2006.

FONZAR, C.B. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta Sorocabana**: um teste aplicado à Presidente Prudente. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1981.

FRANCISCO, A.B. **Estudo espaço-temporal do processo de voçorocamento em área do perímetro urbano da cidade de Rancharia-SP**. Trabalho de Conclusão (Graduação em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2008.

FRANCISCO, A.B.; NUNES, J.O.R.; TOMMASELLI, J.T.G. A dinâmica espaço-temporal do processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia-SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n.01, p.49-56, 2010.

FREIRE, O.; GODOY, M. C. T. F.; CARVALHO, W. A. Erodibilidade de alguns solos do oeste do estado de São Paulo. **Revista de Geografia**, São Paulo, n.11, p.77-87, 1992.

FURLANI, G.M. As boçorocas de Casa Branca e seu significado geomorfológico. **Geomorfologia**, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1969, p. 12-15.

GUERRA, A.J.T. **Soil characteristics and erosion with particular reference to organic matter content**. Tese de Doutorado, Universidade de Londres, 1991.

GUERRA, A.J.T. A erosão de solos no contexto social. **Anuário do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 14-23, 1994.

GUERRA, A.J.T. Encostas e a Questão Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (orgs.) **A questão ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, p. 191-218.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.139-155, 1996.

GUERRA, A.J.T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, Universidade de São Paulo, n.16, p.32-37, 2005.

GUERRA, A. T. **Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1978.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta base. Município de Rancharia**. Rio de Janeiro: Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República. Escala: 1/50.000. 1974.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Pedologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1: 500.000. São Paulo: IPT, vol. I, 1981, (Publicação IPT 1.184).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT/DAEE, 1989.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Síntese**. São Paulo: IPT/DAEE. (Relatório nº 36.071), 1997.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diagnóstico e proposição de medidas emergenciais e corretivas para 03 erosões de grande porte, localizadas no perímetro urbano do município de Rancharia (SP)**. São Paulo: IPT (Parecer técnico nº 7.146), 1997.

LEAL, A.C.; GOULART, A.L. Gerenciamento de recursos hídricos e controle de erosão: a atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas da vertente paulista da bacia do Rio

Paranapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 8., **Anais...** São Paulo: ABGE, 2009. CD-ROM.

LEMOS, R.C.; SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação do solo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LEITE, J.F. **A Alta Sorocabana e o espaço polarizado de Presidente Prudente**. (Tese de Doutorado), Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Presidente Prudente, 1972.

MAFRA, N.M.C. Erosão e planificação de uso do solo. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p.301-323.

MAGALHÃES, R.A. Erosão: definições, tipos e formas de controle. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., **Anais...** Goiânia, ABGE, 2001, CD-ROM.

NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente - SP**. Tese (Doutorado em Geografia), Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2002.

OLIVEIRA, A.M.S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios**: exemplo do reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1994.

OLIVEIRA, A.M.S.; BRANNSTROM, C.; NOLASCO, M.C.; PEDOGGIA, A.U.G.; PEIXOTO, M.N.O.; COLTRINARI, L. Tecnógeno: registros da ação geológica do homem. In: OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E.; SUGUIO, K.; SOUZA, C. R. G. (orgs.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005, p.363-377.

OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N. de; ROSSI, M.; FILHO, B. C. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Escala: 1: 500.000, Campinas: Instituto Agrônômico; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

OLIVEIRA, M.A.T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.57-99, 1999.

PASSOS, M.M. A conceituação da paisagem. **Formação**, Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, Presidente Prudente, n.7, p.131-143, 2000.

PEREZ FILHO, A.; QUARESMA, C.C. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. In: II ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GEOMORFOLOGIA E VII SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. **Anais...**, Belo Horizonte, 2008.

PERUSI, M.C. **Alterações antrópicas de Argissolos decorrentes do uso e manejo e reflexos da densidade demográfica do município de Anhumas-SP**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), FCA/UNESP, 2001.

PRANDI, E.C.; MODAELLI, S.D.O.; SABBAG, E.G.; FELIX, U.T.; CARNESSECA, L.F. Controle das erosões urbanas no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 8., **Anais...** São Paulo: ABGE, 2009. CD-ROM.

PRANDINI, F.L. **Occurrence of “boçorocas” in Southern Brazil: Geological conditioning of environmental degradation**. São Paulo: IPT, Publicação n. 1038, 1975.

RANCHARIA. PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE RANCHARIA. **Levantamento Planialtimétrico – Voçoroca**. Secretaria de Obras e Urbanismo. Escala 1:500, 27 fev. 1998.

PROENÇA, A.C.B. **A questão da terra urbana no município de Rancharia: uma contribuição às famílias faveladas**. Trabalho de Conclusão (Graduação em Geografia), Presidente Prudente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 1999.

REYNOLDS, W. D.; ELRICK, D. E. In situ measurement of field-saturated hydraulic conductivity, sorptivity, and the α - parameter using the Guelph Permeameter. **Soil Science**, Baltimore, v. 140, n. 4, p. 292-302, 1985.

RODRÍGUEZ, J.M.M. Geografia das paisagens, geoecologia e planejamento ambiental. **Formação**, n.10, v.1, 2003, p.09-27.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.10, p.41-56, 1996.

ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E. T.; FACHINELLO, A.; CÂNDIDO, L.A.; SUERTEGARAY, D.M.A. (orgs.) **Terra: feições ilustradas**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

SALA, M. Metodología para el estudio y medición de los procesos de erosión actuales. **Notes de Geografía Física**. Barcelona, n. 08, p.39-56, 1982.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G. (orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999, p.229-267.

SANTOS, M. O espaço geográfico, um híbrido. In: **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Edusp, p.89-110, 2002.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico: uno e múltiplo. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; BASSO, L.; VERDUM, R. (orgs.) **Ambiente e lugar no urbano: a Grande Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000, p.13-34.

SUERTEGARAY, D.M.A. A subordinação que recria e reinventa a natureza. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE GEÓGRAFOS, 10., **Anais...** São Paulo, 2005.

SUERTEGARAY, D.M.A; NUNES, J. O. R. A natureza da Geografia Física na Geografia. **Terra Livre**, São Paulo, n.17, p.11-23, 2001.

TOMMASELLI, J.T.G.; FREIRE, O. e CARVALHO, W. A. Erosividade da chuva na região oeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Campinas, n. 7, p. 269-276, 1999.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TROLL, C. El paisaje geográfico y su investigación. In: MENDOZA, J. G. et al. **El pensamiento geográfico**. Madrid: Alianza Editorial, 1982, p. 323-329.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. Soil and water manegement planning. **International Association Scientific Hidrology**, n. 59, p.148-159, 1962.

ZOCCAL, J.C. **Caderno de estudos em conservação do solo e água**. Presidente Prudente: CODASP, n.1, v.1, 2007.

Tabela 04 – Taxas de erosão das bordas.

Estaca	Medições (m)													
	01 ^a	02 ^a	03 ^a	04 ^a	05 ^a	06 ^a	07 ^a	08 ^a	09 ^a	10 ^a	11 ^a	12 ^a		
01	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,15	0,25		
02	0,00	0,00	0,00	0,15	0,20	0,30	0,25	0,05	0,00	0,10	0,25	0,15		
03	0,00	0,00	0,15	0,10	0,10	0,10	0,25	0,00	0,25	0,25	0,25	0,15		
04	0,10	0,10	0,10	0,20	0,30	0,00	0,20	0,00	0,25	0,00	0,25	0,15		
05	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,15	0,00	0,20	0,10		
06	0,00	0,10	0,10	0,10	0,15	0,25	0,20	0,10	0,15	0,10	0,30	0,15		
07	0,00	0,00	0,00	0,15	0,25	0,00	0,30	0,10	0,20	0,10	0,15	0,15		
08	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,00	0,10	0,10	0,20	0,10	0,15	0,10		
09	0,10	0,10	0,15	0,00	0,00	0,25	0,10	0,35	0,25	0,00	0,20	0,10		
10	0,00	0,00	0,25	0,15	0,10	0,25	0,30	0,00	0,15	0,00	0,25	0,15		
11	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,25	0,20	0,50	0,15	0,00	0,15	0,10		
12	0,00	0,00	0,00	0,15	0,20	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,20		
13	0,10	0,10	0,20	0,10	0,25	0,20	0,00	0,35	0,35	0,25	0,55	0,25		
14	0,00	0,00	0,15	0,20	0,25	0,20	0,20	0,35	0,35	0,65	0,60	0,30		
15	0,20	0,15	0,10	0,15	0,20	0,25	0,20	0,35	0,30	0,35	0,75	0,30		
16	0,00	0,00	0,20	0,25	0,30	0,25	0,15	0,25	0,25	0,35	0,50	0,20		
17	0,00	0,00	0,00	0,15	0,20	0,20	0,30	0,35	0,45	0,50	0,60	0,20		
18	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,30	0,20	0,25	0,15	0,25	0,75	0,25		
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,20	0,10	0,15	0,25	0,20	0,10	0,35		
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,10	0,15		
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,15	0,15	0,55	0,15	0,25	0,10	0,10		
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,20	0,25	0,75	0,15	0,15	0,15	0,15		
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,25	0,20	0,45	0,15	0,20	0,25	0,00		
24	0,00	0,00	0,00	0,20	0,30	0,25	0,25	0,25	0,45	0,30	0,45	0,15		
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,25	0,25	0,25	0,35	0,45	0,55	0,15		
26	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10	0,25	0,25	0,25	0,20	0,15	0,15		
27	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10	0,20	0,10	0,20	0,35	0,30	0,25	0,25		
28	0,00	0,00	0,00	0,20	0,30	0,10	0,00	0,25	0,35	0,45	0,25	0,25		
29	0,00	0,00	0,00	0,15	0,20	0,20	0,30	0,45	0,50	0,55	0,35	0,15		
30	0,00	0,00	0,00	0,10	0,25	0,15	0,15	0,45	0,45	0,75	0,15	0,00		
Média das taxas de erosão (m)	0,02	0,02	0,05	0,11	0,17	0,18	0,19	0,26	0,26	0,27	0,31	0,17		
Totais pluviométricos (mm)	35,6	23,8	28,4	62,6	109,8	121,4	123,8	229,6	283,7	264,2	411,6	117,0		

Tabela 04 – Taxas de erosão das bordas (continuação)

	Medições (m)													Totais por estaca (m)
Estaca	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª	20ª	21ª	22ª	23ª	24ª		
01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	2,55	
02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,25	2,45	
03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	2,35	
04	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	2,15	
05	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,25	0,50	2,15	
06	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,50	0,50	3,20	
07	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	1,90	
08	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	1,55	
09	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	2,60	
10	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,25	2,60	
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,25	3,25	
12	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	3,65	
13	0,50	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	5,75	
14	0,25	0,50	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,00	0,25	0,50	0,25	5,75	
15	0,25	0,50	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,50	0,25	6,05	
16	0,25	0,50	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,50	0,25	0,25	0,25	5,45	
17	0,25	0,50	0,25	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,50	0,25	0,25	0,00	5,45	
18	0,50	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,25	0,50	0,25	5,70	
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,25	0,25	0,50	0,50	0,25	4,00	
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,25	0,50	0,25	0,25	3,25	
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,25	0,50	0,50	0,00	0,50	3,55	
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,25	0,00	0,50	3,45	
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,25	0,50	0,50	0,50	4,35	
24	0,50	0,25	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	4,35	
25	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,25	0,25	0,00	0,25	0,25	4,10	
26	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,25	0,50	2,95	
27	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,50	0,00	0,25	3,10	
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25	0,50	0,00	0,50	3,65	
29	0,50	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,25	4,85	
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	2,95	
Média das taxas de erosão (m)	0,13	0,11	0,05	0,05	0,08	0,00	0,15	0,16	0,18	0,18	0,27	0,34		
Totais pluviométricos (mm)	61,8	59,0	23,0	23,2	38,4	0,00	73,0	74,2	101,6	121,4	193,8	275,9		

Tabela 05 – Taxas de erosão laminar.

Estaca	Medições (cm)											
	01 ^a	02 ^a	03 ^a	04 ^a	05 ^a	06 ^a	07 ^a	08 ^a	09 ^a	10 ^a	11 ^a	12 ^a
01	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,50	1,00	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50
02	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	1,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,50
03	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50	1,00	1,00	0,50
04	0,00	0,00	0,25	0,50	1,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	1,00	0,50
05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00
06	0,00	0,00	0,25	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,50
07	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,00	1,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50
08	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	2,00
09	0,50	0,25	0,25	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,50	0,00	0,50	0,00
10	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50
11	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	2,00	0,00	0,00	0,50	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,25	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50
13	0,25	0,25	0,25	0,25	1,00	0,50	0,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00
14	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50
15	0,50	0,50	0,25	0,25	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	2,00	0,50
16	0,00	0,00	0,50	1,25	1,50	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	1,50	0,00
17	0,50	0,00	0,00	0,25	0,50	0,50	1,00	1,00	1,50	1,50	1,50	0,00
18	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	1,00	0,50	0,50	0,00	0,00	3,50	0,00
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,00	0,50	1,00	1,00	0,00	1,50
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	1,00	1,00	0,00	0,50
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,50	1,00	1,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	1,50	0,00	1,00	0,50	0,00
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,50	1,50	0,00	1,00	1,50	0,00
24	0,00	0,00	0,00	0,20	1,25	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	2,50	0,00
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	2,50	1,50
26	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	1,50	0,50	1,50
27	0,00	0,00	0,00	0,25	0,50	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	1,50	0,50
28	0,00	0,00	0,00	0,25	1,25	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	1,50	1,50
29	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	2,00	0,50
30	0,00	0,00	0,00	0,25	1,25	0,50	0,50	1,00	0,00	1,50	0,00	0,00
Médias de erosão laminar (cm)	0,06	0,03	0,10	0,22	0,53	0,45	0,58	0,72	0,65	0,73	1,05	0,55
Totais pluviométricos (mm)	35,6	23,8	28,4	62,6	109,8	121,4	123,8	229,6	283,7	264,2	411,6	117,0

Tabela 05 – Taxas de erosão laminar (continuação)

Estaca	Medições (cm)												Totais por estaca (cm)
	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª	20ª	21ª	22ª	23ª	24ª	
01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	07,25
02	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	1,00	07,75
03	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	06,75
04	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	07,75
05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,50	1,50	0,50	0,50	07,50
06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	0,50	0,50	07,25
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	0,00	1,00	1,00	06,75
08	0,00	0,50	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	1,00	0,50	1,00	1,00	09,75
09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	1,00	0,50	1,50	1,00	1,00	09,50
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,50	1,00	1,00	08,50
11	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	09,00
12	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	10,75
13	0,50	0,00	0,50	0,50	1,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,50	1,00	13,00
14	1,00	1,00	0,50	0,50	1,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	1,00	17,50
15	1,50	2,00	1,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,50	0,50	18,00
16	1,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,00	1,50	1,00	1,50	0,00	0,50	0,50	17,75
17	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,50	0,50	0,50	1,00	14,75
18	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	0,50	1,50	1,00	11,75
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	1,00	1,00	1,00	08,75
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	1,00	1,00	08,00
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,50	0,50	06,00
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	07,50
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	1,00	0,50	0,50	0,50	08,75
24	1,50	1,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	12,45
25	1,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	1,00	12,25
26	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	1,00	09,25
27	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,00	1,00	0,00	0,50	1,00	1,00	0,50	10,25
28	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	09,50
29	1,50	1,00	0,50	0,50	0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	1,00	15,50
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	09,00
Médias de erosão laminar (cm)	0,37	0,32	0,20	0,08	0,22	0,00	0,40	0,38	0,53	0,58	0,70	0,82	
Totais pluviométricos (mm)	61,80	59	23	23,2	38,4	0,00	73,0	74,20	101,6	121,4	193,8	275,9	

Tabela 06 – Média das taxas de erosão linear por ravinas (m).

Medições	A	B	C	D	E	F	G
01 ^a	0,02	0,00	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00
02 ^a	0,04	0,03	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00
03 ^a	0,05	0,03	0,10	0,16	0,00	0,00	0,00
04 ^a	0,11	0,12	0,13	0,18	0,06	0,05	0,14
05 ^a	0,14	0,20	0,13	0,25	0,16	0,13	0,21
06 ^a	0,14	0,08	0,23	0,23	0,23	0,20	0,16
07 ^a	0,19	0,20	0,20	0,18	0,20	0,23	0,14
08 ^a	0,06	0,10	0,28	0,33	0,25	0,42	0,34
09 ^a	0,18	0,18	0,20	0,31	0,28	0,25	0,41
10 ^a	0,12	0,10	0,06	0,50	0,30	0,26	0,51
11 ^a	0,22	0,20	0,21	0,60	0,39	0,28	0,25
12 ^a	0,16	0,13	0,14	0,26	0,24	0,12	0,16
13 ^a	0,00	0,08	0,06	0,31	0,19	0,17	0,13
14 ^a	0,00	0,00	0,13	0,44	0,19	0,04	0,00
15 ^a	0,00	0,08	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06
16 ^a	0,10	0,08	0,00	0,13	0,00	0,00	0,06
17 ^a	0,10	0,00	0,06	0,13	0,19	0,08	0,00
18 ^a	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19 ^a	0,05	0,00	0,25	0,13	0,25	0,17	0,19
20 ^a	0,00	0,00	0,00	0,25	0,31	0,29	0,19
21 ^a	0,15	0,08	0,06	0,25	0,38	0,25	0,06
22 ^a	0,00	0,00	0,06	0,31	0,38	0,25	0,25
23 ^a	0,20	0,33	0,38	0,38	0,38	0,17	0,00
24 ^a	0,30	0,17	0,25	0,25	0,19	0,42	0,38
Σ	2,33	2,22	3,03	5,75	4,60	3,79	3,64

Tabela 07 – Taxas de deposição e erosão laminar nos canais de escoamento (cm).

Barreiras	Bambus montante		Bambus jusante		Pneus		Precipitação (mm)
Medições	I	II	III	IV	V	VI	
Jul./09	0,50	-0,50	0,25	-0,25	0,50	-0,50	109,8
Ago./09	0,50	-0,50	0,25	-0,25	0,50	-0,50	121,4
Set./09	0,50	-0,50	0,50	-0,50	0,50	-0,50	123,8
Out./09	0,50	-0,50	0,25	-0,25	0,75	-0,50	229,6
Nov./09	0,75	-0,75	0,50	-0,50	1,00	-0,75	283,7
Dez./09	1,00	-0,75	1,00	-0,50	1,00	-1,00	264,2
Jan./10	1,75	-1,00	1,50	-0,75	2,00	-1,50	411,6
Fev./10	1,25	-0,25	0,75	-0,50	0,75	-0,25	117,0
Mar./10	1,00	-0,25	0,50	-0,25	0,25	0,00	061,8
Abr./10	0,50	-0,25	0,25	0,00	0,25	0,00	059,0
Mai./10	0,50	-0,25	0,25	0,00	0,25	0,00	023,0
Jun./10	0,50	0,00	0,25	0,00	0,25	-0,25	023,2
Jul./10	0,75	0,00	0,50	0,00	0,50	-0,25	038,4
Ago./10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	000,0
Set./10	0,50	-0,50	0,25	-0,25	0,50	-0,25	073,0
Out./10	1,00	-0,25	0,25	0,00	0,25	0,00	074,2
Nov./10	1,25	-0,25	0,50	-0,25	0,50	-0,25	101,6
Dez./10	1,75	-0,50	0,50	-0,25	1,25	-0,50	121,4
Jan./11	2,00	-0,50	1,00	-0,50	1,50	-0,50	193,8
Fev./11	2,25	-0,50	1,50	-0,50	2,00	-0,50	275,9
Mar./11	1,25	0,00	0,75	-0,25	0,50	-0,50	091,4
Abr./11	0,50	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	034,8
Σ (cm)	19,25	-8,00	10,75	-5,50	14,50	-8,00	2832,6

Obs.: os valores positivos representam taxas de deposição e os valores negativos representam as taxas de erosão laminar.

Tabela 08 - Ensaio de permeabilidade do 1º ponto com altura $H_1 = 05$ cm.

Nº Leitura	TEMPO	INTERVALO DE TEMPO (min)	NÍVEL DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO (cm)	DIFERENÇA DO NÍVEL DE ÁGUA (cm)	TAXA DE QUEDA D' ÁGUA (cm/s)
1	0	-	01,0	-	-
2	2	2	05,6	4,6	-
3	4	2	10,7	5,1	-
4	6	2	15,6	4,9	-
5	8	2	20,5	4,9	-
6	10	2	25,2	4,7	-
7	12	2	30,2	5,0	0,41667
8	14	2	35,2	5,0	0,41667
9	16	2	40,2	5,0	0,41667
10	18	2	45,2	5,0	0,41667

Tabela 09 - Ensaio de permeabilidade do 1º ponto com altura $H_1 = 10$ cm.

Nº Leitura	TEMPO	INTERVALO DE TEMPO (min)	NÍVEL DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO (cm)	DIFERENÇA DO NÍVEL DE ÁGUA (cm)	TAXA DE QUEDA D' ÁGUA (cm/s)
1	0	-	02,0	-	-
2	2	2	12,3	5,15	-
3	4	2	21,7	4,70	-
4	6	2	29,1	3,70	-
5	8	2	36,4	3,65	0,060833
6	10	2	43,7	3,65	0,060833
7	12	2	51,0	3,65	0,060833
8	14	2	58,3	3,65	0,060833

Tabela 10 - Ensaio de permeabilidade do 2º ponto com altura $H_1 = 05$ cm.

Nº LEITURA	TEMPO	INTERVALO DE TEMPO (min)	NÍVEL DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO (cm)	DIFERENÇA DO NÍVEL DE ÁGUA (cm)	TAXA DE QUEDA D' ÁGUA (cm/s)
1	0	-	02,0	-	-
2	2	2	17,5	15,5	0,129167
3	4	2	33,0	15,5	0,129167
4	6	2	48,5	15,5	0,129167

Tabela 11 - Ensaio de permeabilidade do 2º ponto com altura $H_1 = 10$ cm.

Nº LEITURA	TEMPO	INTERVALO DE TEMPO (min)	NÍVEL DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO (cm)	DIFERENÇA DO NÍVEL DE ÁGUA (cm)	TAXA DE QUEDA D' ÁGUA (cm/s)
1	0	-	02,0	-	-
2	2	2	15,8	13,8	-
3	4	2	37,1	21,3	0,1775
4	6	2	58,4	21,3	0,1775
5	8	2	79,7	21,3	0,1775

Tabela 12 – Índices pluviométricos diários referentes ao ano de 2009. (Valores em mm).

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
01	6,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2
02	24,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0
03	29,8	19,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6
04	0,4	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	0,0	0,0	0,0
05	45,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,4	0,0	6,4	0,0
06	4,2	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0
07	0,0	0,0	2,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	4,4	14,2	2,2
08	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	27,2	0,0
09	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	5,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2
11	50,8	16,8	5,0	0,0	0,0	3,4	34,8	0,0	0,0	0,0	1,8	2,2
12	0,4	0,0	16,2	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	29,6	0,0	7,0
13	0,0	0,0	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6
14	30,6	0,0	0,0	2,4	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	87,6	24,4	0,0
16	0,0	17,0	0,2	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	10,2	6,0	0,0
17	55,2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	1,4	0,0	30,6
18	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,8	0,0	5,8	0,0	0,6
19	41,4	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,2	32,8	58,6	0,0	0,0
20	0,6	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4	0,0	0,0	0,0	0,0
21	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,8	0,0	6,6	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	17,0	91,0	1,4
23	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	12,2	26,8	0,0	14,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	33,0	0,0	0,0	13,0	0,0	28,2
25	1,2	41,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4
26	13,0	0,8	0,0	0,0	10,2	4,0	6,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,0
27	54,4	2,6	0,0	0,0	0,0	24,8	0,0	0,0	0,0	0,0	14,8	5,4
28	23,2	3,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	8,2	2,2
29	27,6	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	101,2
30	9,6	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	27,0
31	1,0	-	0,0	-	4,6	-	0,0	0,0	-	0,0	-	6,2
Σ	432,0	117,2	35,6	23,8	28,4	62,6	109,8	121,4	123,8	229,6	310,2	264,2

Fonte: INMET – Estação automática de Rancharia-SP (2009).

Tabela 13 – Índices pluviométricos diários referentes ao ano de 2010. (Valores em mm).

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
01	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,4
02	47,4	0,0	0,0	8,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
03	29,4	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
04	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	16,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	12,0
06	5,8	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
08	15,8	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09	22,2	21,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	0,0
10	7,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0
11	0,0	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
12	15,6	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	27,8	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4
14	7,6	5,8	2,6	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
15	2,2	15,2	4,8	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	25,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	0,0	0,0	35,4	2,8	0,0
17	22,2	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8
18	7,8	3,2	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0
19	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	0,0
21	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	12,6	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
23	48,8	0,0	0,0	35,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
24	0,0	3,0	1,2	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	8,4	0,0	0,0	49,6
25	0,0	0,0	1,1	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8
26	4,0	0,0	16,6	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,0
27	17,8	0,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,8	0,0	0,0	0,0
28	15,6	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0
29	8,2	-	0,0	5,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
30	0,0	-	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	1,0	35,0	20,4	0,0
31	1,8	-	0,0	-	2,4	-	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0
Σ	411,6	117,0	61,8	59,0	23,0	23,2	38,4	0,0	73,0	74,2	101,6	121,4

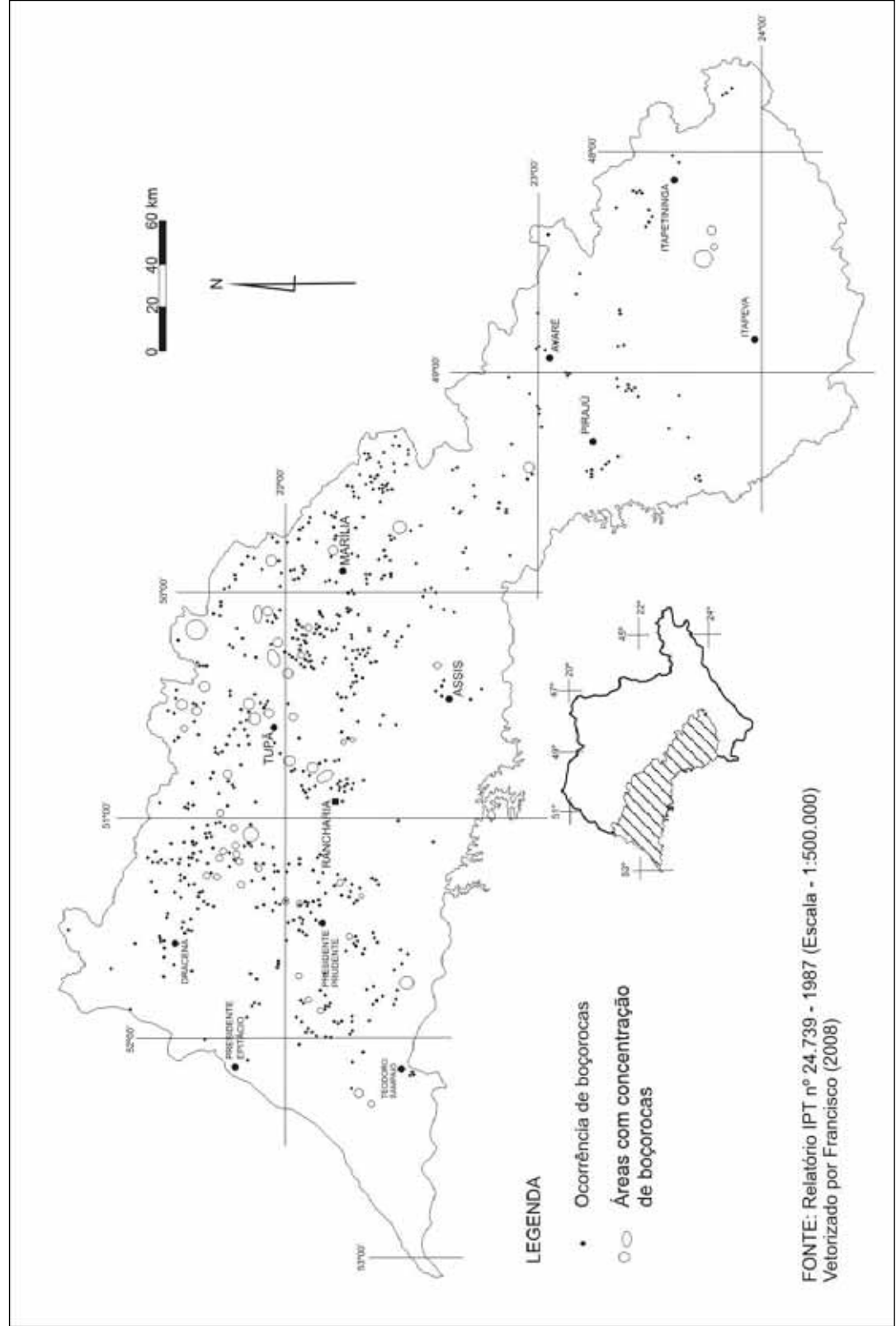
Fonte: INMET – Estação automática de Rancharia-SP (2010).

Tabela 14 – Índices pluviométricos diários referentes ao ano de 2011. (Valores em mm).

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.
01	0,0	18,6	0,0	0,0
02	44,4	4,4	3,6	7,2
03	5,8	20,0	32,2	1,4
04	13,0	16,8	3,8	10,8
05	0,6	0,0	0,0	0,0
06	0,0	0,0	4,0	0,0
07	1,4	0,0	1,4	0,0
08	34,4	0,0	0,0	0,0
09	4,6	24,8	0,0	0,0
10	0,0	12,8	0,0	0,0
11	0,0	3,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	12,5
13	0,0	53,2	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	4,4	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0
17	5,8	3,4	12,0	0,0
18	17,4	0,0	0,6	0,0
19	14,4	0,0	2,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	2,2	0,0
23	3,8	9,8	1,0	0,0
24	0,0	0,6	0,0	0,0
25	44,8	4,0	0,0	3,4
26	0,0	5,4	0,0	0,0
27	0,0	36,6	0,0	0,0
28	0,0	58,0	0,0	0,0
29	0,0	-	28,6	0,0
30	3,4	-	0,0	0,0
31	0,0	-	0,0	0,0
Σ	193,8	275,8	91,4	35,3

Fonte: INMET – Estação automática de Rancharia-SP (2011).

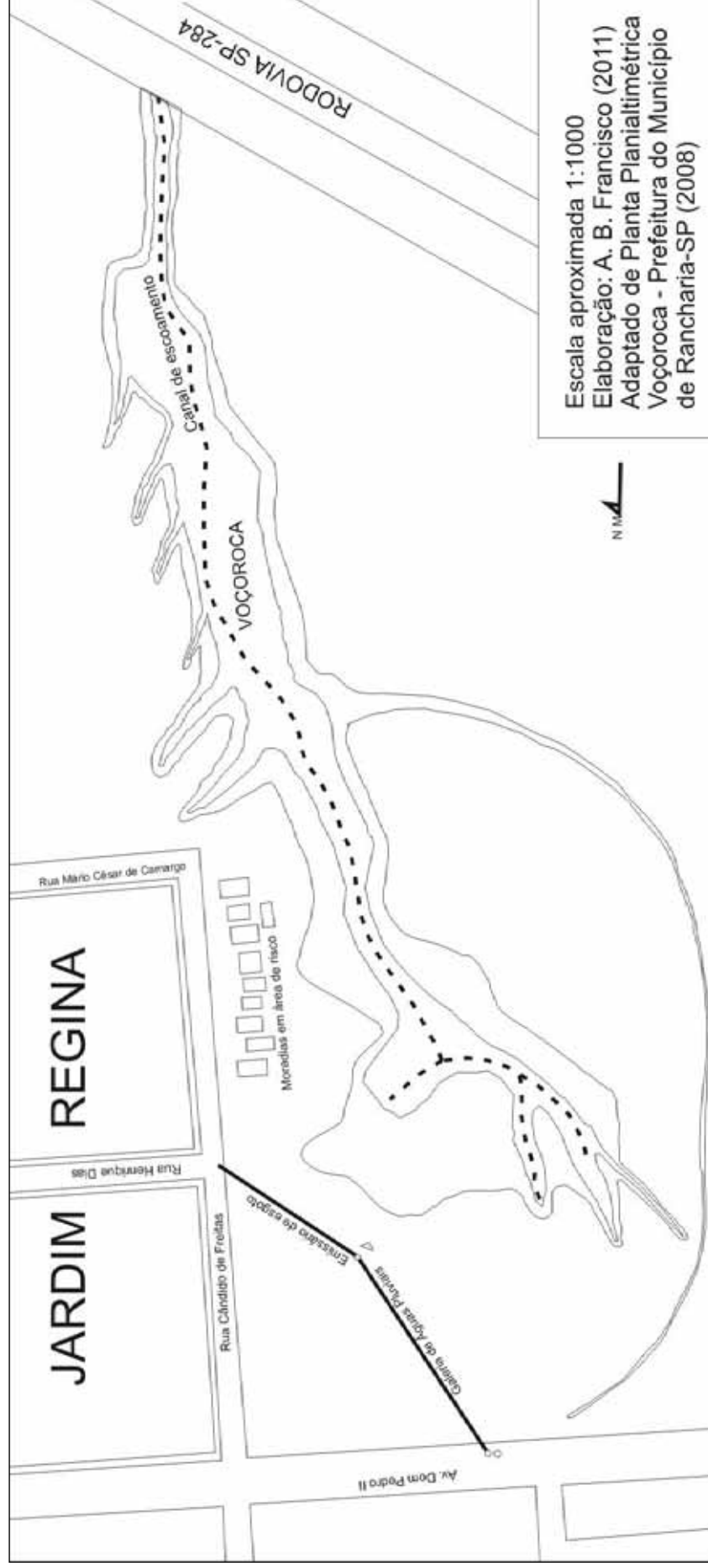
ANEXO A - Figura 61 – Mapa de ocorrência de voçorocas.



Fonte: DAEE (p. 49, 1990).

ANEXO B

Figura 62 – Planta de localização das galerias de águas pluviais.



ANEXO C – Projeto de Controle de Erosão Urbana. Fonte: Prefeitura de Rancharia (1998)



PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE RANCHARIA

Rua Marcílio Dias, 719 - CEP 19.600-000 - Centro - Rancharia - SP
C.G.C. 44.935.278/0001-26 - Fone (018) 251-1322 - Fax (018) 251-1823

APRESENTAÇÃO DE PROJETO TÉCNICO

Obra: Controle de Erosão Superficial
SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS
RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA - Controle de Erosão Periurbana

Local: Jardim Regina, Parque Maria Adelina, Jardim Universitário e Entronos
Microbacia do Rio Capivari, afluente do Paranapanema.
ENTIDADE: Prefeitura do Município de Rancharia

1. Introdução

O Presente documento tem por finalidade submeter à apreciação do SECOFEHIDRO as informações e apresentação dos projetos anexos inerentes à obra.

2. Caracterização do Problema

A área degradada pela erosão atinge parte do Córrego do Grito, em uma das nascentes do Ribeirão Rancharia, afluente do Rio Capivari, por sua vez afluente do Lago da Usina Capivara, no Rio Paranapanema. Dista 40 Km do citado lago.

Estudos realizados pelo IPT há alguns anos a pedido da CESP, detectaram partículas do solo oriundas do local nas margens do lago Capivara, como elementos somatórios de assoreamento do mesmo. Assim sendo, esse solo também é potencialmente responsável pelo assoreamento dos rios que o transporta.

A voçoroca existente no local tem cerca de 400 m de extensão e de 10 m de profundidade e garganta de 20 a 30 m entre as bordas, em constante expansão.

A bacia de contribuição envolvida no projeto consiste de uma área com aproximadamente 2.000.000 m² (200 hectares), referente aos bairros J. Universitário, Parque Maria Adelina, Jardim Regina, parte da Vila Cantizani, Jardim Europa, Jardim Europa II, Jardim Paraíso, além de parte de uma área de expansão urbana, com a drenagem e captação das águas pluviais.

Tal situação inclusive coloca em risco de desabamento moradias do Jardim Regina, além de provocar inundações em varias residências do Jardim Universitário e Parque Maria Adelina, bem como de levar à ruína diversos outros equipamentos urbanos existentes na região (redes coletoras de esgotos, redes de distribuição de água, guias, sarjetas, pavimentação).

O problema se arrasta por mais de 30 anos e em consequência do acelerado processo de urbanização, atingiu níveis críticos, ficando fora do controle exercido através de obras paliativas executadas constantemente.

Observa-se no local o desaparecimento gradativo das nascentes, com a redução da absorção e aumento de escoamento das águas superficiais, agravado pela destruição da mata ciliar, pelo desabamento e carregamento da vegetação existente.

6. Geologia e Geotecnia

A geologia do município consiste em arenitos da Formação Adamantina (grupo Bauru), na maior parte da área e basaltos da Formação Serra Geral em áreas restritas ao sul, próximo ao reservatório da Usina Capivara. Na maior parte das colinas, ocorreu latossolos vermelhos-escuros de textura média. Sua espessura e porosidade favorecem a infiltração das águas.

Estes solos passam lateralmente, de forma gradual, a solos podzólicos vermelho-amarelados de textura arenosa média cujo contraste intrínseco de permeabilidade barra a infiltração profunda das águas e promove o escoamento lateral. Abaixo das escarpas, correspondente aos solos litólicos, também ocorrem solos do tipo podzólicos, que, em algumas áreas, estão recobertas por espessos areões.

Ao pé das vertentes ocorrem solos hidromórficos, de pouco húmicos a húmicos, de textura arenosa média, em grande parte recoberta pelos depósitos tecnogênicos.

Por sua composição, este tipo de solo está sujeito à ação de processos erosivos, principalmente nas bacias de acumulação de águas pluviais.

São várias as ocorrências erosivas no município, algumas delas, com uma grande carga de riscos por se localizarem no perímetro urbano ou muito próximo dele, mas todos, com certeza, altamente nocivos ao meio-ambiente, potencializada a degradação das microbacias e dos mananciais.

7. Detalhamento da Solução e Método Construtivo

Conforme projeto, adotou-se para a execução do sistema, tubos de concreto armado por apresentar-se como melhor alternativa do ponto de vista técnico-econômico, principalmente quanto à velocidade de instalação. Foi elaborado considerando-se todos os elementos de influência no desempenho do sistema, tais como, a área da bacia de contribuição, elementos topográficos, dados cadastrais do sistema de drenagem existente, bem como os demais equipamentos urbanos (rede de água/esgoto), dados pluviométricos, taxa de urbanização, levantamento planialtimétrico, etc... O projeto privilegiou o melhor traçado para os sistemas coletores principal e secundário, de forma a escoar com segurança, até o corpo receptor, as águas captadas, exclusivamente pluviais.

Procedimentos:

- 7.1 - Demarcação das referências devidas, cotas e alinhamentos da galeria;
- 7.2 - Escavação mecanizada das valas com dimensões variáveis, regularização e compactação do fundo para a melhoria da capacidade de suporte de cargas;
- 7.3 - Assentamento de tubos de concreto simples, classe C1 conforme NBR 9793/87, Ø 0,40 m servindo de ligação entre as bocas de lobo e os poços de visitas, rejuntados com argamassa de cimento e areia, traço 1:3;
- 7.4 - Assentamento de tubos de concreto simples, classe C1 conforme NBR 9793/87, Ø 0,60 m como coletores secundários nos trechos 3-1 e 3-2 rejuntados com argamassa de cimento e areia, traço 1:3;
- 7.5 - Assentamento de tubos de concreto armado, classe CA2 conforme NBR 9794/87, Ø 0,80 m como coletores secundários compreendendo os trechos 2-1; 2-2; 4-1; 4-2 e 4-3 rejuntados c/argamassa de cimento/areia, traço 1:3;
- 7.6 - Assentamento de tubos de concreto armado, classe CA2 conforme NBR 9794/87, Ø 1,20 m como coletores primários no trecho 1-1 rejuntados com argamassa de cimento e areia, traço 1:3;

3. Recuperação e Uso da Área

Com a solução proposta, evitar-se-á inundações de residências no Jardim Universitário e Parque Maria Adelina, bem como a destruição da pavimentação das ruas, de coletores de esgoto, etc...

O risco de desabamento das casas próximas à voçoroca será eliminado.

Outro problema a ser evitado é o da obstrução por entulhos das tubulações existentes sob a Rodovia SP-284, o que já levou à ruína parte do leito carroçável (meia pista);

Evitar-se-á o rompimento do emissário dos esgotos proveniente do Jardim Universitário, Jardim Europa II e Jardim Paraíso, hoje constante.

Entre os benefícios ambientais salientamos o fim do assoreamento da microbacia (Córrego do Grito, Ribeirão Rancharia, Rio Capivari e Rio Paranapanema - Represa da Usina Capivara) e as melhorias ambientais decorrentes deste fato.

Afastadas as águas pluviais para o corpo coletor, possibilitará a recuperação ambiental gradual da área degradada; possibilitando, inclusive, o ressurgimento de nascentes.

4. Mapeamento da Área

Anexamos ao presente o Levantamento Planialtimétrico de toda a extensão da voçoroca, cópia de carta geotopográfica do IBGE, mapa do município de Rancharia, mapa da cidade de Rancharia com área de contribuição, Cópia de Fotografia Aérea do Local, etc.

4.1 A Área do Projeto

A bacia de contribuição tem aproximadamente 200 hectares localizados no perímetro urbano, abrangendo os bairros Jardim Universitário, Jardim Regina, Parque Maria Adelina, parte da Vila Cantizani, Jardim Europa, Jardim Europa II, Jardim Paraíso e parte de uma área de expansão urbana.

A erosão localiza-se na confluência do Parque Maria Adelina, Jardim Regina e Jardim Universitário delimitada, à montante, pela Av. D. Pedro II, Rua Cândido de Freitas e Rua Mario Cesar de Camargo, e à jusante, pela Rodovia SP-284. Com 400,00 metros de extensão, na sua parte mais crítica apresenta largura superior a 50,00 metros e profundidade aproximada de 12,00 metros.

4.2 O Município

O município de Rancharia localiza-se no oeste do Estado de São Paulo, 10ª Região Administrativa, tendo o seu território 1.588,70 km² de área.

A sede do município, situada na divisa das bacias hidrográficas do Paranapanema e do Peixe, dista cerca de 516 km da Capital. A população total é de 28.281 habitantes, sendo que destes, 24.165 habitantes constituem a população urbana e 4.116 habitantes a rural.

5. Hidrologia e Hidráulica da Bacia Contribuinte

O escoamento das águas da bacia de contribuição, conforme projeto, será solucionado com a captação superficial primária através de bocas-de-lobo, devidamente dimensionadas e distribuídas de modo a canalizar por tubos até o corpo receptor que é o Córrego do Grito, ao interligar-se com o sistema de captação e escoamento do DER, junto à Rodovia. Conforme projeto, no decorrer da tubulação haverá caixas que contribuirão para a dissipação de energia, limitando a velocidade da água.